

Cours de la construction mécanique 1

Réalisé par :

Pr. Dr. Imad MANSSOURI

Plan du premier chapitre

- 1- Dessin technique
- 2- Types de dessin
- 3- Cartouche
- 4- Nomenclature
- 5- Les traits
- 6- Ecriture normalisée
- 7- Echelle
- 8- Introduction à la présentation volumique (perspective cavalière)
- 9- Projection orthogonale
- 10- Exercices d'applications

1- Dessin technique

Le dessin technique est le moyen d'expression et de communication indispensable universel de tous les techniciens.

Remarque : I S O (organisme international de normalisation) est chargé de codifier certains outils graphiques : traits, formats, écritures.

2- Types de dessin

2-1- Schéma :

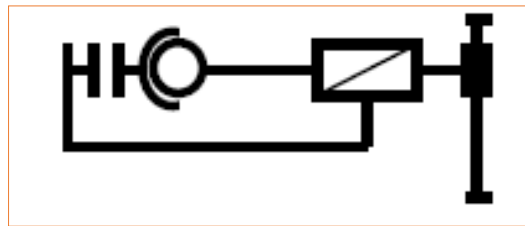
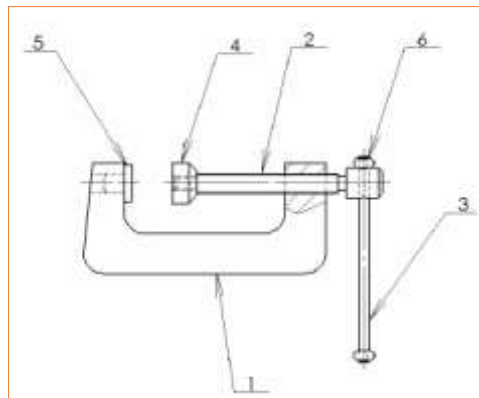


Schéma cinématique du serre joint.

C'est une représentation simplifiée qui permet de montrer le fonctionnement et la conception d'un mécanisme

2-2-dessin d'ensemble

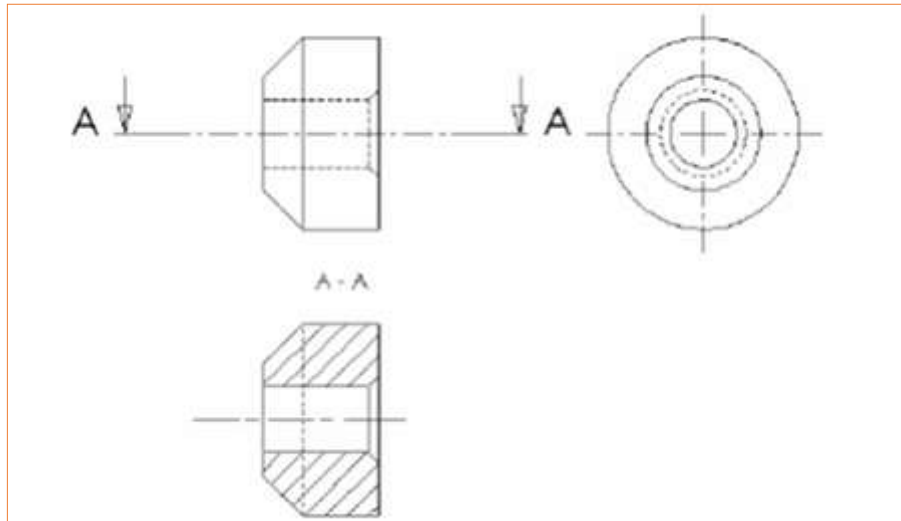
Il représente un mécanisme dans son ensemble, il permet de connaître l'ensemble et les pièces qui constituent ce mécanisme.



Dessin d'ensemble du Serre joint.

2-3-Dessin de définition

Il définit complètement les formes et dimensions d'une pièce. Il comporte toutes les indications nécessaires et utiles pour la fabrication de la pièce.



Dessin de définition simplifié du patin.

2-4- Formats

On appelle format les dimensions de la feuille sur laquelle est exécuté le dessin technique.

Un format se désigne par la lettre A affectée d'un chiffre exemple : A4 . A3 ...

En dessin technique on utilise les cinq principaux formats suivants:

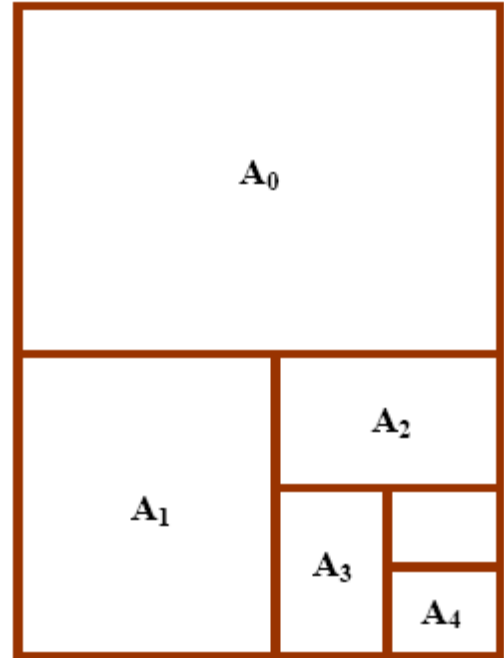
$$A_4 = 297 \times 210$$

$$A_3 = 420 \times 297$$

$$A_2 = 594 \times 420$$

$$A_1 = 840 \times 594$$

$$A_0 = 1188 \times 840$$



3- Cartouche

On appelle cartouche la carte d'identité du dessin technique. Il est situé au bas du format et contient les indications suivantes :

Le titre du dessin, l'échelle du dessin, l'identité du dessinateur (nom, prénom,), la date, le format, le nom de l'établissement, l'indice de mise à jour du dessin, le symbole de disposition des vues.

Echelle 1:1	ENSAM-M-UMI	Dessiné par :	
	SERRE JOINT	LE: / /	
		A4	DOC 1/1

Cartouche.

4- Nomenclature

C'est la liste complète des éléments qui compose le dessin d'ensemble

6	2	embout		
5	1	butée	C 25	serrée
4	1	patin		
3	1	broche	S 335	
2	1	vis de manoeuvre	S 335	
1	1	corps	S 335	
Rep	Nb	Désignation	Matière	Observation

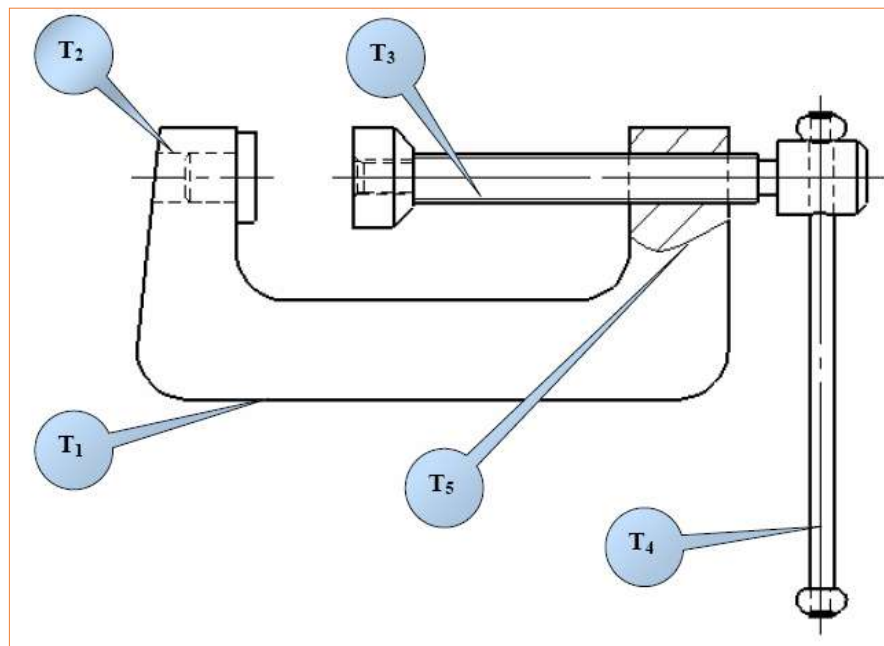
Nomenclature du Serre joint.

5- Les traits

Pour effectuer un dessin technique on utilise un ensemble de traits dont chacun possède une signification bien précise .Un type de traits se caractérise :

Par sa nature (continu, interrompu, mixte ...)

Par sa largeur (fort :0.5 mm , fin :0.25mm)



Dessin d'ensemble du serre joint

Repère	Désignation	Applications	Exemple d'exécution
T ₁	Continu fort	Arêtes et contours vus	
T ₂	Interrompu fin ou interrompu fort	Arêtes et contours cachés Fonds de filets cachés	$e \leq \frac{E}{2}$
T ₃	Continu fin	Lignes d'attache et de cote - Hachures - Axes courts - Fonds de filets vus Cercles de pied des roues dentées - Contours de sections rabattues - Arêtes fictives - Constructions géométriques	
T ₄	Mixte fin	Axes et traces de plans de symétrie Trajectoires	
T ₅	Continu fin ondulé ou rectiligne en zigzag	Limites de vues ou de coupes partielles	

Les différentes représentations de traits.

6- Ecriture normalisée

Les textes écrits à la main sur un dessin doivent être lisibles même après une reproduction en format réduit.

$c = 0.7 \times h$;
 $a = 0.2 \times h$;
 $d = 0.1 \times h$;
 $b = 1.4 \times h$.

ESPACEMENTS

- ✓ **h** : hauteur du caractère
- ✓ **a** : espace entre caractères
- ✓ **d** : épaisseur du trait
- ✓ **b** : interligne

7- Echelle

La formule pour retrouver l'échelle est :

$$\text{Echelle} = \frac{\text{dimensions dessinées}}{\text{dimensions réelles}}$$

Types d'échelle :

Echelle en vraie grandeur : **Echelle 1 :1**

Echelle D'agrandissement : **Echelle x :1** Exp. (2 :1 ; 4 :1 ; 8 :1 ...)

Echelle de réduction : **Echelle 1:x** Exp. (1 :2 ; 1 :4 ; 1 :8 ...)

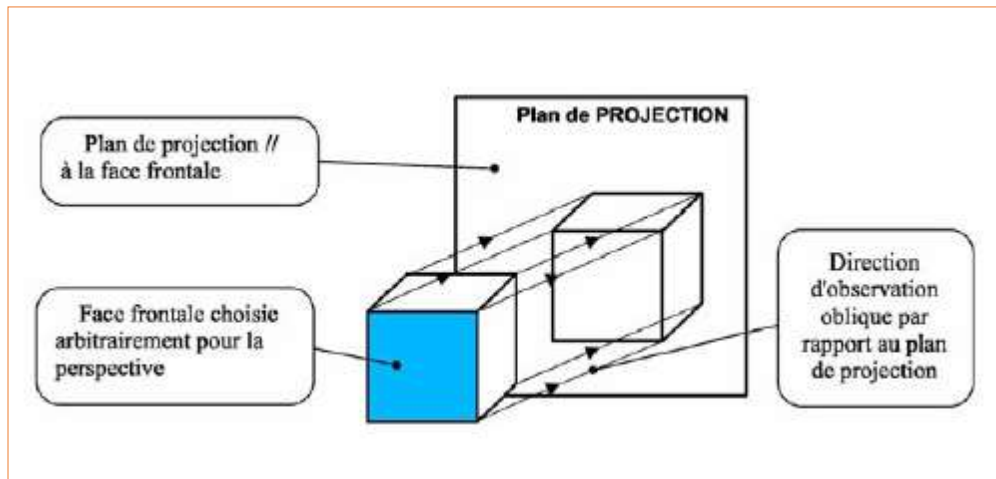


Dessin de la broche du serre joint.

8- Introduction à la présentation volumique (perspective cavalière)

C'est la projection oblique de l'objet sur un plan parallèle à sa face principale. Les projetantes sont toutes parallèles à une direction donnée.

Exemple: Représentation d'un cube en perspective cavalière.



Représentation d'un cube en perspective cavalière.

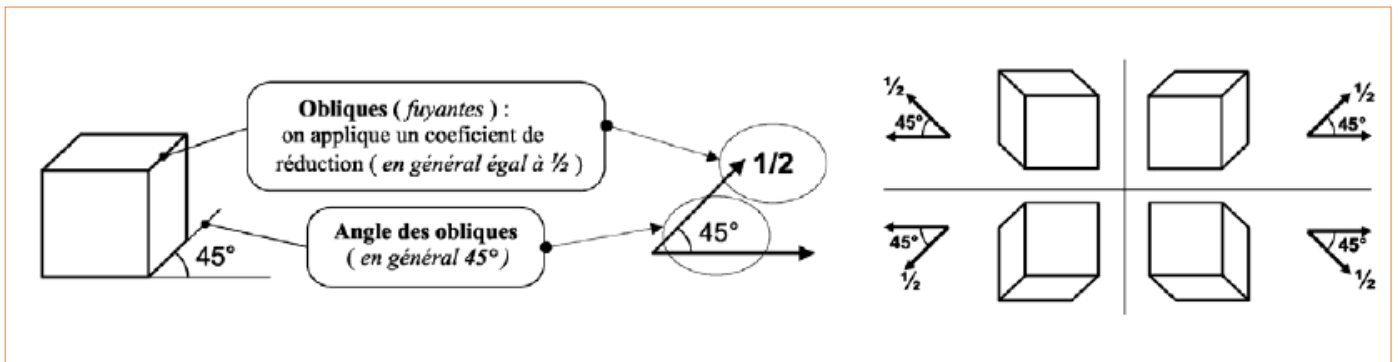
Règle :

Tous les éléments (droites, cercles...) situés parallèlement au plan de projection se projettent en vrai grandeur.

Tous les autres éléments sont déformés. En général, on adopte les valeurs suivantes :

Angle de fuite : ($\alpha = 45^\circ$ à gauche ou à droite)

Coefficient de réduction des fuyantes : $K = 0.5$

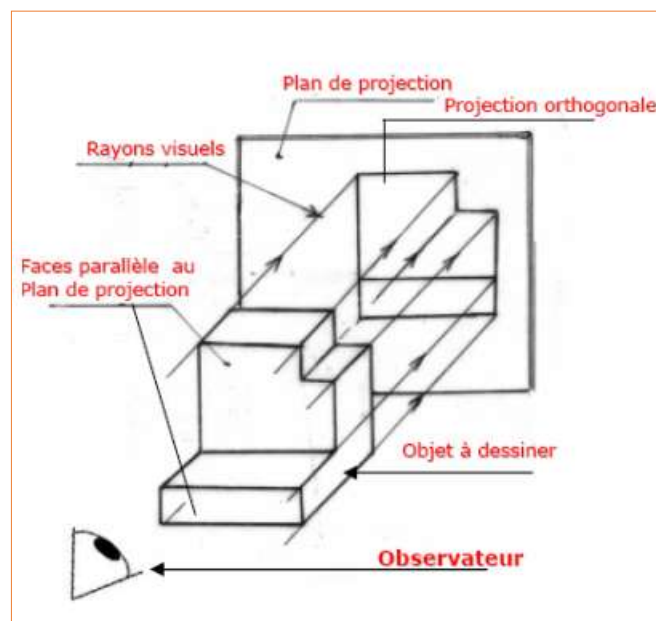


Les différentes configurations adoptées pour représentation d'un cube en perspective cavalière.

9- Projection orthogonale

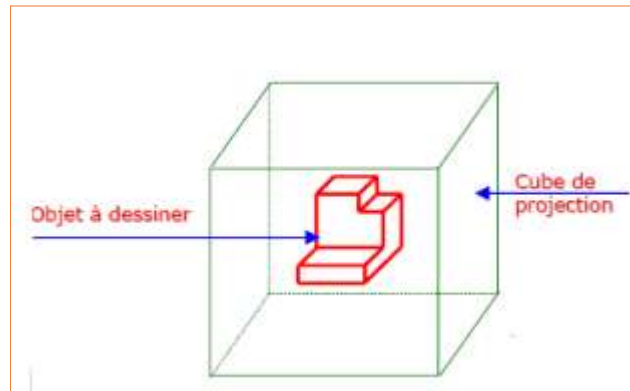
9- 1- Principe

L'observateur se place perpendiculaire à l'une des faces de l'objet à dessiner .La face observée est ensuite projetée et dessinée dans un plan de projection parallèle à cette face. La vue, plane, dessinée obtenue est une projection orthogonale de l'objet



Principe de projection

9- 2- Différentes vues



Méthode de projection

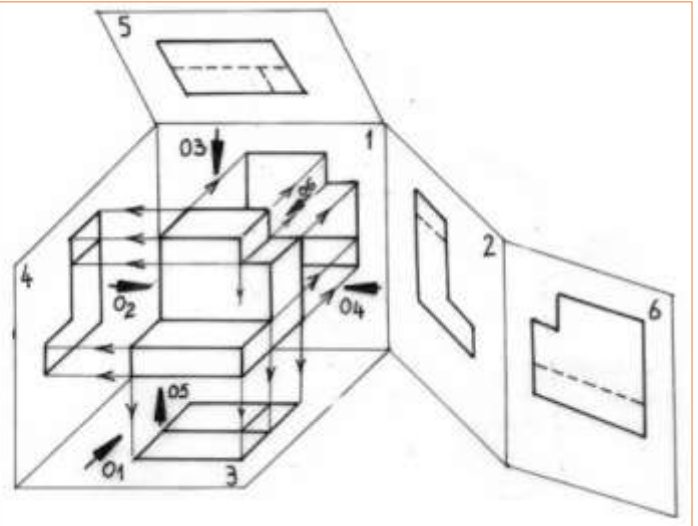
On imagine l'objet à représenter à l'intérieur d'un cube de projection et on projette successivement l'objet sur les faces de la boîte.

9- 3- Disposition des vues

On développe la boîte et on mène ainsi les six faces de la boîte sur un même plan.

Les vues sont nommées suivant la position de l'observateur par rapport à la pièce.

Position de l'observateur	Dénomination de la vue	Position de la vue par rapport à la vue de face	Repère de la vue
O ₁	Vue de face		1
O ₂	Vue de Gauche	A droite	2
O ₃	Vue de Dessus	Au dessous	3
O ₄	Vue de Droite	à gauche	4
O ₅	Vue de dessous	Au dessus	5
O ₆	Vue d'arrière	à droite ou à gauche	6



Disposition des vues

9- 4- Correspondance des vues

Les lignes de rappelle montrent la correspondance entre les vues:

- ✚ La vue de face, de gauche, de droite et d'arrière sont disposés horizontalement;
- ✚ La vue de face, de dessous et de dessus sont disposés verticalement.

