

Technologie 3^e

GUIDE PRATIQUE AUTOUR DU CARTON

Étienne Bernot - Manuela Houssou

D-CARTON

03-2013

Crédits photographiques

Isabelle Revéret - *Les Éco-Actions*.

Iggesund Paper.

Terre vivante.

Tutti carton.

A4 Technologie.

Remerciements à Isabelle Revéret - *Les Éco-actions* pour sa collaboration dans la réalisation de ce dossier.

Ressources numériques

L'ensemble des ressources numériques disponibles autour de nos projets sont téléchargeables librement et gratuitement sur notre site **www.a4.fr** (*voir sur la page du projet ; onglet "téléchargement"*).

Si vous ne souhaitez pas avoir à télécharger des fichiers volumineux, le CD ROM qui contient toutes les ressources numériques est aussi proposé sous la référence *CD-CARTON*.

Ressources disponibles pour ce projet

Le dossier en format PDF modifiable (il existe des éditeurs PDF gratuits et aussi des convertisseurs gratuits vers d'autres formats tel que *Word* par exemple) et Indesign.
Des photos et dessins.

Ce dossier et toutes les ressources numériques sont duplicables pour les élèves, en usage interne à l'établissement scolaire*.

* La duplication est autorisée sans limite de quantité au sein des établissements scolaires, à seules fins pédagogiques, à la condition que soit cité le nom de l'éditeur : Sté A4. La copie ou la diffusion par quelque moyen que ce soit à des fins commerciales n'est pas autorisée sans l'accord de la Sté A4. La Sté A4 demeure seule propriétaire de ses documents et ressources numériques.

La copie ou la diffusion par quelque moyen que ce soit en dehors d'un usage interne à l'établissement scolaire de tout ou partie du dossier ou des ressources numériques ne sont pas autorisées sans l'accord de la Sté A4.

SOMMAIRE

Généralités

Introduction	3
Un peu d'histoire	4
Le carton : composition et fabrication	6
Du bois à la fibre : la préparation de la pâte à papier-carton	6
De la fibre au carton : la fabrication du carton	8
Les différents types de carton	10
Le carton ondulé	10
Le carton alvéolaire ou nid d'abeille	12
Le carton plat	13
Le carton mousse	13
Le carton spiralé	14
Le carton moulé	15
Le carton, un produit 100% naturel	16
Un matériau recyclé	16
Un matériau recyclable	16
Impact environnemental	17
Perspectives d'évolution	17
Le mobilier en carton	18
Avantages du meuble en carton	18

Guide pratique de réalisation

Quel carton utiliser ?	22
Le carton ondulé	22
Le carton alvéolaire	23
Tubes et profilés	24
Carton plein	25
Carton mousse	25
Outils et produits - conseils pratiques	26
Quels produits utiliser ?	26
La découpe	28
L'assemblage	32
Le cintrage	35
La finition	36
La protection des champs	37
Intégrer de l'éclairage - Créer des objets pluritechnologiques	38
Éclairage à LED	38
Éclairage à incandescence	39
Quelques techniques spécifiques pour le mobilier carton	40
Le contre-collage	40
Le boîtage ou embourrage	41
La méthode Bleuzen - les traverses croisées	41
La méthode Schmulb	42
Quatre exemples de réalisation	43
Lampe champignon	45
Lampe cube	59
Cube modulaire en carton ondulé	71
Étagère modulaire en carton alvéolaire	81
Lexique	86
Sources et liens utiles	88

Introduction

Le carton présente de nombreux avantages pour des projets et réalisations en cours de technologie.

C'est un matériau moderne, technique, écologique car issu en grande partie du recyclage.

Il est bon marché, facile à travailler et permet des réalisations pluritechnologiques comme par exemple des luminaires où il sera associé à des systèmes électriques ou électroniques.

Les références aux objets réels du commerce ne manquent pas autour de ce matériau utilisé couramment dans le mobilier, l'habitat, et même l'architecture.

Il nous a paru intéressant de réaliser un guide pratique à l'usage spécifique des professeurs de technologie.

Ce dossier est une sorte de synthèse qui lui est utile car adapté aux conditions particulières d'une salle de classe avec de jeunes élèves. Vous y trouverez des notions et des connaissances générales sur le carton et son utilisation, des conseils pratiques de mise en œuvre en milieu scolaire et quelques exemples de réalisations pour le collège.

Un peu d'histoire...

Papier/carton ou le paradoxe de l'œuf et la poule

Le carton est un matériau dérivé du papier et son histoire est donc intimement liée à ce dernier.

Il est difficile de dater l'arrivée du papier et du carton et les thèses diffèrent sur leurs origines. Peut-être serait-il plus simple de s'en remettre aux guêpes qui construisent leur nid avec une pâte à papier issue de la mastication de fibres de bois mort et qui, en séchant, forment des alvéoles de... carton!

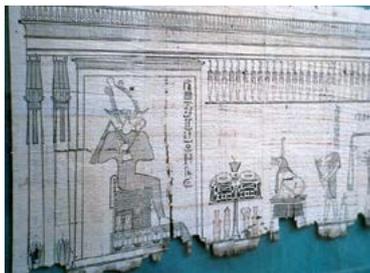


Nid d'abeille en alvéoles

Voici quand même quelques repères chronologiques :

Le Papyrus

En 3000 av. J.-C., les Égyptiens utilisaient déjà



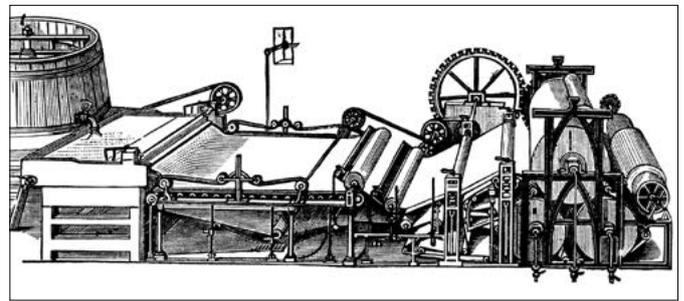
Papyrus égyptien

le papyrus comme support d'écriture. Mais s'il est à l'origine du mot papier, il n'en est pas un. En effet, il n'est pas constitué d'une pâte mais d'une superposition de lamelles provenant de la tige de la plante.

Les machines à papier

En 1799, Louis-Nicolas Robert, jeune inspecteur à la papeterie d'Essonne, obtient un brevet pour son invention : la **première machine à papier** en continu.

Parallèlement, les premiers cartons apparaissent en Europe au **XVIII^e siècle**. Ils sont populaires pour "taper le carton" (jouer aux cartes) et sont appréciés pour le travail de reliure.



© F.M Lupton *The Popular Cyclopaedia of Useful Knowledge* (New York, NY: F.M Lupton, 1888)

L'invention du papier

On trouve les premières traces de pâte à papier au **VI^e siècle avant J.-C.**, en **Chine**.

On utilisait alors une pâte de fibres cellulosiques pour



Invention du papier en Chine

fabriquer quantité d'objets tels que des cloisons, des meubles, des vêtements, et même des emballages!

Il faudra attendre le **II^e siècle avant J.-C.** pour trouver les premières traces de papier comme support d'écriture.

Celui-ci voyagera ensuite de la Chine à l'Occident avec les armées, les religions et les voies commerciales pour arriver en **France au XIV^e siècle**.

Le carton ondulé

En 1856, les deux britanniques Healey & Allen font breveter un papier ondulé qu'ils utilisent comme renfort dans la fabrication de chapeaux haut de forme.

Le premier brevet de ce matériau en tant qu'emballage est déposé aux États-Unis en 1871. Le **papier ondulé** protège alors les objets fragiles tels que les bouteilles. Peu de temps après, un autre américain,

Oliver LONG, a l'idée de combiner le papier ondulé avec une planche de carton pour rendre cette dernière plus solide.



Industrialisation de la fabrication du papier

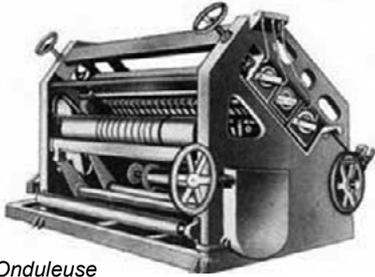
En Asie, le papier conserve une dimension spirituelle et



Moulins à papier

artisanale jusqu'au **XIX^e siècle** tandis que l'Occident entame la **mécanisation** de sa fabrication avec les premiers **moulins à papier** en Espagne, en **Italie (1250)** puis en **France (1348)**. Son industrialisation est liée à l'arrivée de l'imprimerie de **Gutenberg en 1445**.

L'industrialisation du carton ondulé connaît un développement rapide.



Onduleuse



Emballage en carton ondulé

- 1888** → Installation de la première onduleuse anglaise en France à la **SOFPO**.
- 1890** → Première utilisation de carton ondulé simple face aux États-Unis.
- 1900** → Une onduleuse atteint la vitesse de 5 m/mn.
- 1891-1893** → Construction de la première onduleuse française.
- 1914** → Création de la première machine automatique française de fabrication de caisses en carton ondulé.
- 1968** → En France, la production de carton ondulé dépasse pour la première fois le million de tonnes.
- 1988** → La production atteint les deux millions de tonnes.
- 1998** → Les dernières onduleuses dépassent les 300 m/mn.
- 1999** → Chaque français utilise en moyenne 83 m²/an de carton ondulé, soit une progression de 272 % en 30 ans.
- 2000** → la production française franchit la barre des trois millions de tonnes dont 85 % à base de matière première recyclée.

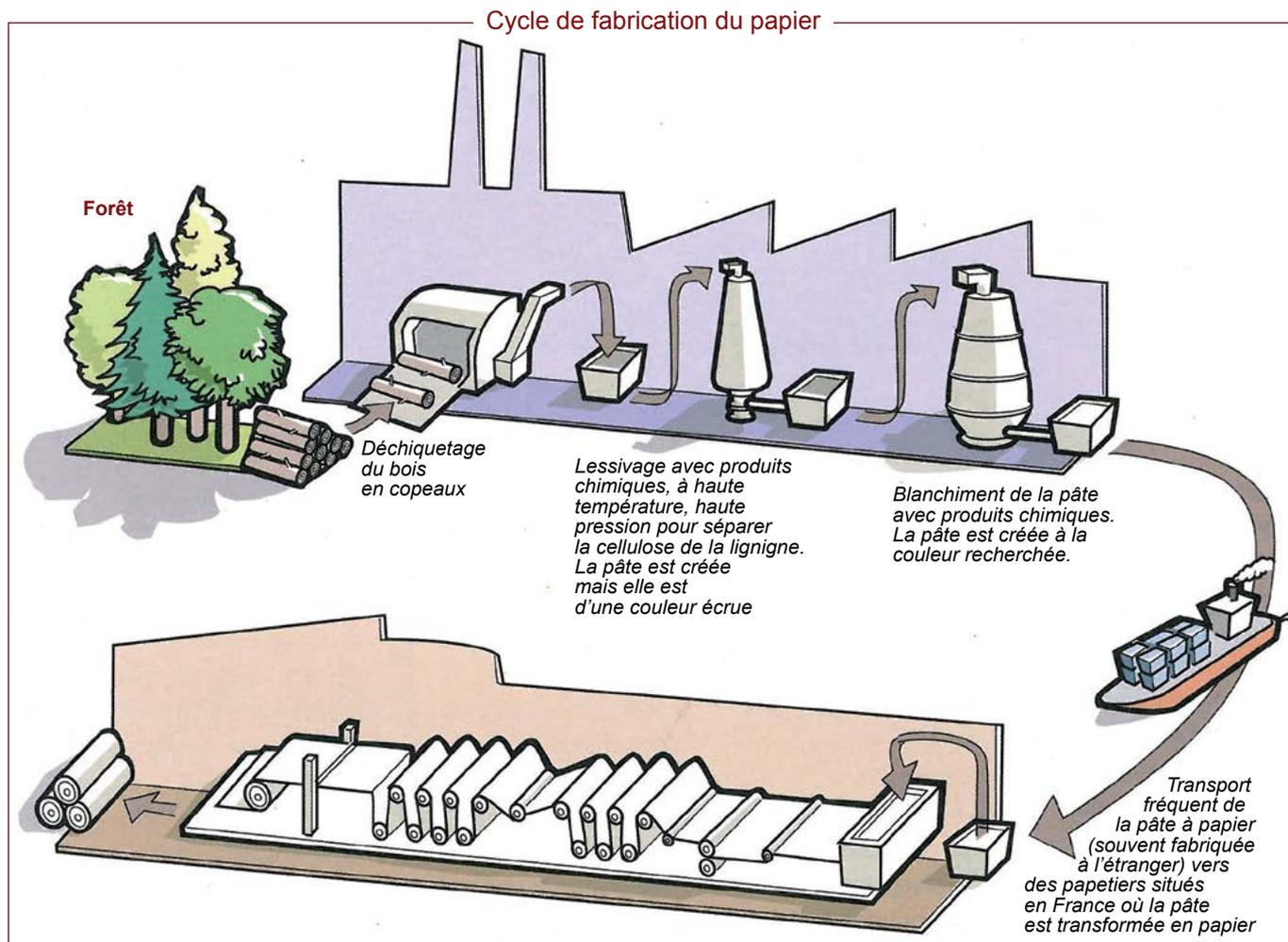
Le carton : composition et fabrication

On parle de carton, et non plus de papier ordinaire, à partir d'un grammage de plus de 200 g/m² et d'une épaisseur de plus de 0,5 mm.

Le carton est très proche du papier et les procédés de fabrication sont similaires.

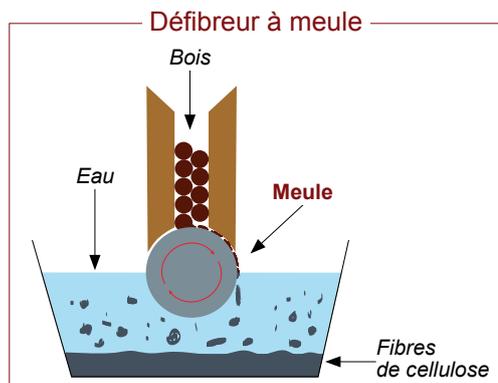
Du bois à la fibre : la préparation de la pâte à papier-carton

Le carton est fabriqué à partir de fibres de cellulose, appelées également fibres vierges, extraites du bois ou de fibres cellulosiques de récupération (FCR) à partir de papiers et cartons récupérés.



Séparation des fibres

La fabrication de la pâte consiste à débarrasser les fibres de cellulose de tout ou partie de la lignine, liant les fibres entre elles. Il existe deux procédés de séparation des fibres : mécanique ou chimique.



Procédé mécanique

Les rondins sont râpés par des meules appelées défibreurs en présence d'un grand volume d'eau.

La masse produite est ensuite défibrée en passant consécutivement dans plusieurs raffineurs pour obtenir une pâte brune qui subit des opérations de tamisage, d'épuration et éventuellement de blanchiment partiel.

La réduction en pâte mécanique présente un rendement très élevé aux alentours de 95 %.

Il en résulte un carton très rigide, à la résistance limitée, de faible densité et à l'élasticité réduite.

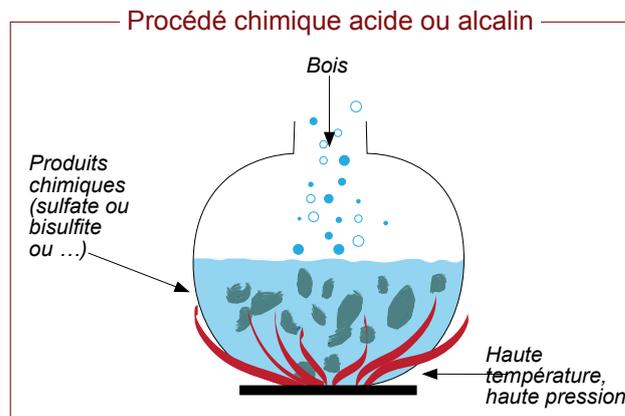
Le carton obtenu exclusivement à base de pâte mécanique est relativement fragile et jaunit relativement vite.

Procédé chimique

Les pâtes chimiques sont obtenues par un traitement du bois, préalablement réduit en copeaux, au moyen de produits chimiques (bisulfite ou sulfate) à haute température et à haute pression. La chaleur et la vapeur d'eau ramollissent la lignine et les fibres se séparent.

Avec le procédé au bisulfite (dit acide), les copeaux de bois sont traités dans une solution de bisulfite (de calcium ou d'autre élément chimique) à haute température et sous pression.

Avec le procédé au sulfate ou Kraft (dit alcalin), les réactifs chimiques sont la soude caustique et le sulfure de sodium.



Le rendement en fibres de la pâte chimique est compris entre 50 et 65 % du bois. Ce procédé préserve la longueur des fibres et permet un degré de consolidation élevé. Vous obtenez ainsi du carton très résistant.

Blanchiment

La pâte à papier, qu'elle soit issue de procédés mécaniques ou chimiques ou qu'elle provienne de fibres de récupération, nécessite une phase de préparation, avant d'être envoyée à la machine à papier proprement dite. À l'état naturel, la pâte chimique écrue est de couleur brune, plus ou moins accentuée selon le type de cuisson et le degré d'extraction de la lignine. Voici la pâte à différents stades de blanchiment :

Il peut s'avérer nécessaire de décolorer la pâte, pour des applications graphiques ou d'emballage, il faut alors procéder à un traitement de blanchiment.

On utilise du peroxyde d'oxygène pour les pâtes mécaniques et des produits à base de chlore pour les pâtes chimiques.

La plupart des traitements de blanchiment font subir à la cellulose une certaine dégradation, de sorte que ses qualités mécaniques s'en trouvent affaiblies.

Différents stades de blanchiment de la pâte à papier



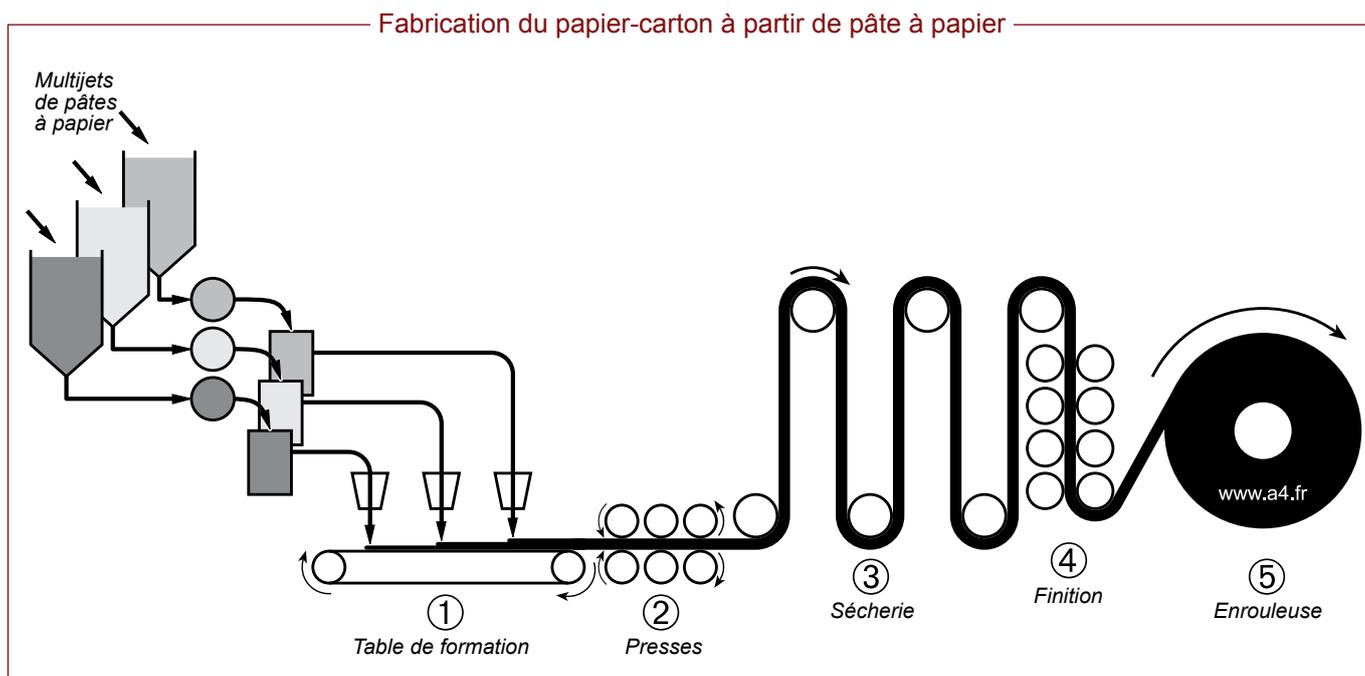
De la fibre au carton : la fabrication du carton

Le principe de fabrication du papier a très peu évolué depuis son invention à partir d'une suspension aqueuse de fibres cellulosiques, une feuille est formée sur une toile par égouttage, ce matelas fibreux est ensuite pressé et séché afin d'éliminer l'eau en excès.

Deux méthodes sont utilisées pour fabriquer le papier-carton : à partir de pâte à papier et à partir de feuilles de papier.

À partir de pâte à papier

Cette méthode de fabrication associe plusieurs jets de pâtes (3 à 7) de composition identique ou différente. Avant d'être transformée en feuille de carton, la pâte à papier subit plusieurs phases de traitement à travers la machine à papier.



① La table de formation

La pâte à papier est déposée sous forme de jets sur la table de formation. La toile est animée par un mouvement saccadé, qui facilite la formation de la feuille et son égouttage. Chaque jet est formé individuellement grâce à un dispositif autonome.

② Les presses

Ils sont ensuite associés par pressage. La feuille est comprimée entre deux cylindres recouverts de feutre absorbant. Il est ainsi possible de rechercher la meilleure combinaison de jets de pâtes pour offrir par exemple une bonne imprimabilité sur la surface et une rigidité intérieure.

③ La sécherie

La feuille est séchée contre des tambours de fonte chauffés intérieurement à la vapeur.

④ La finition : enduction, apprêts et couchage

La surface de la feuille est recouverte de matières (pigments, colorants, ...) améliorant ses propriétés.

Elle est égalisée par compression entre des rouleaux d'acier (lissage et calandrage).

Elle peut être recouverte sur une ou deux faces d'une couche de pigment d'origine minérale, destinée à améliorer l'aptitude à l'impression du papier.

⑤ L'enrouleuse

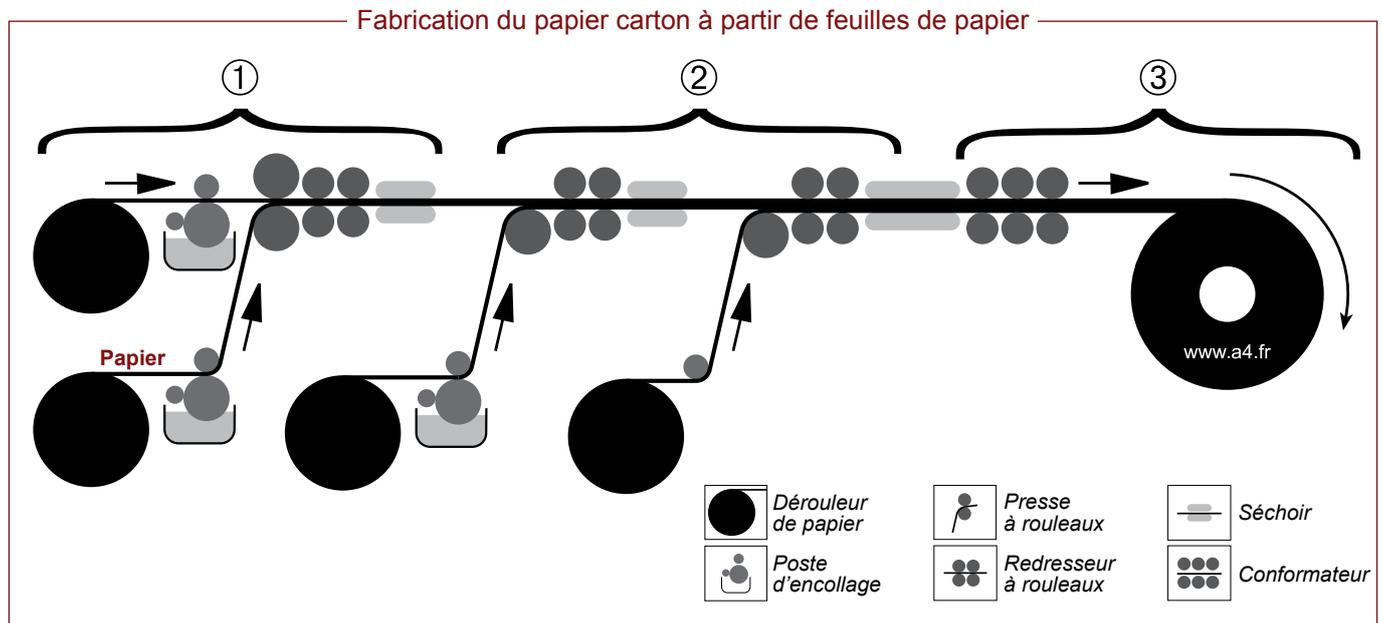
La feuille est enroulée en bobines. Elle peut ensuite être découpée en feuilles ou refendue en bobines plus petites. Le papier est prêt à être livré.

À partir de feuilles de papier

Le carton est obtenu par **contrecollage** de feuilles de papier sec au moyen d'une matière adhésive telle que l'amidon ou une résine synthétique.

Une feuille de papier est enroulée autour d'un tambour jusqu'à l'épaisseur désirée puis on la coupe selon une génératrice.

La production est effectuée feuille à feuille, la feuille de carton est ici homogène.



① La feuille de papier est guidée jusqu'à un poste d'encollage où un film régulier de colle est déposé sur sa face inférieure.

Elle est ensuite amenée jusqu'à une presse où elle est mise en contact avec la feuille de papier d'un autre dérouleur.

Les feuilles collées et pressées sont ensuite dirigées vers un redresseur à rouleaux pour éliminer les déformations dues au cheminement des feuilles.

Pour finir, elles sont amenées vers un séchoir permettant l'assèchement de la colle.

② L'ensemble ainsi collé est alors dirigé vers une deuxième presse où il est assemblé à une troisième feuille préalablement encollée, l'ensemble passant ensuite dans un redresseur à rouleaux puis dans un séchoir, et ainsi de suite.

③ Une fois l'assemblage réalisé la feuille de carton passe dans un scanner permettant de vérifier le grammage et l'humidité des feuilles, puis elle est rainurée et rectifiée par coupage dans le sens de la longueur et coupée aux dimensions voulues au format, sur un ou plusieurs niveaux selon le format, et empilée.

Les différents types de carton

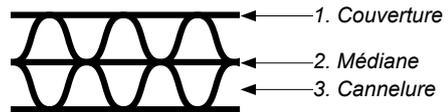
Il existe différents types de carton : ondulé, alvéolaire, plat, spiralé, moulé, mousse, etc. Nous allons tenter d'identifier pour chacun d'eux leurs caractéristiques principales, leurs modes de fabrication et leurs principales utilisations.

Le carton ondulé



D'origine naturelle, le carton ondulé est issu de la fibre de cellulose qui provient du recyclage des emballages et de fibres vierges.

Il se caractérise par un coefficient **d'ondulation** (longueur nécessaire en mètres de papier cannelé pour fabriquer un mètre linéaire de carton ondulé).



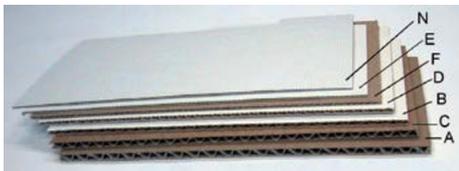
Matériau sandwich, il est constitué par une ou plusieurs feuilles de papier cannelé collées sur une ou plusieurs feuilles de papier plan :

1. Couverture : feuille plane extérieure.

Les couvertures participent à la résistance mécanique et climatique de l'emballage et servent de support de communication et/ou d'information. Elles peuvent être en kraft-liner, bico ou papier recyclé.

2. Médiane : feuille plane intérieure, qui sépare les différentes feuilles cannelées.

3. Cannelure : feuille cannelée qui accroît la rigidité, la flexion, l'élasticité à l'écrasement et la résistance à la compression.



Les différents types de cannelure ©Chrys73

Il existe plusieurs types de cannelure combinables, tout en restant parallèles entre elles, afin d'obtenir de meilleures caractéristiques mécaniques et un meilleur état de surface.

Type de cannelure	Hauteur de profil (valeurs moyennes)
cannelure K ou D, appelée également cannelure géante	plus de 7 mm
cannelure A, appelée également GC	plus de 4,5 mm
cannelure C, appelée également MC	de 3,5 à 4,5 mm
cannelure B, appelée également PC	de 2,5 à 3,5 mm
cannelure E, appelée également micro-cannelure	de 2 à 1,5 mm
cannelure F, dite minimicro	1,2 mm
cannelure G ou N, dite Nano-cannelure	0,8 mm
cannelure O	0,5 mm

Note : le sens des cannelures est à prendre en compte lors de la conception du cartonnage : une pliure en travers est plus rigide qu'une pliure en long.

Attention, un écrasement à plat lui fait perdre toutes ses qualités de rigidité.

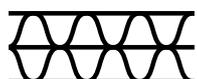
Pour offrir le maximum d'utilisations, le carton ondulé se décline sous de nombreuses formes dont les principales sont :



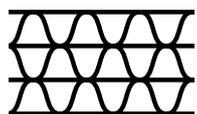
Simple face (SF)
= une cannelure + une couverture



Double face (DF) ou simple cannelure
= trois feuilles de papier, une pour chaque face et une troisième au milieu qui est cannelée



Double cannelure ou double-double (DD)
= cinq feuilles de papier, une pour chaque face extérieure, deux cannelées, et entre ces dernières, une feuille séparatrice.



Triple cannelure (TC)
= sept feuilles de papier, une pour chaque face extérieure, trois cannelées, et entre ces dernières, une médiane.

Fabrication du carton ondulé

Le papier ondulé est fabriqué par onduleuse en plusieurs étapes.

1. Fabrication de la cannelure

Le papier cannelure est ondulé entre deux cylindres cannelés sous l'effet de la température, de l'humidité, de la pression.

2. Fabrication du carton ondulé simple face (SF)

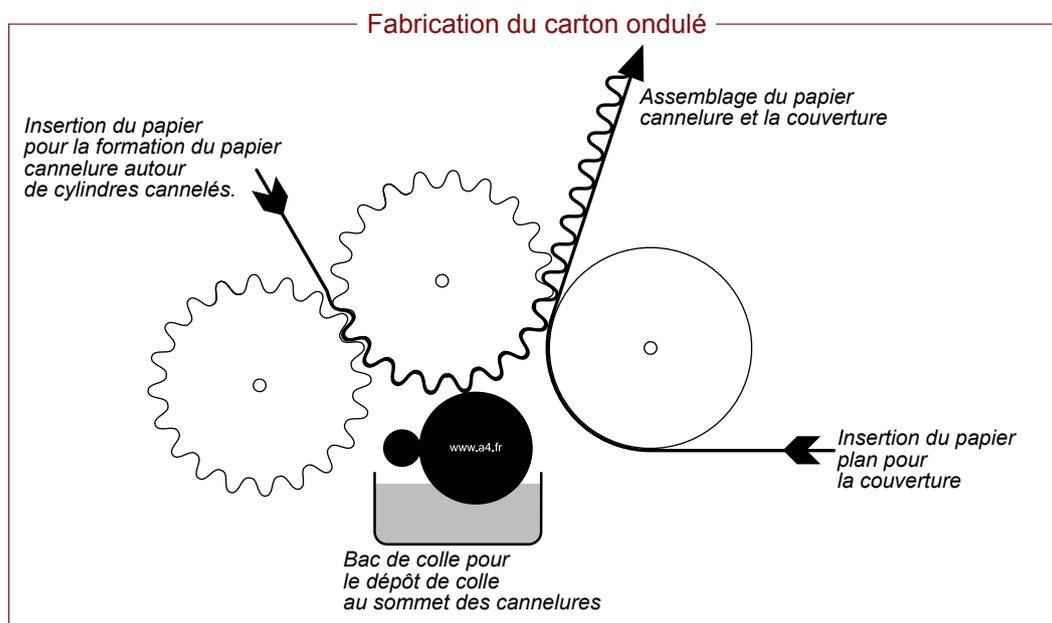
La couverture est appliquée sur les crêtes enduites de colle du papier cannelé.