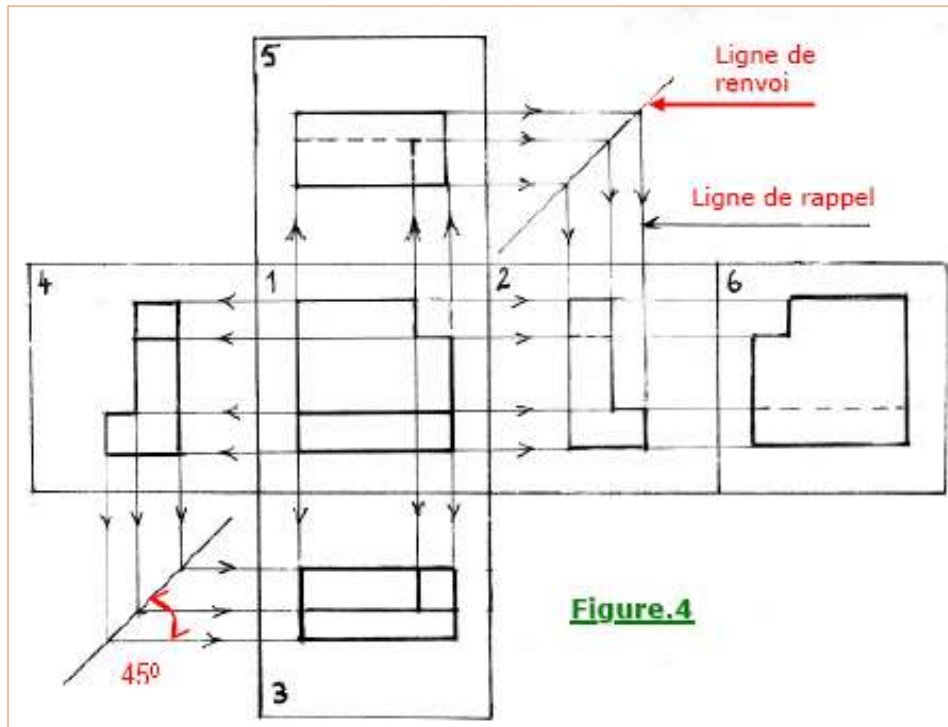


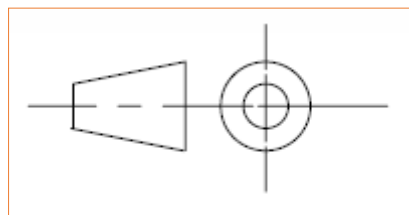
Figure.4

Disposition

et correspondance des vues

Remarque

La position des vues est normalisée, leur nom n'est jamais inscrit sur un dessin technique, cette disposition fait l'objet de convention européenne ; son emploi est indiqué dans le cartouche d'un dessin par le symbole qui représente un tronc de cône en deux vues.

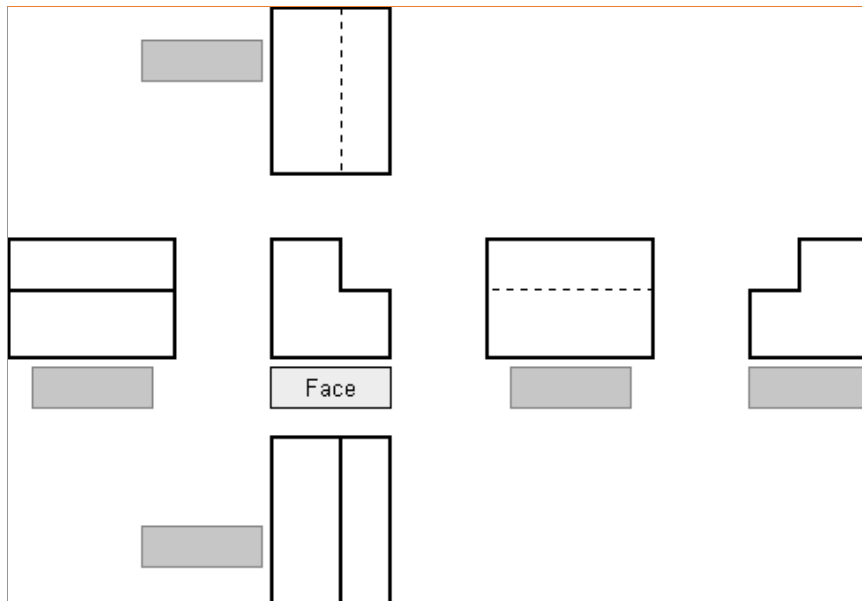


Symbole de projection (convention européenne)

10- Exercices d'applications

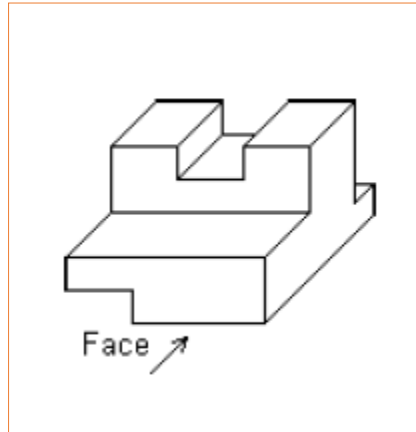
1- EXERCICE

Indiquer dans le rectangle gris, le nom des vues de l'objet :

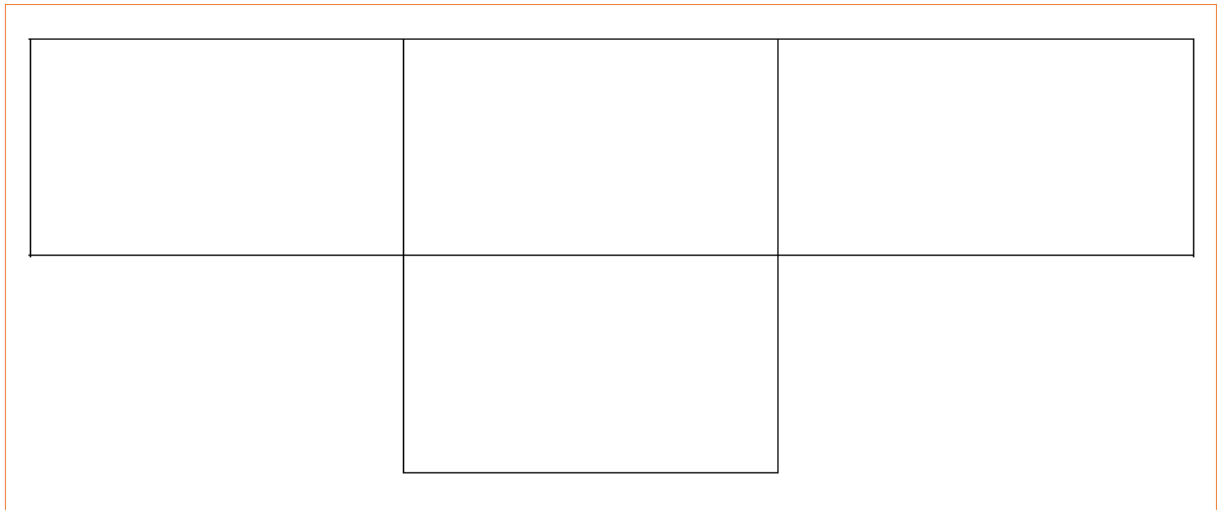


2- EXERCICE

1. Indiquer, sur le dessin en perspective, par une flèche légendée les directions d'observation donnant les vues de droite, de gauche et de dessus
2. Découper les vignettes des vues de l'objet et les coller en respectant la disposition des vues

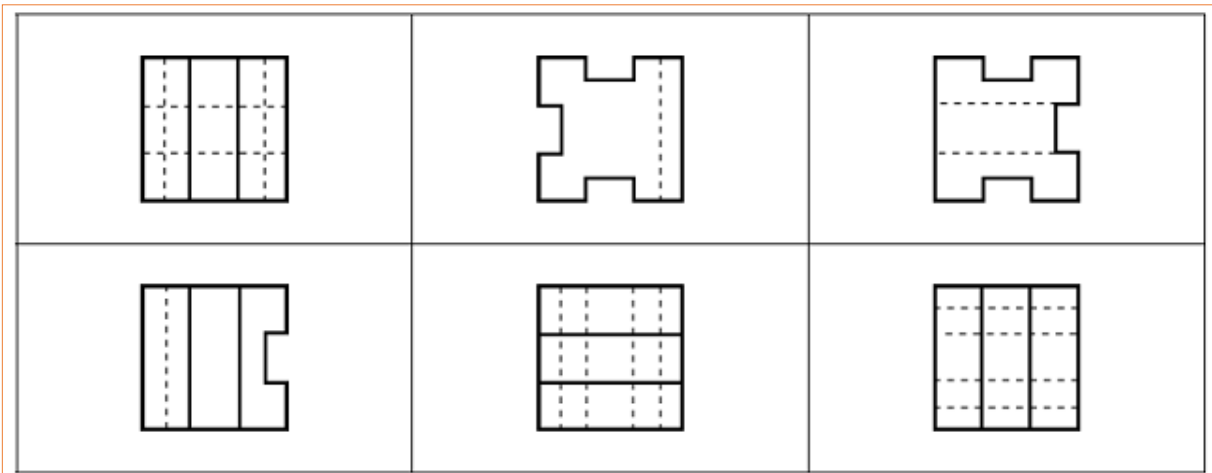


3-



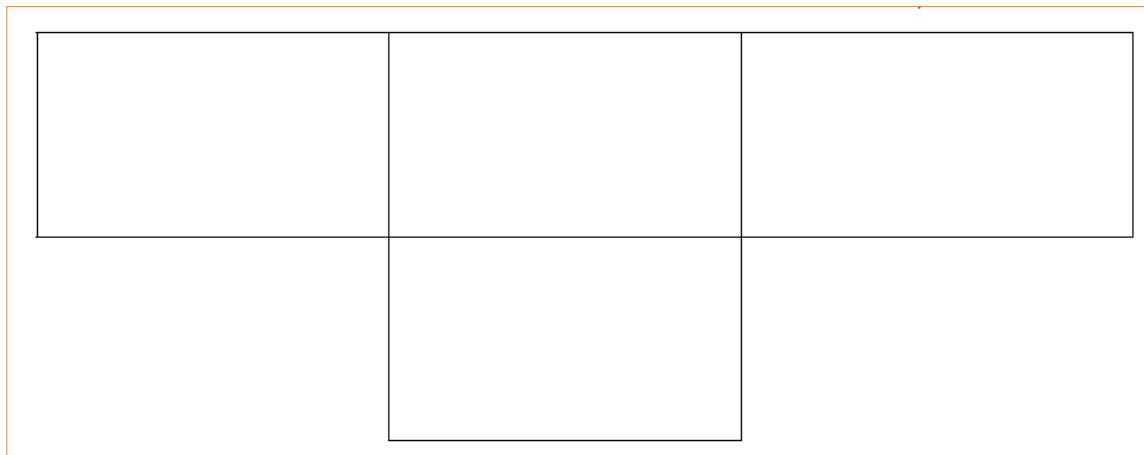
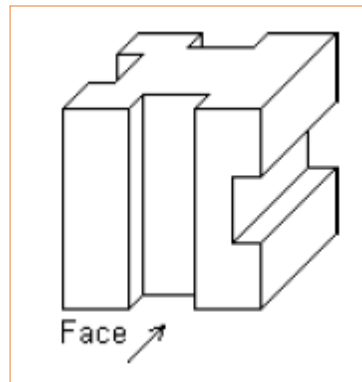
EXERCICE

1-



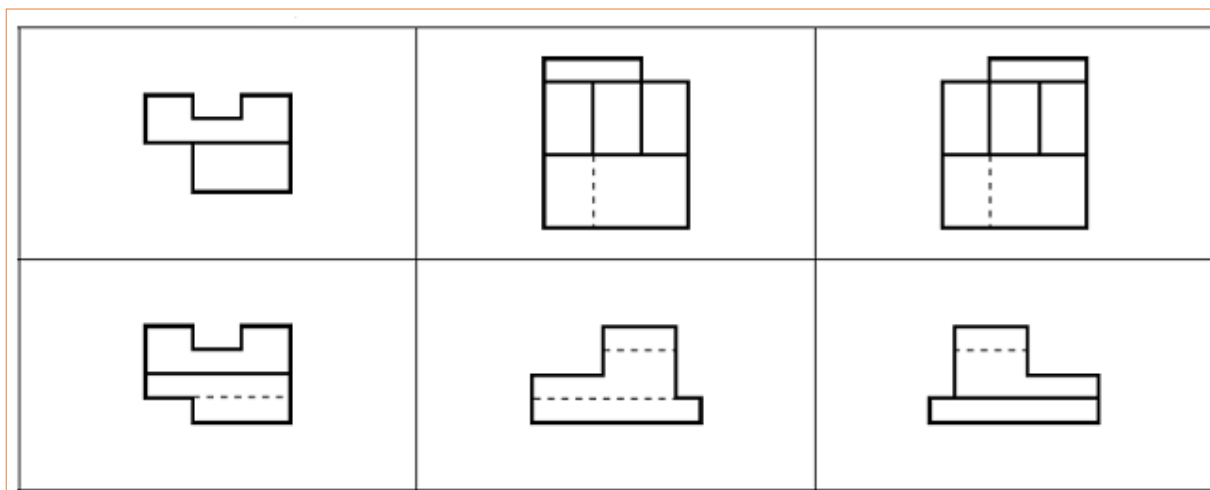
Indiquer, sur le dessin en perspective, par une flèche légendée les directions d'observation donnant les vues de droite, de gauche et de dessus

2- Découper les vignettes des vues de l'objet et les coller en respectant la disposition des vues

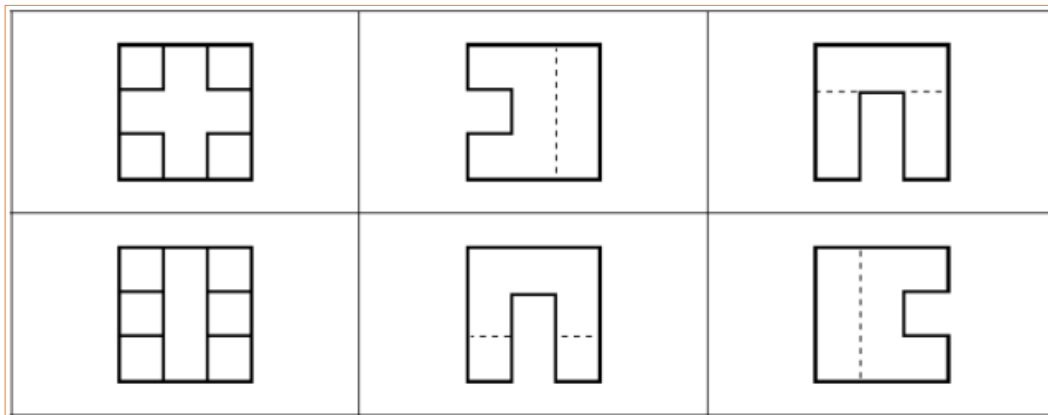
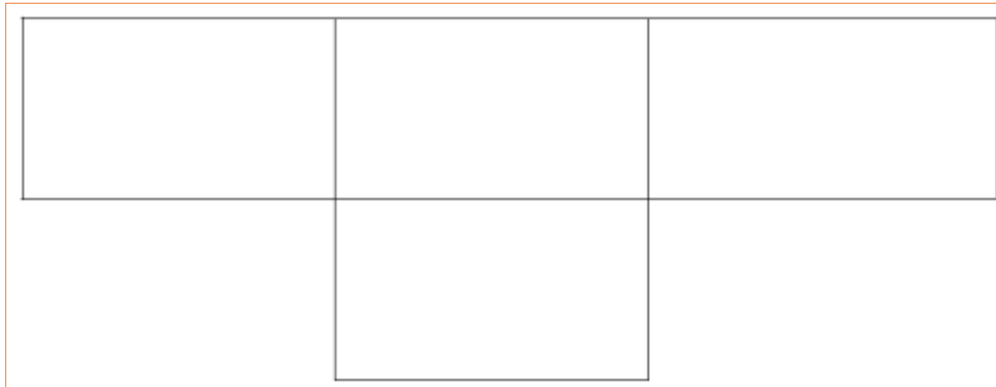
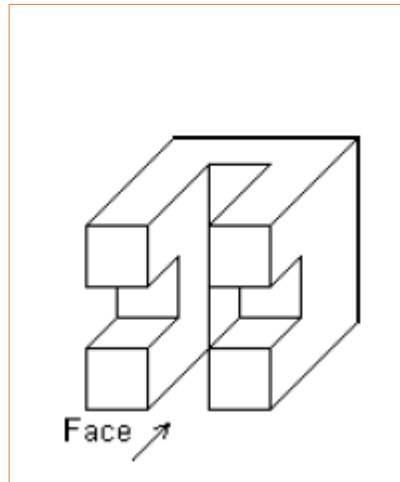


4-
EXERCICE

Indiquer, sur le dessin en perspective, par une flèche légendée les directions d'observation donnant les



vues de droite, de gauche et de dessus. Découper les vignettes des vues de l'objet et les coller en respectant la disposition des vues



5-Exercice

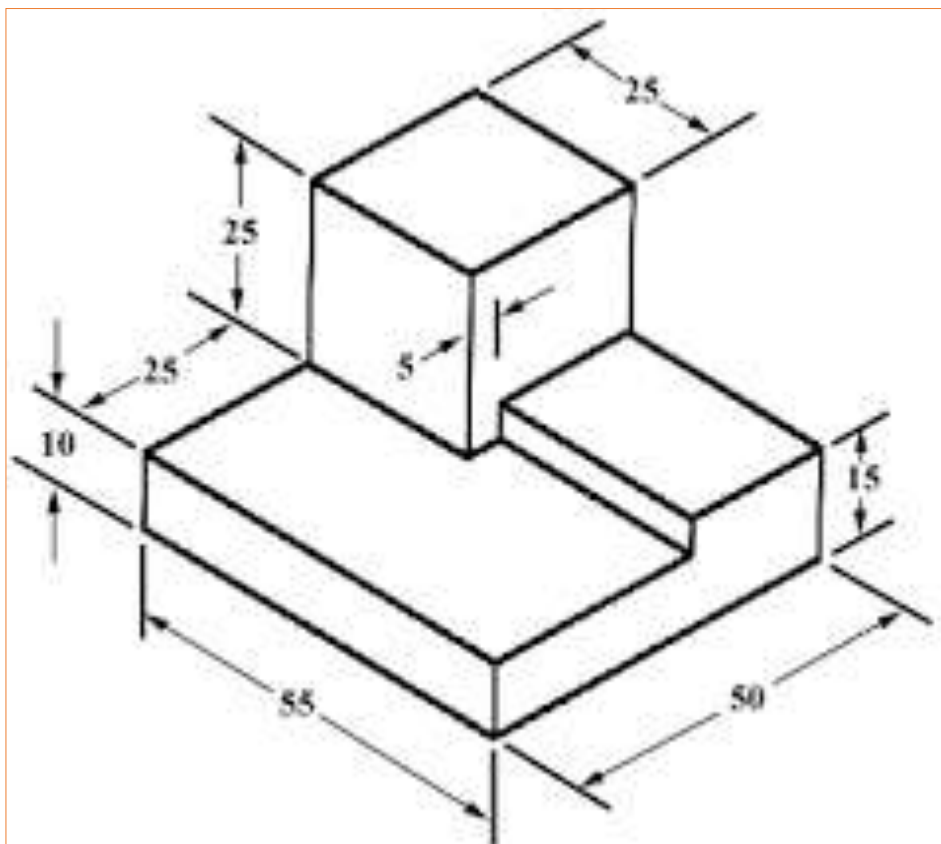
Données :

La vue en perspective d'une pièce mécanique.

Travail demandé :

Sur le format A4, tracer à l'échelle 1:1:

- ✚ la vue de face (voir flèche sur la perspective)
- ✚ la vue de gauche
- ✚ la vue de dessus
- ✚ la vue de dessous



6-Exercice

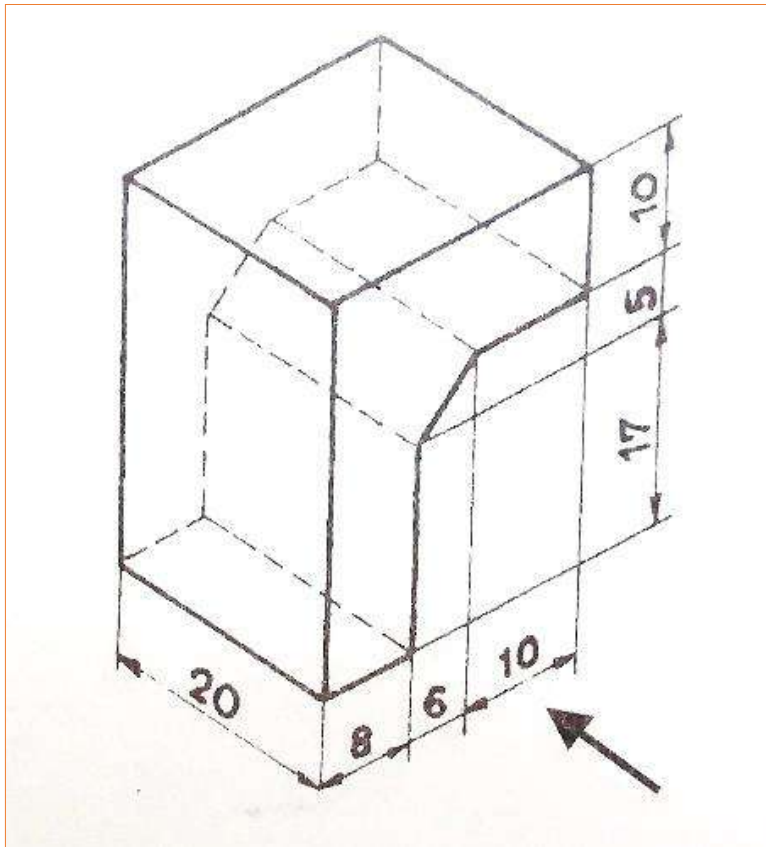
Données :

La vue en perspective d'une pièce mécanique.

Travail demandé :

Sur le format A4 (page suivante), tracer à l'échelle 2:1:

- ✚ la vue de face (voir flèche sur la perspective)
- ✚ la vue de droite
- ✚ la vue de dessus
- ✚ la vue de dessous



7-Exercice

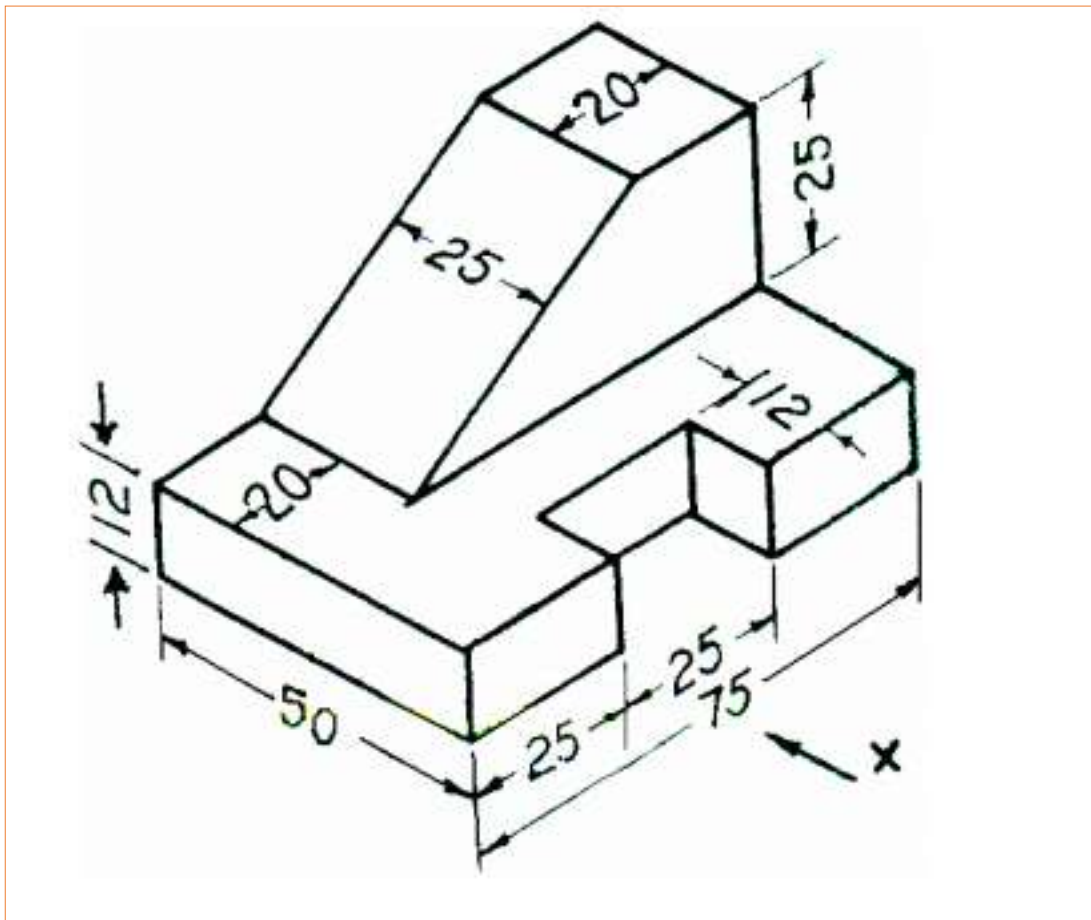
Données :

La vue en perspective d'une pièce mécanique.

Travail demandé :

Sur le format A4, tracer à l'échelle 1:1:

- ✚ la vue de face (voir flèche sur la perspective)
- ✚ la vue de droite
- ✚ la vue de dessus



8-Exercice

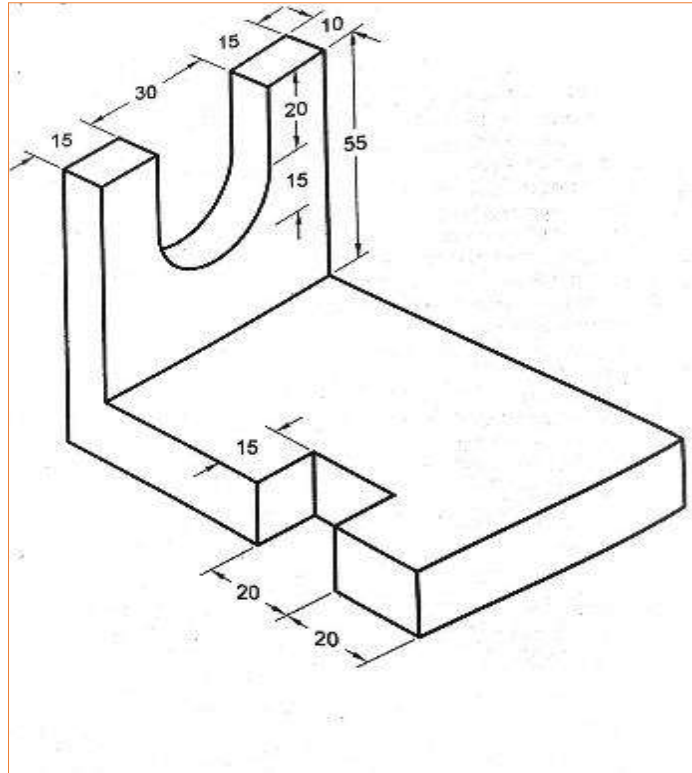
Données :

La vue en perspective d'une pièce mécanique.

Travail demandé :

Sur le format A4, tracer à l'échelle 1:1:

- ✚ La vue de face (voir flèche sur la perspective)
- ✚ La vue de gauche



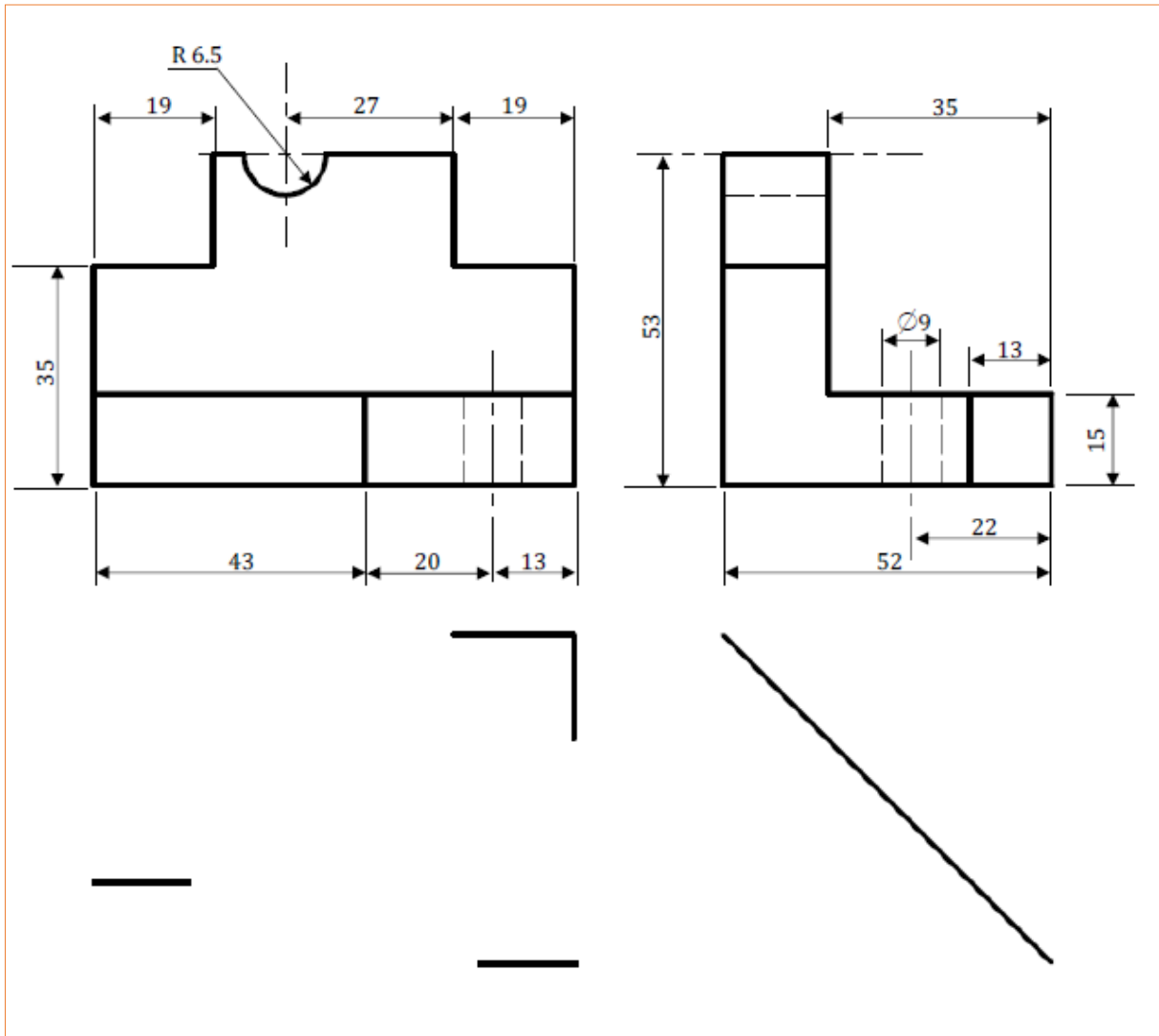
9-Exercice (Examen 2019/2020)

Données :

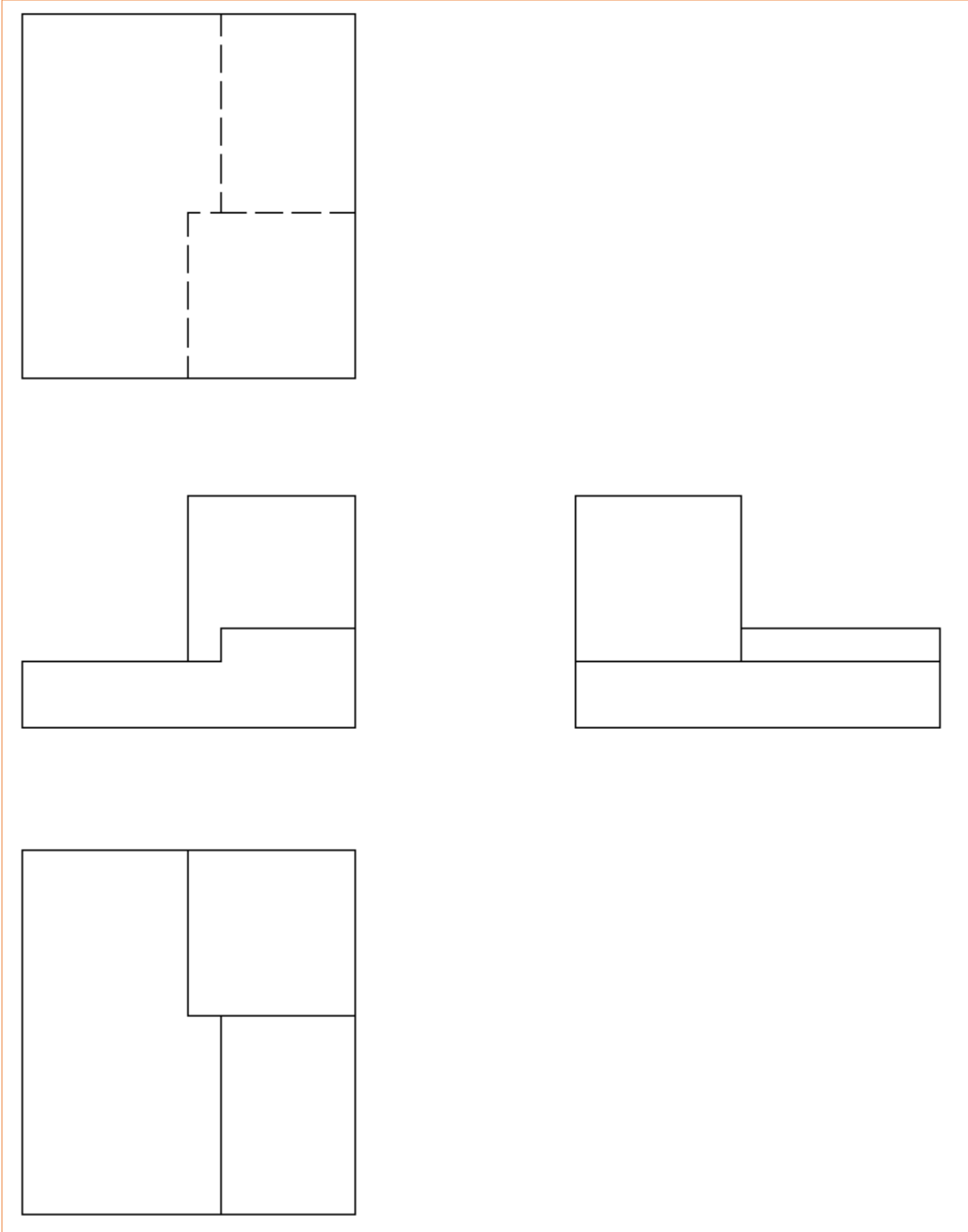
La vue de face et la vue de gauche complètes

On vous demande :