La cannelure est maintenue sur les cylindres cannelés par aspiration d'air tandis que la colle est déposée sur les sommets des cannelures.

Le carton ondulé est acheminé vers des bobineuses ou vers la partie double face.

3. Fabrication du carton ondulé double face (DF)

Un, deux ou trois ondulés simple face sont collés à une couverture pour former du carton ondulé double face, double-double face ou triple cannelure.

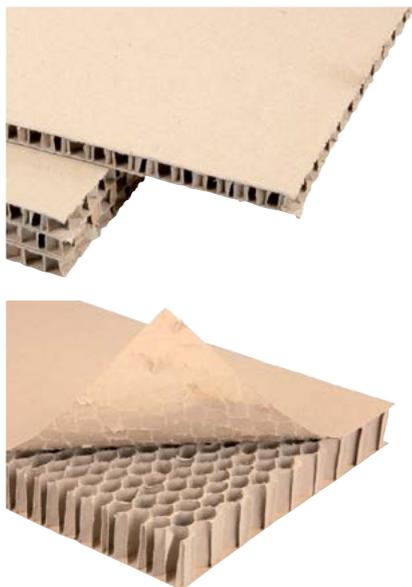


Le carton ondulé est utilisé pour les **emballages ordinaires** et pour les **emballages de transport** et de stockage. Il peut se décliner en différentes couleurs et peut également être recouvert par contre collage de papier pré-imprimé.

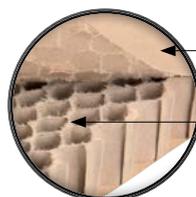
Les emballages en carton ondulé sont conçus sur la base du **Code International pour emballage carton**, développé par la **FEFCO** et l'**ESBO**. Il permet de décrire des emballages en carton par des modèles et symboles simples, internationalement compréhensibles, et pour être utilisé dans toutes les spécifications d'emballages, ainsi que dans les transactions commerciales.

Le carton ondulé est de plus en plus utilisé pour les **présentoirs**. Grâce à sa grande stabilité et à sa facilité d'impression, il est possible d'obtenir toute une gamme de présentations attrayantes et fonctionnelles.

Le carton alvéolaire ou nid d'abeille



C'est le plus résistant de tous les cartons. Il est souple et léger d'utilisation. Il existe en différentes couleurs et en très forte épaisseur. Il existe en standard, des plaques de carton alvéolaire **classées au feu** (M1 - non inflammable).



Couverture
extérieure

Structure
alvéolaire
interne

Le carton alvéolaire est composé de deux feuilles de kraft qui enserment des alvéoles hexagonales qui lui confèrent une très grande résistance à la compression du fait de la structure verticale des alvéoles.

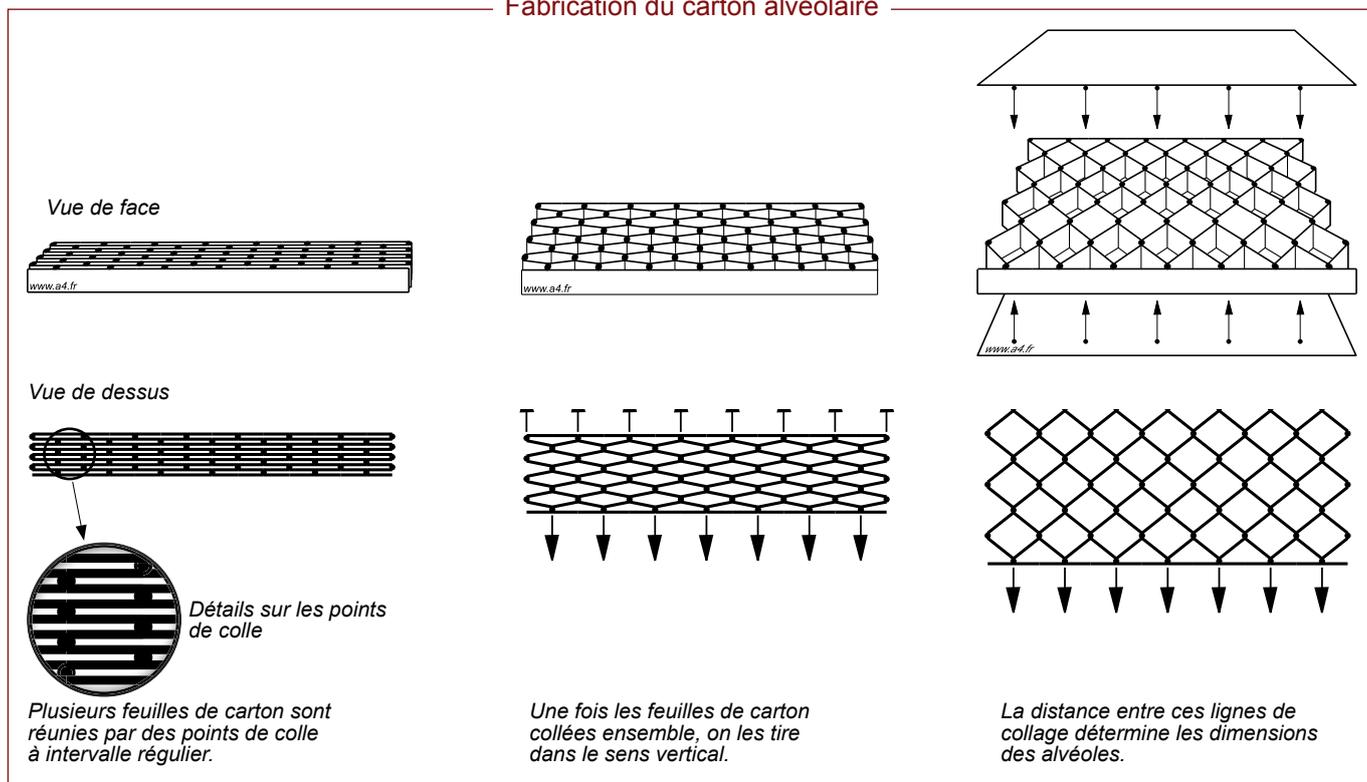
Fabrication du carton alvéolaire

À partir de plusieurs rouleaux de carton, ceux-ci sont dirigés vers un rouleau de collage qui produit des lignes de collage dans le sens de la longueur du carton.

Les différentes couches de carton sont dirigées vers un couteau qui les coupe directement à l'épaisseur désirée pour le nid d'abeille.

Après avoir été coupées, les pièces sont collées ensemble en carton alvéolé continu.

Fabrication du carton alvéolaire



Le carton alvéolaire est **LE** carton utilisé dans la **menuiserie industrielle** pour la fabrication de portes, de cloisons et structures internes de meubles, car il permet de réaliser des découpes très diverses.

Le carton alvéolaire est également utilisé comme **emballage de protection, emballage industriel, calages, panneaux, présentoirs pour points de vente**, etc.

Il existe des plaques en carton, des formes et des coins de calage, pour assurer la stabilité des produits tout en leur assurant une protection lors du transport.

Il existe en standard, des plaques de carton alvéolaire classées au feu (M1 - Non inflammable).

Le carton plat

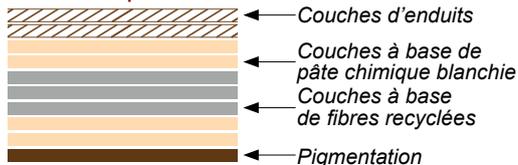


Également appelé carton plein ou compact. C'est le carton le plus utilisé en packaging.

On en fabrique une grande variété : avec des faces blanches pour l'impression, brillantes, plastifiées pour l'étanchéité, plus ou moins rigides ou souples pour être pliées, etc.

Nous ne parlerons ici que des cartons épais, à partir de 1 mm d'épaisseur, qui peuvent servir à la réalisation d'objets (boîtes, cartonnages, calendriers, etc.). Nous n'aborderons pas les multiples cartons spécialement conçus pour le packaging ou les arts graphiques.

Exemple de structure multicouches du carton plat



Toutes les sortes de carton plat sont réalisées à partir de cellulose et présentent le plus souvent une structure composée de plusieurs couches.

Le carton gris est issu de fibres secondaires et de fibres primaires. Il est très solide et disponible en plusieurs épaisseurs

Le carton bois est comme son nom l'indique composé à 100 % de fibre de bois, et recouvert des deux côtés par une cartonnante lisse.

Il est de meilleure qualité. Il est très rigide et avec une surface lisse résistante à l'enfoncement. Il existe une large gamme d'épaisseurs de 0,75 à 4 mm.

Les cartons gris et bois, plans et rigides, sont adaptés aux travaux d'**encadrement**, de **reliure**, de **boîtage** et de travaux manuels (cartonnage, maquettisme, etc.).

Ils peuvent remplacer des plaques de **Medium** et **Isorel**, et sont utilisés pour **renforcer** un support ou pour **masquer les cannelures** avant décoration.

Le carton mousse

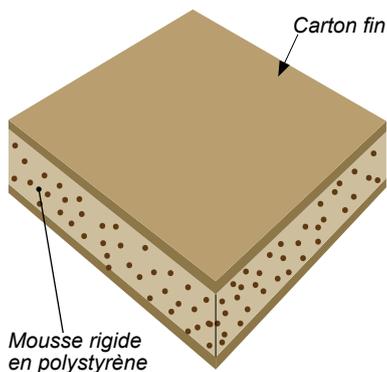


Parfaitement plan même en grande dimension, il peut être découpé et scié facilement avec une remarquable précision.

Il est léger et facile à manier, se découpe au cutter. Son épaisseur peut aller de 3 à 10 mm.

Précautions

Ne pas utiliser de colles avec solvant qui fait fondre la mousse. Idéal : pistolet à colle pour les tranches.



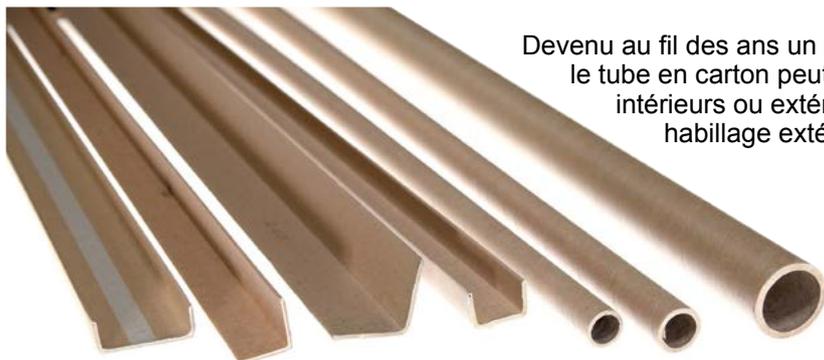
Il s'agit d'un panneau léger composé de mousse rigide en polystyrène recouverte de deux couches de carton fin.

Il existe différentes couleurs : blanc, gris, noir. Il est aussi possible d'en trouver d'autocollant.

Il est toujours vendu par plaque.

Le carton mousse est un support idéal pour le **contrecollage**, la **décoration**, la **maquette 3D** et les **panneaux pour stands amovibles**.

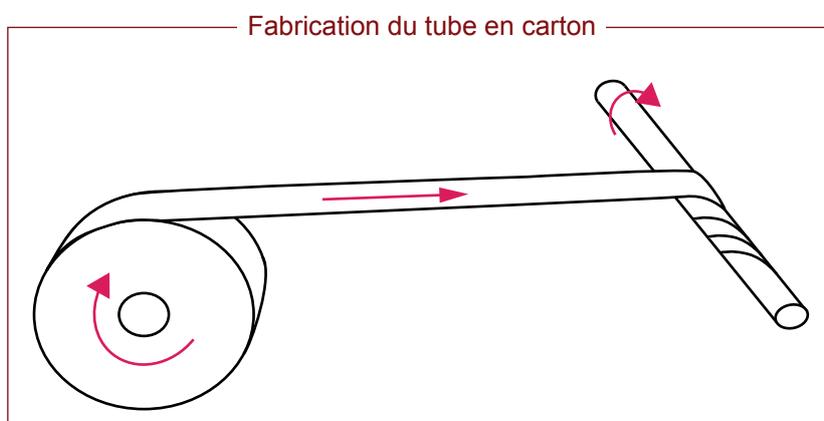
Le carton spiralé



Devenu au fil des ans un produit à forte composante technologique, le tube en carton peut être combiné avec de nombreux complexes intérieurs ou extérieurs : traitements spéciaux, imperméabilité, habillage extérieur sophistiqué.

Fabrication du tube en carton

Le mandrin est réalisé par l'enroulement successif de spirales de papier croisées et collées.



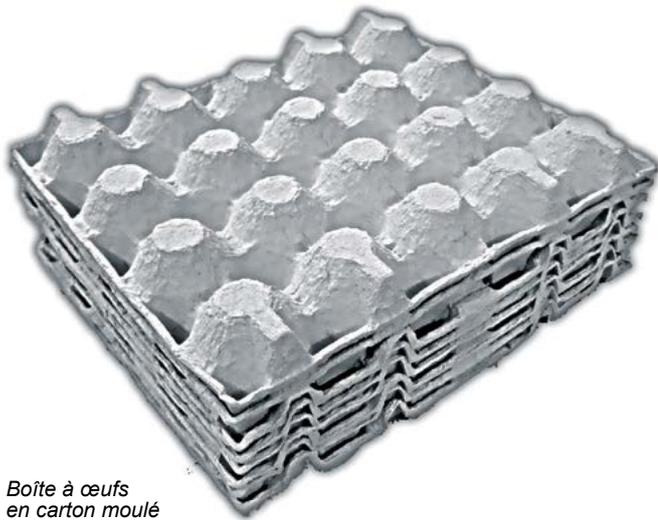
Le mandrin est essentiellement utilisé comme **support de bobinage** par les producteurs et transformateurs de produits en feuille : papier, carton, films plastique, aluminium, tissus et moquettes, mais également pour bobiner les fils textiles.

Équipé de couvercles à ses extrémités, le **tube** devient un **contenant** très efficace pour l'expédition, le stockage et l'archivage. S'il reçoit une impression ou un habillage extérieur et un complexage intérieur, le tube est tout à fait adapté au conditionnement de produits en poudre, voire de liquides. La boîte mixte est très utilisée dans l'alimentaire

Le **tube** sert de **moule de coffrage** pour la réalisation de colonnes en béton de section ronde ou carrée.

Les **cornières** en carton sont utilisées pour la **protection** et le **renforcement** de toutes formes de colis, cartons, palettes, etc.

Le carton moulé



Boîte à œufs
en carton moulé

Matériau d'emballage essentiellement réalisé à partir de papiers recyclés et d'eau. Il présente plusieurs avantages :

- il est **écologique** et **économique** : sa force réside essentiellement dans sa composition : 100 % de fibres naturelles, donc biodégradable et recyclable. Son cycle de vie est illimité, il permet de valoriser les emballages usagés, plutôt que de payer pour les éliminer ;
- il est **résistant** : il peut résister à des pressions allant jusqu'à plusieurs centaines de kilos. Grâce à sa souplesse, il amortit les vibrations causées par les transports et grâce à l'ajout d'additifs, il peut résister à l'humidité pendant une durée plus longue. Il constitue même un isolant naturel remarquable (utilisation fréquente comme isolant pour les habitations). Cependant, son image de matériau de basse qualité principalement due à son aspect grisâtre peut nuire à son essor.

Fabrication du carton moulé

Le carton moulé est obtenu par le moulage de pâte ou de pulpe de papier. Le processus de fabrication est toujours le même : d'abord mélangées à l'eau, les fibres sont moulées puis séchées.

Cette technique permet de former des pièces légères et résistantes et offre de multiples possibilités de création de formes.

1. Préparation de la pâte : les fibres sont mélangées à l'eau.

2. Moulage : une fois la pâte prête, on y trempe un moule recouvert d'un treillis. Les fibres de papier sont arrêtées par le treillis et finissent par former un matelas cellulosique aux formes souhaitées.

3. Séchage : la majorité des entreprises utilisent le séchage au four traditionnel dont le procédé a été mis au point il y a plus de 50 ans. Les pièces sont déposées sur un tapis qui passe au travers d'un four.

Pendant le séchage, les pièces subissent une déformation : les angles et les dimensions travaillent. Cette variation peut aller jusqu'à 10 mm d'une pièce à l'autre.

Le carton moulé est surtout connu grâce à la **boîte à œufs**. Cependant, son champ d'action commence à s'élargir avec les **calages industriels** notamment, les **emballages alimentaires**, etc.

Le carton, un produit 100% naturel

Le carton, ondulé ou alvéolaire, cumule de nombreux avantages sur le plan environnemental. C'est un matériau recyclé (à 80% en France) et recyclable (une dizaine de fois). Il est également biodégradable et peut-être valorisé énergétiquement par incinération.

Un matériau recyclé

Le carton ondulé est fabriqué à partir de fibres de bois (cellulose) issues à 80% du recyclage des papiers et cartons. Les 20% restants sont pour 14% des fibres neuves injectées dans le circuit pour maintenir la qualité et les caractéristiques techniques du produit fini. Ces fibres neuves sont issues de déchets de scierie et de sous-produits de la forêt (futaie, bois d'éclaircie...). L'assemblage est réalisé à l'aide d'amidon.

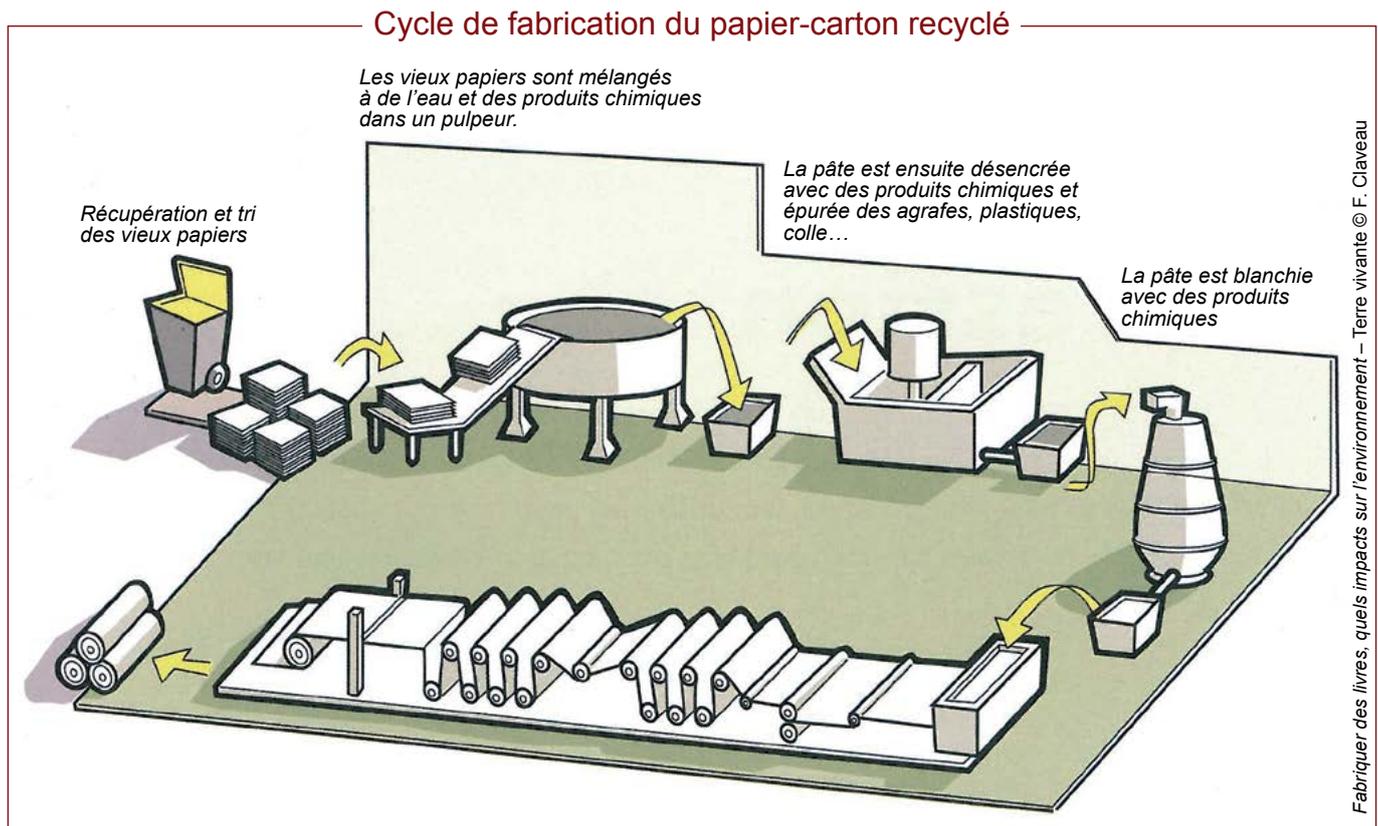
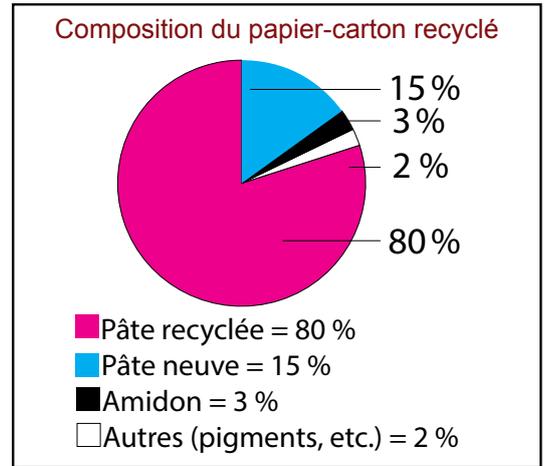
On peut donc parler d'un produit 100% naturel et respectueux de l'environnement d'autant que la majorité des sites de production sont maintenant labellisés FSC ou PEFC.

Un matériau recyclable

Le recyclage du papier-carton se déroule en plusieurs étapes :

- une étape de prétraitement qui comprend la **collecte** auprès des consommateurs, des industriels, des grandes surfaces, des collectivités locales, etc., le **tri sélectif** (papiers/journaux/cartons), la **mise en balles** (conditionnement) et le **transport** vers l'usine de recyclage ;
- une étape de **défilage**, indispensable, qui consiste à éliminer les impuretés physiques : plastique, agrafes, sable, verre, plastiques, colles, etc. ;
- le **pulpage** : le produit obtenu après défilage est inséré dans un mixeur avec de l'eau pour casser les liaisons entre les fibres ;
- le **désencrage** n'est pas systématique et n'est mis en œuvre que lorsque la qualité du produit physique l'exige.

À l'issue de ces différents traitements, le produit est lavé, on obtient alors les **Fibres Cellulosiques de Récupération (FCR)** qui peuvent être traitées comme des fibres vierges pour la fabrication de papier/carton. La pâte à papier obtenue est transformée en bobine pour la production de nouveaux produits en carton. Les fibres de celluloses peuvent ainsi être recyclées une dizaine de fois.



En 2010, le pourcentage de papier et cartons usagés récupérés par rapport à la consommation de papiers et cartons en France était de 70,6%.

Chaque fois qu'une tonne de papier est recyclée, 1,41 tonne de bois est économisée, ainsi que 48,2m³ d'eau et 1 750kWh.

L'industrie du papier carton utilise pour sa production plus de 80 % de matière première recyclée.

Impact environnemental

On pensait que l'avènement de l'informatique allait avoir pour conséquence une réduction importante de la consommation du papier. En fait, il n'en est rien. Depuis les années 1950, la consommation de papier en France a été multipliée par 10. La fabrication du papier, et du carton, a un double impact sur l'environnement: la déforestation et la pollution chimique.

• La consommation d'énergie

La production d'une feuille de papier nécessite environ 17Wh. À titre de comparaison, la production de papier recyclé nécessite moins d'énergie, soit 12Wh.

• La consommation d'eau

La fabrication du papier nécessite beaucoup d'eau. L'industrie papetière est la 2^e consommatrice d'eau en Europe. La tendance aujourd'hui pour les papeteries est de s'équiper de systèmes de recyclage de l'eau en circuit fermé.

• La déforestation

Le papier est réalisé à partir du bois. On peut imaginer une gestion rationnelle de la production de bois pour le papier avec une gestion durable des plantations dédiées. Si aujourd'hui, l'essentiel des papiers consommés en France est produit de cette façon, on estime que 10% des papiers restent d'origines douteuses. Ajoutons que le recours à des plantations d'arbres à croissance rapide pose un problème pour la biodiversité et les réserves en eau.

• La pollution chimique

Le chlore utilisé pendant longtemps par l'industrie papetière pour le blanchiment de la pâte à papier est progressivement remplacé par d'autres substances dérivées (dioxyde de chlore, ozone ou peroxyde d'hydrogène). Les composés chlorés produits lors du blanchiment au dioxyde de chlore sont biodégradables.

• Perspectives dévolution

Le carton est principalement utilisé pour l'emballage et l'industrie de l'édition, mais aussi pour les industries de cartonnage pour ses qualités d'isolant phonique, mécanique et électrique.

Avec la montée du prix des matières premières et la volonté croissante d'un développement durable, le carton prend une autre dimension.

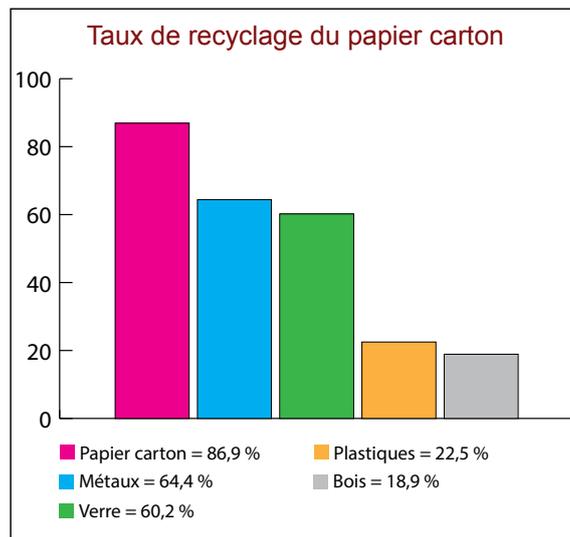
Aujourd'hui, on ressent de plus en plus de la part des consommateurs une demande de produits respectueux de l'environnement.

Les entreprises sont conscientes des enjeux environnementaux, qui font désormais partie de leur stratégie de communication.

De plus, la majorité des pays ont adopté une politique environnementale qui les oblige à faire des actions dans l'esprit et la direction du développement durable.

Il reste encore beaucoup de chemin à parcourir pour produire mieux et recycler plus mais des efforts sont faits et les évolutions techniques les accompagnent.

Le carton, écologique et économique, a encore de belles perspectives d'évolution dans le futur.



Le mobilier en carton

Le carton est depuis longtemps utilisé dans le mobilier. Caché, et cantonné à une fonction de structure interne ou de panneaux de fond. Aujourd'hui, le carton s'affiche comme matériau à part entière.

Un nouveau métier voit le jour, cartonniste : celui qui crée des meubles, des objets usuels et décoratifs, etc.

En effet, le carton permet beaucoup de fantaisie dans la création.

Jusqu'à récemment, seuls les designers et artistes proposaient du mobilier en carton.

Aujourd'hui, on trouve aussi du mobilier industriel en carton.

Pour tout ce qui est mobilier éphémère, stands, expositions, etc., le carton est un matériau extrêmement pratique de par son coût, son poids, sa facilité de façonnage et la facilité de son recyclage.

Chez le particulier, le meuble en carton correspond à un mouvement récent lié au développement durable et qui rejoint l'expansion du marché du loisir créatif.

On trouve facilement de nombreux sites qui montrent comment créer un meuble soi-même. Il existe aussi beaucoup d'ateliers de formation qui proposent des stages pratiques.

Avantages du meuble en carton

Le carton permet de :

- concevoir une large gamme de mobilier (chaises, tables, lampes, présentoirs, bibliothèques, etc.);
- créer des formes originales et variées, des courbes...;
- obtenir des niveaux de résistance étonnants en utilisant astucieusement les panneaux;
- fabriquer des meubles légers;
- travailler des meubles à partir de cartons de récupération;
- réaliser des finitions faciles (peinture, marouflage, etc.).

Le carton est moins cher que le bois pour la réalisation de meubles. En revanche, il ne faut pas attendre d'un meuble en carton qu'il soit durable comme une armoire normande.

Au contraire, on peut s'autoriser à plus de fantaisie et de changement dans une démarche qui reste éco-durable.

Réalisations en carton

Meubles artisanaux



Luminaires



Stands



Meubles industriels

Nota :

Les meubles carton destinés à des stands ou des collectivités doivent être classés au feu. Aujourd'hui seuls les cartons alvéolaires sont disponibles en standard avec une norme de tenue au feu (M1).



Guide pratique de réalisations

Ce chapitre a pour objet de donner des conseils pratiques pour la réalisation de projets avec des élèves, en classe.

Nous nous focalisons ici sur les outils, matières et produits que l'on peut utiliser dans ce contexte particulier pour la réalisation de petits meubles ou luminaires.

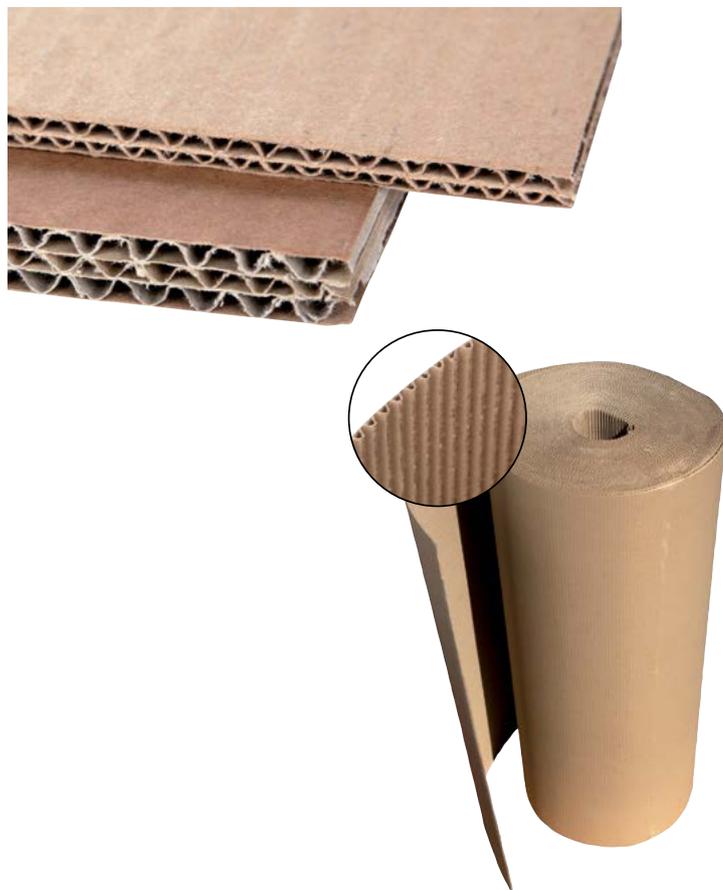
Quel carton, quels outils, quels produits utiliser ? Comment les mettre en œuvre ? Quelles techniques d'assemblage et de finition utiliser ?

En fin de dossier, vous trouverez plusieurs exemples de réalisation avec des plans.

Quel carton utiliser ?

Selon l'utilisation prévue, il faut sélectionner le carton qui convient.

Le carton ondulé



À l'origine conçu pour l'emballage, c'est le carton le plus courant, le plus économique et le plus facile à trouver. C'est le matériau à tout faire, le plus utilisé pour les réalisations artisanales, malgré ses défauts : mauvaise planéité, marque de cannelures, résistance à la pliure dans un seul sens...