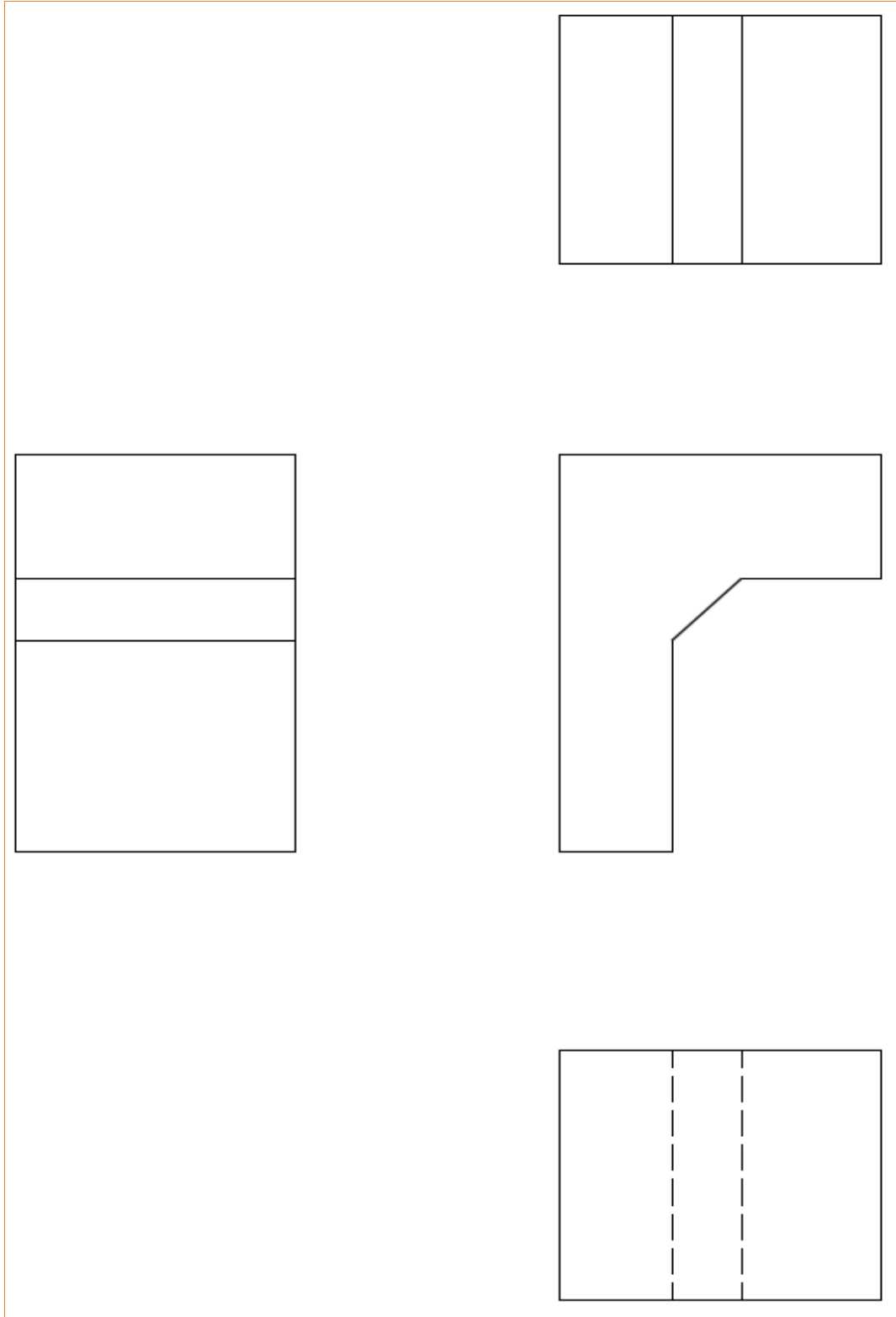
- ✚ - Compléter la vue de dessus



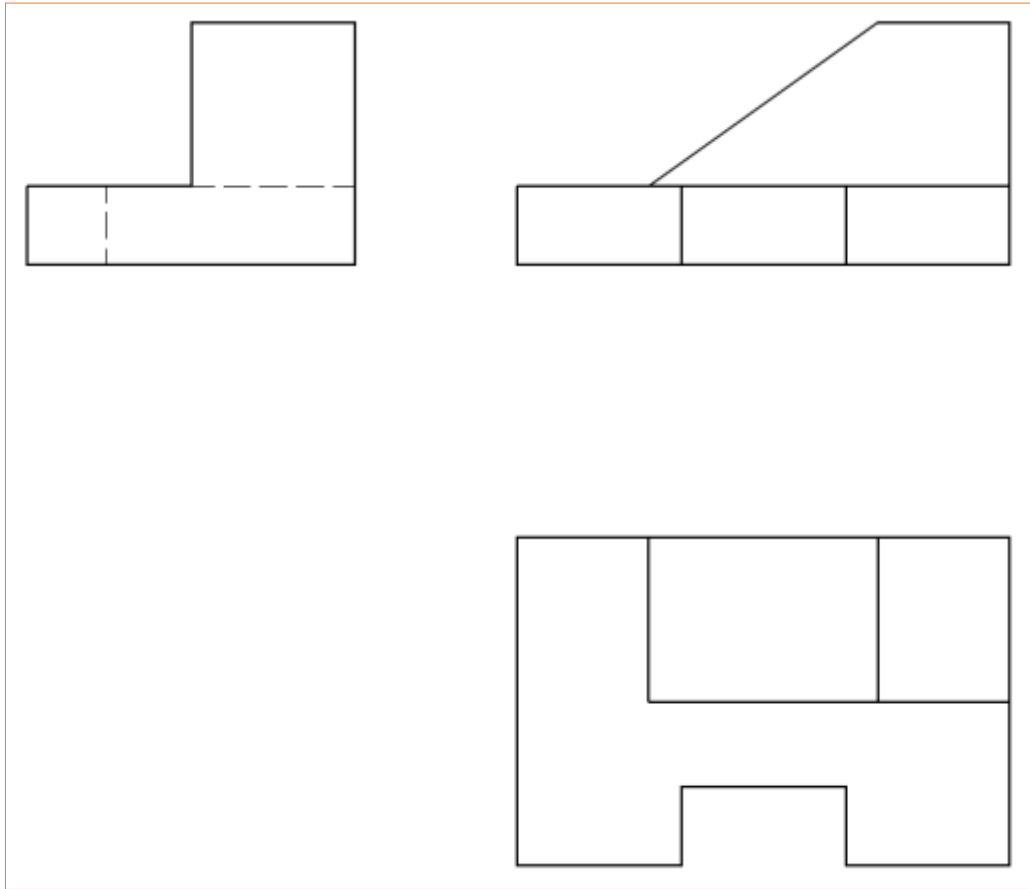
Correction exercice n°5



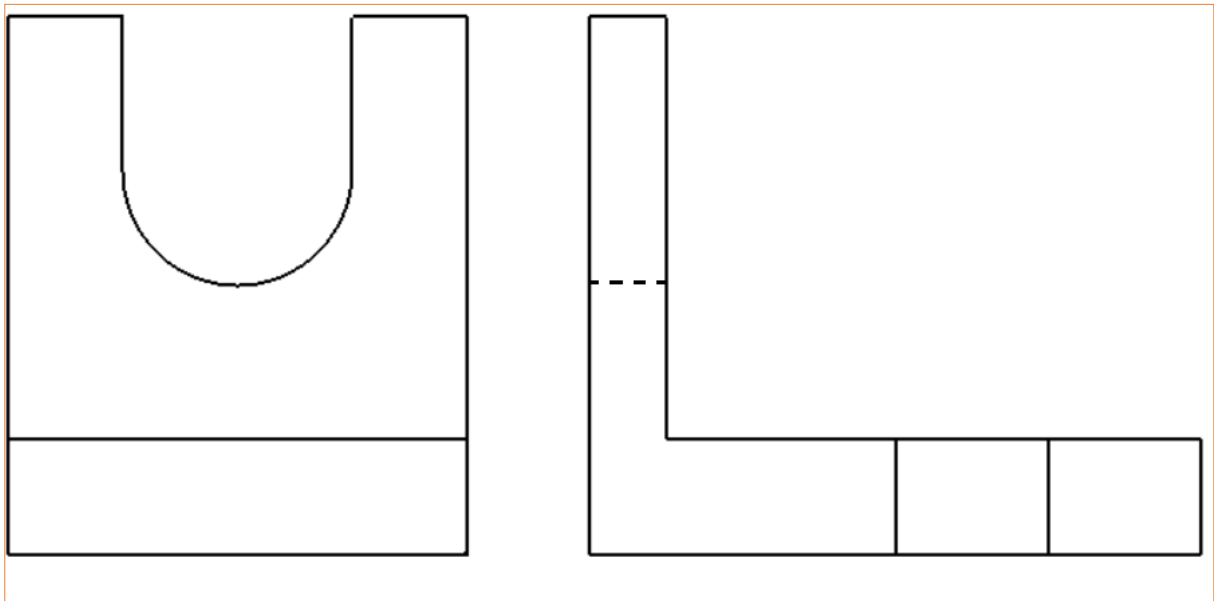
Correction exercice n°6



Correction exercice n°7



Correction exercice n°8



Plan du deuxième chapitre

- 1- Coupes
 - 1-1- Définition
 - 1-2- Règle
 - 1-3- Règles de représentations
 - 1-4- Règles complémentaires
- 2- Demi-coupe
- 3- Coupe-partielle
- 4- Coupes brisées.

- 4-1-Coupe à plans parallèles
- 4-2-Coupe à deux plans sécants
- 5- Exercices d'applications
- 6- Sections
- 6- 1- Principe
- 6- 2-Sections sorties
- 6- 3-Sections rabattues
- 7- Exercices d'applications

1- Coupes

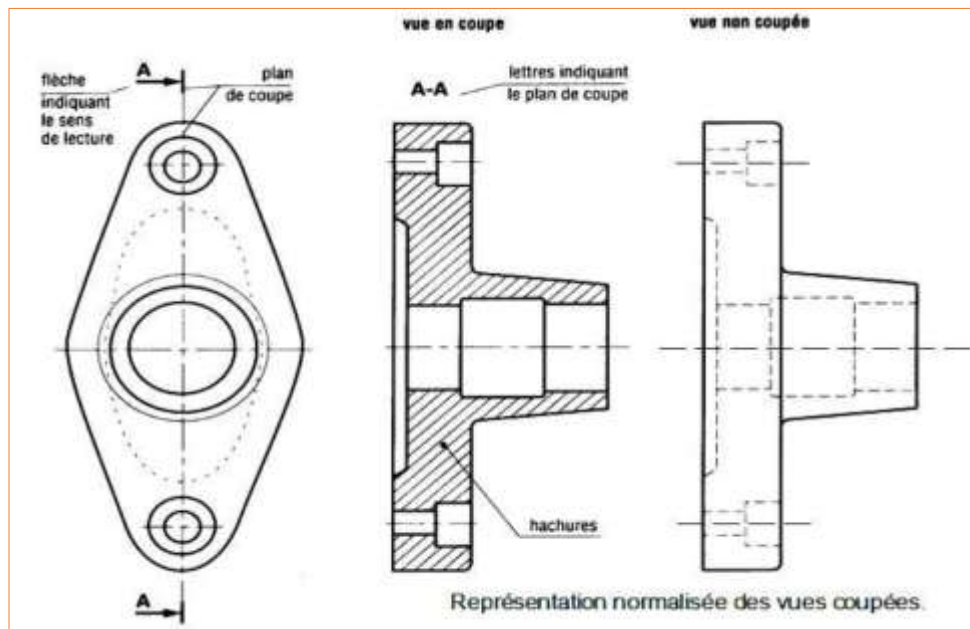
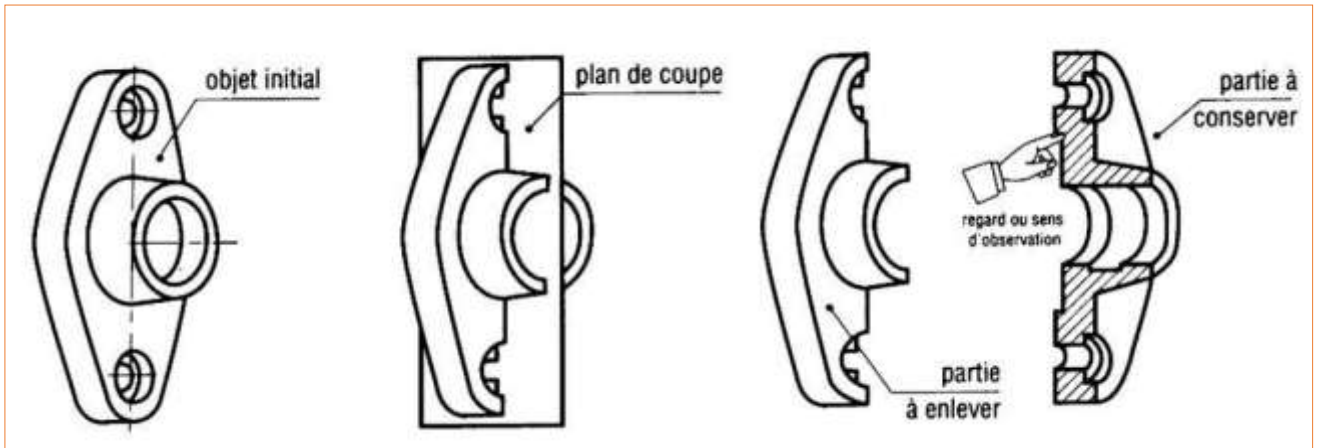
1-1- Définition

Si la définition d'une pièce ou d'un ensemble de pièces peut être faite complètement à l'aide de vues extérieures, il est parfois (et même souvent) utile de représenter les pièces en coupe ; en effet, cette représentation permet de faciliter la réalisation du dessin et sa lecture.

Les arêtes cachées deviennent visibles lorsqu'on dispose des vues en coupes.

1-2-Règle

La règle consiste à faire passer un plan fictif, appelé plan de coupe, séparant ainsi la pièce en deux. La vue coupée ne représentera donc qu'une partie de la pièce, ce qui permet donc de rendre visible (traits forts) des arêtes qui resteraient cachées dans le cas d'une vue extérieure (traits interrompus fins).



1-3- Règles de représentations

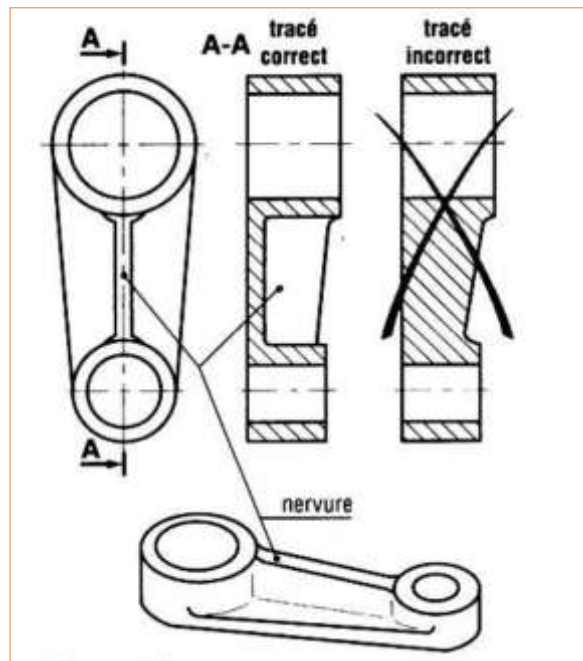
- ✚ Le plan de coupe, il est matérialisé par un trait d'axe, renforcé aux extrémités par deux traits forts courts.
- ✚ Le sens: indiquant la partie de la pièce à conserver est indiqué par deux flèches nommées à l'aide de deux lettres (A-A, B-B, ...).
- ✚ Les hachures: Les hachures apparaissent là où la matière est effectivement coupée.
- ✚ Elles sont réalisées en traits fins, inclinées de 30, 45 ou 60 degrés par rapport à la direction générale de la pièce.

Sur un plan d'ensemble, le motif des hachures permet d'identifier le type de matériaux des pièces. Mais sur un dessin de définition, c'est toujours le motif d'usage général qui est utilisé.

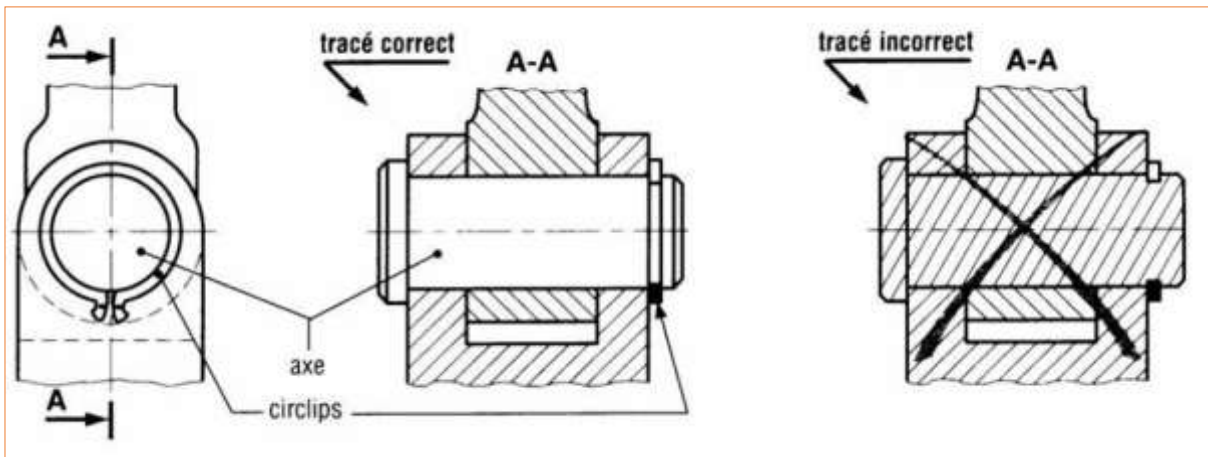
Hachures – motifs usuels		
	usage général tous métaux et alliages	sol naturel
	métaux et alliages légers (aluminium ...)	bobinages électro-aimants
	cuivre et ses alliages béton léger	béton
	matières plastiques ou isolantes (élec.) élastomères	antifriction
		béton armé
		verre, porcelaine, céramique ...
		bois en coupe transversale
		bois en coupe longitudinale
		isolant thermique

1-4- Règles complémentaires

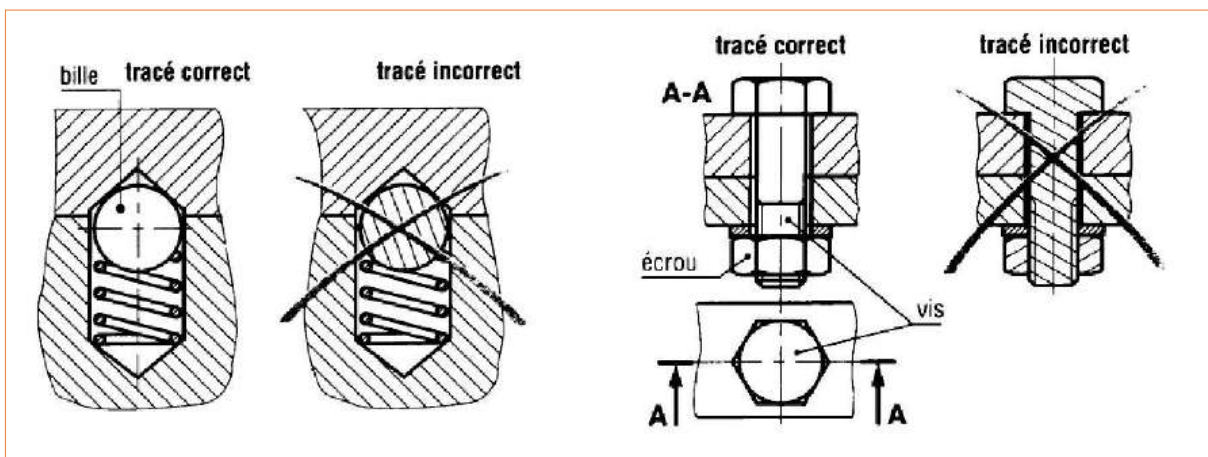
- ✚ On ne coupe jamais des nervures lorsque le plan de coupe passe dans le plan de leur plus grande surface.



- ✚ On ne coupe jamais les pièces de révolution pleines (axes, arbres, billes, ...), les vis, les boulons et les clavettes car voir l'intérieur d'une pièce pleine ne présente aucun intérêt.



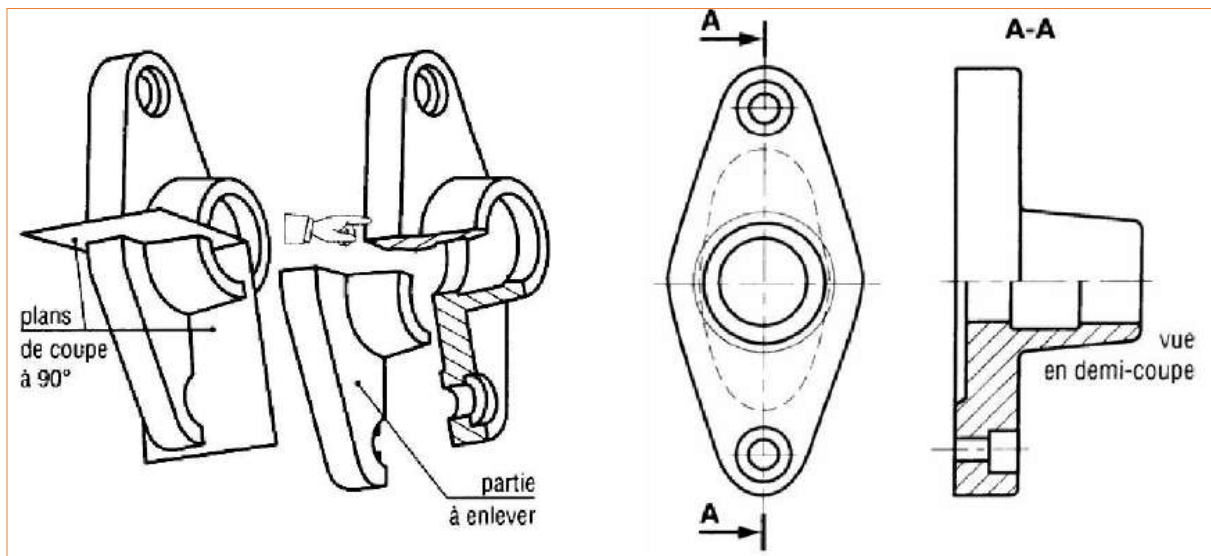
2-



Demi-coupe

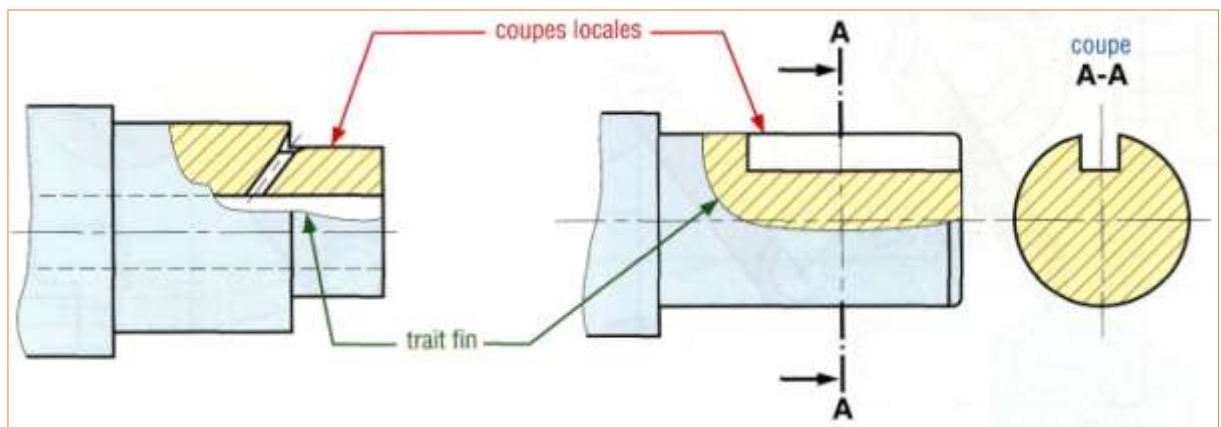
Lorsqu'une pièce présente un ou plusieurs plans de symétrie, on peut réaliser une demi-coupe plutôt qu'une coupe.

Les règles sont les mêmes que pour les coupes normales : l'indication du plan de coupe reste inchangée ; les deux demi-vues sont toujours séparées par un trait d'axe qui a la priorité sur les autres types de traits.



3-Coupe partielle

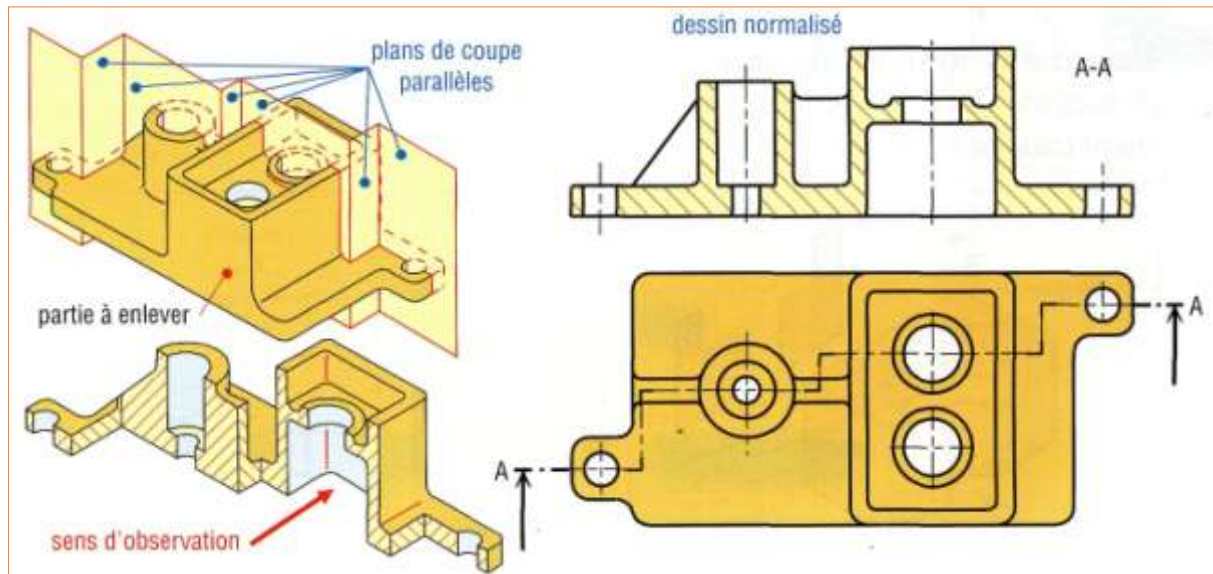
Si seul un détail localisé dans une pièce mérite d'être vue en coupe, on réalise une coupe locale ou coupe partielle pour le représenter ; le contour délimitant la zone coupée est un trait continu fin et il n'y a pas de trace de plan de coupe.



4-Coupes brisées.

4-1-Coupe à plans parallèles

Elle est utilisée avec des objets présentant des contours intérieurs relativement complexes. Elle apporte un grand nombre de renseignements et évite l'emploi de plusieurs coupes normales. Le plan de coupe est construit à partir de plans de coupe classiques parallèles entre eux. La correspondance entre les vues est dans ce cas conservée. Les discontinuités du plan de coupe ne sont pas dessinées.

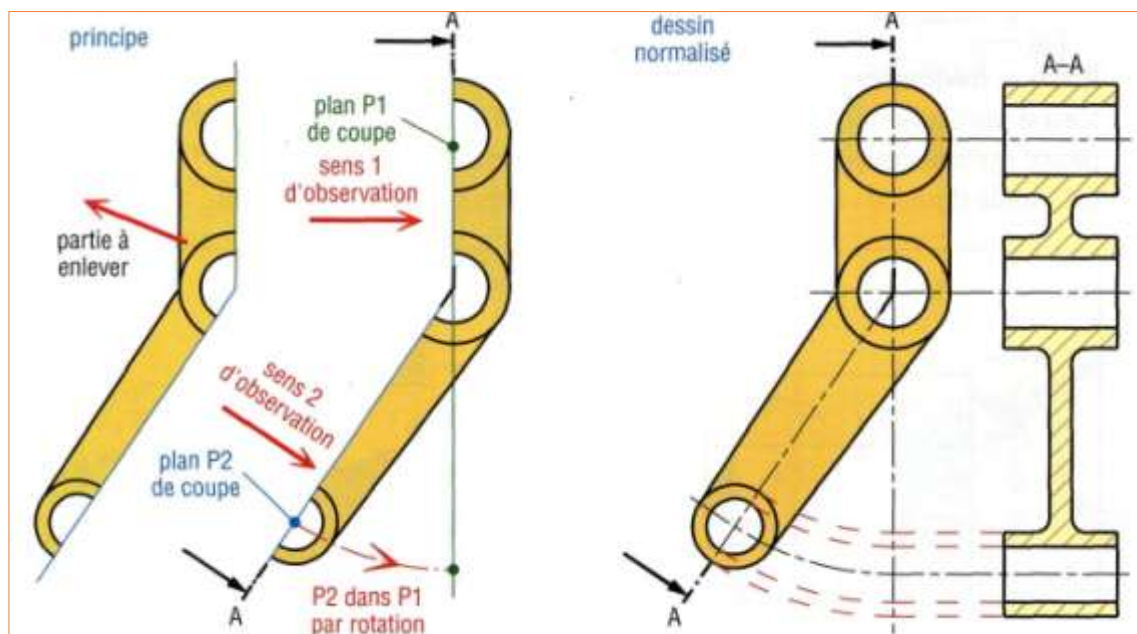


4-2-Coupe à deux plans sécants

Le plan de coupe est constitué de deux plans sécants. La vue coupée est obtenue en ramenant dans un même plan les tronçons coupés par les plans de coupe successifs ; les parties coupées s'additionnent. Dans ce cas la correspondance entre les vues n'est que partiellement conservée.

Les règles de représentation restent les mêmes.

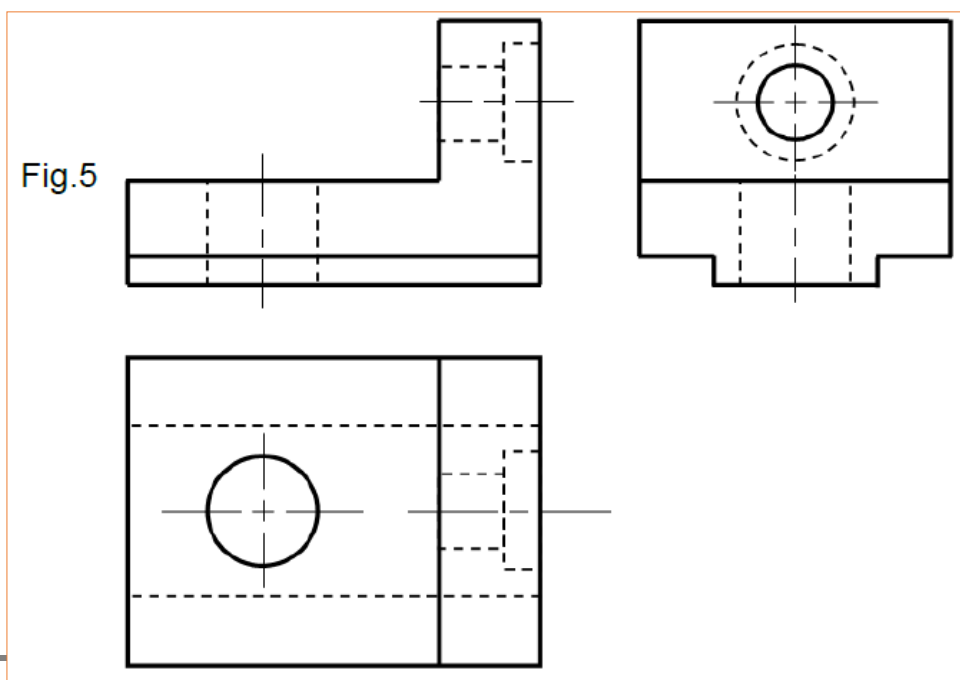
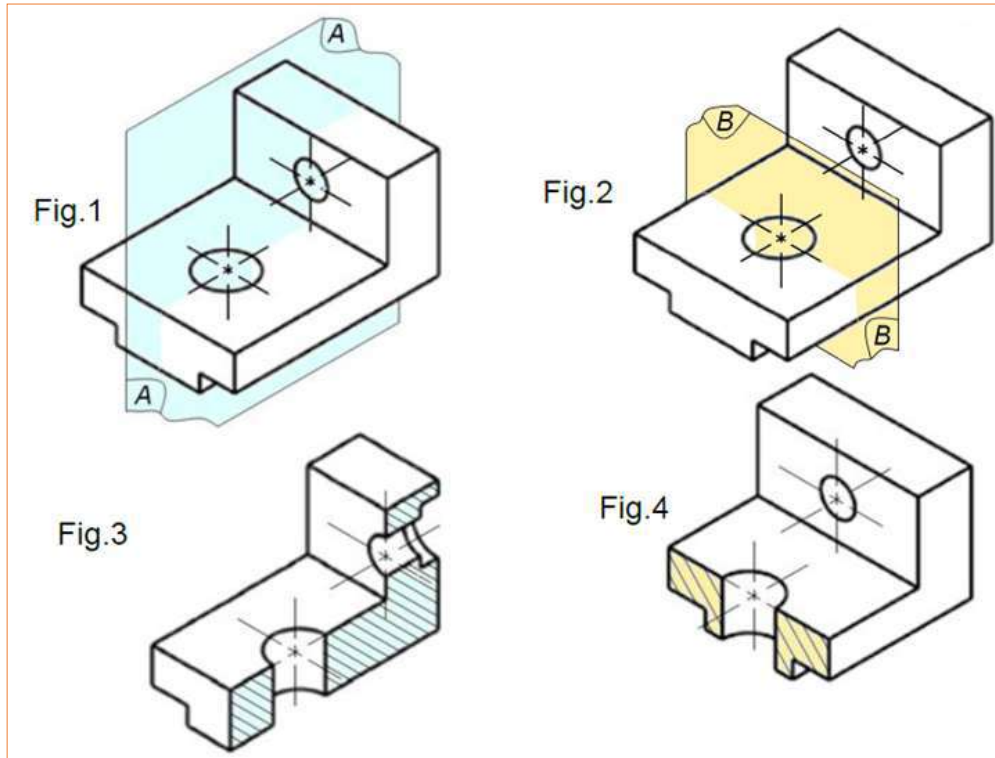
Les discontinuités du plan de coupe (arêtes ou angles) ne sont pas dessinées dans la vue coupée