La solidité du carton dépend du nombre de cannelures. On peut obtenir des pièces très solides en contre-collant plusieurs épaisseurs, voire en croisant les couches. De la même façon, on peut obtenir des pièces cintrées très résistantes.

On le trouve facilement en récupération auprès des grandes surfaces, des garagistes, mais dans ce cas, il est difficile de trouver de grandes faces sans pliure et sans marquage. Il n'est pas évident non plus de trouver une quantité suffisante de même épaisseur et qualité.

Attirons aussi l'attention sur l'éventuelle pollution par des produits toxiques, fongicides, etc. qui peuvent être impossibles à détecter.

Les plaques neuves (issues du recyclage) permettent de disposer d'un matériau standard et régulier et ainsi d'éviter les mauvaises surprises et l'improvisation au dernier moment (ex : quantité insuffisante, carton mouillé, épaisseurs incompatibles, carton imprégné de produits toxiques, etc.).

A4 propose une gamme de carton ondulé en rouleau ou en plaques, du simple cannelure ou triple cannelure.

Exemples de réalisations en carton ondulé



Meuble d'artisan



Carton d'emballage

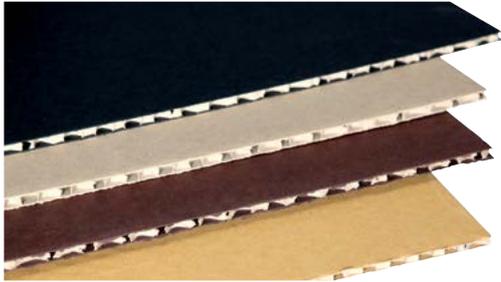


Lampe



Meuble de rangement

Le carton alvéolaire



Conçu spécifiquement pour le mobilier ou la cloison, il est résistant dans tous les sens, rigide et plat et lisse. C'est le plus utilisé pour les réalisations industrielles.

Sa solidité dépend de la densité des alvéoles. Il est bien adapté à la réalisation de plateaux et faces planes, il est parfaitement lisse (absence des traces de cannelures).

Il existe en standard, en qualité M1 (classée au feu), ce qui permet de l'utiliser pour du mobilier de stands ou de collectivités. De même, on le trouve en standard en différents coloris, ce qui permet de l'utiliser brut, sans finition supplémentaire. Il existe en fortes épaisseurs, à partir de 8 mm.

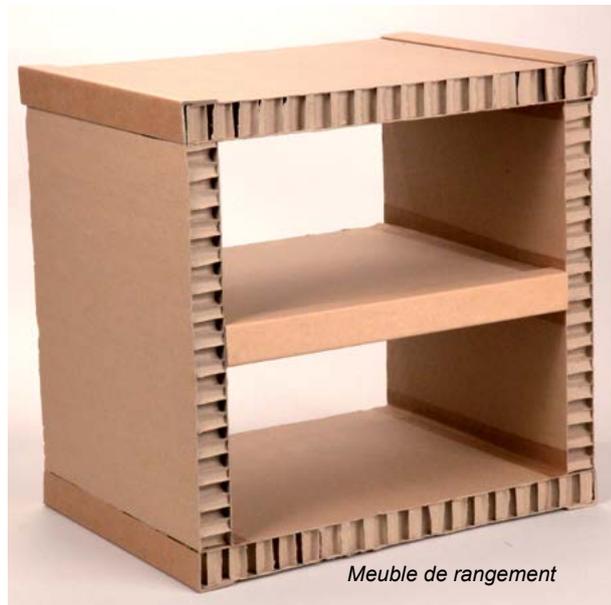
La récupération est difficile pour le carton alvéolaire car ce n'est pas un produit de grande consommation.

A4 le propose en plusieurs couleurs et épaisseurs, dont des plaques classées au feu (M1).

Exemples de réalisations en carton alvéolaire



Lampe



Meuble de rangement



Isoloir



Stand A4

Les tubes et profilés



On trouve en standard différents types de profilés : cornières en L, en U, ou tubes. On les utilise comme éléments de structure, renforts ou protections de chants. On peut les utiliser également comme éléments de décoration ou accessoires : poignée ou bouton de tiroir, pied de meuble, etc. On en trouve difficilement de récupération, sauf les mandrins de rouleaux de papier, moquette ou autre.

A4 propose une gamme de cornières de différents profils et de tubes de différents diamètres.

Exemples d'utilisation des cornières en renforts



Exemples de réalisations avec des tubes et des profilés en carton



Lampe



Bibliothèque

Le carton plein



Appelé également carton plat ou compact, il est dense et rigide.

On l'utilise pour des petites réalisations : petites boîtes, tiroirs, pièces d'assemblage de meubles en carton ondulé ou alvéolaire, etc. On l'utilise aussi pour la reliure ou l'encadrement.

Le carton bois est plus qualitatif que le carton gris issu à 100 % du recyclage. A4 propose du carton gris et du carton bois en différentes épaisseurs.

Exemple de réalisation en carton plein



Le carton mousse



Improprement appelé "carton" car il est en réalité constitué d'une âme en mousse de plastique contrecollée de deux faces papier.

Il est très tendre et se travaille très facilement. Il nous intéresse ici pour faire des maquettes rapides, tester des volumes, des assemblages, etc.

En effet, avant de se lancer dans la réalisation d'un meuble ou d'un luminaire et la découpe de carton plus ou moins épais, il est prudent de valider ses volumes et ses formes par une petite maquette. Le carton mousse est le matériau idéal pour cela. Certains utilisent aussi le polystyrène extrudé (Dépron® ou Styrodur®).

A4 propose du carton mousse et du polystyrène extrudé en différents formats et épaisseurs.

Exemples de réalisations en carton mousse



Maquette en carton mousse



Réalisation finale en carton ondulé

Outils et produits - conseils pratiques

Nous nous concentrons ici sur les outils et produits à utiliser en classe.

Les trois problématiques principales qui se posent pour les réalisations en carton sont la découpe, l'assemblage et la finition.

A4 propose une gamme complète et variée d'outils et produits. Ce chapitre passe en revue les matériels qu'on peut utiliser en classe et les principaux modes de réalisation.

Il existe des méthodes particulières qui portent le nom de leurs inventeurs, comme la méthode Bleuzen et la méthode Schmulb, dont nous parlons plus en détail dans le chapitre suivant.

Ces méthodes portent davantage sur la conception des meubles que sur les méthodes d'assemblage de leurs pièces qui sont assez standard.

Les bases pour la découpe, l'assemblage et la finition sont donc toujours semblables et ce chapitre les passe en revue.

Quels produits utiliser ?

Les colles et les vernis

On peut utiliser pour le carton les mêmes produits qu'en menuiserie pour le bois.

L'objet de ce manuel étant les réalisations en classe, nous ne parlons ici que des produits à l'eau, non toxiques et faciles d'emploi. Ils présentent plusieurs avantages : peu d'odeur et séchage rapide. Les outils se nettoient à l'eau.

A4 propose différents produits à l'eau.



Colle vinylique à l'eau

Utilisée pour les collages de surfaces, elle s'applique avec un pinceau ou un rouleau. Elle permet de contrecoller plusieurs plaques pour obtenir un matériau plus épais et résistant. Elle est également utilisée pour le marouflage de finition.



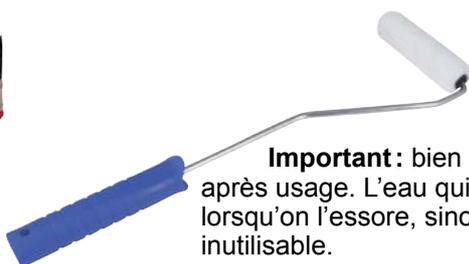
Vernis colle à l'eau

Utilisé pour protéger les meubles en carton contre l'humidité, les rayures, les impuretés.

S'applique avec un pinceau ou un rouleau.

Le vernis permet à un meuble d'être résistant aux aléas de la vie quotidienne, en durcissant la surface du meuble et en le protégeant de l'humidité. Le meuble peut ensuite être entretenu très facilement à l'aide d'une éponge humide.

Le vernis colle peut également servir de colle. Une fois sec, il devient résistant à l'eau et ne se redilue pas.



Pinceau plat ou un rouleau

Pour étaler colle ou vernis, on peut utiliser des pinceaux ou des rouleaux.

Important : bien nettoyer à l'eau pour éliminer toute trace de colle ou vernis après usage. L'eau qui sort du rouleau ou du pinceau doit être claire lorsqu'on l'essore, sinon c'est qu'il reste de la colle qui va sécher et rendre le matériel inutilisable.

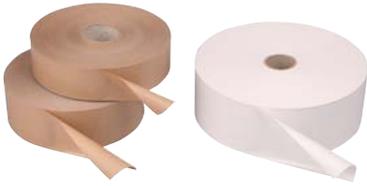
Le papier kraft



Il est utilisé pour une meilleure finition : il permet de camoufler toutes les cannelures visibles sur les chants, et assure une plus grande solidité, notamment des coins. On peut également utiliser tout type de papier décoratif (papiers peints, papiers d'emballage, pages de journaux, etc.).

A4 propose des feuilles kraft en grand format.

L'adhésif kraft gommé



Il peut avoir trois fonctions :

- esthétique, pour cacher des bords ou des chants ;
- assemblage, pour maintenir ensemble plusieurs pièces ;
- renfort, pour consolider un assemblage.

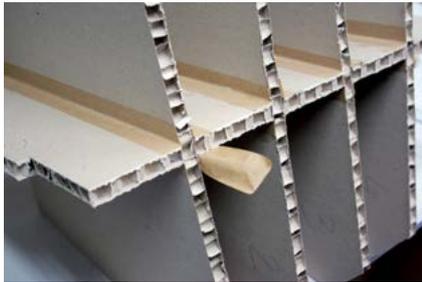
Il permet des finitions soignées. Il est facile à appliquer car préencollé.

Conseils :

- utilisez une éponge humide (placée dans un récipient) pour humidifier rapidement de grandes longueurs de kraft gommé ;
- utilisez des ciseaux de qualité, dédiés au kraftage et nettoyez souvent leurs lames pour qu'ils restent efficaces sur le papier humide.

A4 propose des bandes gommées en rouleaux, en différentes largeurs et coloris.

Exemple d'utilisation des bandes gommées



Utilisation comme moyen d'assemblage ou de renfort



Utilisation comme élément de finition

La découpe

Nous nous concentrons ici sur les outils à utiliser en classe. Le cutter est l'outil le plus évident à utiliser, mais il n'est pas sans danger entre les mains d'élèves. On peut trouver d'autres solutions, souvent moins pratiques mais avec moins de risque de coupures.

A4 propose une gamme complète et variée d'outils pratiques.



Fraiseuse à commande numérique

Le carton peut se découper très facilement sur machine à commande numérique.

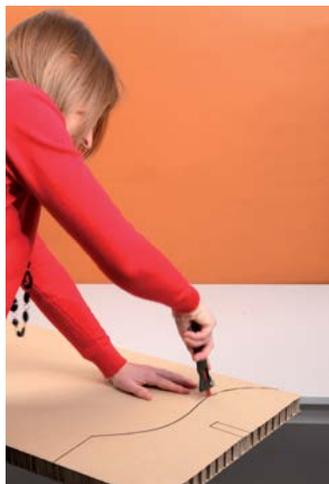
Utiliser par exemple une fraise de diamètre 3 mm. Vitesses de rotation et d'avance élevées (ex : 10 000 tr/mn - 30 mm/s), profondeur de passe 10 mm (mais sans dépasser la longueur du coupant de l'outil).

On peut utiliser des outils fatigués qui ne conviennent plus pour les matières plastiques. Il n'est pas nécessaire d'utiliser un outil neuf.

Conseil : Maintien de la pièce avec des petites surfaces de double-face de préférence placées dans les chutes.

Attention !

Une fois qu'un outil a travaillé dans du carton, il perd son coupant et ne convient plus pour les matières plastiques (échauffement).



Porte-lame avec lames de scie à métaux



C'est l'outil manuel le plus pratique pour couper sans danger du carton, même très épais.

Avantage : il découpe très facilement en courbe.

Inconvénient : il est difficile de couper bien droit.



Scie sauteuse

C'est un des outils de prédilection des artisans qui réalisent des meubles en carton.

Bien plus efficace que le cutter pour la découpe en courbes, elle donne une coupe précise, nette et parfaitement verticale, ce qui est très appréciable avec les cartons épais.

La scie sauteuse permet de découper ensemble plusieurs pièces superposées. Cela permet un gain de temps et l'obtention simultanée de plusieurs pièces parfaitement identiques.

Conseil : utiliser une lame pour le métal (à denture fine), moins dangereuse pour les doigts que les lames à grosses dents pour le bois.



Scies cloches

Utilisées avec une perceuse, elles permettent de pratiquer des trous précis, et parfaitement centrés, même dans des cartons épais.





Cutter Pro avec un blocage efficace de la lame



Cutter de sécurité à lame auto-rétractable

Cutter

C'est l'outil de base des cartonnistes.

Il permet des coupes parfaites, nettes et précises. Il n'y a pas mieux pour couper droit à la main, avec une règle.

Il existe des cutters "de sécurité", dont la lame se rétracte automatiquement.

Dans tous les cas, pour la sécurité, utiliser un cutter de bonne qualité.

Précautions d'utilisation



Sécurité : Bien utilisé, un cutter ne doit pas occasionner de blessure grave. En respectant quelques règles simples, auxquelles il faut s'astreindre, on ne se coupe pas :

- règle 1 : ne jamais placer un doigt sur le trajet de la lame (en avant de la lame) ;
- règle 2 : sortir la lame du cutter d'une longueur minimum ;
- règle 3 : toujours utiliser une règle lourde et épaisse (qui évitera de dériver vers la main) ;
- règle 4 : travailler sur un plan stable, dans une position confortable ;
- règle 5 : plutôt que de forcer, couper en de multiples passages légers (la coupe n'en sera que meilleure).

Conseils pratiques :

- utiliser une règle lourde ou un gabarit épais pour guider la coupe ;
- travailler sur un tapis de coupe pour ne pas abîmer la table ;
- prévoyez des lames de rechange car elles s'usent beaucoup au contact du carton.

Note : le défaut le plus courant avec une coupe au cutter est la coupe au biseau car il est difficile de tenir la lame bien verticale, ainsi, sauf pour les experts habiles, le cutter n'est pas l'idéal pour couper des cartons épais de plus d'un centimètre.

Position correcte



*La lame est maintenue bien verticale.
La main qui tient la règle n'empiète pas sur le trajet de la lame.*

Position incorrecte



*Un doigt est sur la trajectoire de coupe.
La lame est trop sortie.
La lame est inclinée : la coupe sera en biseau.
(C'est l'erreur la plus fréquente des débutants, particulièrement gênante plus le matériau est épais).*



Cutter à lame rotative

Il offre plus de sécurité qu'un cutter classique, mais il n'est bien adapté que pour les coupes droites dans des matériaux peu épais, environ 5 mm maximum.



Cutter compas

Il permet de couper des cercles parfaits, même dans des cartons épais.



Cutter guidé

Il existe des systèmes, comme le *Mat cutter*, constitués d'une lame de cutter montée sur un chariot qui coulisse sur une règle. De ce fait, il n'est pas possible de déraper, ce qui représente un gage important de sécurité.

Avantages :

- la sécurité ;
- une coupe parfaitement verticale et droite ;
- la possibilité de coupe à 45° avec le guide adéquat.

Inconvénients :

Épaisseur maximum de coupe autour de 4 mm.



Emporte-pièces

Ils sont quasi indispensables pour pratiquer des trous de petits diamètres, inférieurs à 20 mm.



Exemple pour l'emmanchement de tubes carton (Ø 20mm).

Règles de coupe

Indispensables pour la coupe au cutter, elles doivent être lourdes et épaisses.

Règle lourde en acier



Certains modèles sont équipés de patins en caoutchouc pour éviter le glissement.

Règle en aluminium avec patin antidérapant



(vue de profil dessous)



Vue de dessus



Équerres

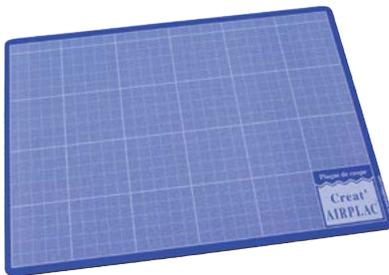
Comme en menuiserie, l'équerre est un outil indispensable pour tracer, voire couper des angles droits précis.

L'équerre à talon est très pratique car plus facile à positionner par rapport à un chant.



Stylet de précision

Petit cutter très fin avec lame en céramique pour les coupes de précision.



Tapis de coupe

Indispensable pour protéger votre plan de travail. Il est constitué d'un matériau qui évite le glissement et n'abîme pas la lame du cutter. Il porte aussi des repères gradués très pratiques pour découper des bandes de largeurs données.

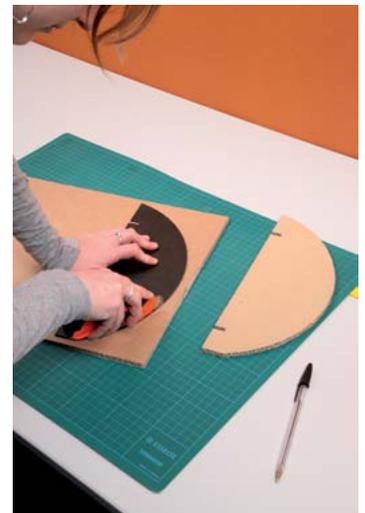
Il doit être plus grand de quelques centimètres que la coupe (on peut toujours utiliser la diagonale).

Gabarits de coupe

Ils sont très utiles, voire indispensables, pour reproduire plusieurs fois des formes particulières. On distinguera les gabarits de traçage (patrons) et les gabarits de coupe :

- les gabarits de traçage servent à guider le crayon, ils peuvent être réalisés en papier léger ou carton mince (bristol) ;
- le gabarit de coupe sert à guider une lame. Il doit être épais pour éviter de déraper et se couper, et dans un matériau résistant, pour ne pas être détérioré par les passages répétés de la lame.

On utilise par exemple une plaque de plastique (PVC ou autre) ou de bois (contreplaqué, médium, etc.). Pour des travaux répétés en grande série, les professionnels utilisent des gabarits en aluminium.



Exemple de coupe au gabarit pour une lampe champignon (Gabarit réalisé en PVC rigide 3mm).



Règle Cobra

Règle souple en caoutchouc armé, très utile pour reproduire des courbes existantes, ou pour en créer librement de nouvelles, et reporter leur tracé à l'infini. Très utile également pour tracer le symétrique d'une courbure. N'est utilisée que pour le traçage et pas directement pour la coupe au cutter.

L'assemblage

On utilise des colles, des bandes gommées, des profils de renfort, et pour des assemblages encore plus solides ou précis, on réalise des emboitements.

On peut emboîter avec de la colle et renforcer avec des bandes gommées ou des cornières en L, mais on peut aussi se contenter de bandes gommées selon la résistance que l'on attend de l'assemblage.



Pistolet à colle

Assemblage sur chant avec de la colle thermofusible

La colle thermofusible déposée avec un pistolet à colle est idéale pour les assemblages de carton sur tranche. En effet, elle est facile à poser, durcit très vite et permet de compenser des défauts importants ou de remplir des cavités laissées par les alvéoles ou les cannelures du carton.

C'est l'outil le plus employé pour l'assemblage des meubles en carton.

Seul inconvénient : on ne peut pas éliminer le surplus de colle, il faut donc avoir un minimum de dextérité pour l'utiliser sur des parties visibles de l'objet réalisé.

Conseils pratiques :

- Les matériaux à assembler doivent être propres et secs.
- Dès le dépôt de colle, exercez une pression immédiate sur les matériaux à assembler. Maintenez en place quelques secondes le temps que la colle refroidisse.
- Au moment du retrait du pistolet, il arrive souvent qu'on étire un fil de colle entre la pièce et la buse du pistolet. Il ne faut surtout pas essayer de l'enlever tout de suite, au risque d'étaler la colle et se brûler les doigts. Attendre simplement que le collage ait refroidi pour l'enlever.

Exemple d'assemblage sur chant de deux pièces de carton alvéolaire



Assemblage sur chant avec de la bande gommée

La bande gommée permet de renforcer un assemblage préalablement collé ou emboîté.

On peut se contenter uniquement de bandes gommées si on n'a pas besoin de beaucoup de résistance, mais il est quand même plus pratique de positionner préalablement et de maintenir les pièces avec au moins un léger collage.

Conseil pratique : marquer le pli de la bande gommée avant de la mouiller et la poser. Cela permet de la poser exactement dans l'axe souhaité.

Exemple d'assemblage sur chants, renforcés à la bande gommée



Le renfort avec les bandes gommées est appelé aussi kraftage.

Assemblage sur chant avec des cornières en L

Une cornière permet de renforcer encore davantage un collage de façon qu'avec de la bande gommée.

Conseil pratique : pour une pose avec de la colle thermofusible, déposer la colle en lacet pour une meilleure tenue de la cornière.

Exemple d'assemblage sur chant, renforcés avec une cornière en L



Assemblage emboîté

L'idéal pour des assemblages précis et solides est d'emboîter les pièces en plus de les coller.

L'enfourchement est la technique d'emboîtement avec la plus couramment utilisée avec le carton.

Exemple d'enfourchement de deux pièces



Exemple d'emboîtement dans un angle





La chaise Wiggle de Frank Gehry

Assemblage de plaques contrecollées

Pour renforcer des surfaces, créer des plaques plus épaisses et plus résistantes, on peut contre-coller plusieurs épaisseurs de carton. Dans le cas du carton ondulé, on pourra croiser les cannelures pour obtenir un matériau très rigide dans tous les sens. Dans le cas du carton alvéolaire, à épaisseur égale, une plaque constituée de deux plaques contrecollées est plus résistante. Le contrecollage sur de grandes surfaces peut se faire avec une colle vinylique blanche, à l'eau.

Le contrecollage est une technique utilisée pour réaliser des meubles.

Conseil pratique : encoller les deux surfaces et faire sécher à plat avec des poids.

Attention : lorsque l'on contre-colle des matériaux d'épaisseurs différentes, la plaque obtenue aura toujours tendance à se cintrer. On peut éviter cela en partie par un séchage sous presse.

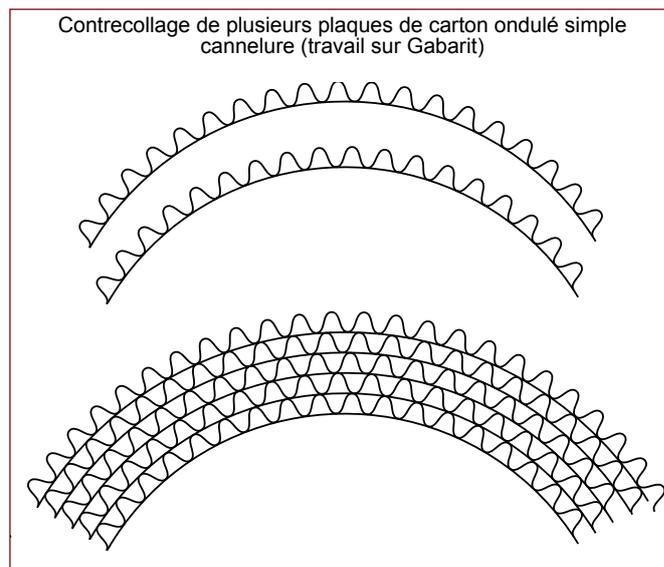
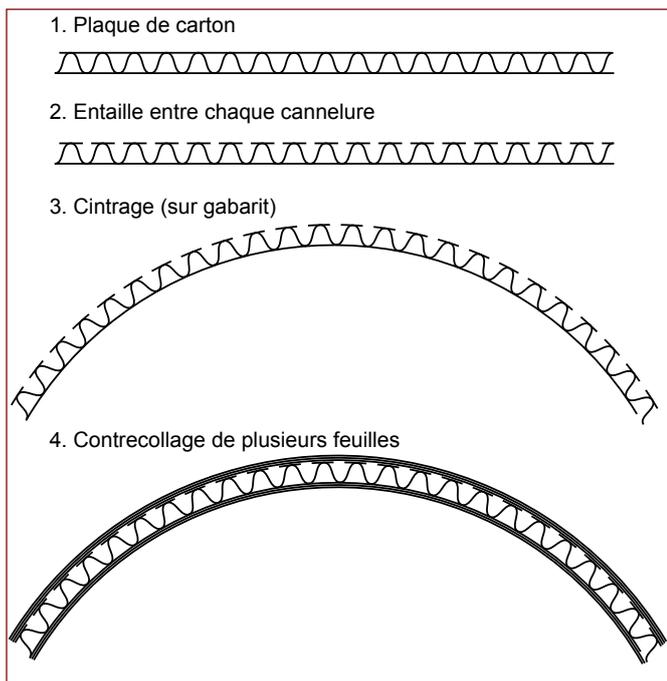


Exemple de plaques contrecollées pour réaliser un plateau très résistant

Le cintrage

Pour donner une courbure à une plaque de carton. Il faut inciser le dessus de la plaque, entre chaque cannelure.

On peut aussi utiliser directement du carton ondulé en rouleau qui n'est contrecollé que d'un côté sur une feuille. Il faut ensuite coller les feuilles extérieures en fonction de la courbure souhaitée.



Exemple de cintrage



La finition

La finition sur le carton peut se traiter de la même manière que sur le bois (peinture, vernis, etc.), mais en plus, sur le carton, on pratique beaucoup le marouflage.

Le principal ennemi du carton, c'est l'eau et l'humidité.

Pour des objets ou mobiliers durables, il faut protéger le carton par un vernis ou une peinture.

Les vernis ou les vernis colle acrylique sont simples d'emploi, sans odeur, et le matériel se nettoie à l'eau.

Une fois sec, un vernis acrylique ne se redilue pas dans l'eau : il est résistant à l'eau.



Papier abrasif et cale à poncer

Pour estomper les irrégularités du carton et obtenir des surfaces bien lisses.

Conseil : pour un ponçage optimal, pensez à changer le sens du ponçage à chaque changement de grain. Prenez un grain de plus en plus fin, jusqu'à l'obtention du niveau de finition souhaité.

Pour un ponçage régulier, utilisez une cale à poncer.



Râpes ou limes

Elles permettent la finition sur des parties d'accès difficile (dans les encoches par exemple).



Pinceaux ou rouleaux

Pour l'étape de finition et de décoration des meubles en carton, un pinceau ou un petit rouleau à peindre est très utile pour une application régulière de colle, de peinture ou de vernis, notamment pour les petits espaces.

Conseil : la peinture adaptée au carton est la peinture acrylique. L'inconvénient de l'application de peinture sur du carton avec un pinceau c'est que cela laisse souvent des traces.

Le marouflage



Pour le décor et la finition des objets en carton, on peut les maroufler (recouvrir de) avec des papiers décoratifs (papiers krafts, papier d'emballage, papiers peints, pages de journaux, etc.).

Conseil pratique : on encolle toujours la pièce la plus légère (en général, le papier décor) qui va se détendre une fois mouillée par la colle et se retendre en séchant. Si on encolle la pièce rigide (le meuble), on aura la désagréable surprise de voir son décor se "flétrir".

Si on maroufle un plateau seulement d'un côté, il va se cintrer car en séchant le papier de marouflage crée une contrainte de tension. Pour éviter cela, il faut maroufler des deux côtés.

La protection et l'habillage des chants

Exemple de protection et d'habillages de chants



Avec de la bande gommée



Avec de la cornière en "U"



Avec de la bande gommée



Avec de la cornière en "U"

Intégrer de l'éclairage Créer des objets pluritechnologiques

Pour travailler sur des projets pluritechnologiques, la conception et réalisation de lampes en carton peut être un sujet intéressant. Pour éviter tout risque électrique ou de surchauffe, nous proposons deux types d'éclairage basse tension : à LED (12V) et à incandescence (12V-15W).

Éclairage à LED

Les bandes à LED basse tension (12V) éclairent efficacement et ne chauffent presque pas. Ces bandes peuvent être recoupées à volonté aux longueurs souhaitées et connectées entre elles. Elles sont prévues pour cela avec des marques aux endroits où elles peuvent être coupées et des pastilles type circuit imprimé pour le câblage (pour les connecter entre elles et avec l'alimentation). Il faut utiliser un fer à souder.

A4 propose une gamme de rubans à LED et accessoires de connectique.



Ruban à LED multicolores pour éclairage ou effet de lumière



Ruban à LED blanches pour éclairage



Bloc d'alimentation 12 V



Connecteurs d'alimentation





Vitrine éclairée



Lampe champignon (les rubans à LED sont collés sous l'abat-jour)

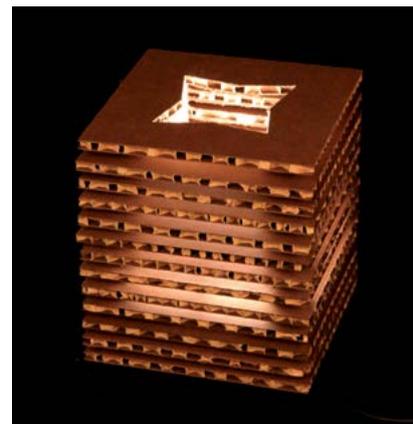
Éclairage à incandescence

Avec une ampoule 15 W, le risque de se brûler est quasi nul. De même, pour le risque d'inflammation du carton. Par sécurité supplémentaire, nous préconisons, si on adopte ce système d'éclairage, d'utiliser le carton alvéolaire classé feu (M1).



Nous proposons une douille E14 pré-câblée avec interrupteur et transfo surmoulé 12 V.

Exemple d'utilisation de l'éclairage avec une ampoule classique 15 W



Lampe cube

Quelques techniques spécifiques pour le mobilier carton

Depuis l'apparition du carton, la technique du mobilier en carton était surtout le fait de designers et d'artistes. Aujourd'hui, elle est pratiquée comme loisir créatif, et se développe également depuis quelques années comme un nouveau métier : les cartonnistes.

Un nombre croissant de cartonnistes a au fil des années acquis une maîtrise dans ce nouvel artisanat qui s'appuie sur plusieurs techniques.

Un des précurseurs dans ce domaine est Frank Gehry, designer américain qui a conçu dans les années 70 sa première collection de mobilier en carton ondulé.

Aujourd'hui, en France, la plupart des jeunes créateurs s'inspirent de quelques méthodes plus particulièrement connues :

- le contrecollage, méthode initiée par Franck Gehry ;
- le boitage ;
- la méthode Bleuzen, enseignée par Éric Guimar depuis 1993. Il a fondé la compagnie Bleuzen, association 1901, dont la vocation est de former à la création de meubles en carton ;
- la méthode Schmulb enseignée depuis 2004 par le Studio Schmulb.

Le contre-collage



La chaise Wiggle de Frank Gehry

C'est la méthode avec laquelle Frank Gehry s'est fait connaître.

Elle consiste à empiler plusieurs plaques de carton contrecollées les unes sur les autres, en inversant à chaque fois le sens des cannelures. On obtient ainsi des structures très solides.

Certains meubles en carton sont fabriqués uniquement en contrecollé. Dans ce cas, il suffit de découper une multitude de profils identiques et de les coller entre eux. C'est une méthode qui nécessite de consommer beaucoup de carton.

Exemples de contrecollage



Ici, les plaques sont collées en inversant à chaque fois le sens de la cannelure pour une meilleure résistance dans tous les sens.



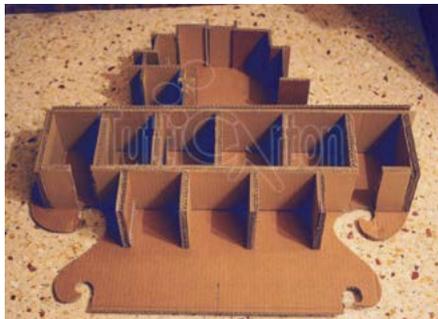
Dans cet exemple, les plaques sont toutes positionnées dans le même sens par rapport à la cannelure.