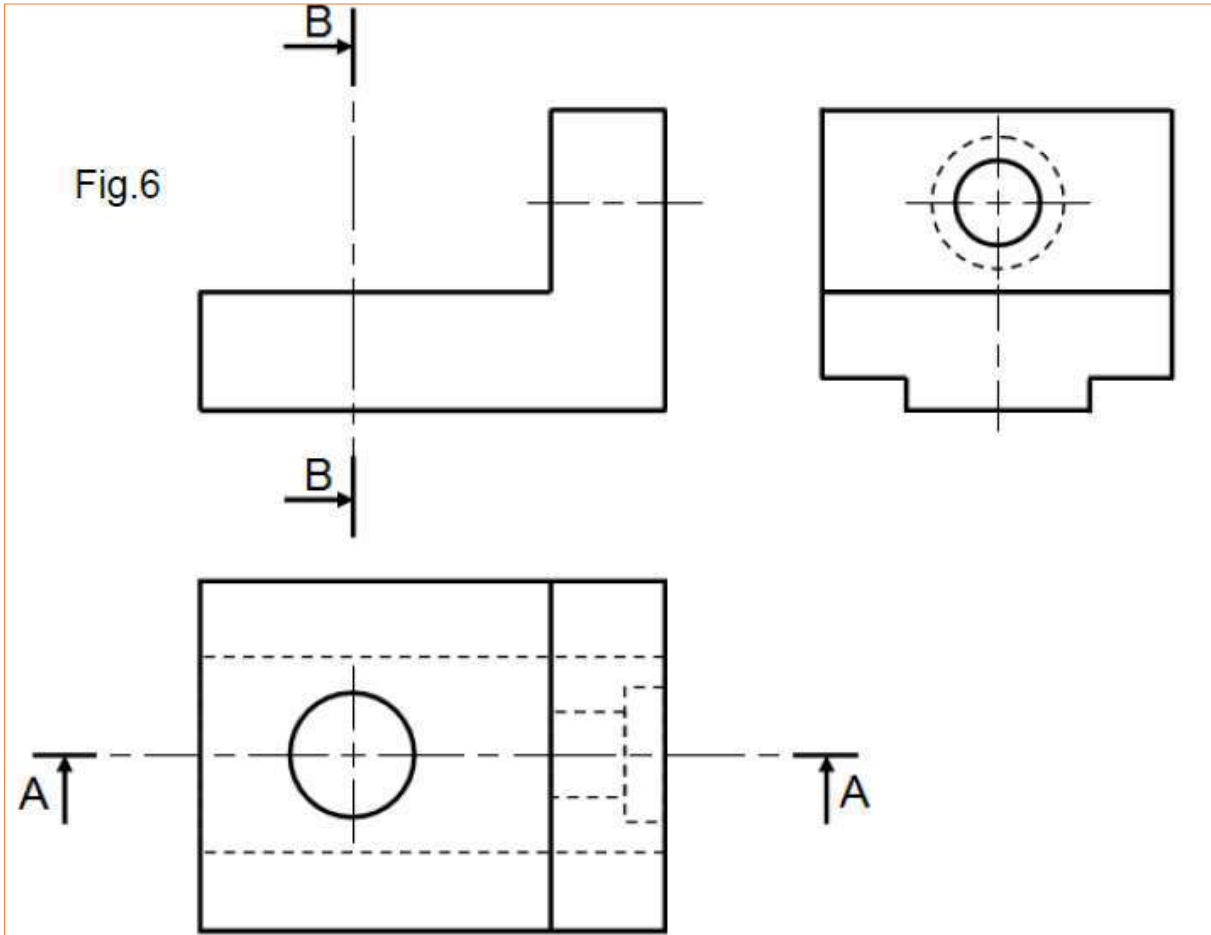


5- Exercices d'applications

1-Exercice

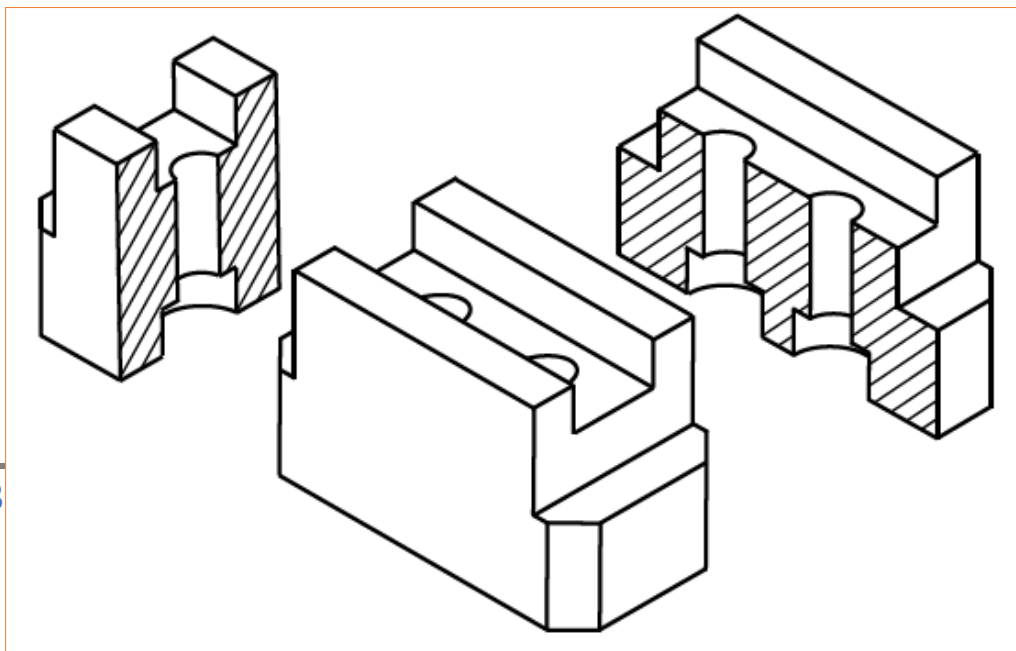
Utiliser les figures 1 ; 2 ; 3 ; 4 et 5 puis, compléter la figure 6



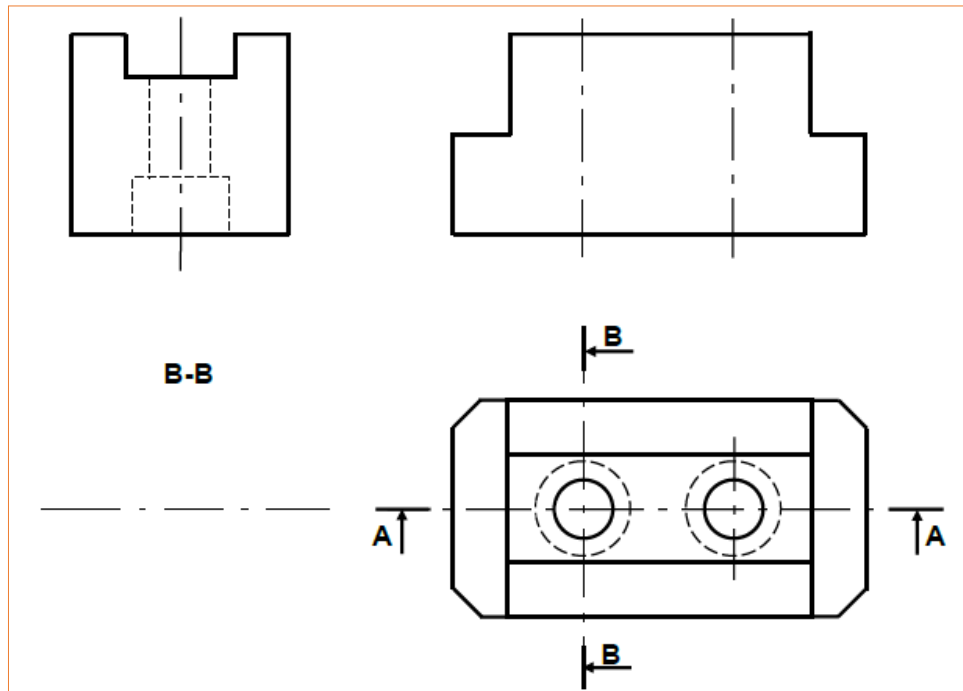


Exercice

Utiliser la figure, puis, Compléter : la vue de face en coupe A-A et la vue de droite ;
Dessiner la section sortie B-B.

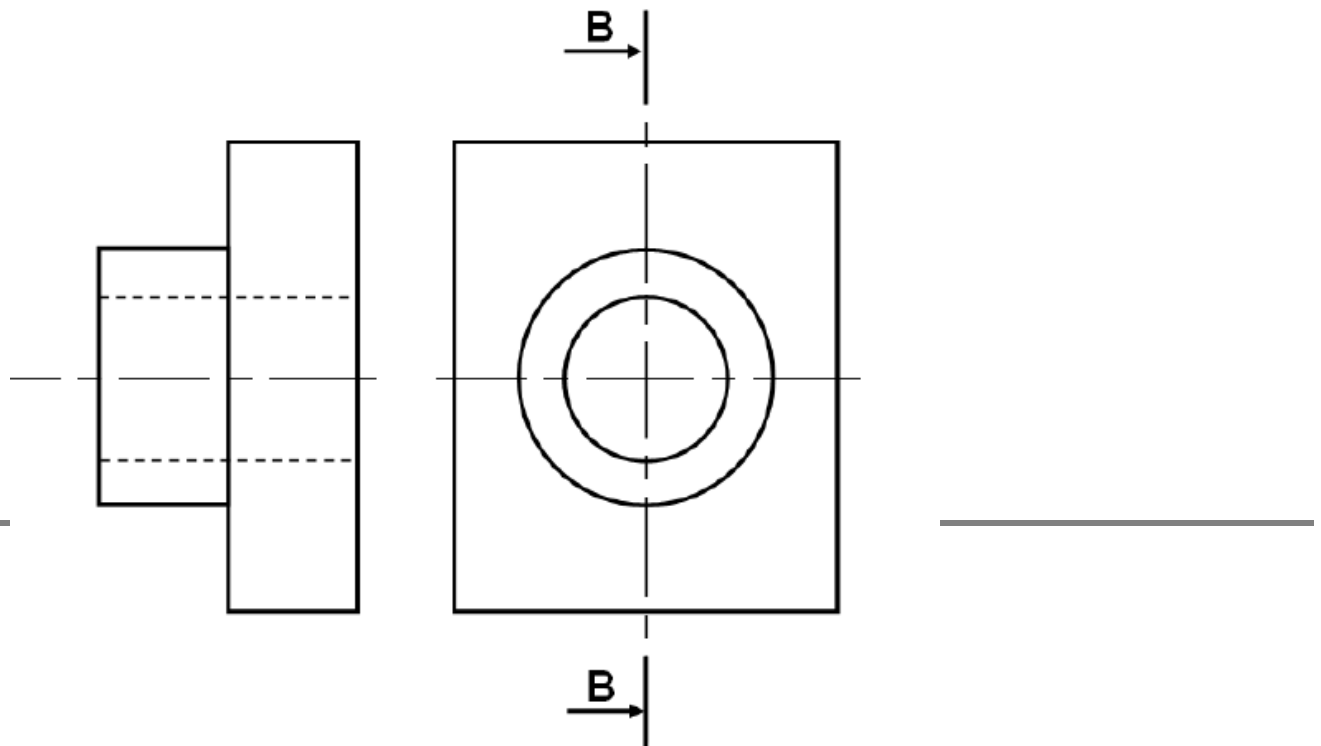


La pièce



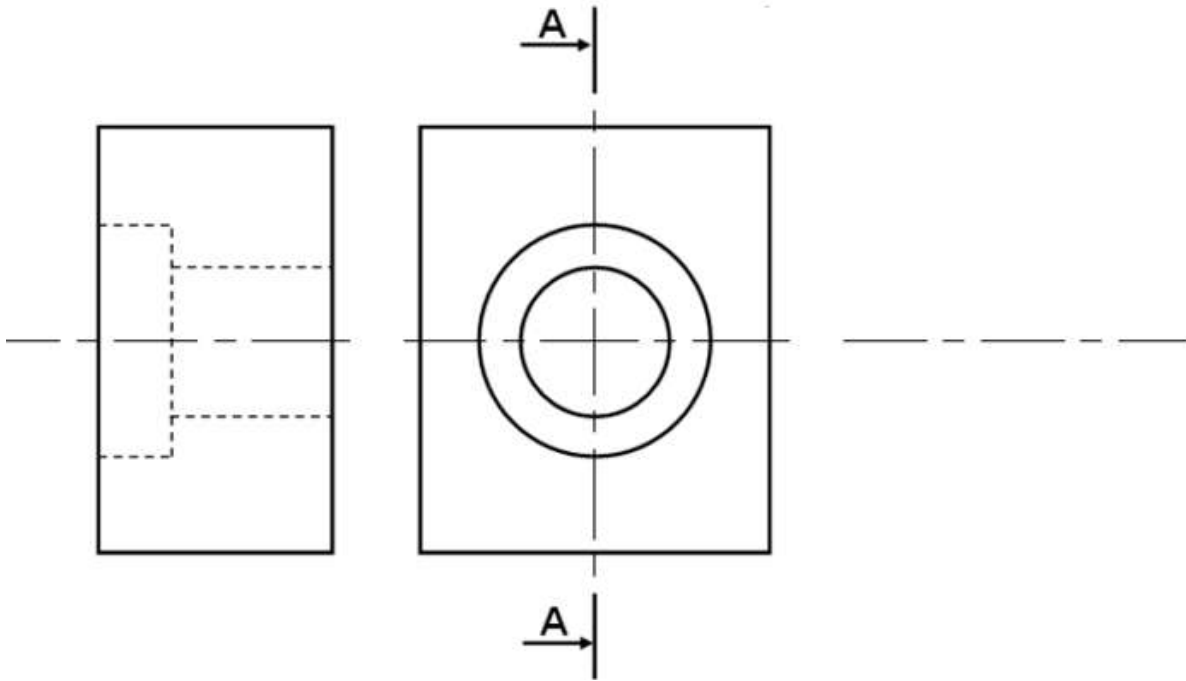
3-Exercice

La pièce suivante est représentée par une vue de face et une vue de droite complètes. Dessiner la vue de gauche en coupe B-B.



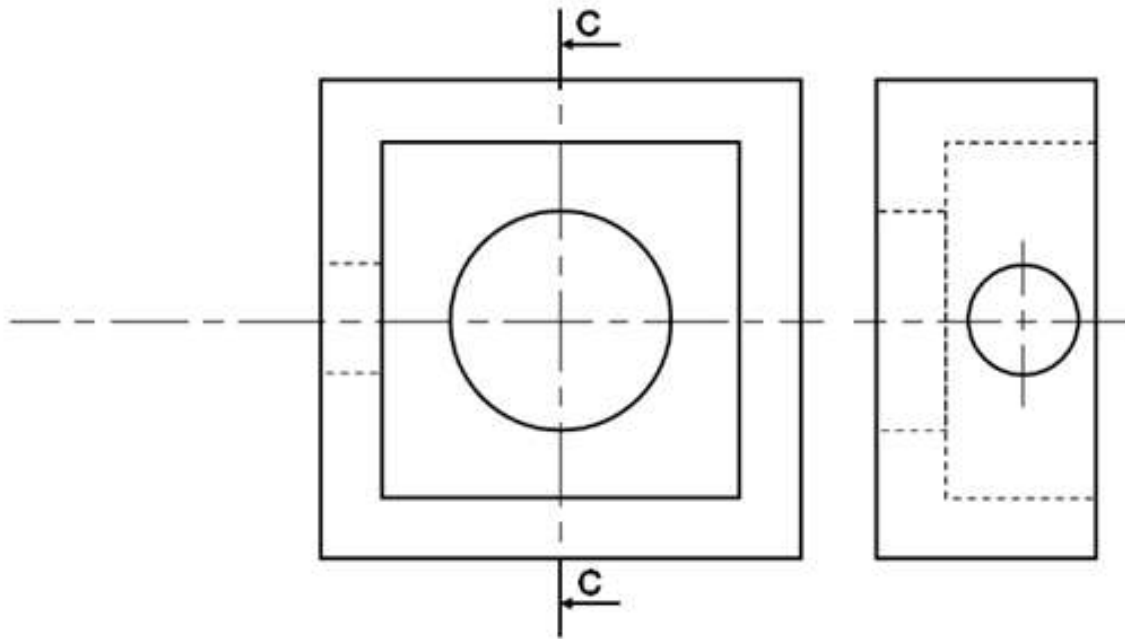
4-Exercice

La pièce ci-dessous représentée par une vue de face et une vue de droite complètent.



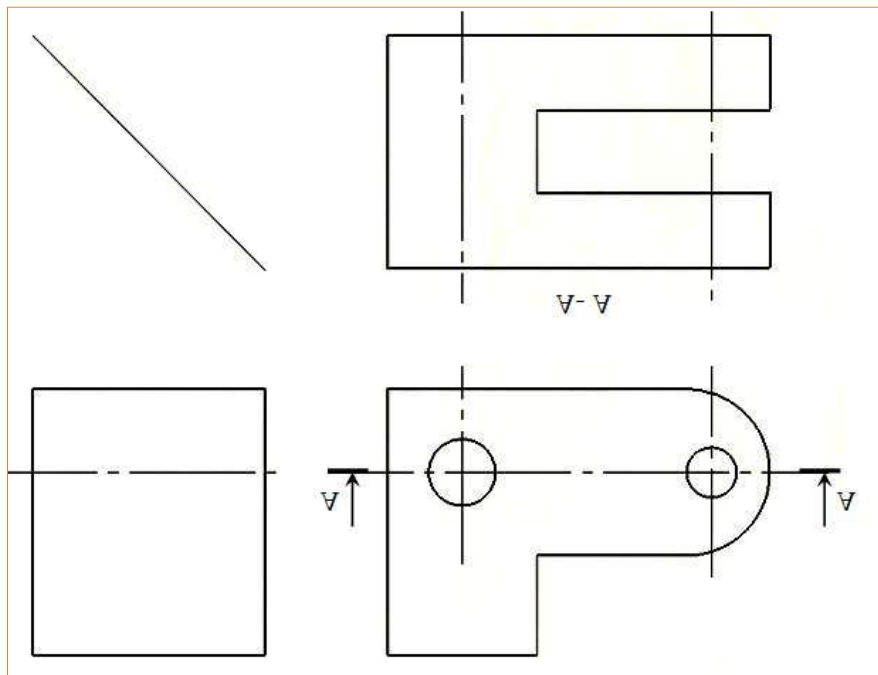
Dessiner la vue de gauche en coupe A-A.

La pièce ci-dessous représentée par une vue de face et une vue de gauche complètent.
Dessiner la vue de droite en coupe C-C.



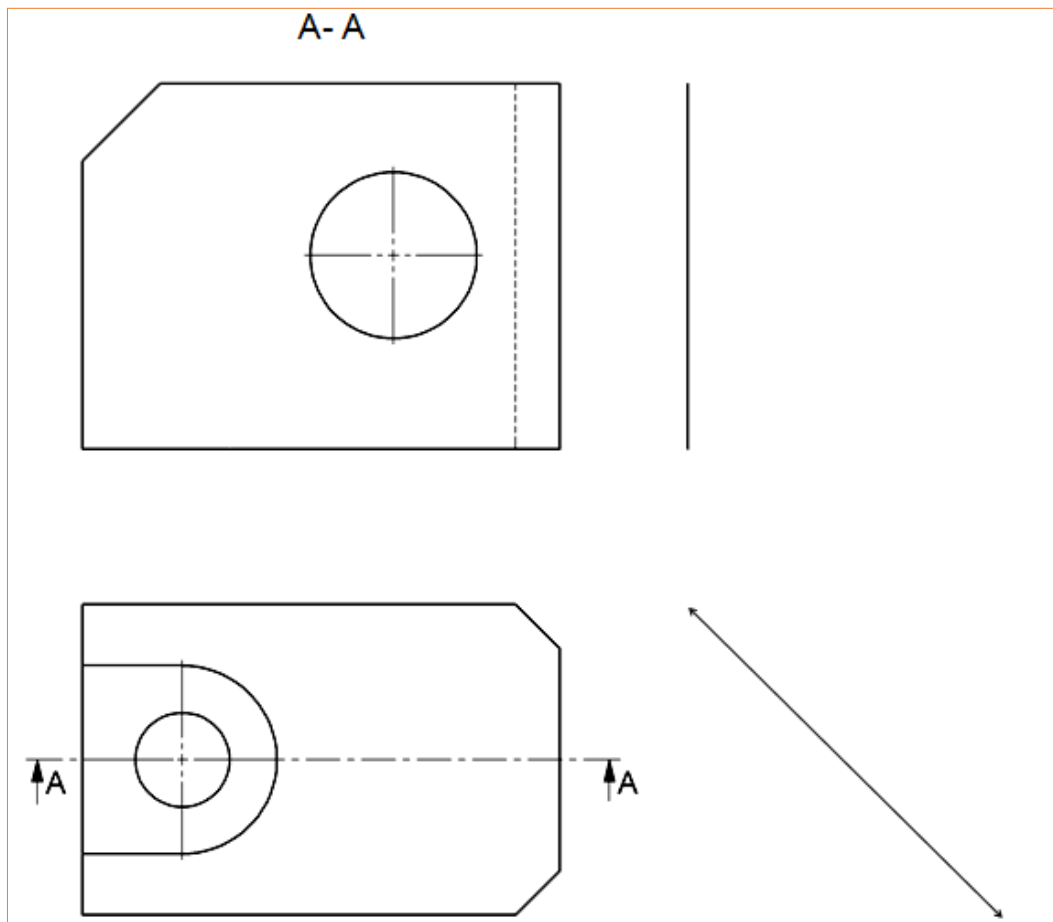
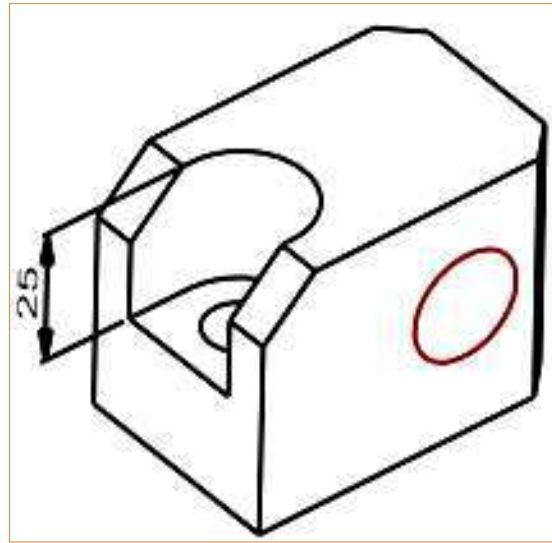
6-Exercice

Compléter la vue de droite et la vue de dessus (coupe A-A)



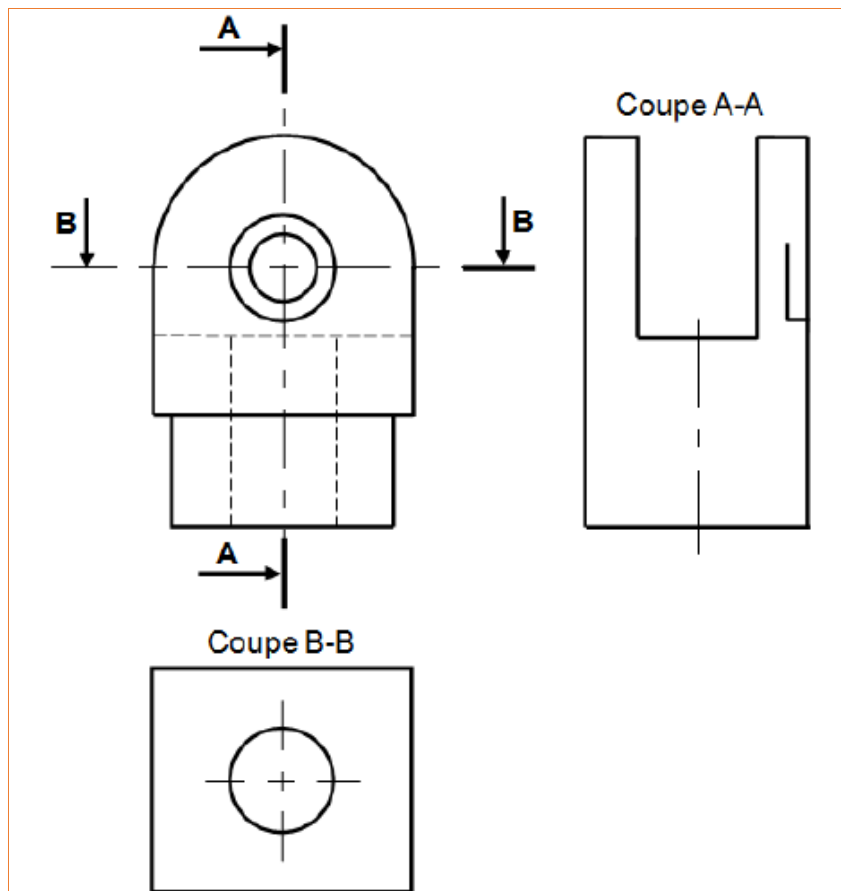
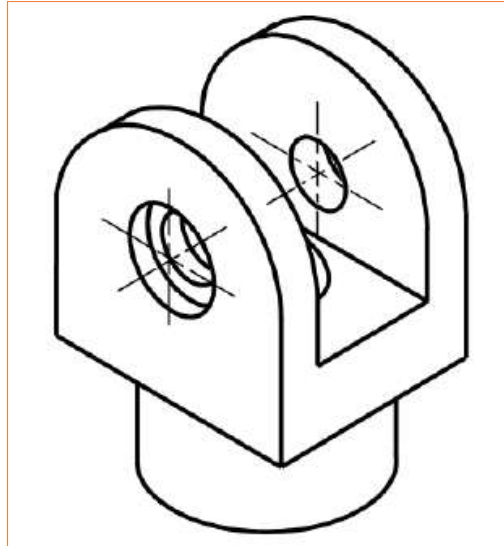
7-Exercice

Compléter la vue de face en coupe A-A, La vue de gauche et la vue de dessus.

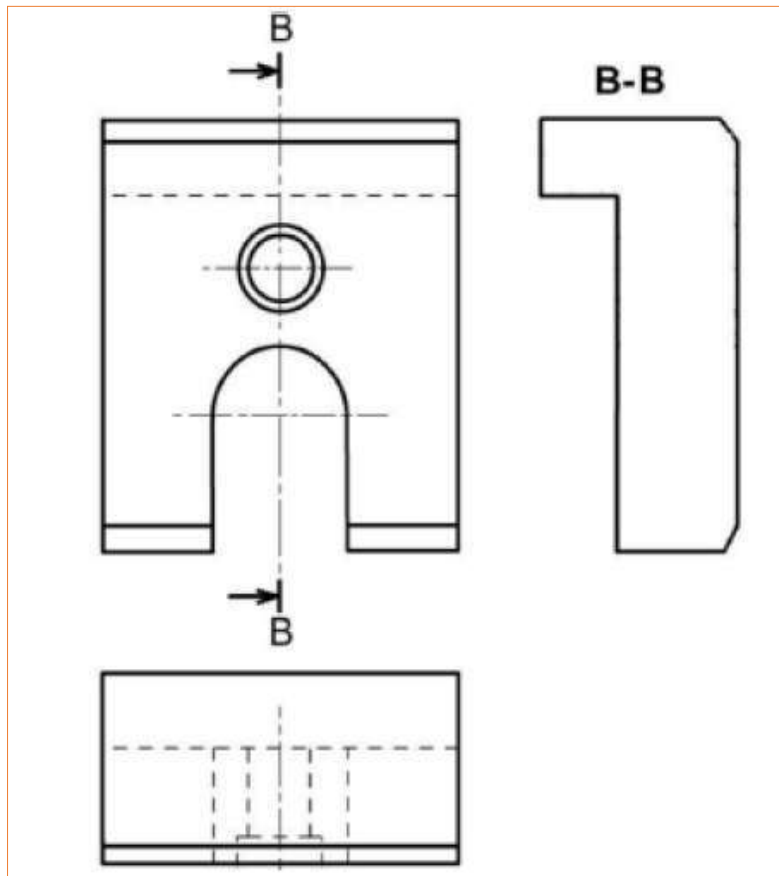


8-Exercice

Compléter la vue de gauche coupe A-A et la vue de dessus coupe B-B ;

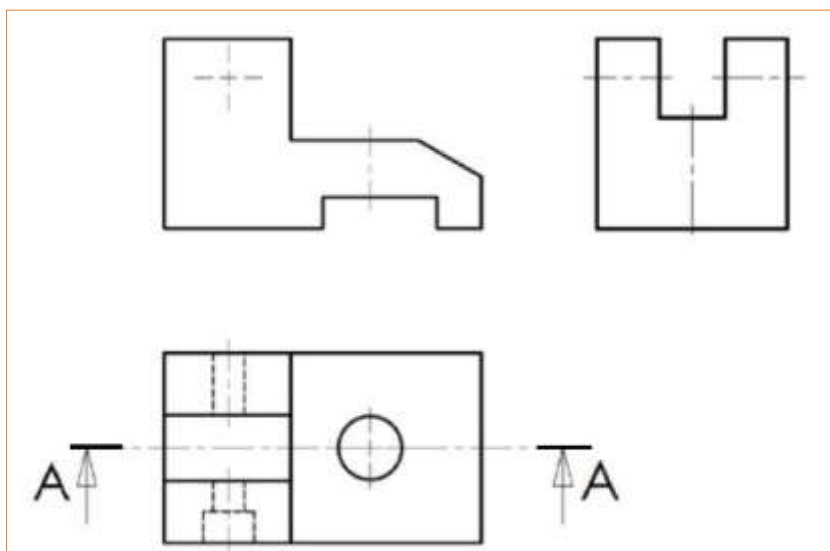


Compléter le dessin suivant



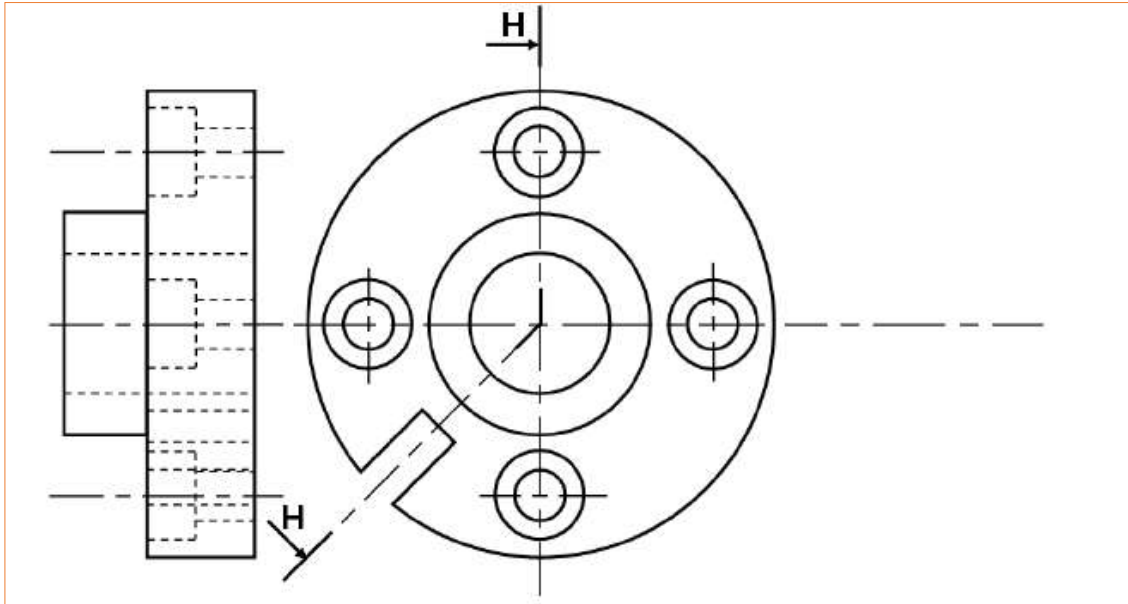
10-Exercice

Compléter le dessin suivant :

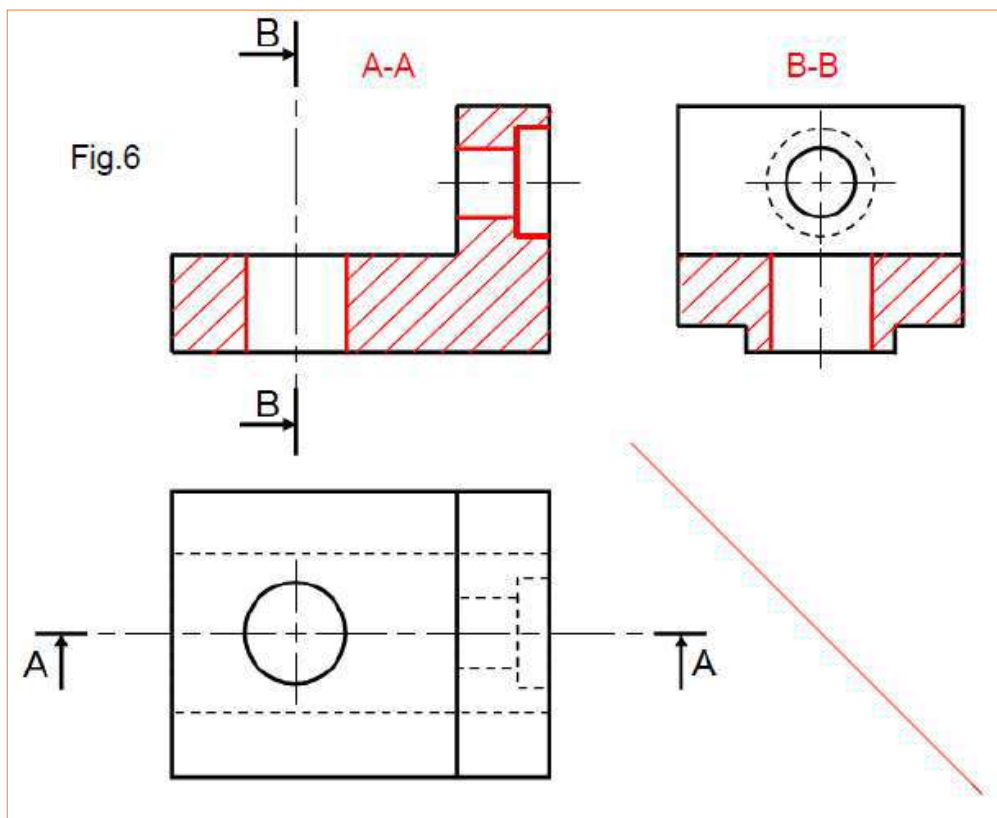


11-Exercice

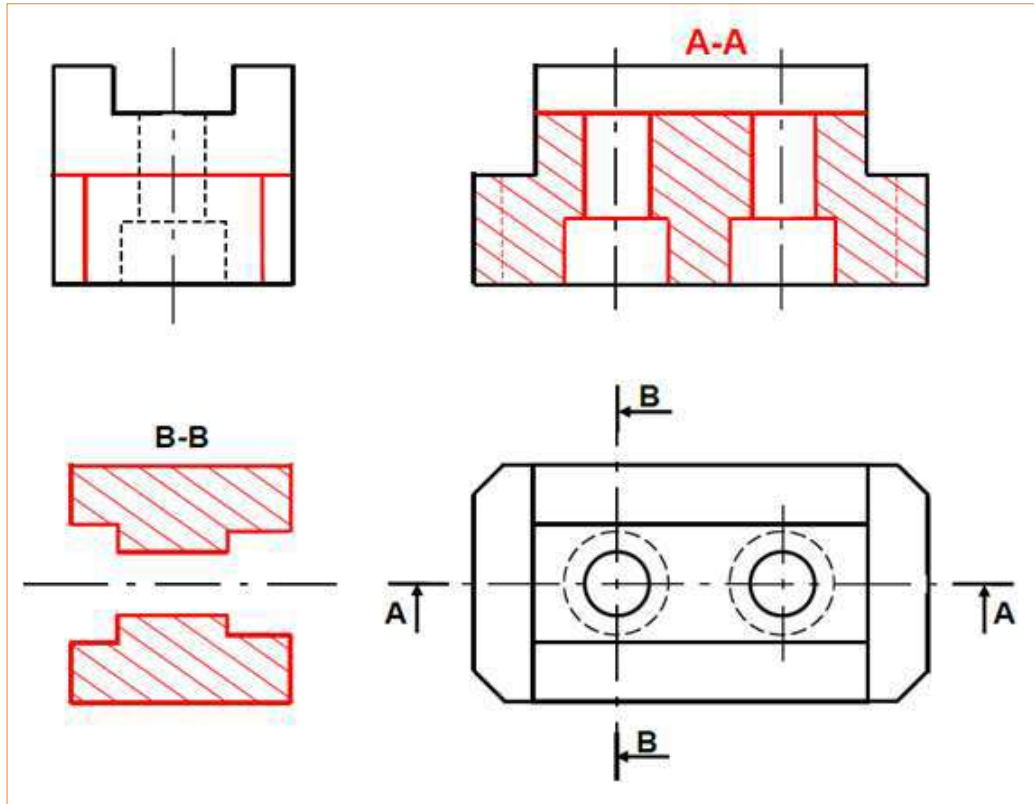
La pièce ci-dessous représentée par une vue de face et une vue de droite complètent.
Dessiner la coupe brisée H-H.