Le boîtage ou embourrage

Cette méthode consiste à découper deux profils : une façade et un fond. Ensuite, on monte la structure interne, l'ossature, à l'aide de traverses ou cloisons non entaillées, pour assurer la solidité du meuble. Le fait de le remplir de multiples cloisons, pas forcément ordonnées, lui confère une grande résistance.

Le boîtage est très utilisé pour réaliser des présentoirs publicitaires éphémères (séminaires, foires, salons, etc.). Cette méthode est plus simple que la méthode des traverses entaillées mais utilise plus de carton.

Exemples d'embourrage



Ici, les traverses sont collées de manière à former des cases.



Ici, les traverses forment des triangles.

La méthode Bleuzen - les traverses croisées

Cette méthode consiste à fabriquer une structure légère grâce à des plaques de carton entrecroisées avec des traverses, le tout recouvert de carton et maintenu par du kraft gommé.

Les profils

Le meuble est composé de 3 plaques au moins : la façade, le(s) profil(s) intermédiaire(s) et le fond, découpées à la forme du gabarit.

Les traverses

Elles constituent le squelette du meuble, plus elles sont nombreuses, plus le meuble est solide. Elles vont, grâce à des encoches, se croiser avec les profils intermédiaires, afin de réaliser la structure croisée du meuble en carton.

La longueur des traverses correspond à la profondeur du meuble.

Pour définir l'emplacement des traverses, il faut vous aider d'un patron, ainsi l'emplacement des encoches peut être tracé de façon identique sur tous les profils pour garantir une géométrie précise du meuble. Une fois que l'on a découpé l'ensemble des traverses, on peut les coller sur le(s) profil(s) intermédiaire(s) avec un pistolet à colle chaude.

Les encoches

La profondeur des encoches correspond à la moitié de la largeur des traverses. Leur largeur correspond à l'épaisseur du carton.



Exemple de profils pour un meuble

Les profils du meuble représentent directement la forme du meuble. Un des profils peut faire office de patron, l'emplacement des traverses (encoches) y est indiqué.

Dans le(s) profil(s) intermédiaire(s), on pratique des encoches pour accueillir les traverses.

Dans les profils de façade et de fond, les traverses sont juste collées en bout sans traverser le profil.



Exemple de squelette d'un meuble avec des traverses entrecroisées sur un profil intermédiaire



Meuble assemblé avec façade et fond



Meuble décoré

La méthode Schmulb

Cette technique permet de construire des meubles en carton robustes et durables, qui s'inscrivent de ce fait dans une optique écologiste.

Le procédé de fabrication repose sur une technique d'assemblage dans laquelle des renforts sont intégrés à la structure.

Inspiré du système de construction des ponts métalliques treillis, cette méthode permet de réduire l'épaisseur des cloisons pour exploiter au maximum le volume des espaces utiles, tels que cases et tiroirs.

La base de cette méthode repose sur le principe de triangulation. Ce système comprend une structure principale, elle-même formée de divers éléments constitués de triangles répartis en fonction de la forme du meuble et de son utilité.

Cette structure principale devenue triangulaire, sur laquelle viennent ensuite s'appuyer de nouveaux renforts qui maintiennent en tous points la coque du meuble, l'empêchant définitivement de se déformer, est elle-même posée sur un système de talons réglables en fin de construction, pour une stabilité optimale sans possibilité d'écrasements par usure.

Le Studio Schmulb souhaite protéger sa méthode et ne la dévoile en détail qu'à ses stagiaires. Ainsi, nous ne disposons pas de photos pour l'illustrer.

Quatre exemples de réalisation

La réalisation de meubles ou objets en carton avec un éclairage intégré peut être une solution intéressante pour un projet pluritechnologique en classe de 3^e.

À titre d'exemple, nous vous présentons quatre dossiers techniques d'objets simples qui pourraient être réalisés avec des élèves.

Bien entendu, notre propos n'est pas de vous fournir des plans d'objets à exécuter tels quels par des élèves, mais bien de fournir des modèles. Ils sont démonstratifs de ce qui peut être conçu et réalisé simplement, dans les conditions de la classe, par des élèves de 3^e.

Nous avons choisi deux lampes et deux petits meubles type casiers :

- une lampe en carton ondulé avec éclairage à LED ;
- une lampe en carton alvéolaire avec éclairage à incandescence ;
- un meuble casier en carton ondulé ;
- un meuble casier en carton alvéolaire.

Ces objets sont de dimensions suffisantes pour un travail en groupe mais ne sont pas trop encombrants dans la réserve du professeur.

Pour le meuble, nous avons choisi des casiers empilables qui peuvent s'inscrire dans un projet de plus grande ampleur, par exemple pour équiper le CDI, des bureaux ou les réserves.

Note : dans le cas de réalisations d'objets ou de meubles pour équiper votre établissement, vous devez, pour être conformes aux règles de sécurité, n'utiliser que le carton alvéolaire classé feu (M1).



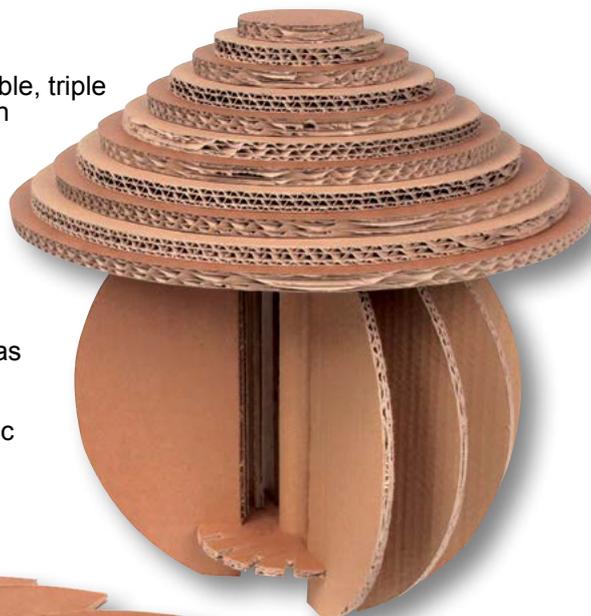
Tous les modèles volumiques sont sur le CD et disponibles aussi gratuitement sur www.a4.fr.
Vous disposez ainsi de toute la matière pour éditer vos propres plans et importer des tracés dans votre FAO.
Le format *Parasolid* (.xb) s'ouvre avec tous modeleurs volumiques.

Lampe champignon

Cette lampe de chevet est réalisée en carton ondulé double, triple cannelure et d'un tube de Ø 25 mm. Elle est équipée d'un éclairage à LED.

On utilise une bande flexible adhésive à LED découpée en 6 tronçons de 9 LED (au total 54 LED, soit 90 cm de bande). Il y a donc un peu de câblage à effectuer. Le fil d'alimentation passe par le tube central et sort par le dessous de la lampe.

Les pièces du pied peuvent être tracées et découpées à la main avec un gabarit ; leurs formats ne dépassant pas 29 cm, ce qui permet aussi de les découper sur mini-fraiseuse. Les pièces de l'abat jour sont découpées idéalement avec un cutter.

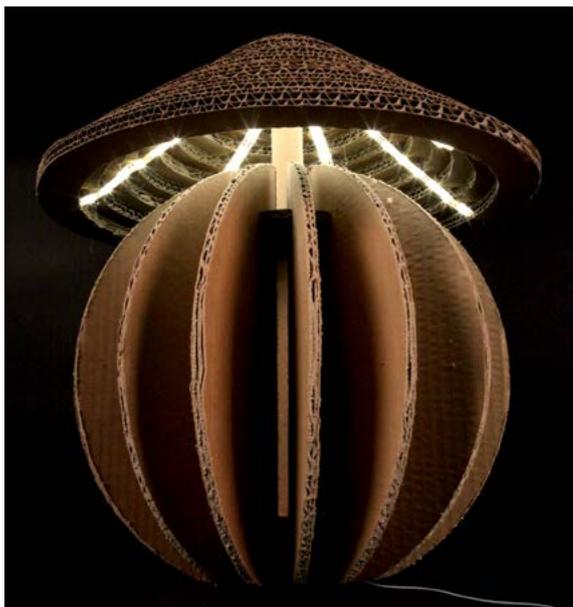


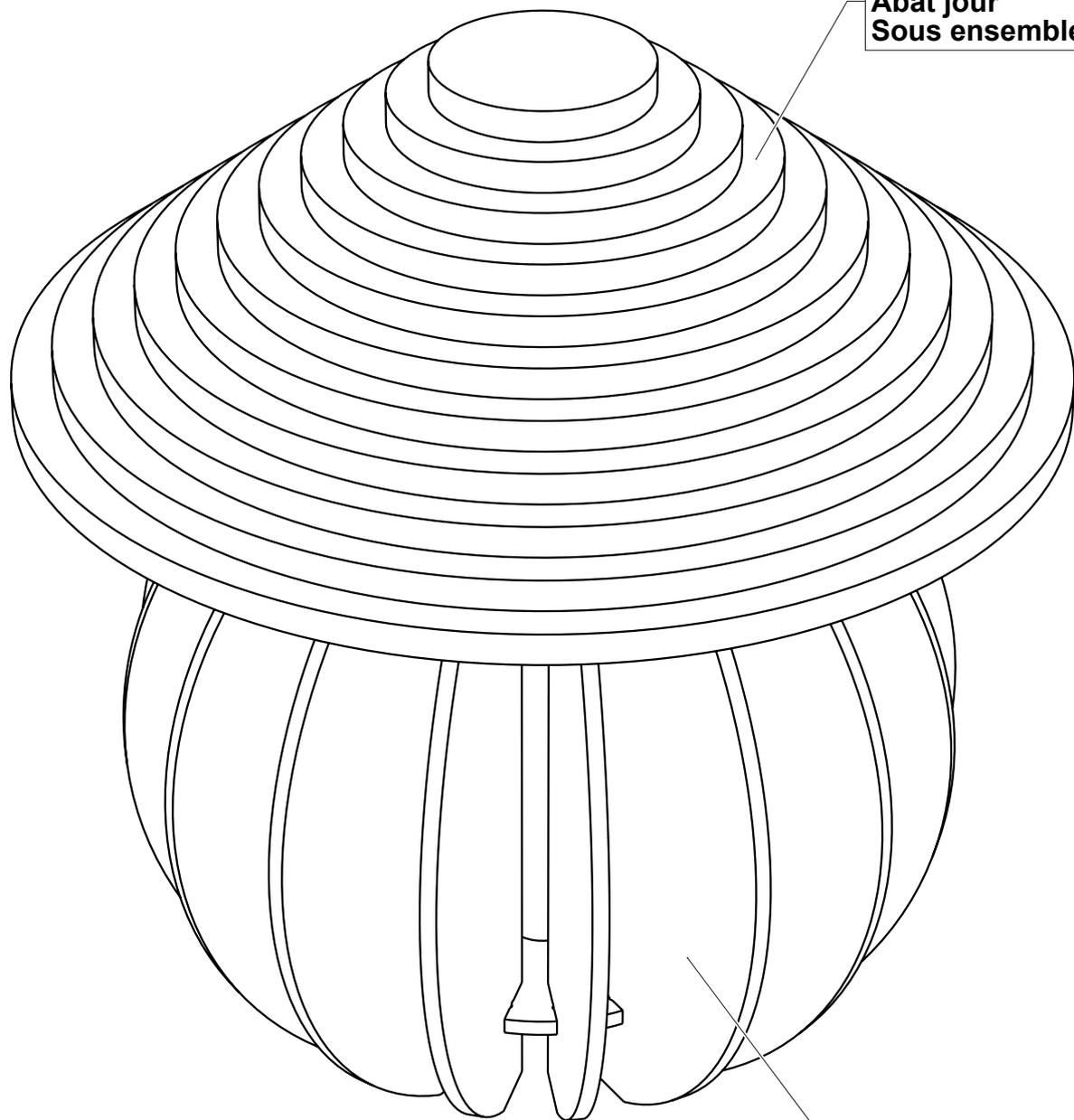
Les ressources numériques (modèles volumiques, photos, etc.) sont disponibles gratuitement sur www.a4.fr



Pour la réalisation de cette lampe, il faut :

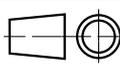
- un tube carton Ø 25 mm x L 360 mm ;
- une plaque double cannelure 800 x 1000 mm ;
- une demie plaque triple cannelure 800 x 1000 mm ;
- un mètre de bande adhésive à LED, la connectique et 1 bloc d'alimentation.

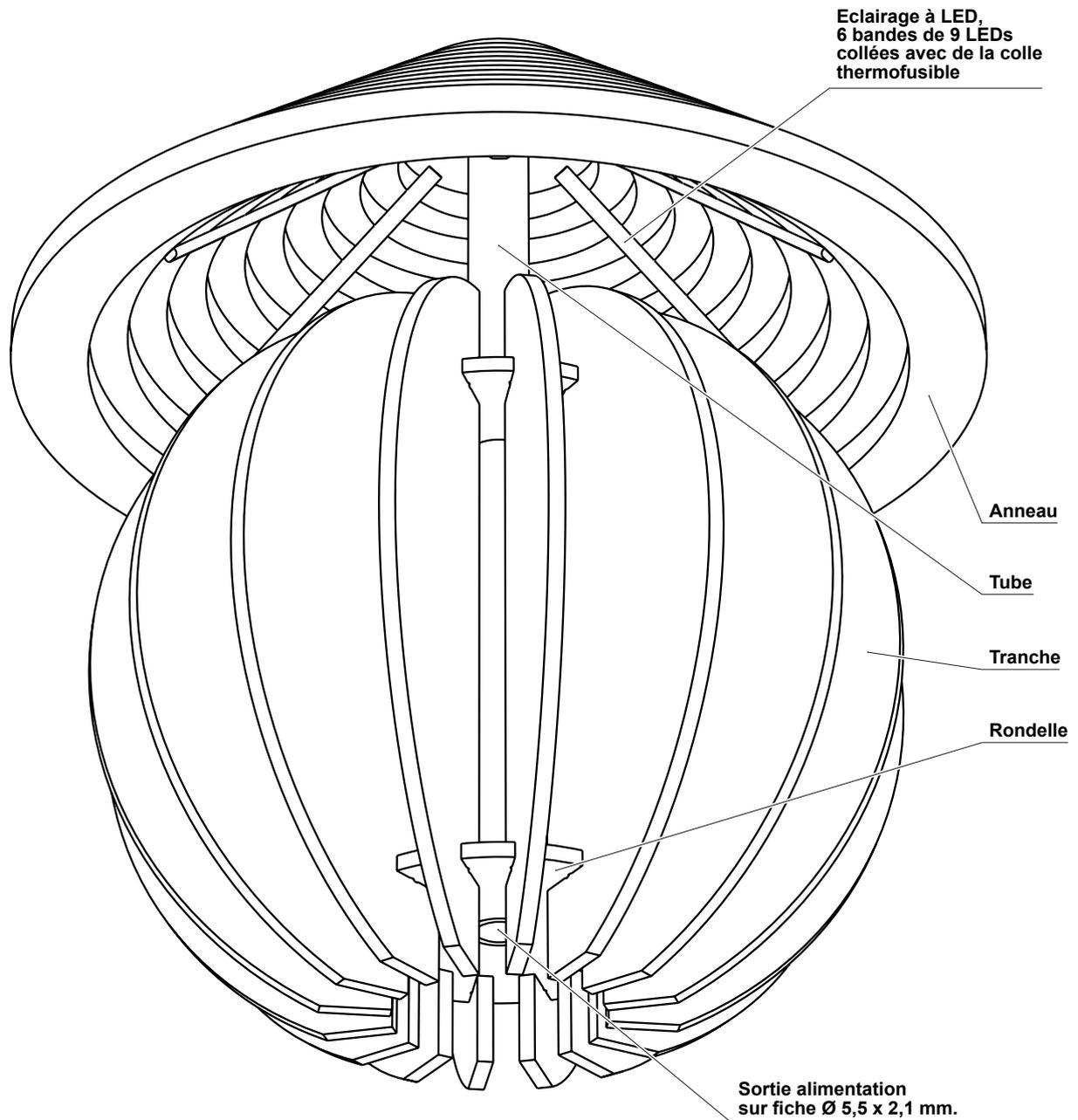


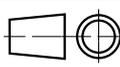


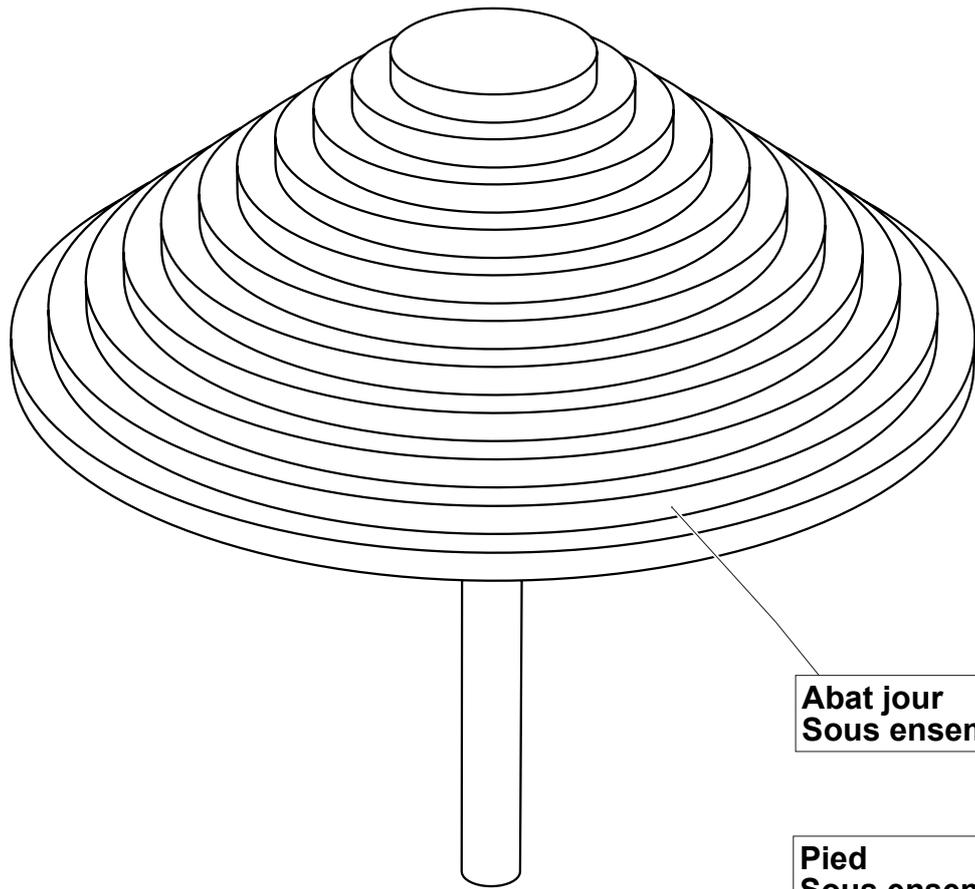
**Abat jour
Sous ensemble A**

**Pied
Sous ensemble B**

	Echelle :		A4	PROJET	Lampe champignon	PARTIE	Ensemble
	Classe			TITRE DU DOCUMENT		Perspective haute	
Nom	Date						

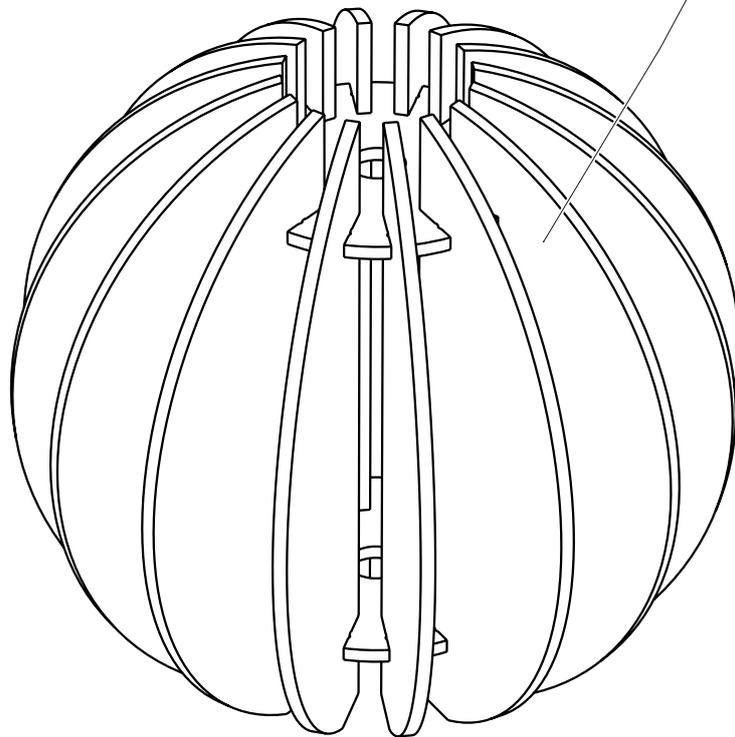


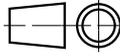
	Echelle : 1 : 1		A4	PROJET Lampe champignon	PARTIE Ensemble
	Classe	TITRE DU DOCUMENT Perspective basse			
Nom	Date				

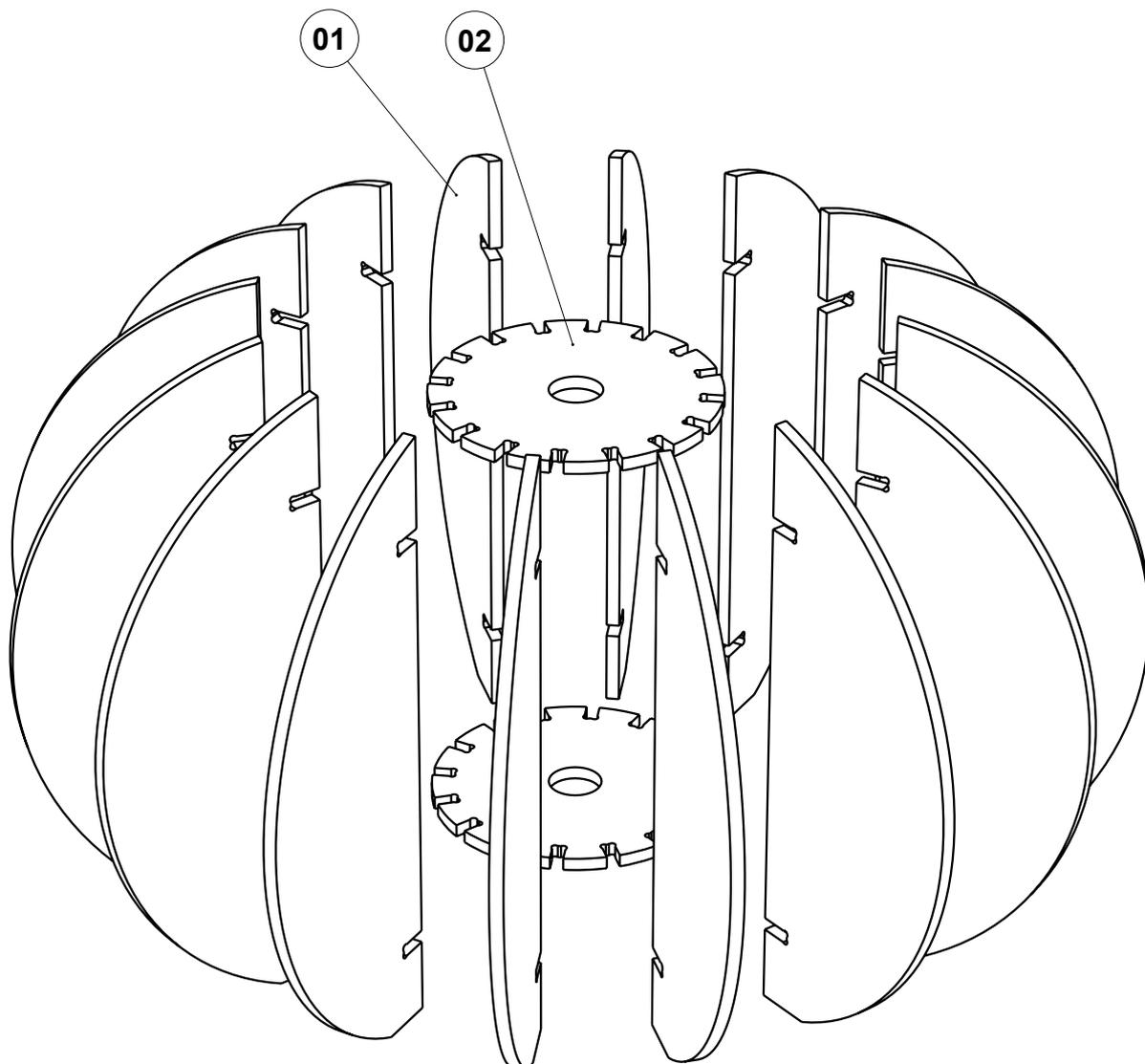


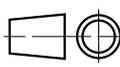
**Abat jour
Sous ensemble A**

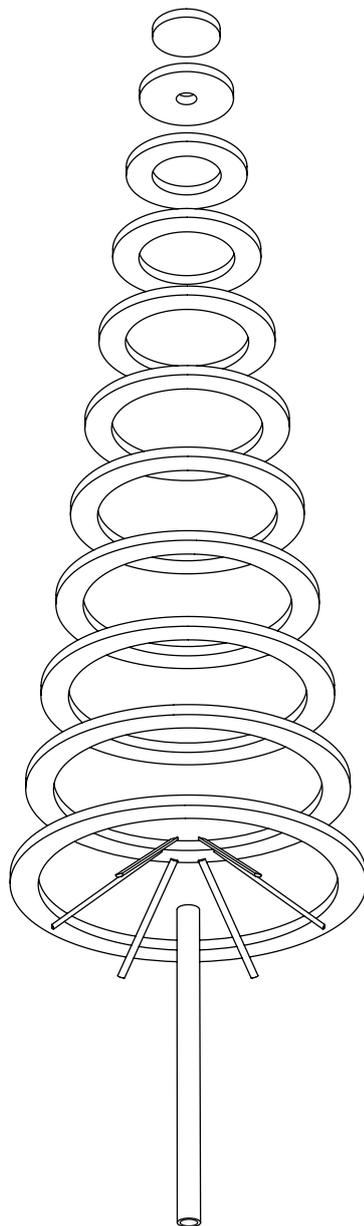
**Pied
Sous ensemble B**



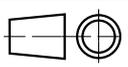
 www.a4.fr	Echelle :		A4	PROJET	Lampe champignon	PARTIE	Ensemble
	Classe			TITRE DU DOCUMENT	Sous ensembles		
Nom	Date						

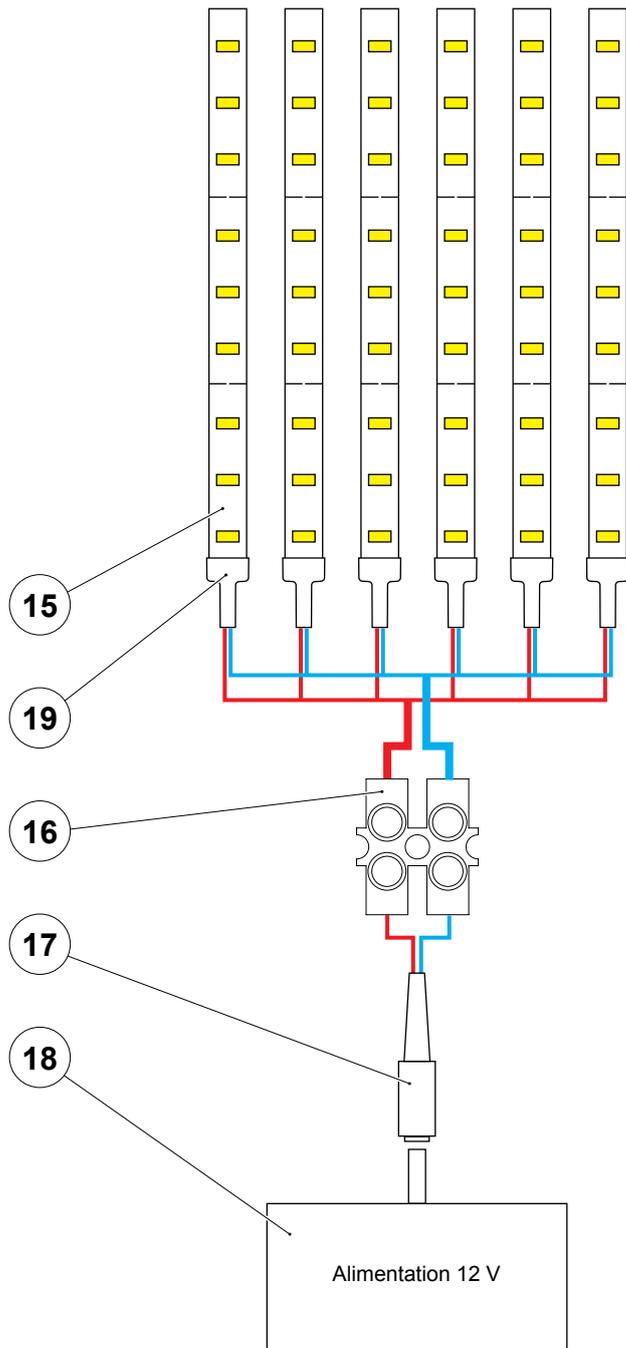


02	02	Rondelle du pied de lampe, carton double cannelure Ø 130 mm.	CART-PLAQ-DC
01	16	Tranche du pied de lampe, carton double cannelure 290 x 115 mm.	RÉF. A4
REPÈRES	NOMBRE	DÉSIGNATION	RÉF. A4
	Echelle : 1 : 1		PROJET Lampe champignon
	Classe		PARTIE Sous-ensemble A Pied
Nom	Date	TITRE DU DOCUMENT Perspective et nomenclature	



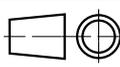
15	06	Bande autocollante flexible à LED, 3 x 3 LED.	V-CHLS23WW
14	01	Tube spiralé Ø ext 24 mm.	CART-TUBE-D25-1K
13	01	Anneau abat jour, carton triple cannelure Ø ext 380 mm, Ø int 320 mm.	CART-PLAQ-TC
12	01	Anneau abat jour, carton triple cannelure Ø ext 350 mm, Ø int 290 mm.	
11	01	Anneau abat jour, carton triple cannelure Ø ext 320 mm, Ø int 260 mm.	
10	01	Anneau abat jour, carton triple cannelure Ø ext 290 mm, Ø int 230 mm.	
09	01	Anneau abat jour, carton triple cannelure Ø ext 260 mm, Ø int 200 mm.	
08	01	Anneau abat jour, carton triple cannelure Ø ext 230 mm, Ø int 170 mm.	
07	01	Anneau abat jour, carton triple cannelure Ø ext 200 mm, Ø int 140 mm.	
06	01	Anneau abat jour, carton triple cannelure Ø ext 170 mm, Ø int 110 mm.	
05	01	Anneau abat jour, carton triple cannelure Ø ext 140 mm, Ø int 80 mm.	
04	01	Anneau abat jour, carton triple cannelure Ø ext 110 mm, Ø int 25 mm.	
03	01	Anneau abat jour, carton triple cannelure Ø ext 80 mm.	
REPÈRES	NOMBRE	DÉSIGNATION	

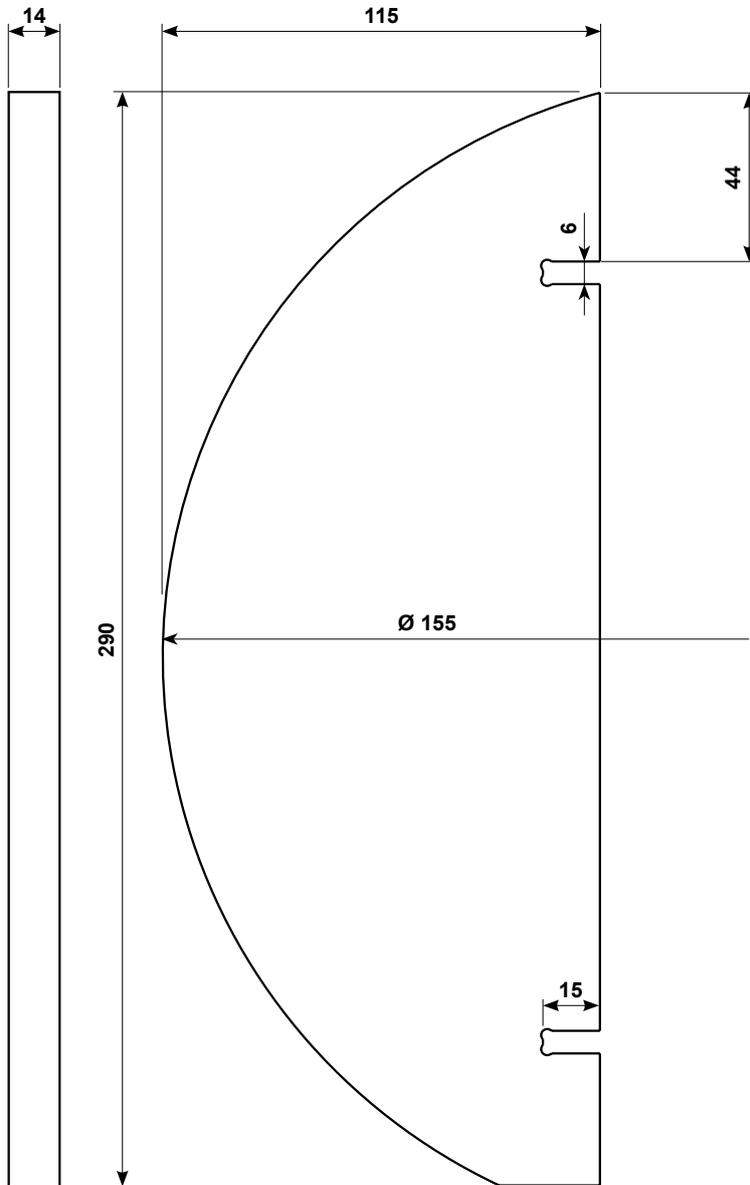
	Echelle :		A4	PROJET Lampe champignon	PARTIE Sous ensemble B
	Classe	TITRE DU DOCUMENT Perspective et nomenclature			
Nom	Date				

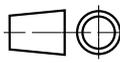


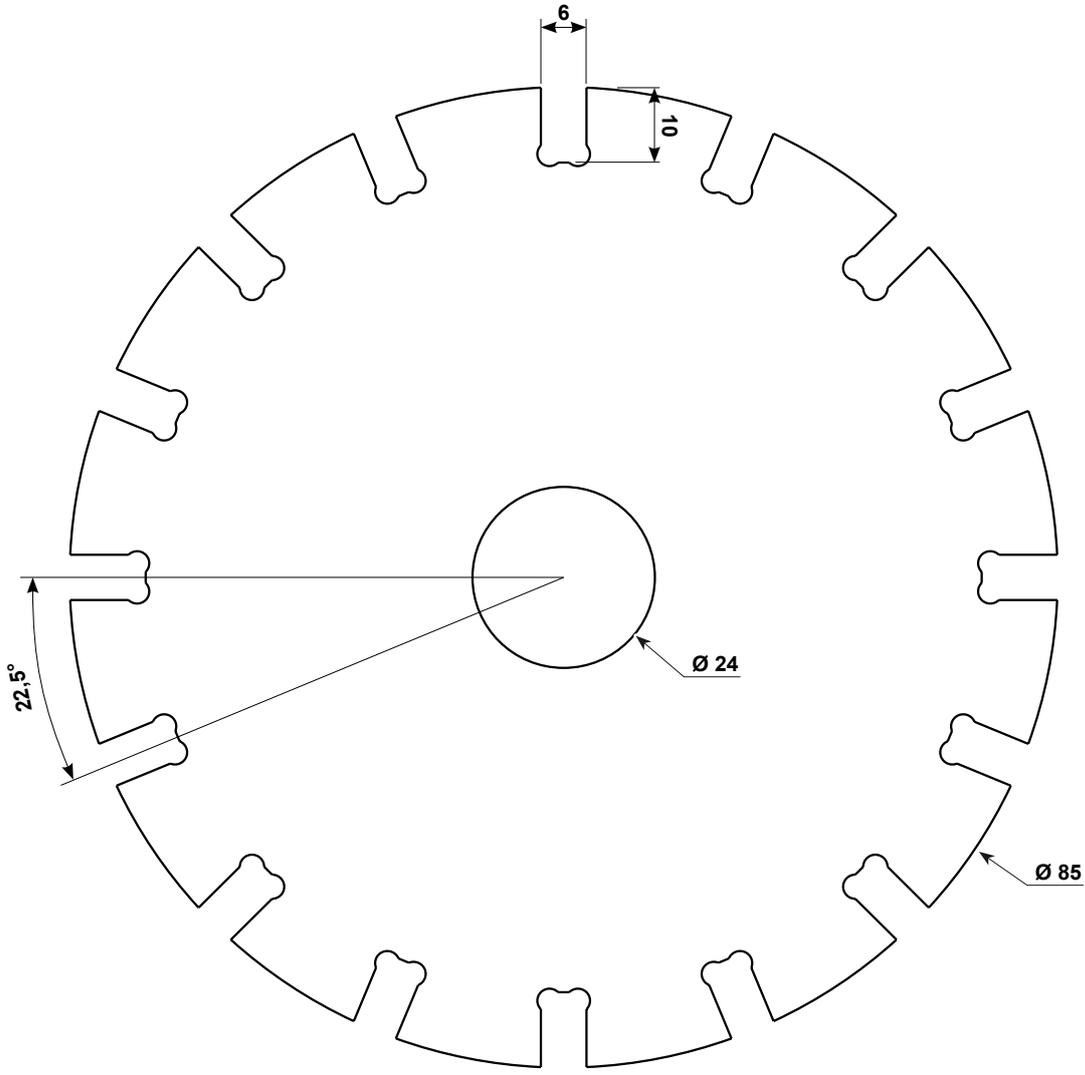
⚠ La bande de LED ne peut être coupée que par tronçon de 3 LED, uniquement sur les lignes de coupe indiquées sur la bande.
 Les connexions sont soudées sur les pastilles prévues sur la bande.
 Nota : le plastique silicone transparent doit être dégagé des pastilles à soudées.

19	06	Gaine thermo-rétractable, Ø 13 x 10 mm de longueur.	GAINE-TH-D12D4-BC
18	01	Bloc alimentation 12 V, 1500 mA.	BLOC-ALIM12VCD1A2
17	01	Connecteur d'alimentation femelle, Ø 5,5 x 2,1 mm.	V-CONFE
16	01	Barrette de connexion 2 points	DOMINO-3A-12
15	06	Bande autocollante flexible à LED, 3 x 3 LED.	V-CHLS23WW
REPÈRES	NOMBRE	DÉSIGNATION	RÉF. A4

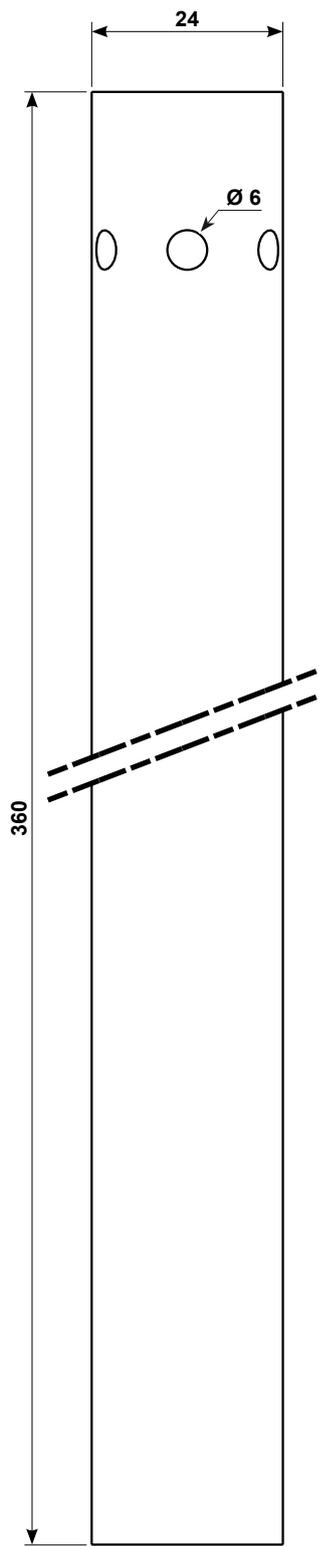
	Echelle : 1 : 1		A4	PROJET Lampe champignon	PARTIE Sous ensemble B
	Classe	TITRE DU DOCUMENT Plan de câblage			
Nom	Date				

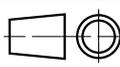


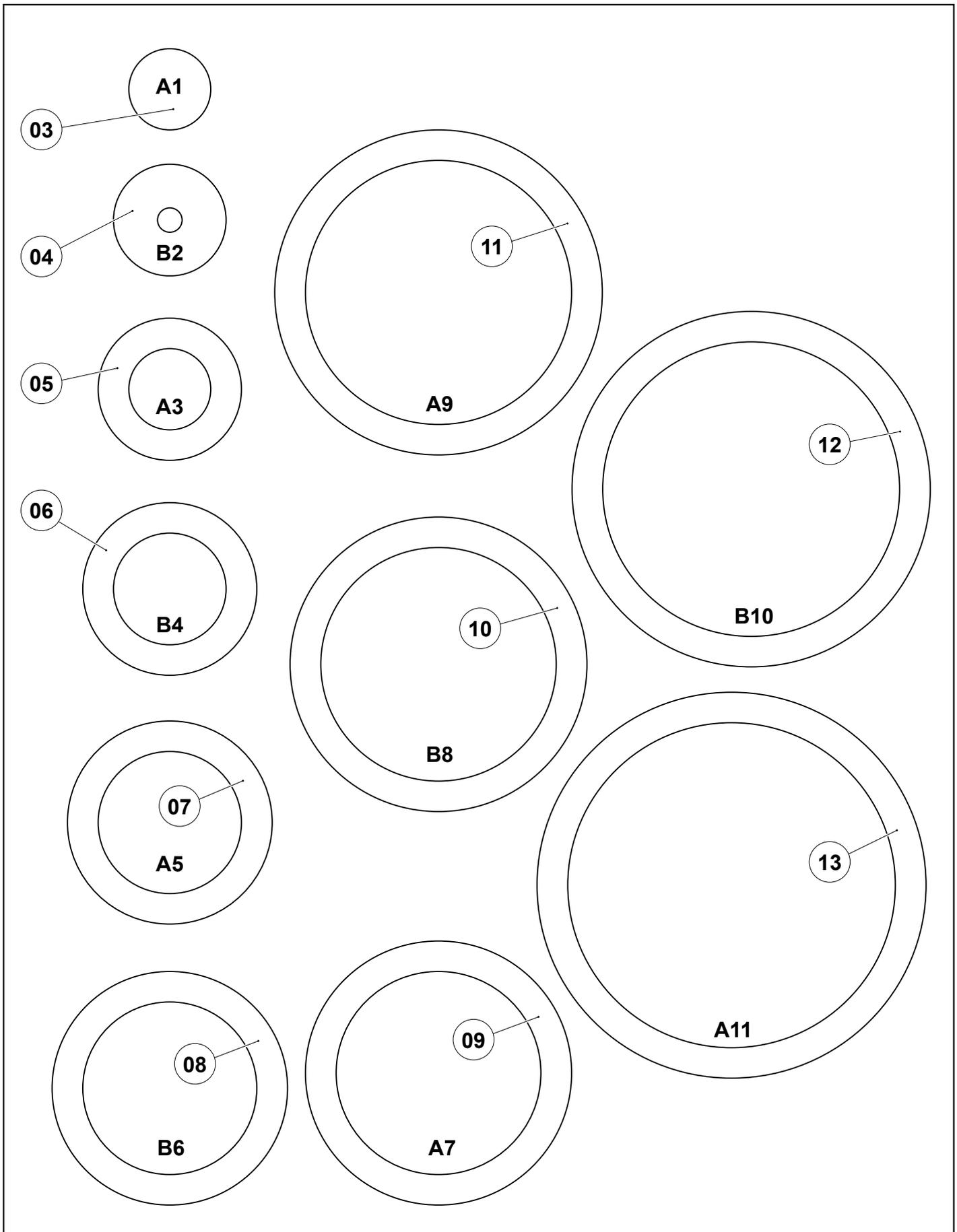
	Echelle : 1 : 2		A4	PROJET	Lampe champignon	PARTIE	Sous ensemble A
	Classe			TITRE DU DOCUMENT		Tranche du pied de lampe (01)	
Nom	Date						

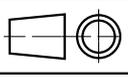


	Echelle : 1 : 1		PROJET	Lampe champignon	PARTIE	Sous ensemble A
	Classe		TITRE DU DOCUMENT	Rondelle du pied de lampe		
Nom	Date					



	Echelle : 1 : 1		A4	PROJET	Lampe champignon	PARTIE	Sous ensemble B
	Classe			TITRE DU DOCUMENT		Tube	
Nom	Date						

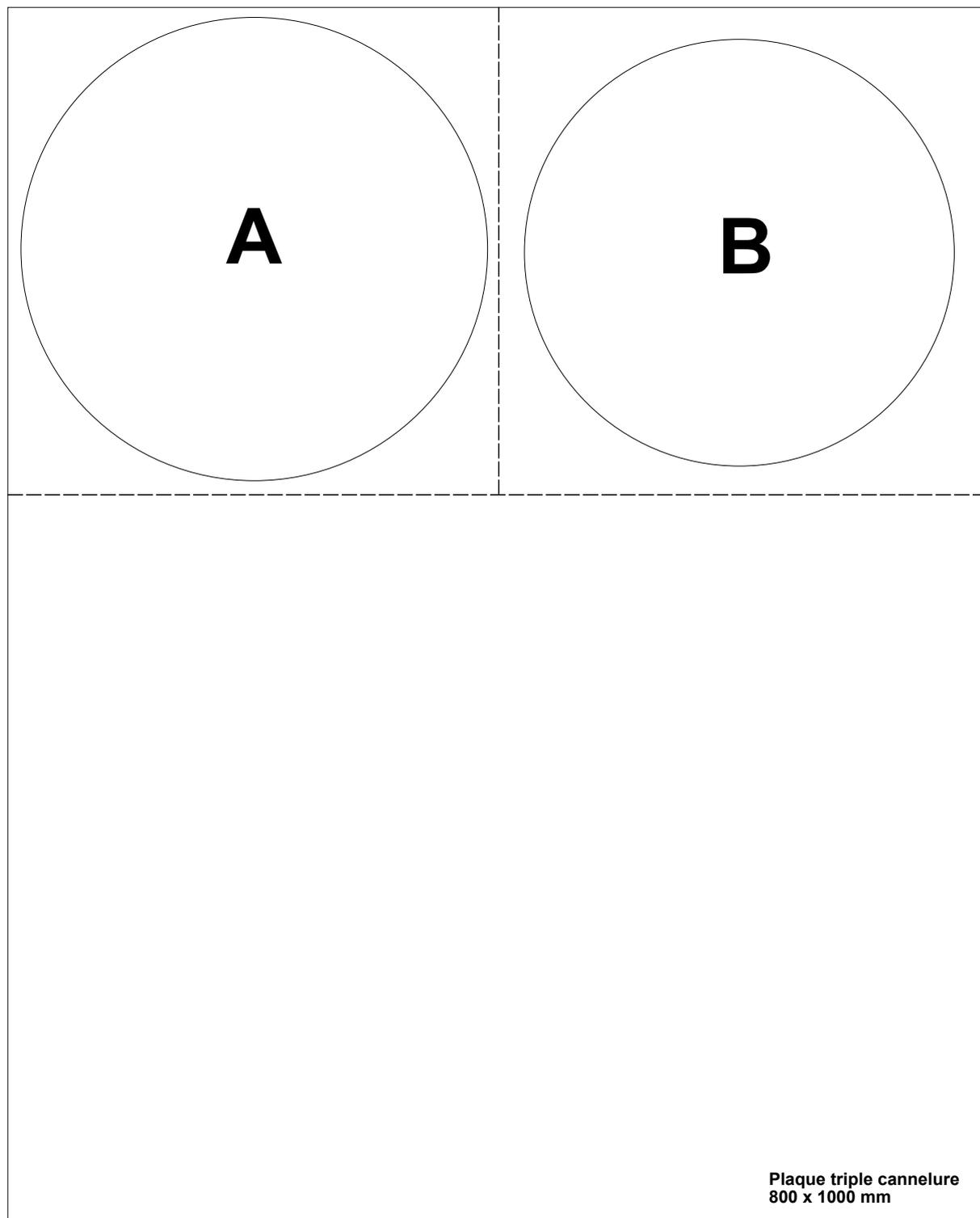


	Echelle : 1 : 5		A4	PROJET	Lampe champignon	PARTIE
	Classe					
Nom	Date	TITRE DU DOCUMENT Abat jour				

Découpe des éléments 1/3

Découpe des formats pour les anneaux de l'abat jour.

Dans une plaque en triple cannelure de 1000 x 800 mm (réf. CART-PLAQ-TC) découper 2 carrés de 400 mm de côté.

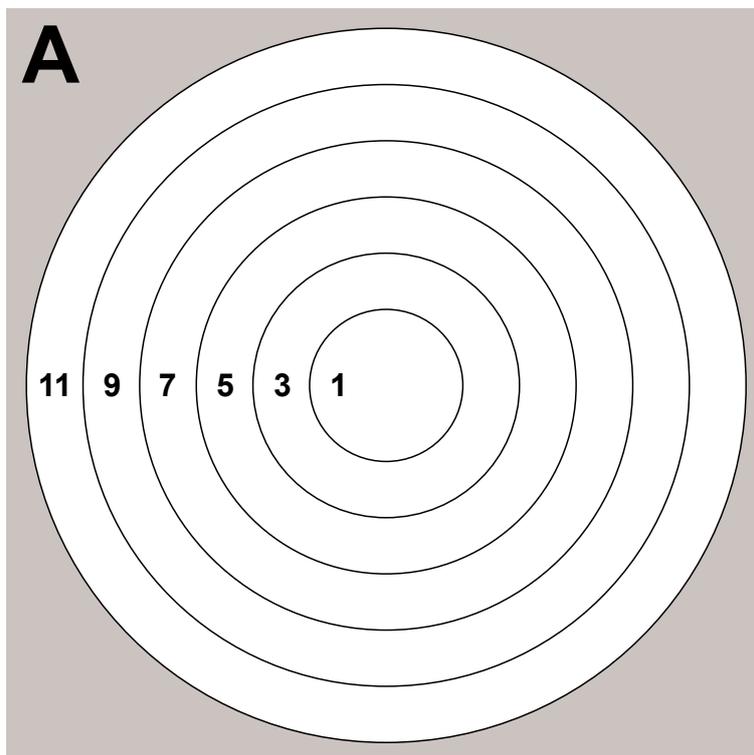


Echelle 1:5

Découpe des éléments 2/3

Découpe des anneaux A de l'abat jour.

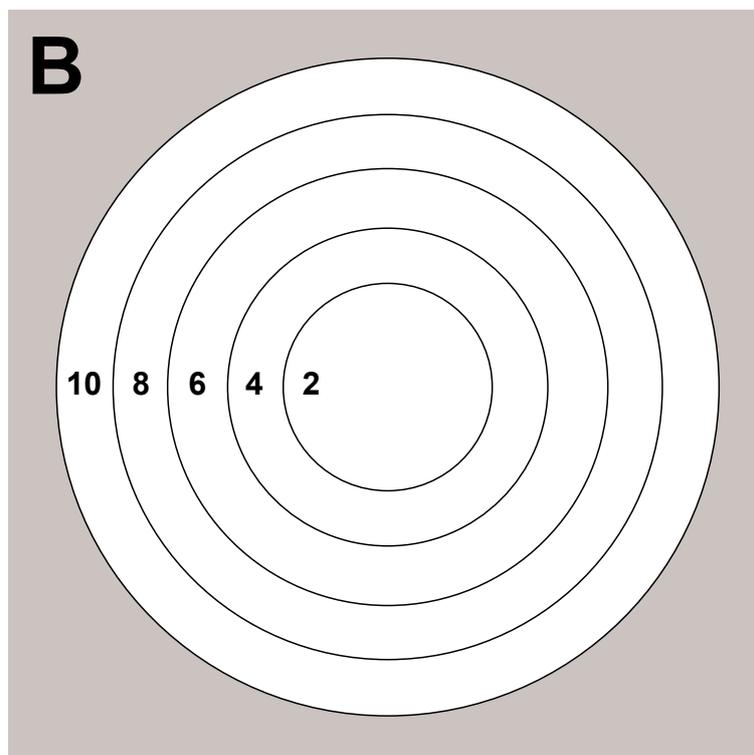
Découper 6 anneaux en triple cannelure dans un format de 400 x 400 mm.



Echelle 1:5

Découpe des anneaux B de l'abat jour.

Découper 5 anneaux en triple cannelure dans un format de 400 x 400 mm.

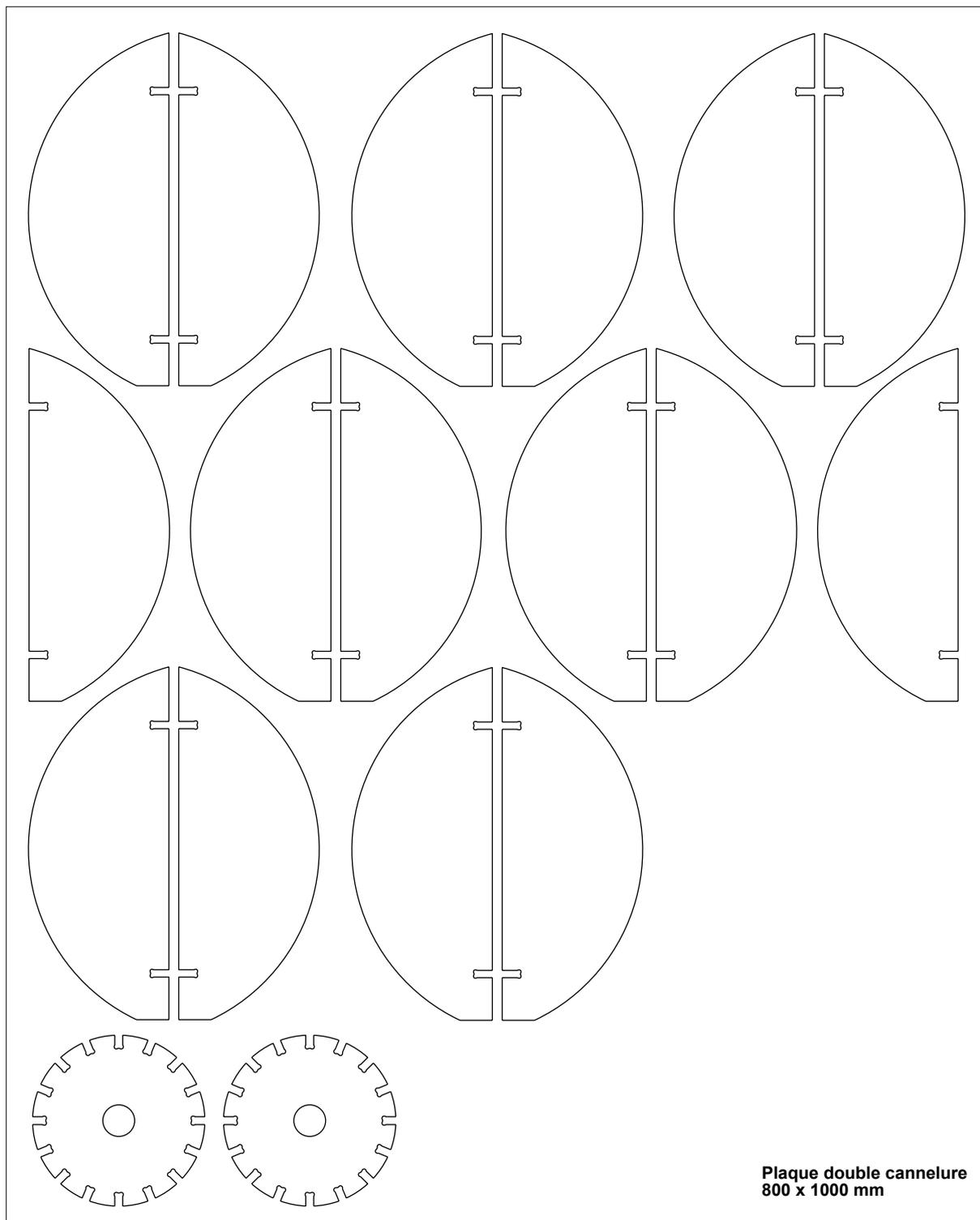


Echelle 1:5

Découpe des éléments 3/3

Découpe des éléments du pied de lampe.

Dans une plaque en double cannelure de 1000 x 800 mm (réf. CART-PLAQ-DC) découper les 16 tranches et les 2 rondelles du pied de lampe.



Echelle 1:5

Lampe Cube

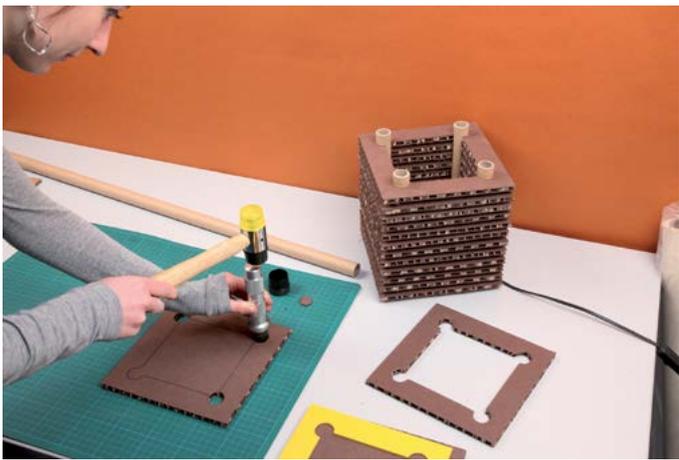


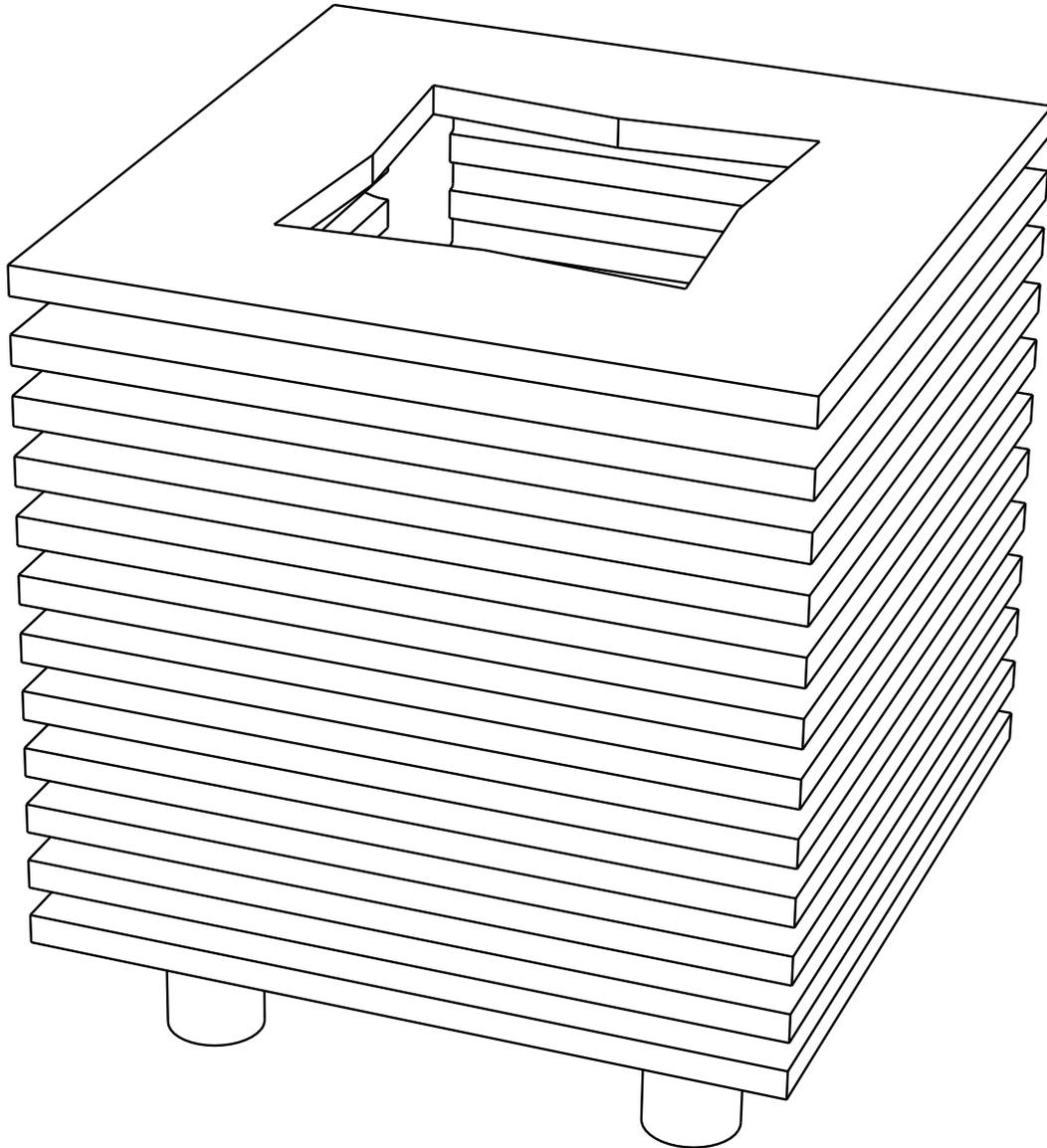
Lampe réalisée en carton alvéolaire 8 mm classé M1 au feu, avec ossature constituée de 4 tubes carton 18 x 25 mm. Éclairage par lampe à incandescence 15 W - 12 V sur douille E14, avec transfo d'alimentation surmoulé. Les pièces carton format 200 X 200 mm peuvent être découpées manuellement ou sur mini-fraiseuse CN. Dans le cas d'une découpe manuelle, pour les trous ronds, on devra utiliser un emporte-pièce Ø 25 mm ou une petite scie cloche.



Les ressources numériques (modèles volumiques, photos, etc.) sont disponibles gratuitement sur www.a4.fr

- Pour réaliser cette lampe, il faut :
- un tube carton 18 X 25 X L 1 m ;
 - une plaque carton alvéolaire classé feu M1, 8 x 800 x 1000 mm ;
 - un ensemble douille E14 câblée avec interrupteur et transfo 230/12 V - 500 mA (Réf CAB-E14-12V-A).





<input type="text"/>	 	A4
Collège	Classe	

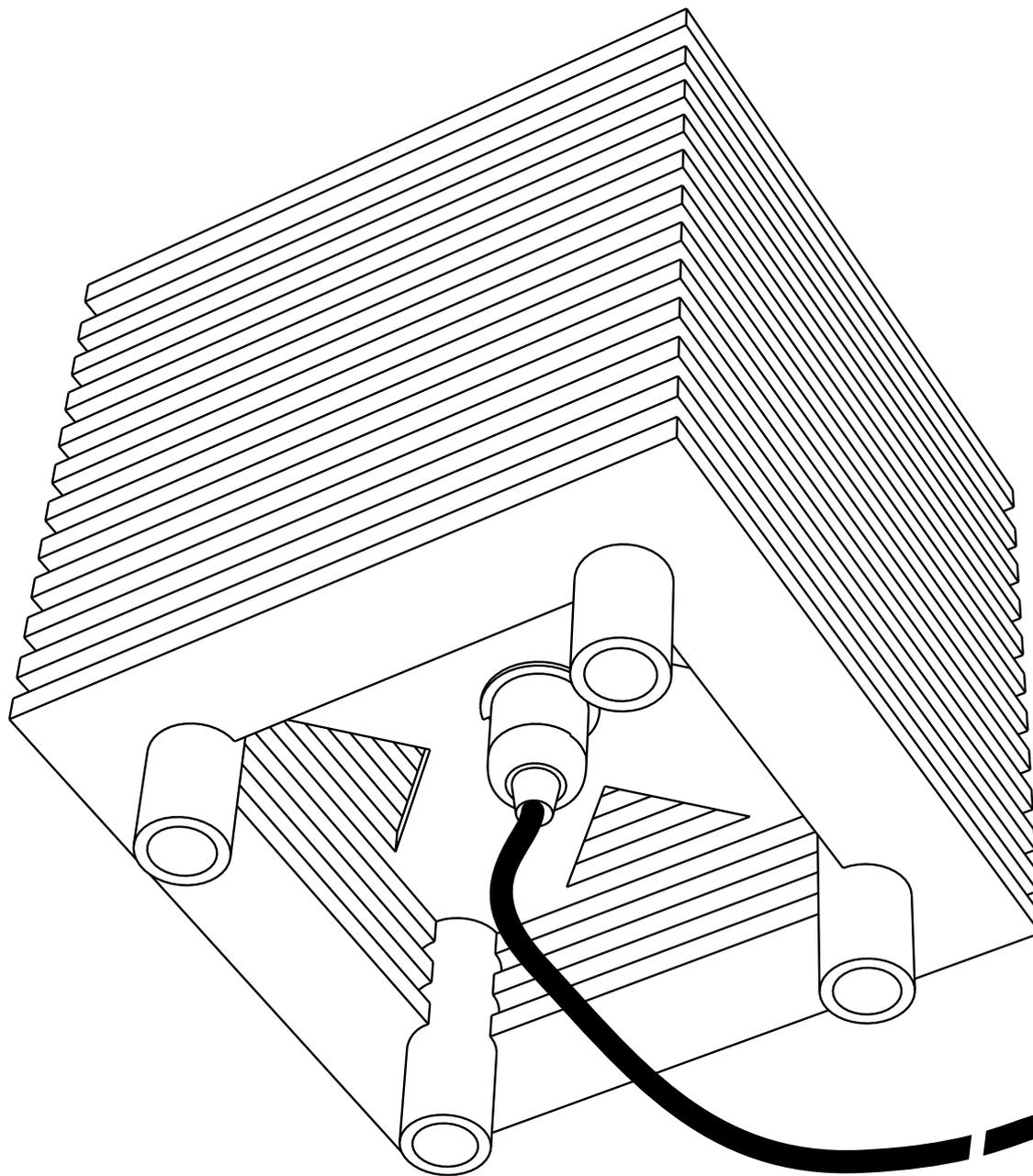
PROJET
Lampe-Cube

PARTIE
Ensemble

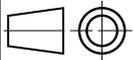
Nom	Date
-----	------

TITRE DU DOCUMENT
Perspective de dessus

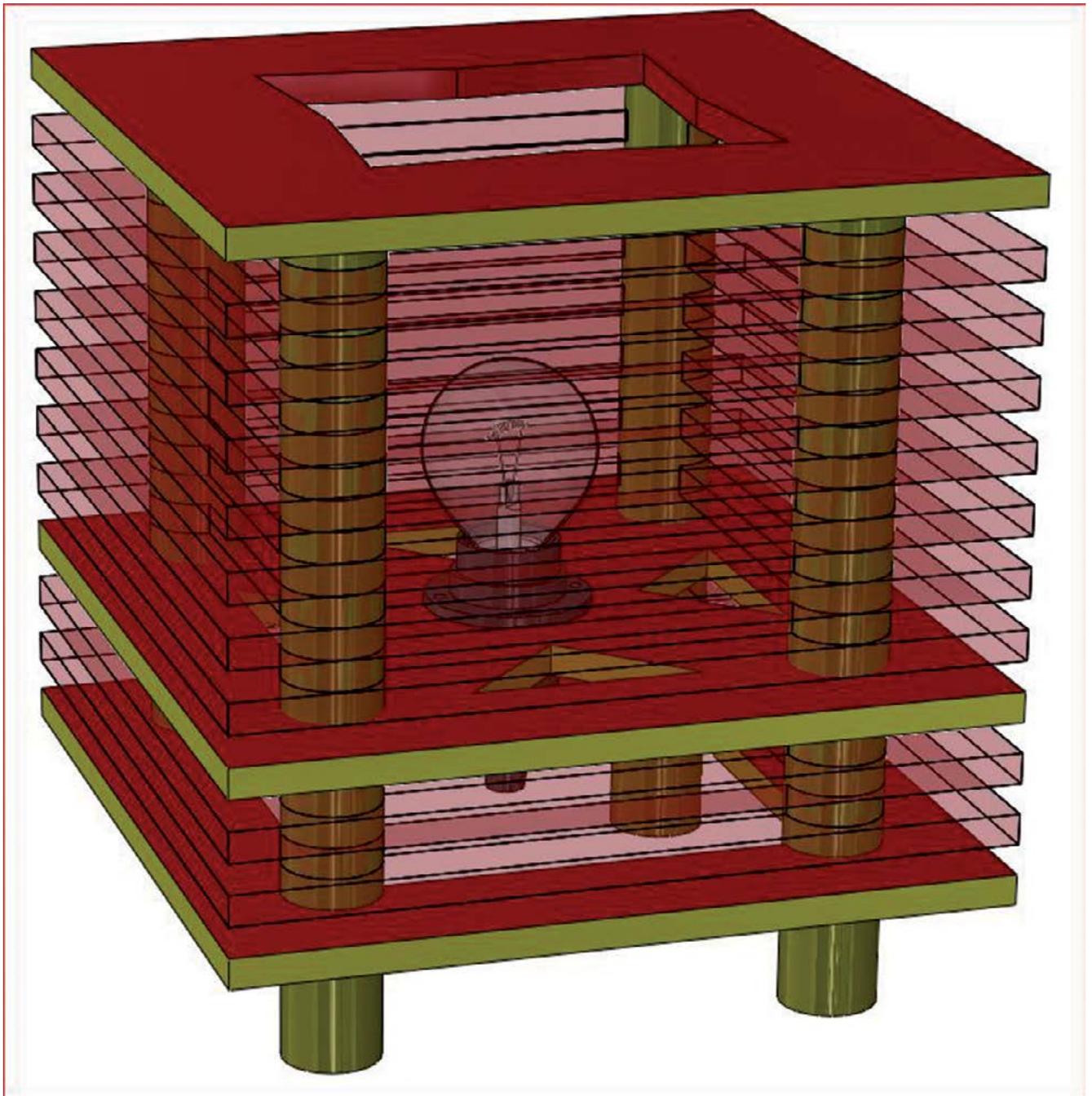


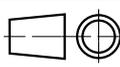


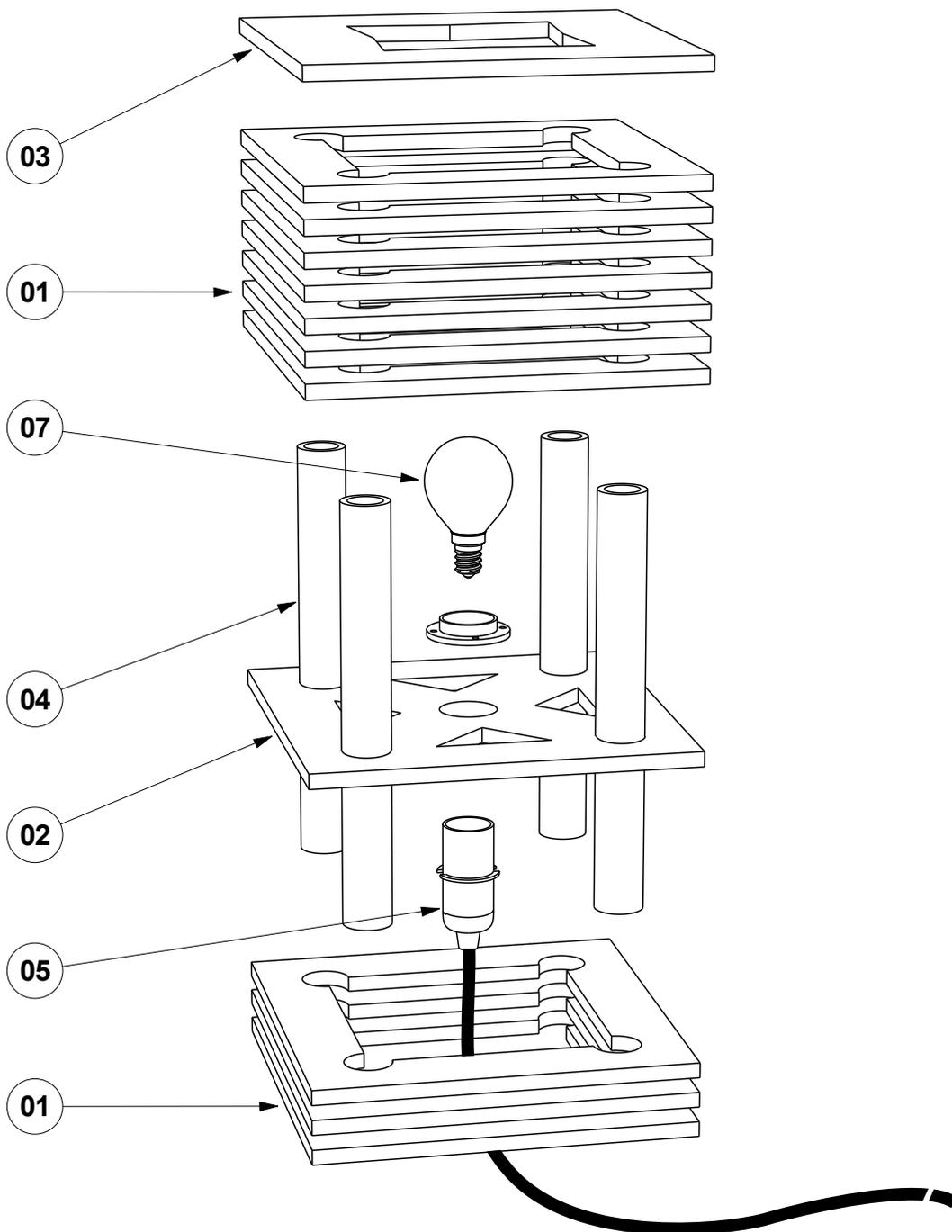
Vers interrupteur
et transfo surmoulé 12 V

 www.a4.fr			A4	PROJET	PARTIE
				Lampe-Cube	Ensemble
Collège				TITRE DU DOCUMENT	
Date				Perspective de dessous	
Nom					





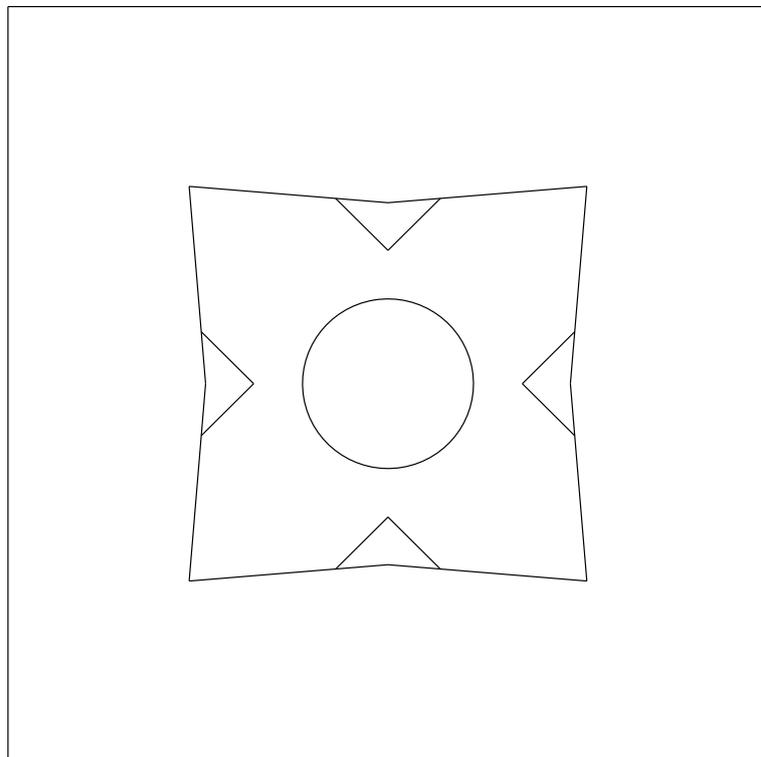
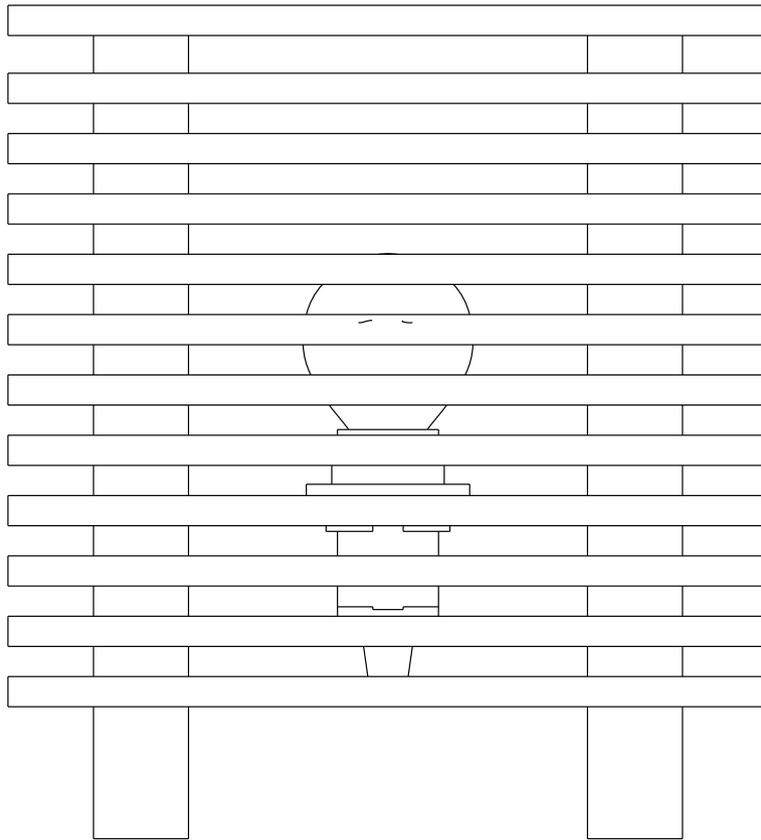
	Echelle :		A4	PROJET	Lampe champignon	PARTIE	Ensemble
	Classe			TITRE DU DOCUMENT			
Nom	Date						



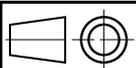
07	01	Ampoule	Ampoule Globe 12 V - 15 W - Culot E14
06	01	Rondelle de douille	Pour douille E14
05	01	Douille E14 câblée	Douille câblée avec interrupteur et transfo 12 V
04	04	Tube	Carton 18 X 25 X L 220
03	01	Plateau supérieur	Carton alvéolaire 8 mm X 200 X 200 - Classé feu M1
02	01	Plateau support de douille	Carton alvéolaire 8 mm X 200 X 200 - Classé feu M1
01	10	Plateau	Carton alvéolaire 8 mm X 200 X 200 - Classé feu M1
REPERE	NOMBRE	DESIGNATION	CARACTERISTIQUES

				PROJET Lampe-Cube	PARTIE Ensemble
	Collège				Classe
Nom				TITRE DU DOCUMENT Eclaté Nomenclature générale	
Date					





Echelle 1 : 2



A4

PROJET

Lampe-Cube

PARTIE

Ensemble

Collège

Classe

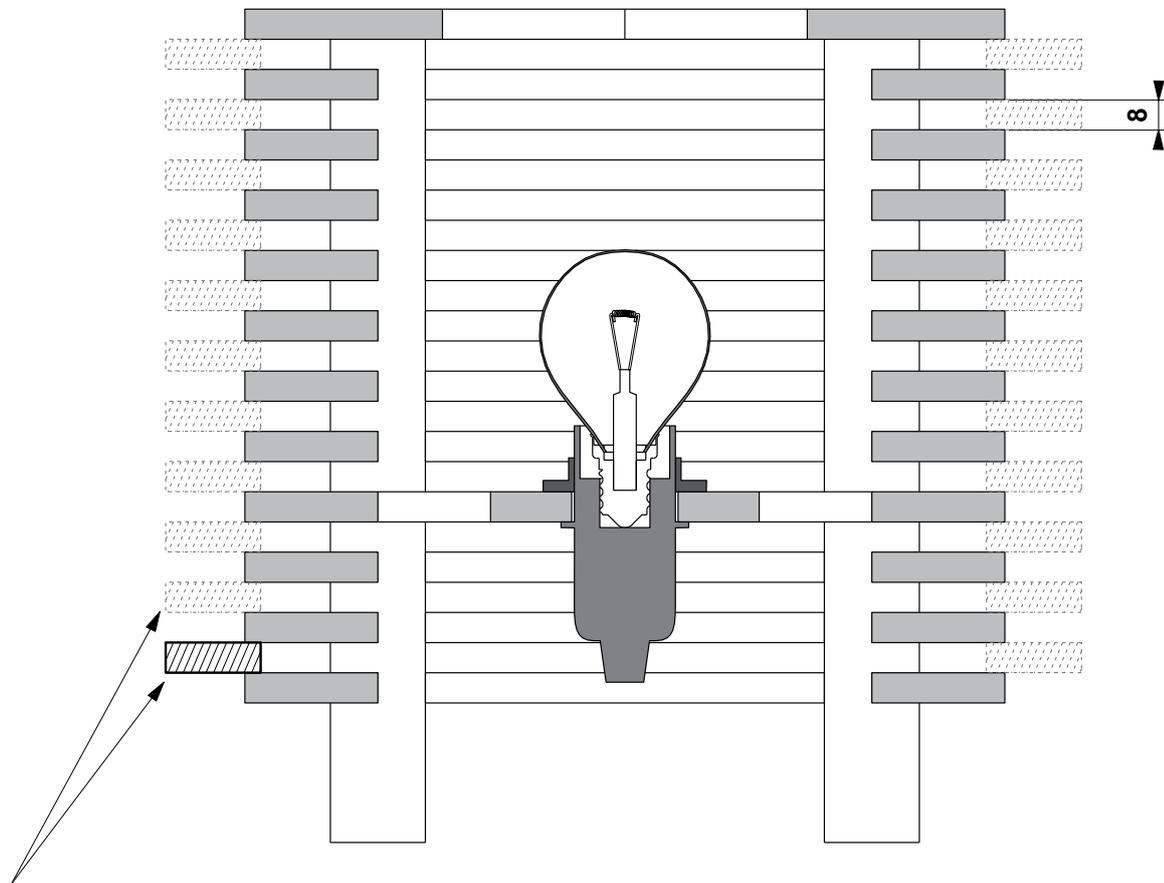
TITRE DU DOCUMENT

Vues de face et de dessus

Nom

Date

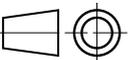




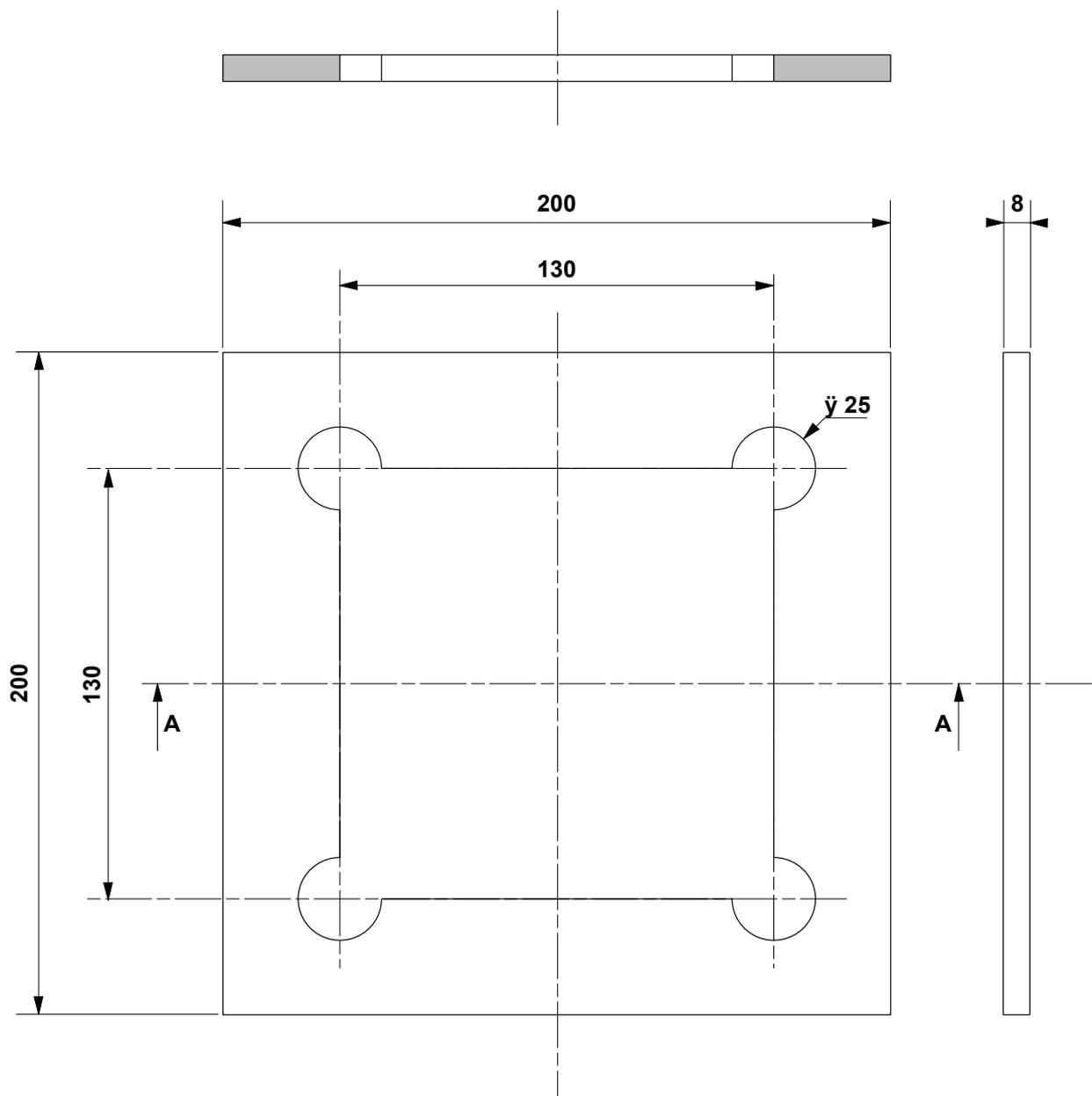
Cales utilisées au montage pour assurer un espacement régulier des plateaux

Conseils de réalisation

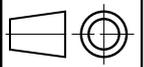
- Les différents plateaux sont enfilés sur les 4 tubes support. Le maintien définitif est assuré par collage.
- On peut utiliser une colle liquide à l'eau, une colle de bureau ou un pistolet à colle thermofusible.
- L'espacement des plateaux est 8 mm et correspond à leur épaisseur. Utiliser les chutes du carton pour faire des cales de montage (voir dessin ci-dessus).

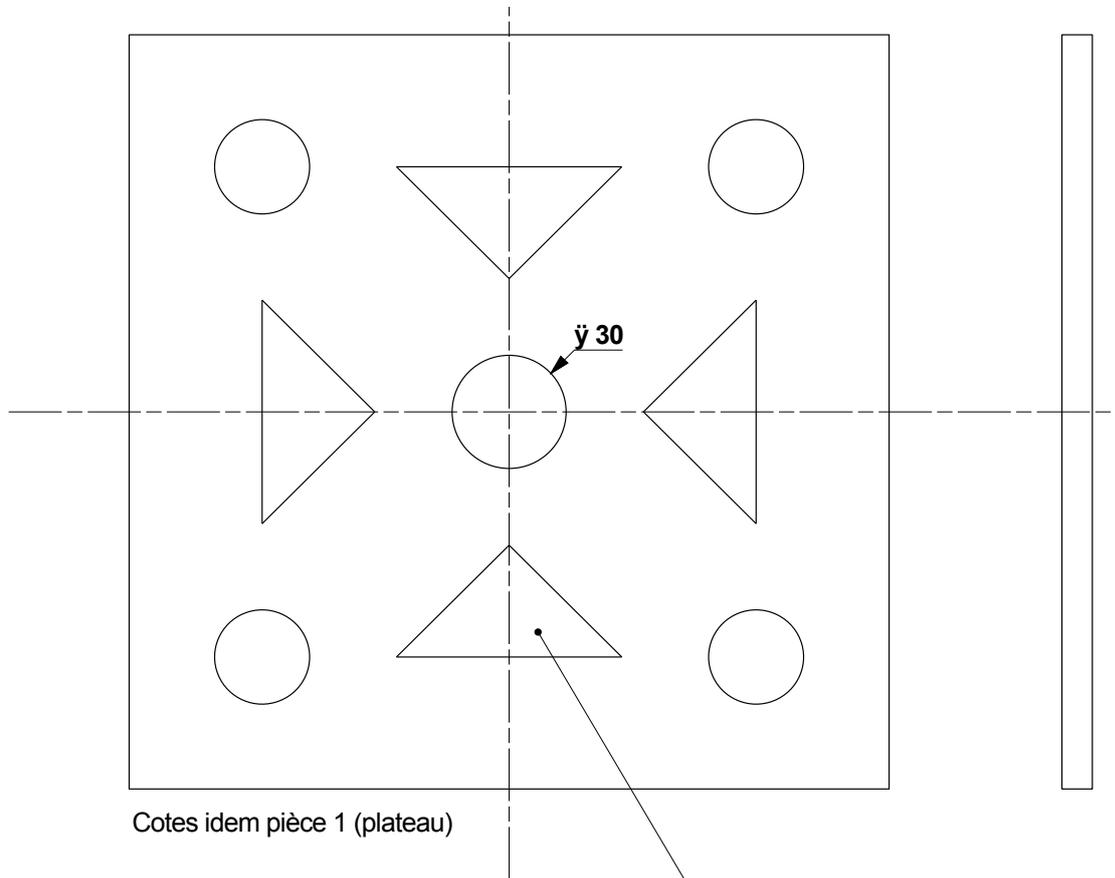
	Echelle 1 : 2		A4	PROJET Lampe-Cube	PARTIE Ensemble
	Collège	Classe	TITRE DU DOCUMENT Coupe		
Nom	Date				





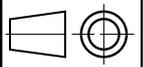
Nota : modèle volumique (SW ; Parasolid (.xb) ; Edrawings) et tracés disponibles sur le CD ou en téléchargement gratuit sur www.a4.fr.
 (Le format générique Parasolid .xb s'ouvre avec tous les modeleurs volumiques et toutes les versions SW).
 Récupérez ainsi toutes les cotes et tracés pour usinage sur CN.

01	10	Plateau	Carton alvéolaire 8 mm X 200 X 200 - Classé feu M1	
REPERE	NOMBRE	DESIGNATION	CARACTERISTIQUES	
		Echelle 1 : 2		A4
		Collège	Classe	
			PROJET	PARTIE
			Lampe-Cube	Plateau
			TITRE DU DOCUMENT	
Nom		Date	Dessin de définition	



Cotes et formes des trous d'aération :
la seule contrainte est le passage de l'air autour de l'ampoule pour éviter un échauffement excessif.

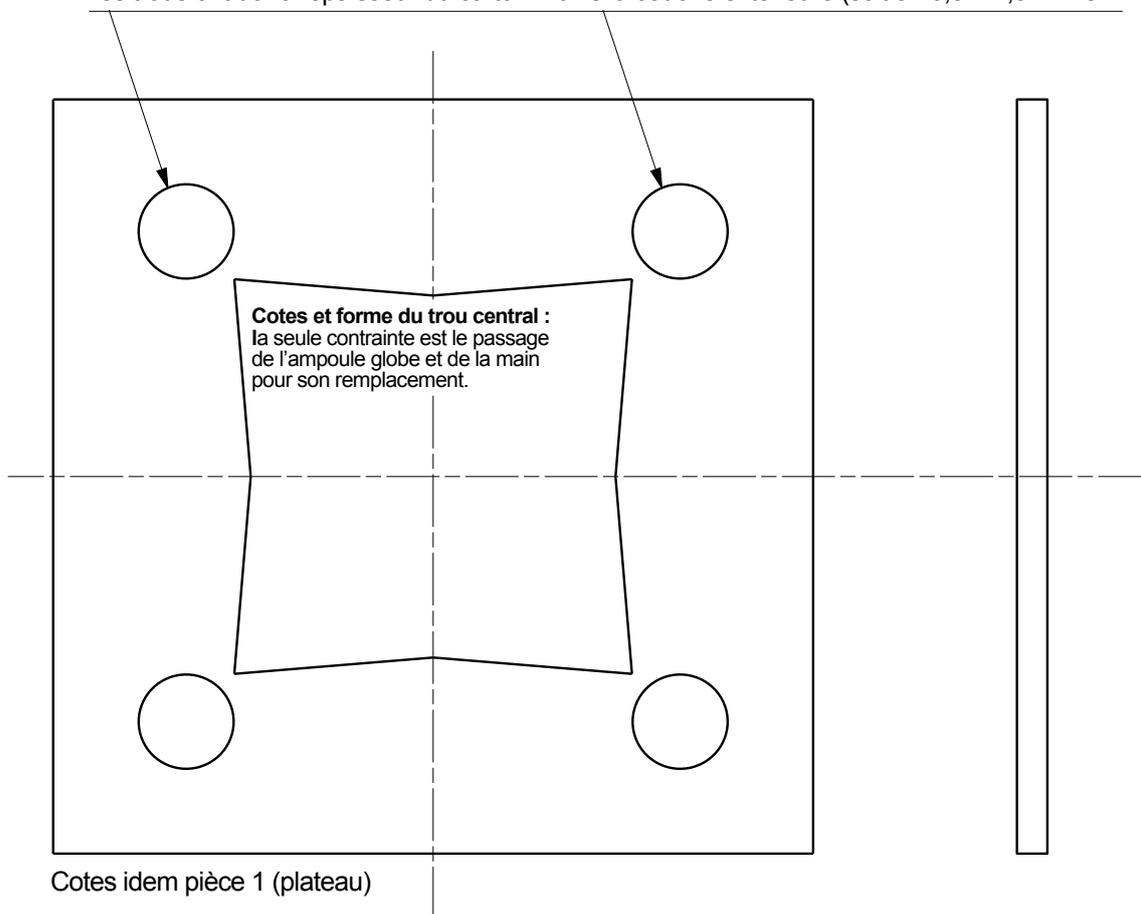
Nota : modèle volumique (SW ; Parasolid (.xb) ; Edrawings) et tracés disponibles sur le CD ou en téléchargement gratuit sur www.a4.fr.
(Le format générique Parasolid .xb s'ouvre avec tous les modeleurs volumiques et toutes les versions SW).
Récupérez ainsi toutes les cotes et tracés pour usinage sur CN.

02	01	Plateau support de douille	Carton alvéolaire 8 X 200 X 200 mm - Classé feu M1	
REPÈRE	NOMBRE	DESIGNATION	CARACTERISTIQUES	
		Echelle 1 : 2		A4
		Collège	Classe	
			PROJET	PARTIE
			Lampe-Cube	Plateau support de douille
			TITRE DU DOCUMENT	
Nom		Date	Dessin de définition	

Les trous du plateau supérieur ne sont pas débouchants.

On conserve la face extérieure du carton.

Les trous ont donc l'épaisseur du carton moins la couche extérieure (soit $8 - 0,5 = 7,5$ mm environ).

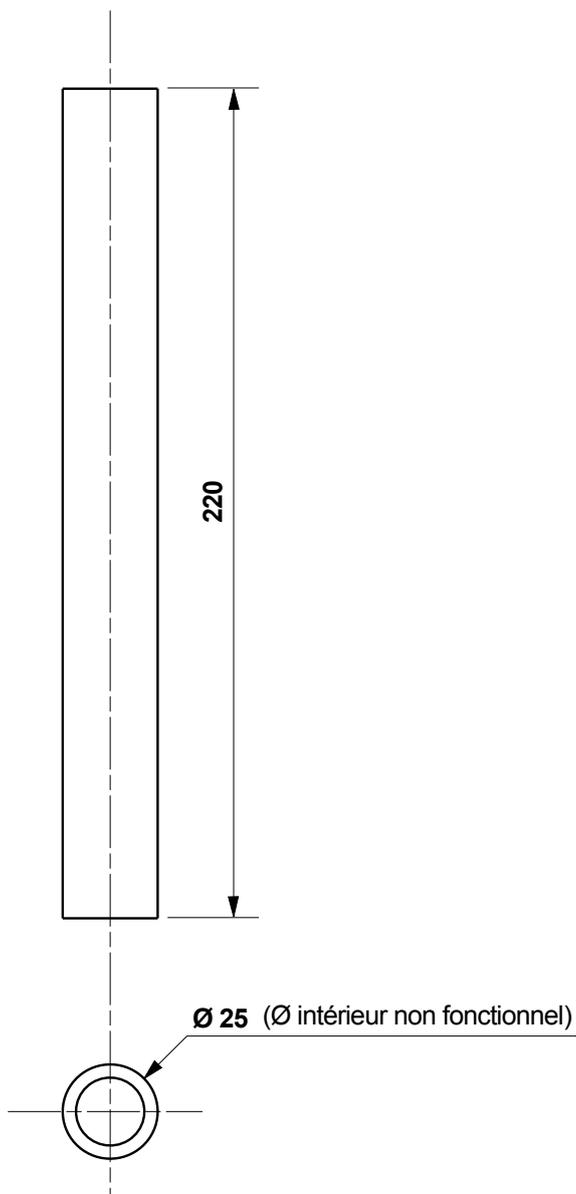


Nota : modèle volumique (SW ; Parasolid (.xb) ; Edrawings) et tracés disponibles sur le CD ou en téléchargement gratuit sur www.a4.fr.

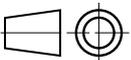
(Le format générique Parasolid .xb s'ouvre avec tous les modeleurs volumiques et toutes les versions SW).
Récupérez ainsi toutes les cotes et tracés pour usinage sur CN.

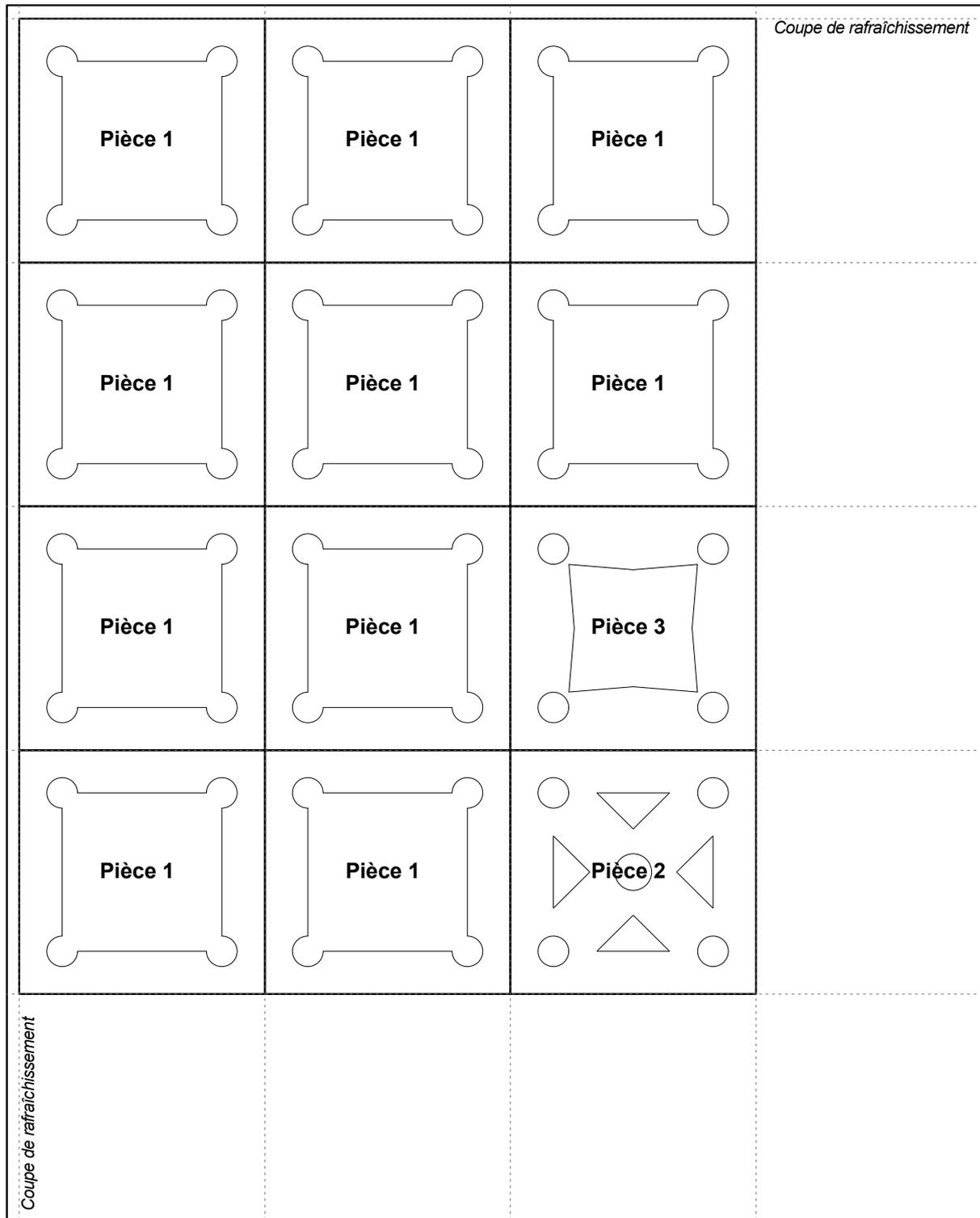
03	01	Plateau supérieur	Carton alvéolaire 8 X 200 X 200 mm - Classé feu M1		
REPERE	NOMBRE	DESIGNATION	CARACTERISTIQUES		
 www.a4.fr		Echelle 1 : 2		A4	PROJET
		Collège	Classe	Lampe-Cube	PARTIE
Nom		Date		TITRE DU DOCUMENT	
				Dessin de définition	





Nota : modèle volumique (SW ; Parasolid (.xb) ; Edrawings) et tracés disponibles sur le CD ou en téléchargement gratuit sur www.a4.fr.
 (Le format générique Parasolid .xb s'ouvre avec tous les modeleurs volumiques et toutes les versions SW).
 Récupérez ainsi toutes les cotes et tracés pour usinage sur CN.

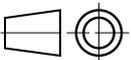
04	04	Tube	Carton 18 X 25 X L 220 mm		
REPERE	NOMBRE	DESIGNATION	CARACTERISTIQUES		
		Echelle 1 : 2		A4	PROJET
		Collège	Classe		PARTIE
Nom		Date	Lampe-Cube		Tube
			TITRE DU DOCUMENT		Dessin de définition



Placement des débits dans une plaque carton alvéolaire 8 X 800 X 1 000 mm

- Plan pour une coupe au cutter.
- Pour un débit scie, on laissera une épaisseur de la lame entre les pièces.

Découpes intérieures réalisées ensuite manuellement (emporte-pièce + cutter) ou sur mini-fraiseuse CN.

	Echelle 1 : 5		A4	PROJET Lampe-Cube	PARTIE Ensemble
	Collège	Classe	TITRE DU DOCUMENT Plan de débit des pièces		
Nom	Date				



Cube modulaire

Module réalisé en carton ondulé triple cannelure.
Dimensions 400 x 400 x profondeur 300 mm.

On peut utiliser un module seul ou en empiler plusieurs pour réaliser un ensemble. Chaque module peut être traité différemment avec ou sans tiroir, avec ou sans séparation.

Les pièces sont assemblées par collage (colle thermofusible), renforcées par des bandes de kraft gommé largeur 48 mm. Le croisillon de séparation est constitué de 4 pièces entrecroisées sans collage. Cela en fait un élément démontable.

**Le modèle volumique sur CD
et disponible aussi gratuitement
sur www.a4.fr**

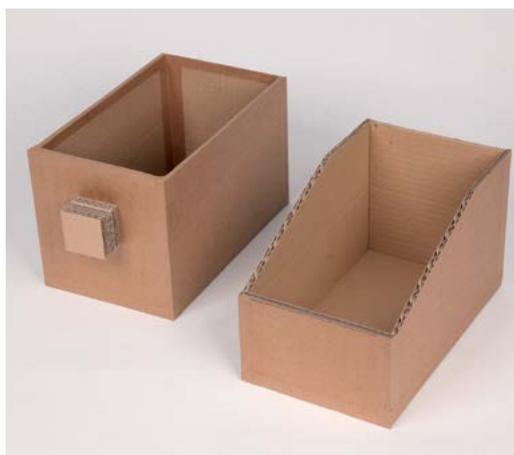


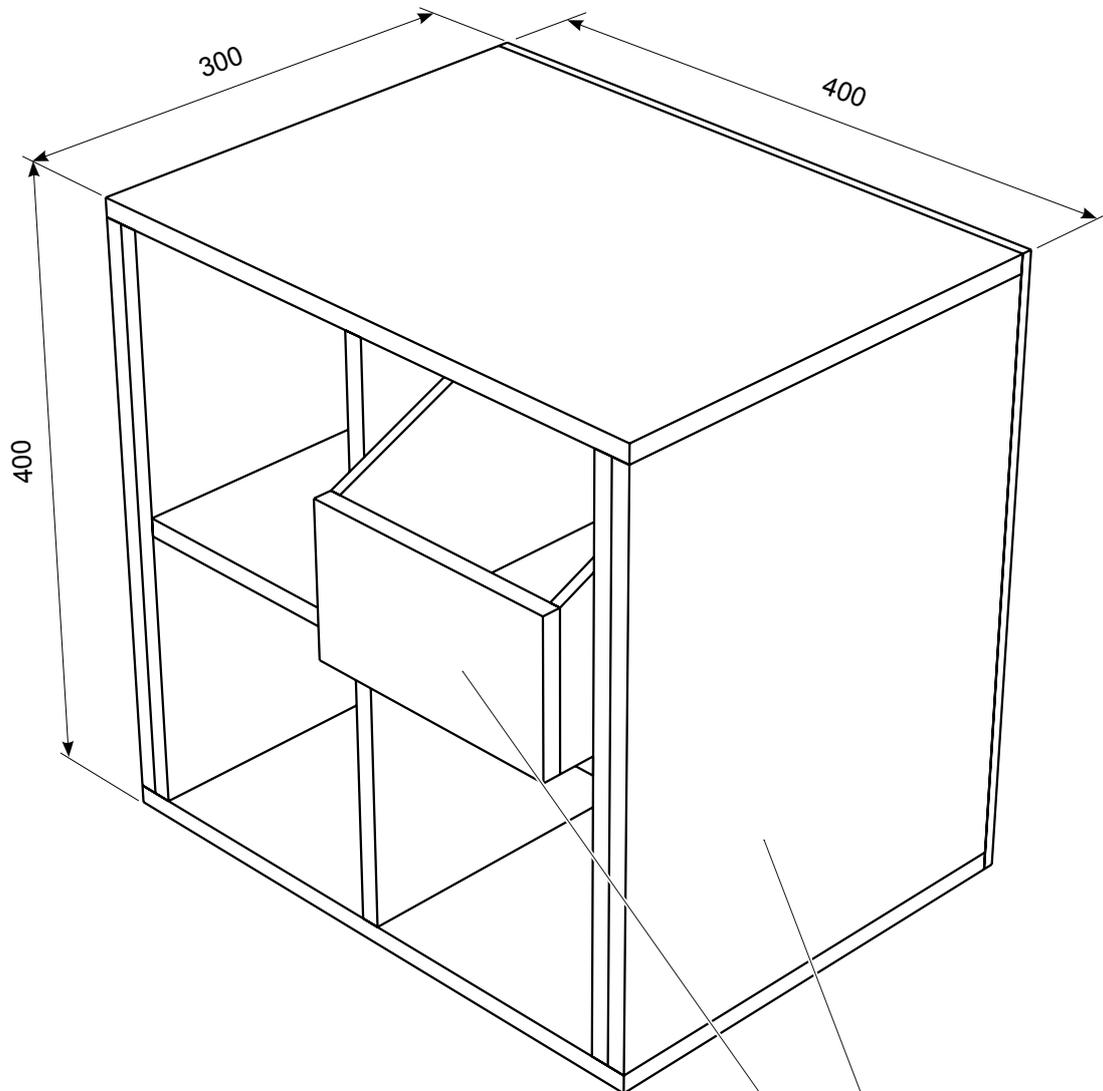
Pour réaliser le cube de base, il faut :

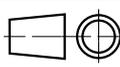
- une plaque de carton ondulé triple cannelure 800 x 1000 mm ;
- 9 mètres de bande kraft gommé.

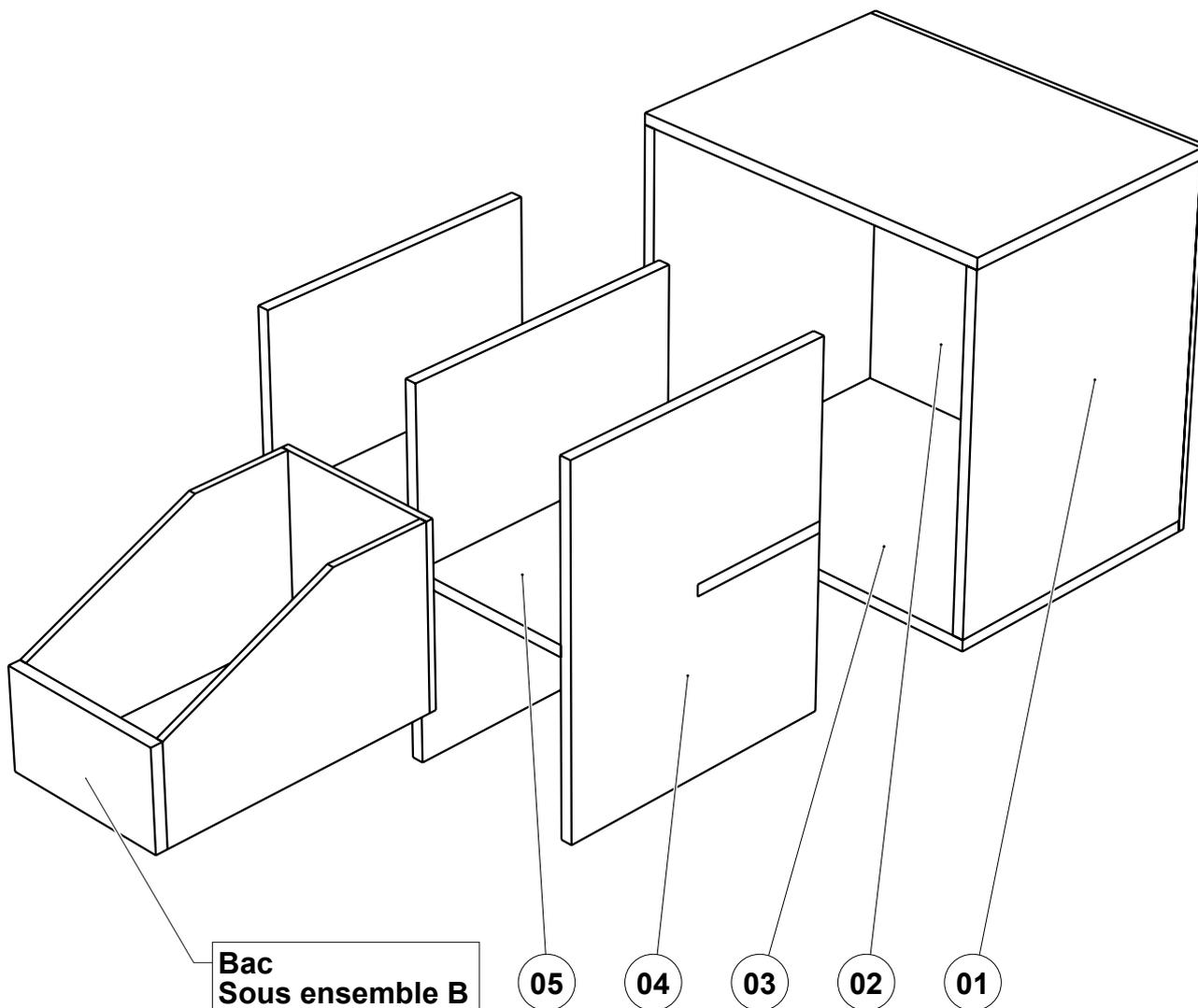
Pour réaliser le croisillon, il faut :

- un tiers de plaque de carton ondulé triple cannelure 800 x 1000 mm.

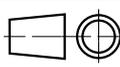




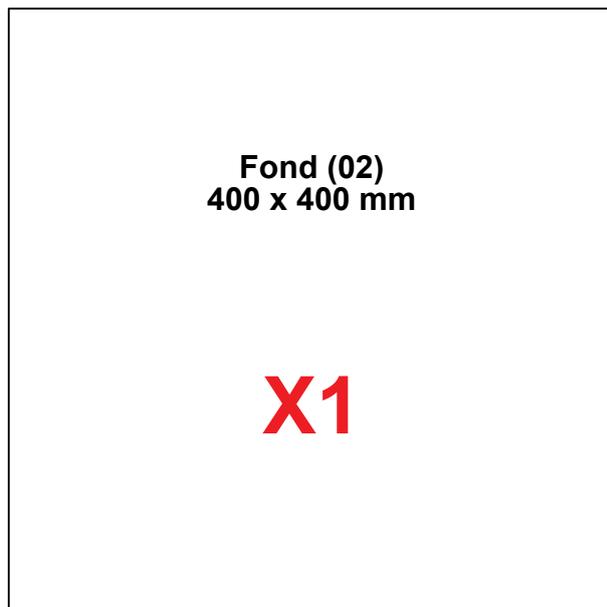
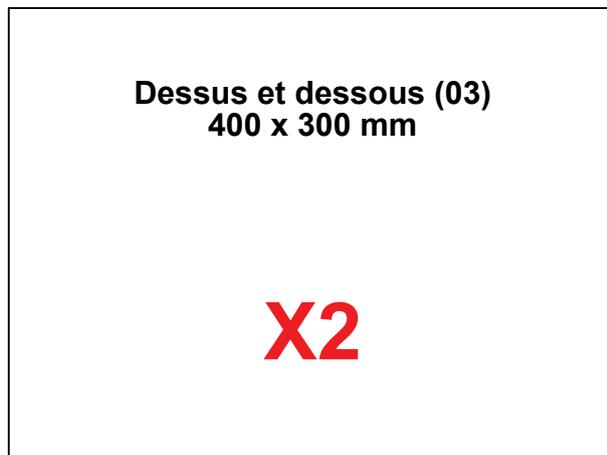
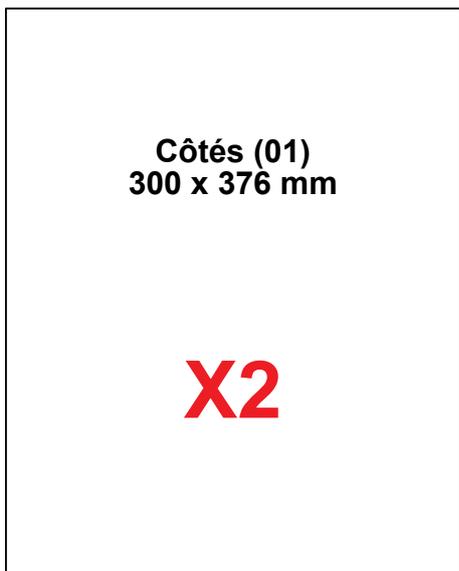
 www.a4.fr	Echelle :		A4	PROJET	Cube modulaire	PARTIE	Ensemble
	Classe			TITRE DU DOCUMENT		Perspective	
Nom	Date						

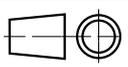


05	01	Séparation horizontale en carton ondulé triple cannelure, 300 x 376 mm.	CART-PLAQ-TC
04	03	Séparation verticale en carton ondulé triple cannelure, 300 x 376 mm.	
03	02	Dessous cube en carton ondulé triple cannelure, 300 x 400 mm.	
02	01	Fond cube en carton ondulé triple cannelure, 400 x 400 mm.	
01	02	Côté cube en carton ondulé triple cannelure, 300 x 376 mm.	
REPÈRES	NOMBRE	DÉSIGNATION	RÉF. A4

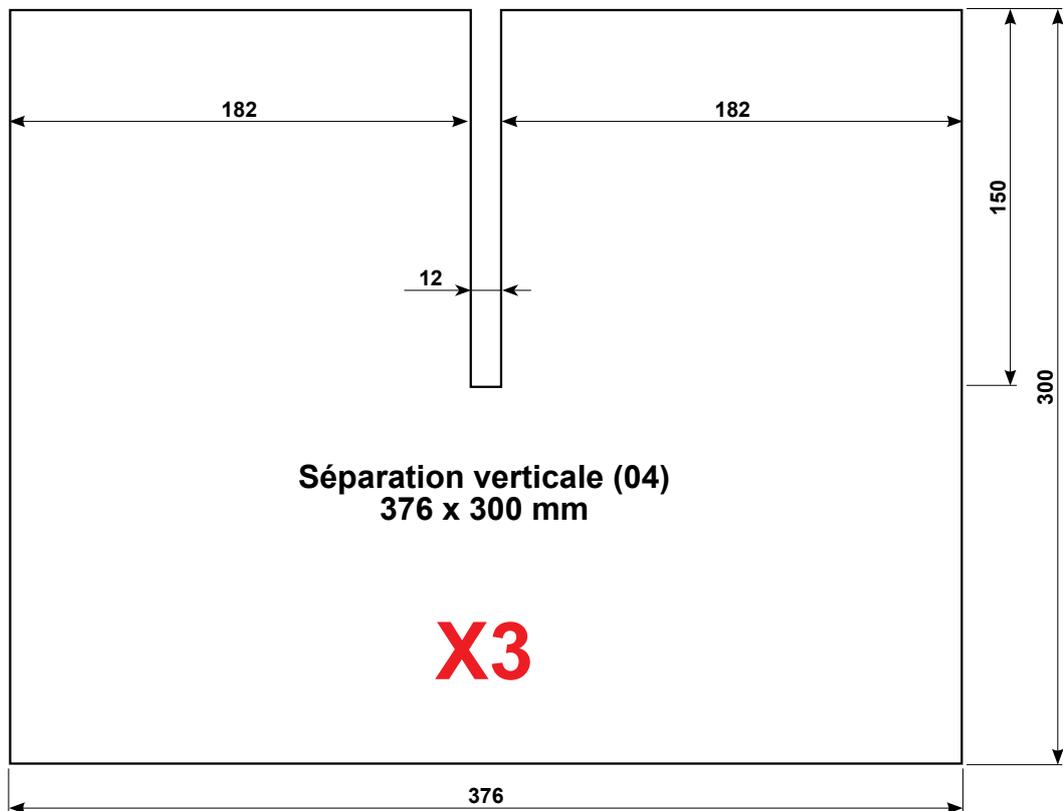
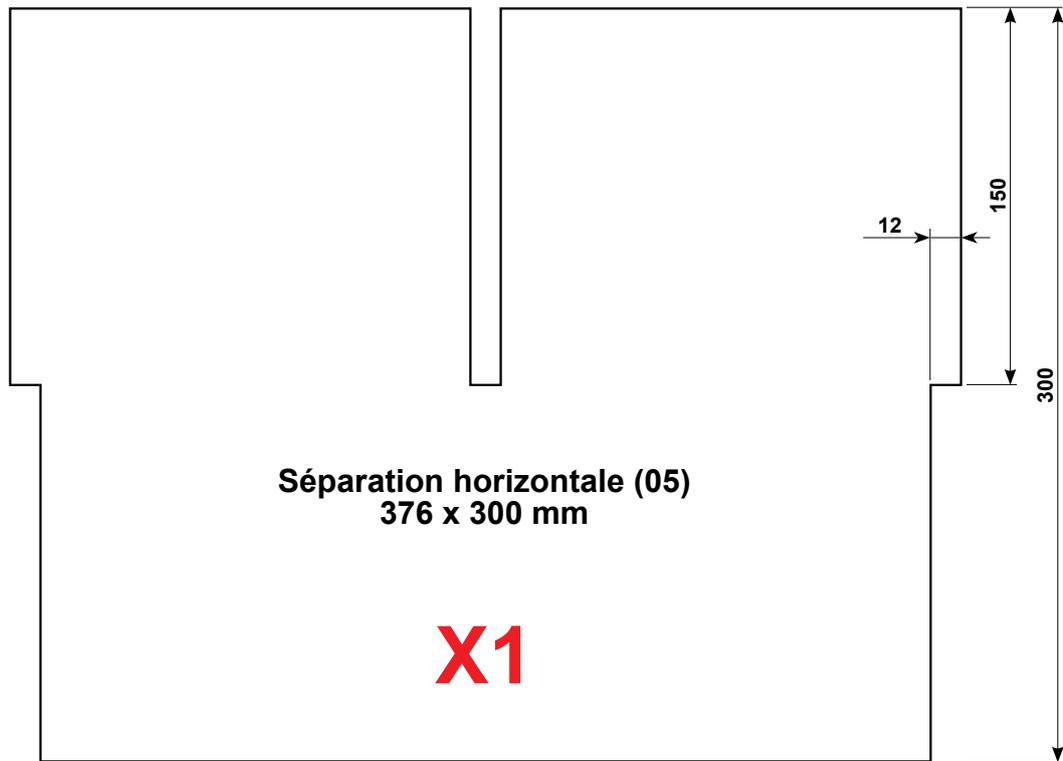
 www.a4.fr	Echelle : 1 : 1		A4	PROJET	Cube modulaire	PARTIE	Ensemble
	Classe			TITRE DU DOCUMENT			
Nom	Date		Eclaté et nomenclature				

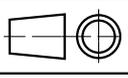
Pièces en triple cannelure



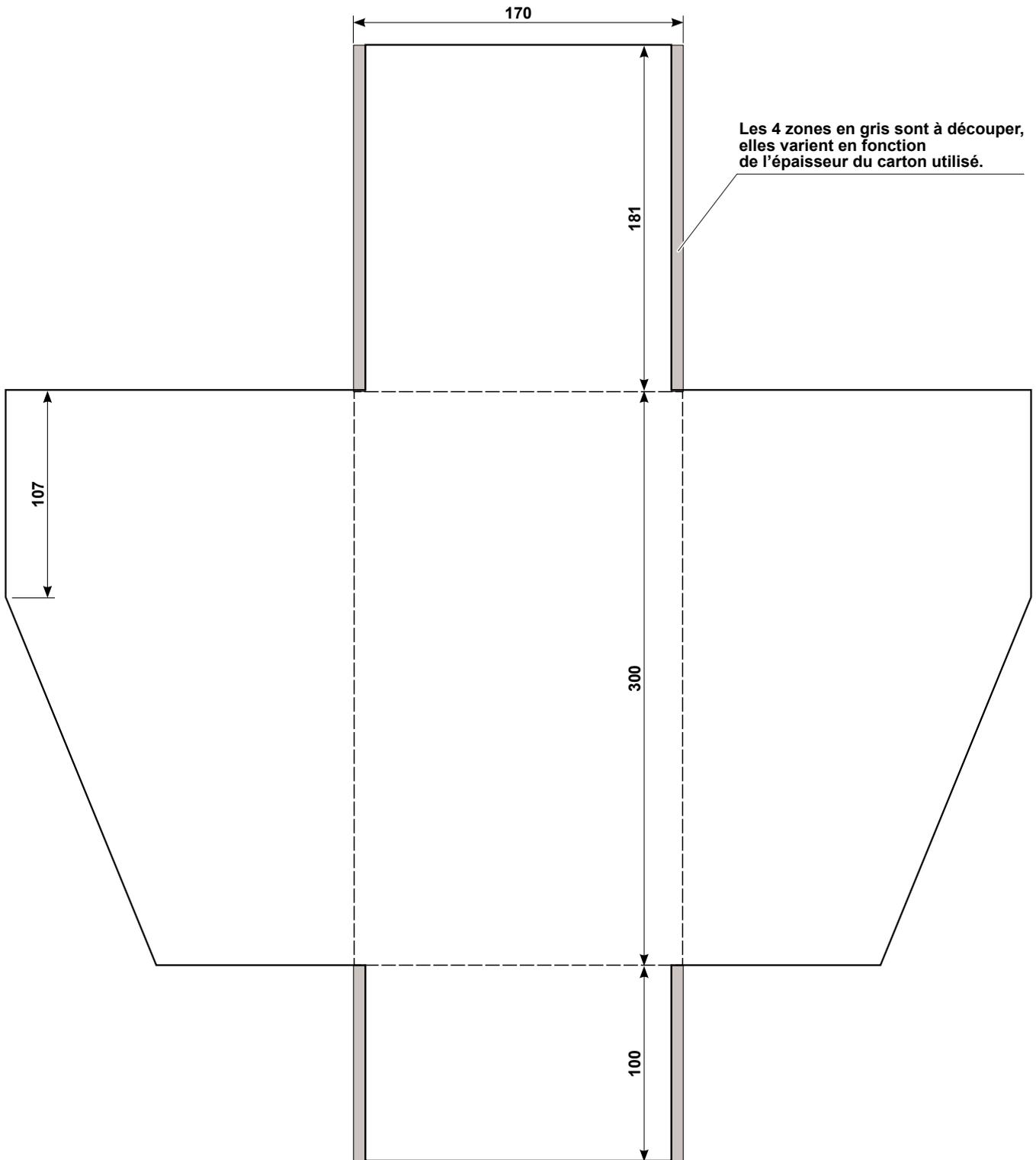
	Echelle : 1 : 5		A4	PROJET	Cube modulaire	PARTIE	Cube
	Classe			TITRE DU DOCUMENT			
Nom	Date						

Pièces en triple cannelure

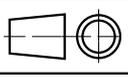


	Echelle : 1 : 3		A4	PROJET	PARTIE
	Classe			Cube modulaire	Cube
Nom	Date	TITRE DU DOCUMENT			
		Plan séparation			

Pièce en double cannelure



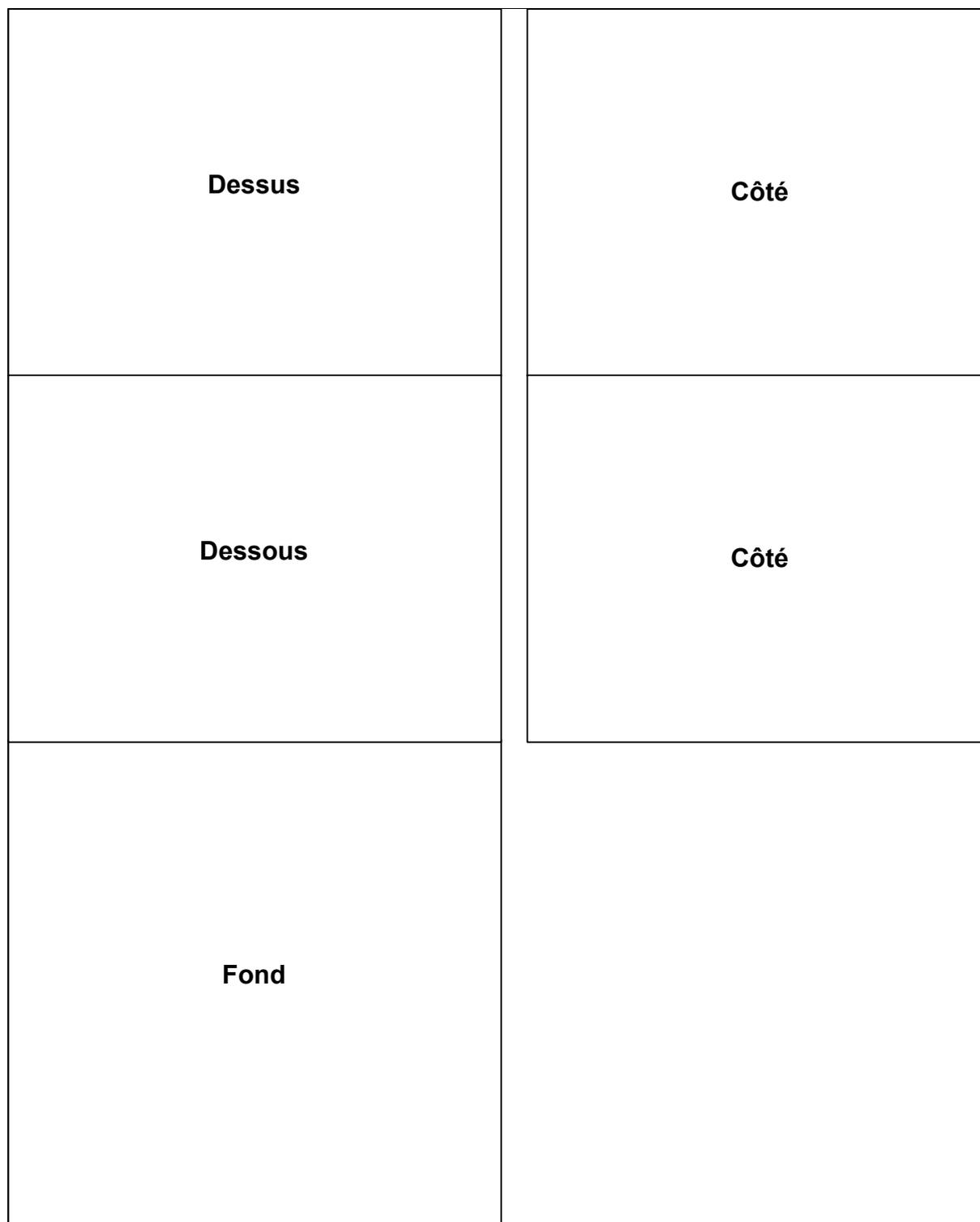
Les 4 zones en gris sont à découper, elles varient en fonction de l'épaisseur du carton utilisé.

	Echelle : 1 : 3		A4	PROJET	PARTIE
	Classe			Cube modulaire	Sous ensemble B
Nom	Date	TITRE DU DOCUMENT			
				Développé du bac	

Découpe des éléments 1/3

Découpe des formats pour le cube.

Dans une plaque en triple cannelure de 1000 x 800 mm (réf. CART-PLAQ-TC)
découper les 5 éléments du cube.



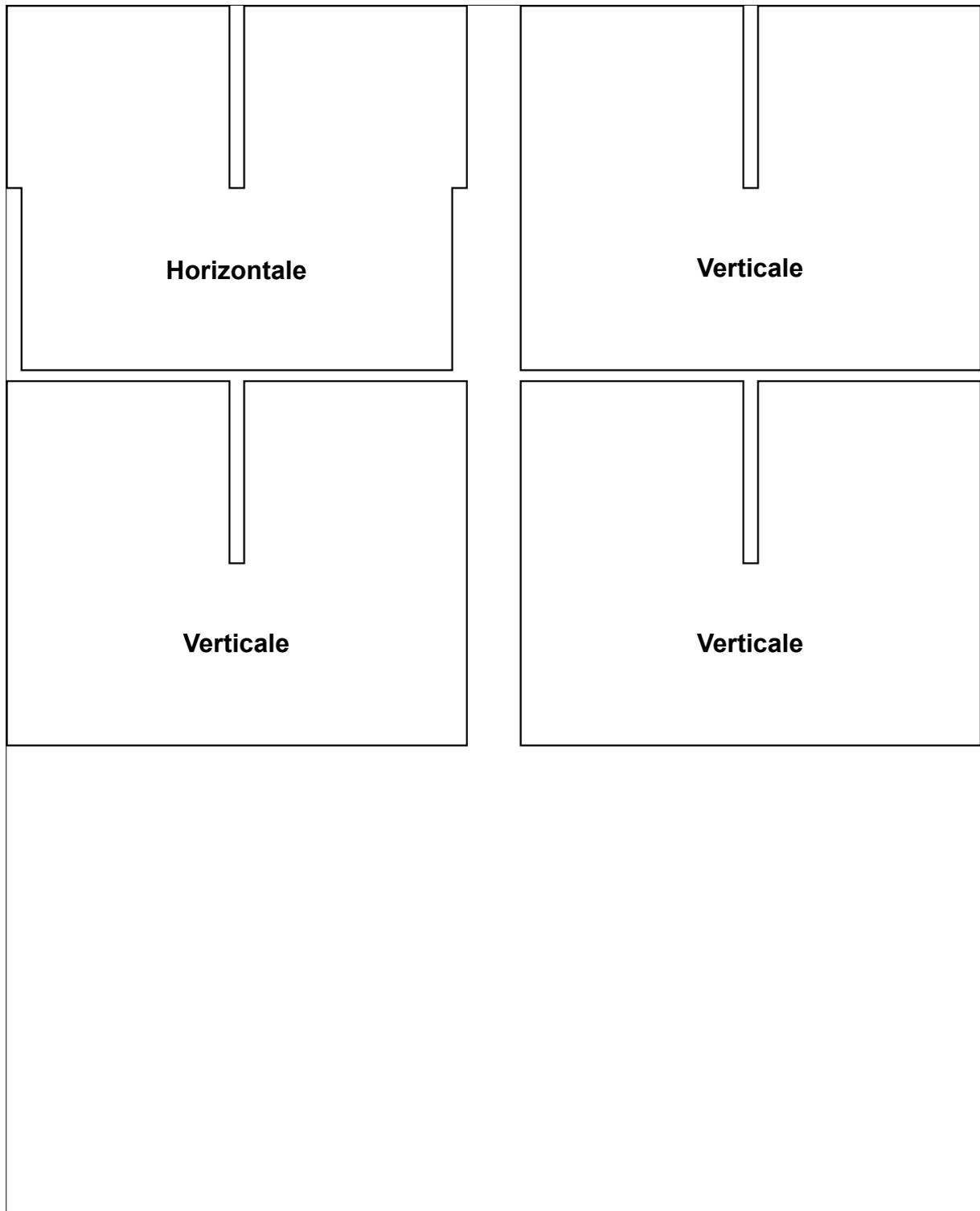
Echelle 1:5

Plaque triple cannelure
800 x 1000 mm

Découpe des éléments 2/3

Découpe des formats pour les séparations.

Dans une plaque en triple cannelure de 1000 x 800 mm (réf. CART-PLAQ-TC)
découper les 4 éléments des séparations.



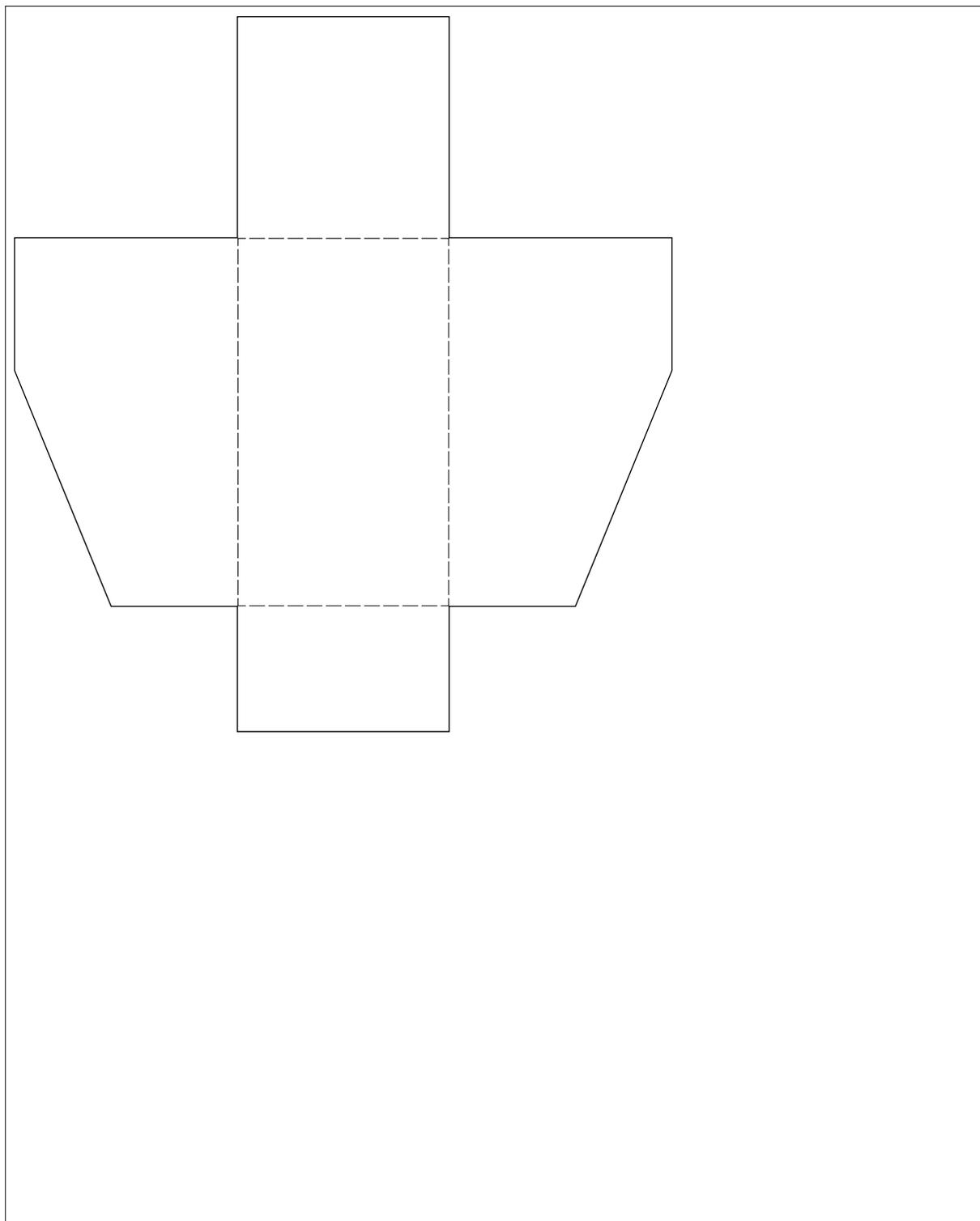
Echelle 1:5

Plaque triple cannelure
800 x 1000 mm

Découpe des éléments 3/3

Découpe du bac.

Dans une plaque en double cannelure de 1000 x 800 mm (réf. CART-PLAQ-DC) découper le développé du bac.



Echelle 1:5

Plaque double cannelure
800 x 1000 mm

Etagère modulaire

Module réalisé en carton alvéolaire 30 mm. Dimensions 400 x 400 x 300 mm.

L'utilisation de carton alvéolaire classé feu (M1) permet d'utiliser ce meuble dans un lieu public (votre établissement par exemple). Un module peut être utilisé seul, mais on peut aussi constituer des ensembles de plusieurs modules.

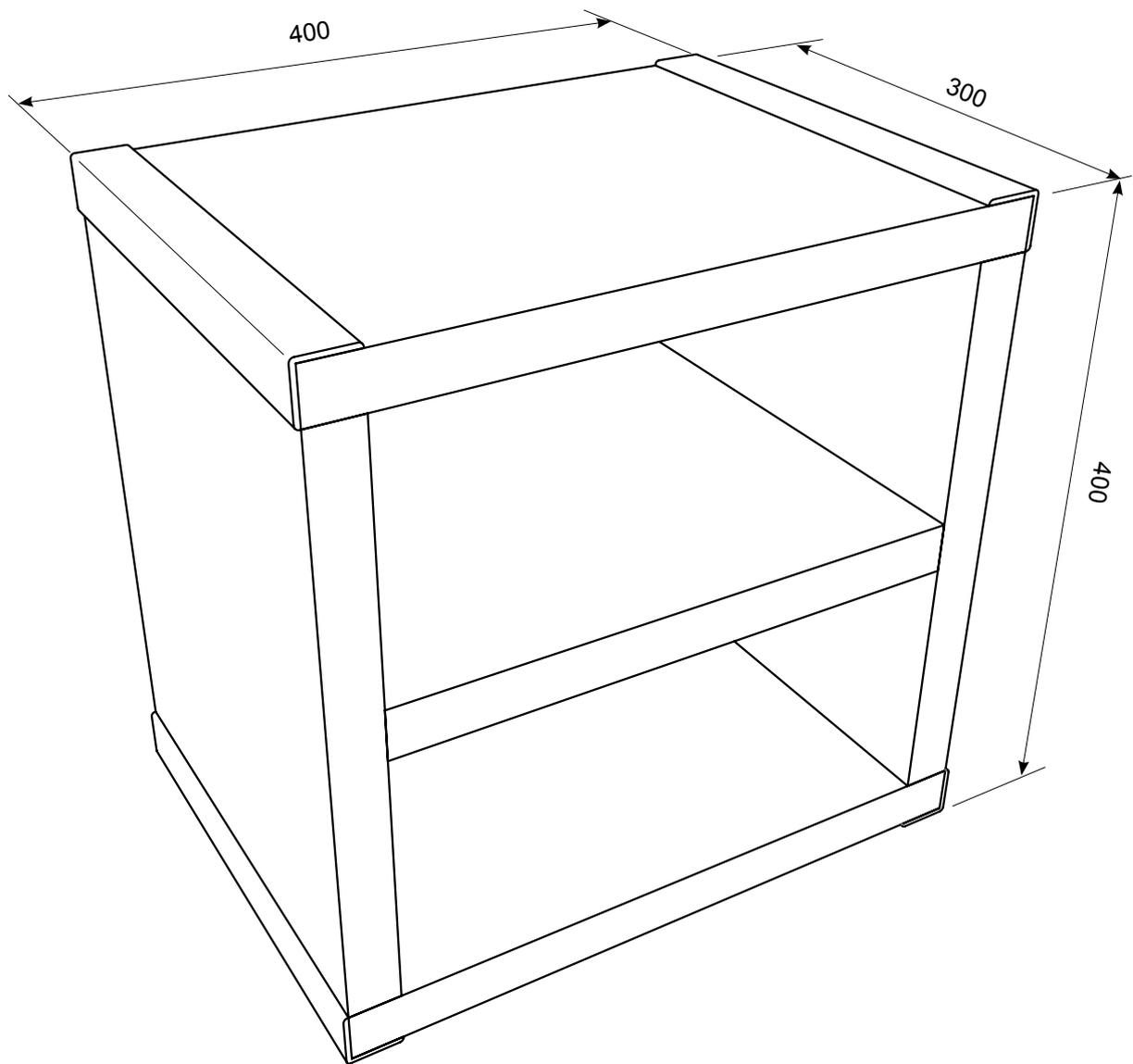
Les assemblages sont collés (colle thermofusible) et renforcés par des cornières en L de 35 mm à l'extérieur et de la bande kraft gommé de 48 mm à l'intérieur. L'étagère peut être renforcée par une cornière en L de 35 mm.

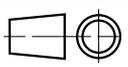
Pour réaliser un module il faut :

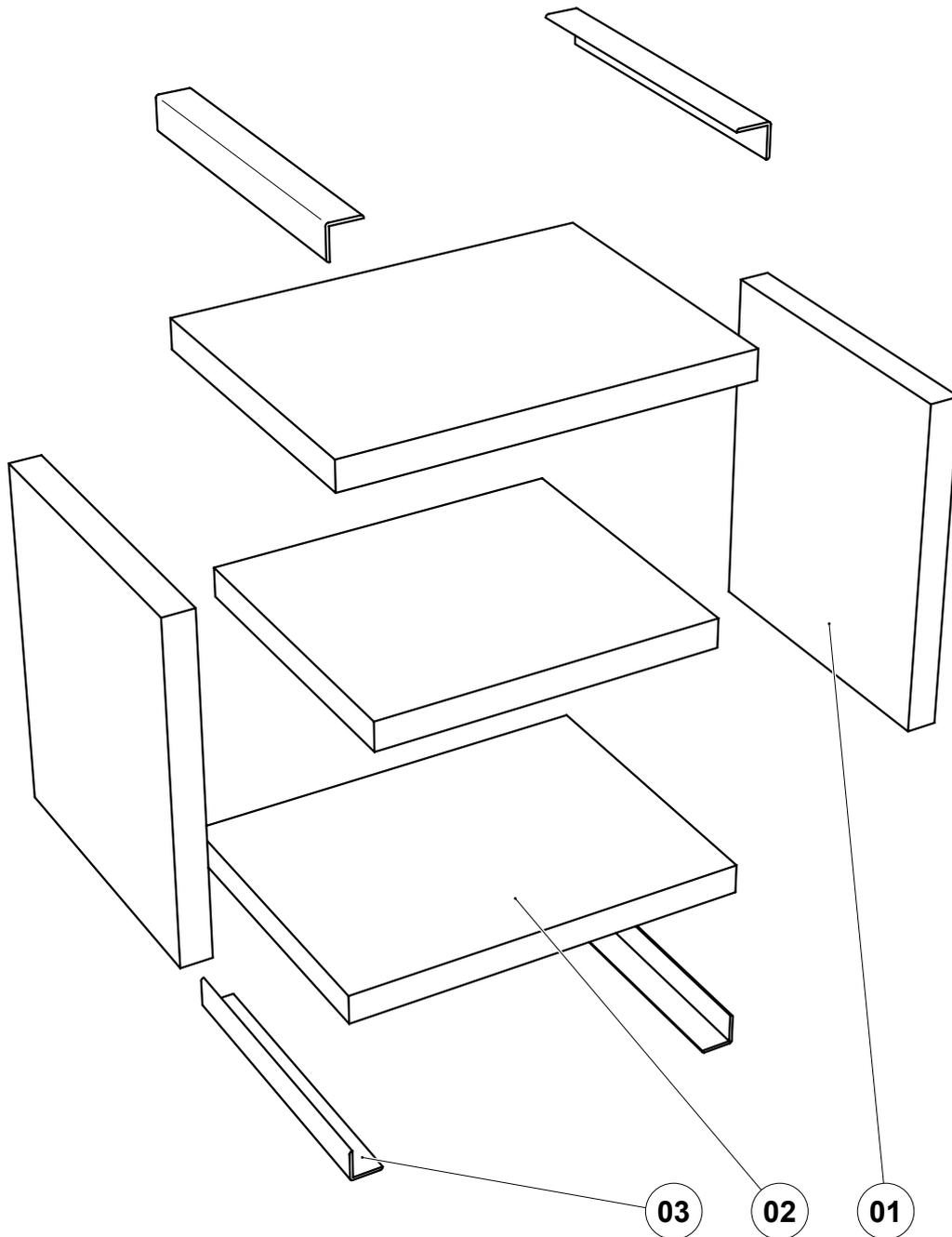
- une plaque de carton alvéolaire de 800 x 1200 x épaisseur 30 mm ;
- 2 mètres de cornière en L de 35 mm ;
- 2,5 mètres de bande gommée.



**Le modèle volumique sur CD
et disponible aussi gratuitement
sur www.a4.fr**



	Echelle :		A4	PROJET	Etagère modulaire	PARTIE	Etagère
	Classe			TITRE DU DOCUMENT		Plan pièces étagère	
Nom	Date						



03	04	Cornière, 35 x 35 x 300 mm.	CART-CORNL-35
02	02	Dessus et dessous étagère en carton alvéolaire de 30 mm, 300 x 400 mm.	CART-ALVEO-30
01	03	Côté et étagère en carton alvéolaire de 30 mm, 300 x 340 mm.	
REPÈRES	NOMBRE	DÉSIGNATION	RÉF. A4

	Echelle : 1 : 1		PROJET	Etagère modulaire	PARTIE	Etagère
	Classe		TITRE DU DOCUMENT			
Nom	Date					

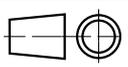
Pièces en carton alvéolaire épaisseur 30 mm

Côté et étagère (01)
300 x 340 mm

X3

Dessus et dessous (02)
400 x 300 mm

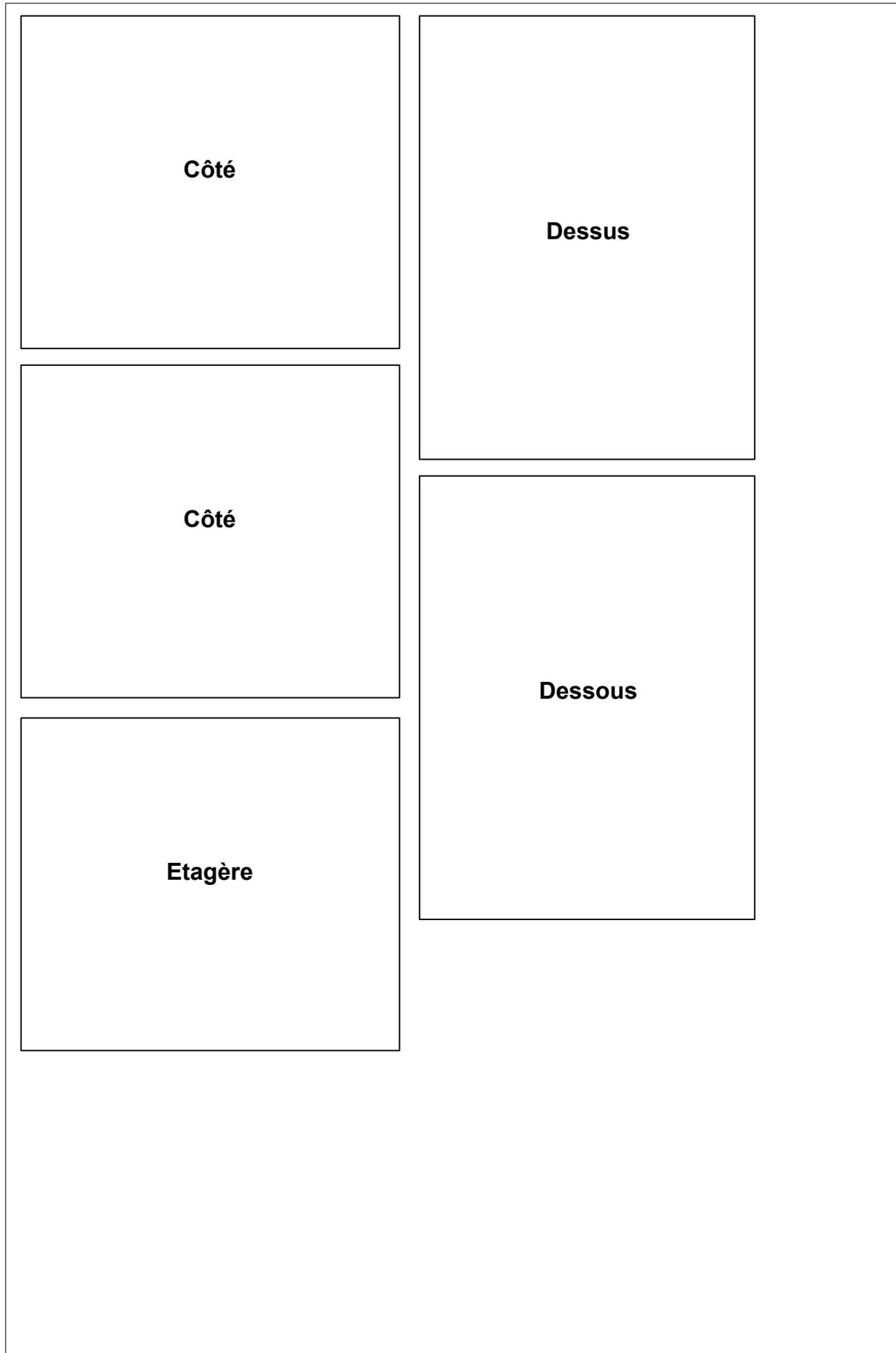
X2

 www.a4.fr	Echelle :		A4	PROJET	Etagère modulaire	PARTIE	Ensemble
	Classe				TITRE DU DOCUMENT		
Nom	Date						

Découpe des éléments

Découpe des formats pour l'étagère.

Dans une plaque de carton alvéolaire 1200 x 800 mm (réf. CART-ALVEO-30) découper les 5 éléments de l'étagère.



Lexique

FEFCO : Fédération Européenne de Carton Ondulé

ESBO : European Solid Board Organization

FSC : Forest Stewardship Council) et **PEFC** (Pan European Forest Certification) sont deux labels qui garantissent que le matériau bois est issu de forêts qui sont gérées durablement.

SOFCO : Groupe Rossmann, première usine de carton ondulé.

Blanchiment

Augmentation du degré de blancheur de la matière fibreuse destinée à la fabrication du papier. Le processus de blanchiment intervient après la décomposition chimique, car après celle-ci la cellulose présente une coloration jaunâtre à brunâtre.

Broyeur

Le pulpeur (tritrateur) désagrège la cellulose, la pâte mécanique ou le vieux papier délayés dans de l'eau.

Calandre de machine

Par la pression et une certaine friction, la surface du papier est lissée dans la machine à papier avant l'embobinage.

Carton contrecollé

Le carton contrecollé présente une teneur en humidité élevée, car il est fabriqué par collage de plusieurs couches de papier. Ces couches peuvent être de nature différente.

Cellulose

C'est le combiné organique le plus fréquent dans la nature, car les parois des cellules des plantes sont composées de cette matière fibreuse.

Dans le bois, la cellulose est liée avec de la lignine et d'autres composants.

Cellulose au bisulfite

Elle est fabriquée par cuisson des copeaux provenant de bois d'épicéa ou de feuillus, hâchés dans une solution de bisulfite de calcium ou de magnésium et d'acide sulfurique.

Par rapport à la cellulose au sulfate, la cellulose au bisulfite a l'inconvénient d'offrir des fibres plus courtes (résistance du papier plus faible). En revanche, elle est plus facile à blanchir.

Cellulose au sulfate

Elle est fabriquée par cuisson de copeaux de bois dans une solution de soude caustique contenant du sulfure de sodium. Cette cuisson alcaline permet d'utiliser également des bois de résineux car la résine est saponifiée. Il est donc possible d'extraire les fibres longues des pins qui confèrent au papier une plus grande résistance.

Le procédé au sulfate produit une cellulose très résistante, mais plus difficile à blanchir que la cellulose au bisulfite.

Cuisson

Les copeaux de bois sont décomposés en fibres avec de l'acide ou de la lessive sous l'effet de la chaleur et de la pression. Ce procédé chimique permet d'obtenir de la cellulose à partir du bois.

Désencrage

Élimination de l'encre d'impression des vieux papiers pour l'obtention de fibres secondaires.

La pâte fibreuse à base de vieux papiers imprimés est «lavée» au savon et à la soude caustique.

Ce procédé détache l'encre qui est éliminée par flottation, puis épaissie, brûlée et enfin la cendre est déposée à la décharge.

Fibres secondaires

Les fibres secondaires destinées à la fabrication du papier proviennent exclusivement de vieux papiers.

Grammage

Le grammage est déterminé par le poids d'un papier ou d'un carton exprimé en grammes par mètre carré. Pour déterminer le grammage (g/m²), on peut poser 16 feuilles A4 sur une balance, ce qui correspond à un mètre carré.

Kraftliner

Papier kraft fabriqué avec de la cellulose blanchie ou non. Est utilisé pour les couches de protection des cartons ondulés ou des cartonnages.

Lignine

La lignine est avec la cellulose et d'autres éléments l'un des constituants du bois et elle confère aux fibres leur rigidité. La lignine est indésirable dans le papier car elle provoque un jaunissement rapide. C'est pourquoi dans la fabrication de la cellulose la lignine est largement éliminée par un processus chimique.

Meulage

La pâte mécanique est obtenue par meulage du bois de résineux écorcé (avec une meule rotative). Cette opération s'effectue sous adjonction d'eau. Outre les fibres de cellulose, les constituants du bois, qui sont la lignine et la résine, restent dans la masse.

Pâte à papier

Mélange des fibres et des autres ingrédients avec de l'eau.

Pâte chimique

Matière fibreuse appelée cellulose, obtenue à partir de matières premières végétales par défibrage chimique et contenant, outre la cellulose, de l'hémicellulose, des résidus de lignine et des matières organiques.

Le bois (feuillus et résineux) est tout d'abord réduit en copeaux à la machine.

Ceux-ci sont alors cuits sous pression et à haute température pendant plusieurs heures dans un lessiveur.

Il existe plusieurs procédés de cuisson: le procédé au bisulfite et le procédé au sulfate.

A la fin de la fabrication, la cellulose est séchée et pressée en plaques ou encore livrée directement à la fabrique de papier par pipeline.

Pâte mécanique

Le bois d'éclaircie fraîchement coupé, provenant essentiellement de pins et de sapins, est débité en rondins et écorcé.

Sous un jet d'eau, la meule rotative arrache les fibres humides du bois, puis les nœuds et les gros éclats sont séparés.

La pâte fluide ainsi obtenue est séchée dans un épaisseur jusqu'à une consistance de 35 à 40 %, puis pressée en plaques pour le stockage et le transport vers la fabrique de papier. La pâte mécanique est une matière cellulosique servant à la fabrication de papiers d'une grande opacité, ayant une faible résistance à la déchirure et jaunissant relativement rapidement.

Planéité

Disposition d'une feuille de papier à rester à plat, sans se courber ou se bomber, avant ou après le passage dans un photocopieur ou une imprimante laser.

Sens des fibres

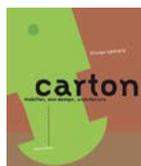
Le sens de fabrication du papier joue un rôle décisif lors du façonnage, car le papier offre une plus grande résistance dans le sens de marche de la machine que perpendiculairement. On fait la distinction entre bande étroite (BE), bande large (BL) et bande alternée (variable).

Sources et liens utiles

On trouve de nombreux ouvrages et sites consacrés au carton.
Nous vous livrons ici quelques références et quelques liens qui nous ont semblé intéressants et dont certains nous ont aidés à la réalisation de ce dossier.

Exemples d'ouvrages disponibles dans notre librairie

(Voir notre catalogue ou site www.a4.fr)



Carton, Olivier Leblois



Créer son mobilier en carton, volume 1 et 2,
Eric Guiomar



Meubles en carton,
Marie-Hélène Zeidan

Quelques sites intéressants

Carton ondulé de France (fédération chargée de promouvoir et développer la filière de production du carton ondulé) : www.cartononduledefrance.org

COPACEL (Confédération Française de l'Industrie des Papiers, Cartons & Celluloses) : www.copacel.fr

AFOCEL (Organisme de recherche appliquée pour le système forêt-bois-papier) : www.afocel.fr

Eco-emballages : www.ecoemballages.fr

Centre Technique du Papier : www.webctp.com

Cercle national du recyclage : www.cercle-recyclage.asso.fr

Le papier, c'est la vie : www.lepapier.fr

Les cartonnages Diné : www.cartonnages-dine.fr

L'imprimerie Leroyer : www.leroyer.fr

Iggesund Paperboard : www.iggesund.com/en/Iggesund/About-Iggesund/

Terre vivante : www.terrevivante.org

Blogs et ateliers de formation

www.tutticarton.fr

www.lescartonnistesassocies.com

www.lesecoactions.fr

www.cartonplein-creation.com

www.atelierchezsoi.fr

www.design-vert-annie.fr

sacartonne.over-blog.com

camicarton.free.fr

www.mariekrtonne.com/