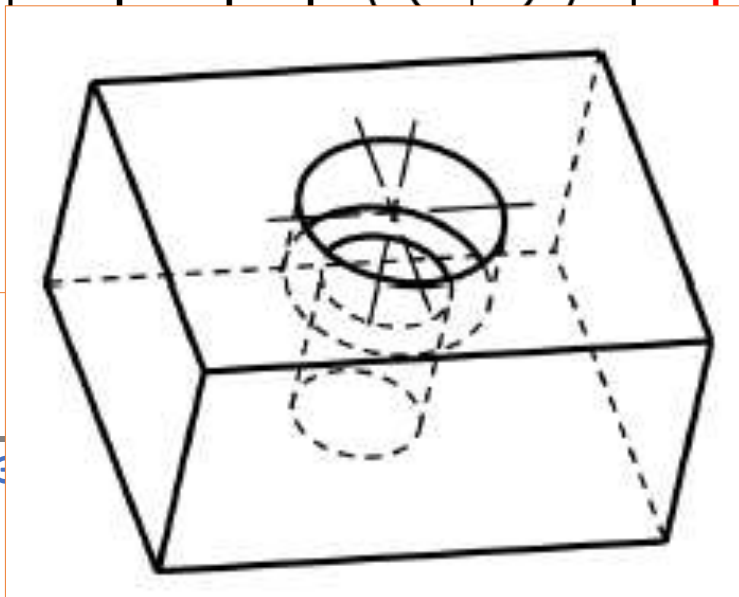
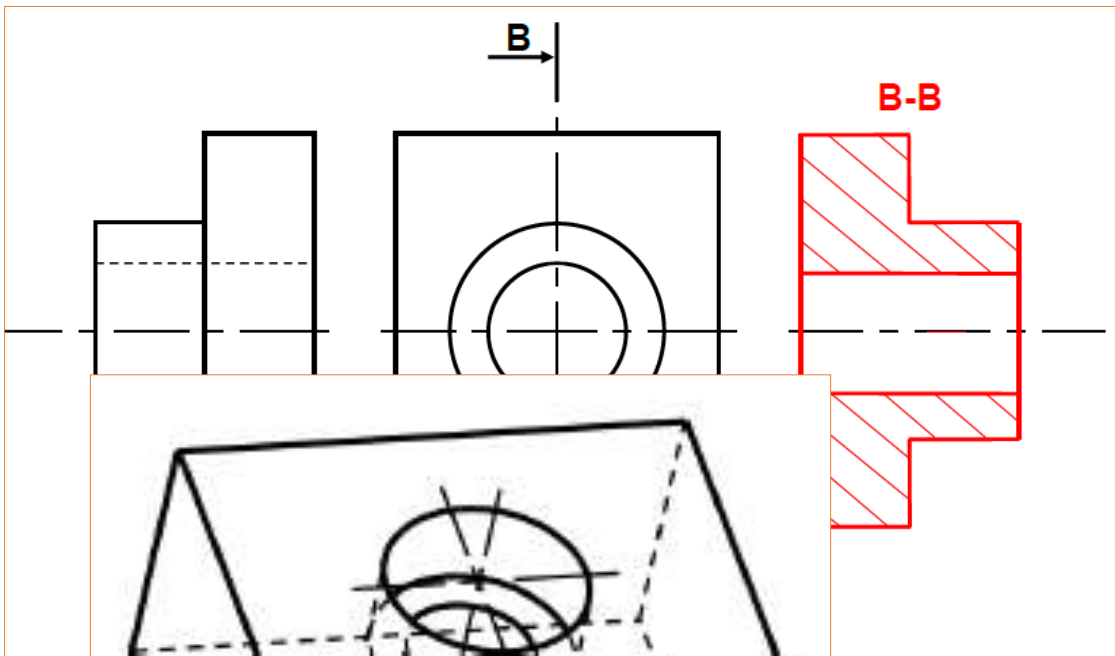
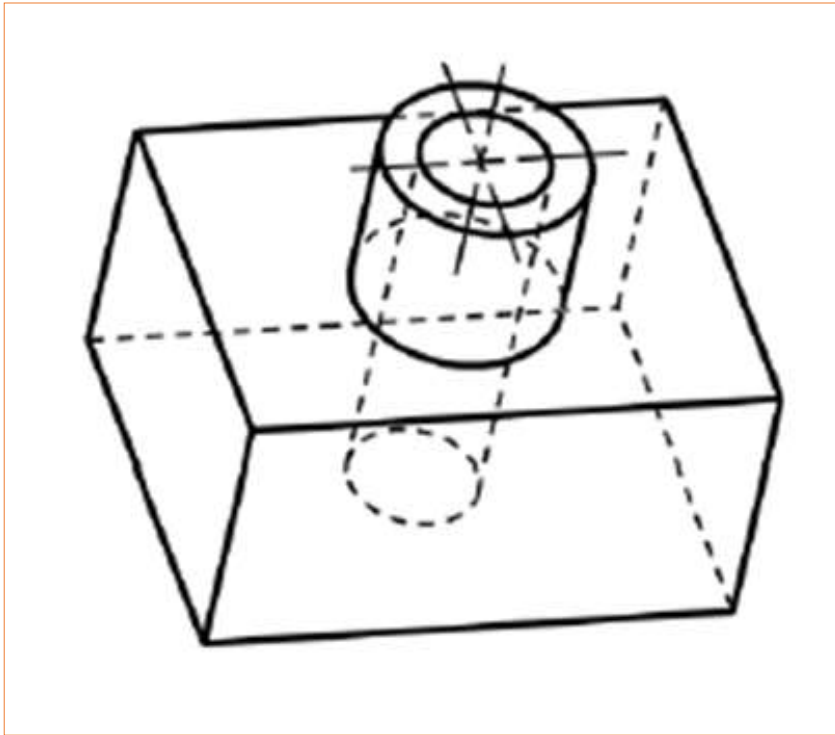
Correction exercice n°1



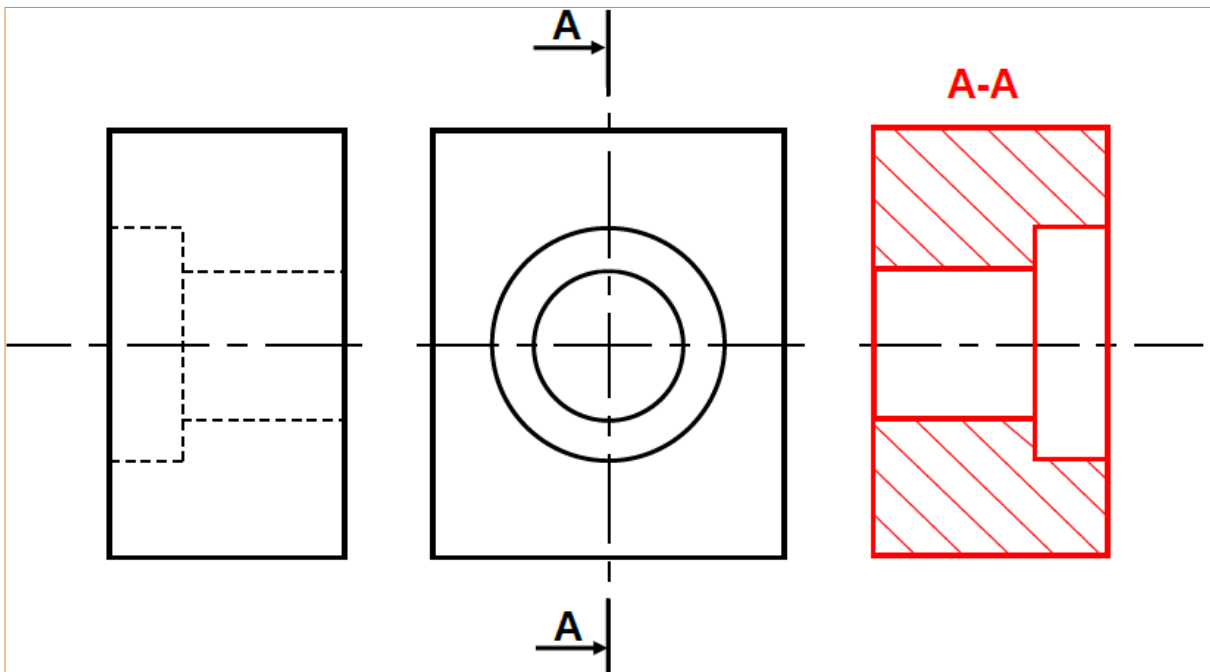
Correction exercice n°2



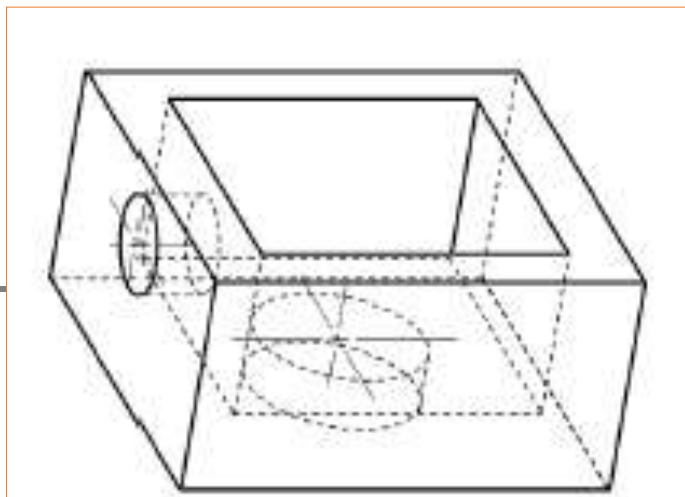
Correction exercice n°3

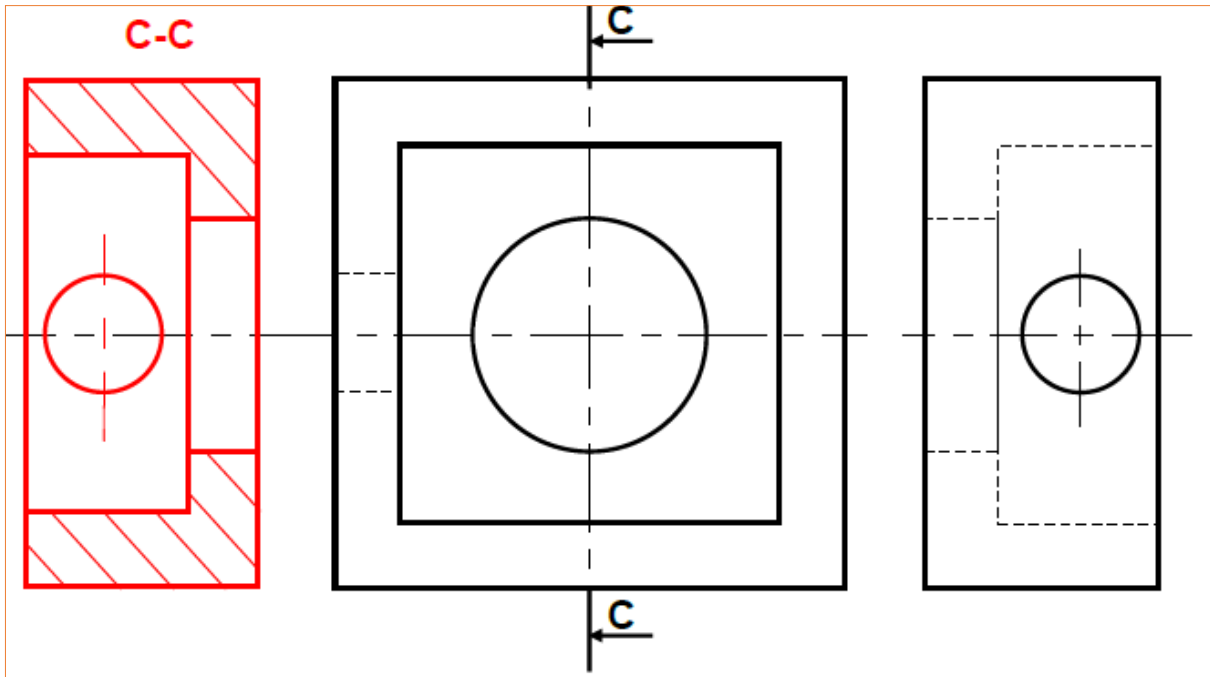


Correction exercice n°4

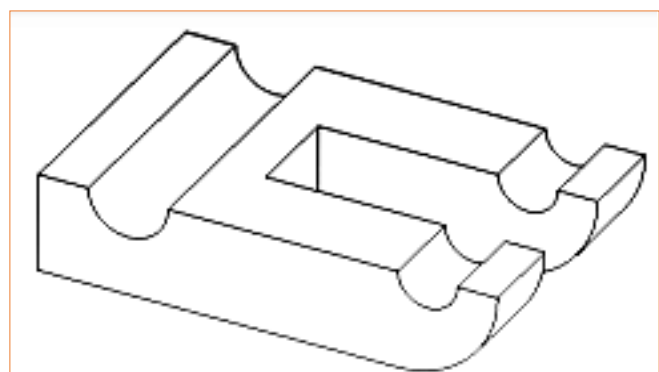
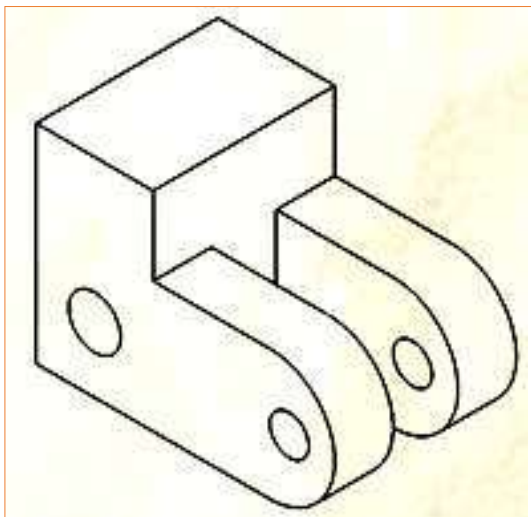


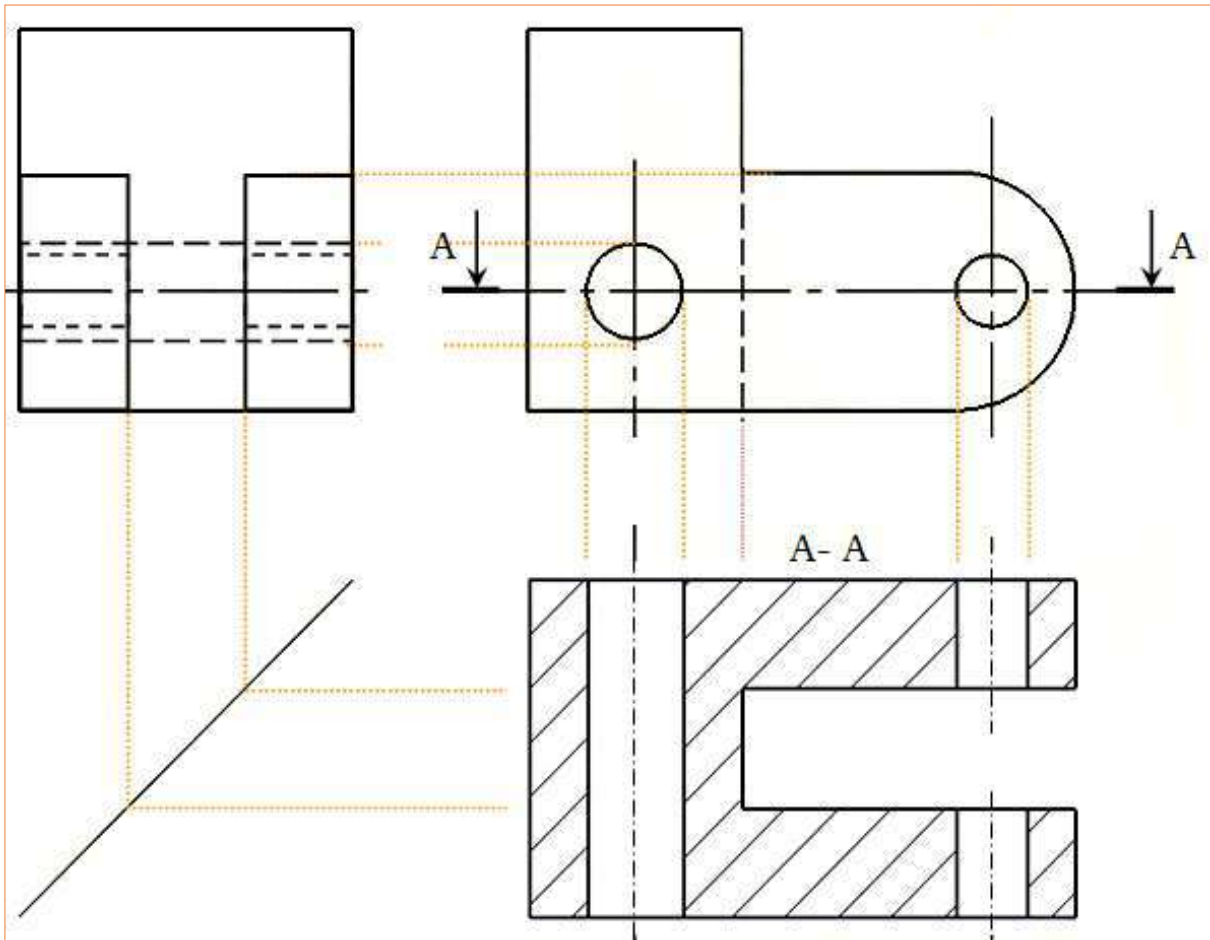
Correction exercice n°5



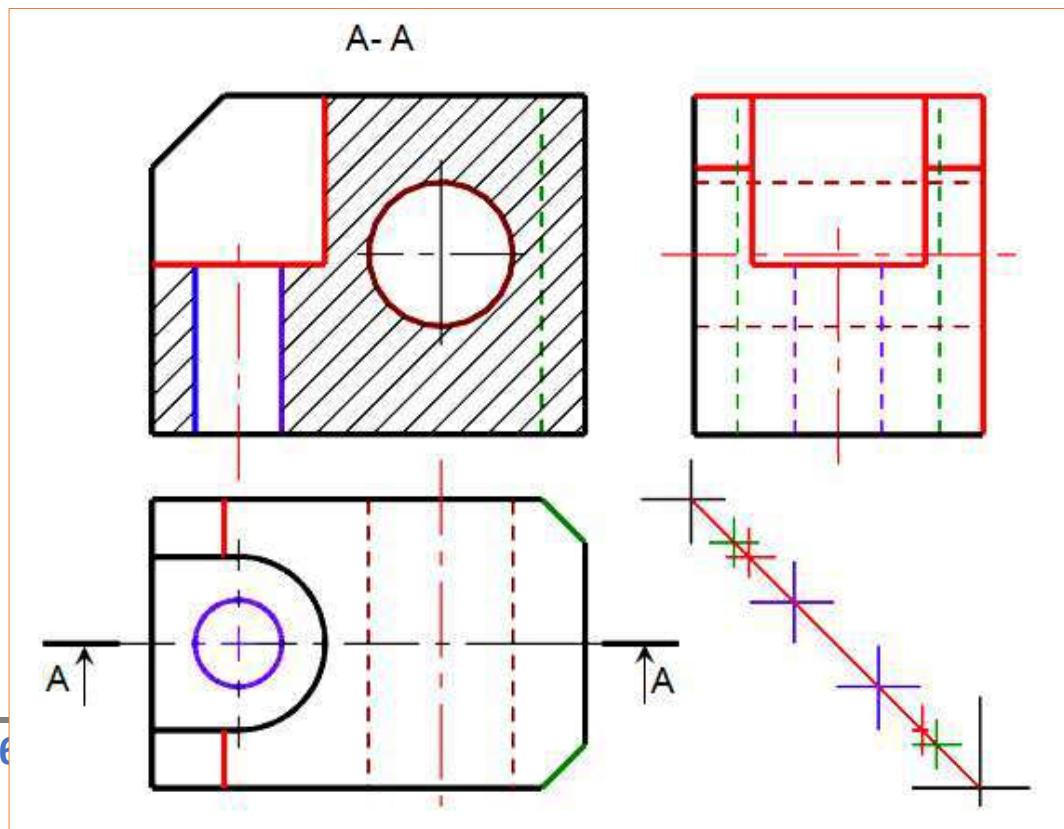


Correction exercice n°6

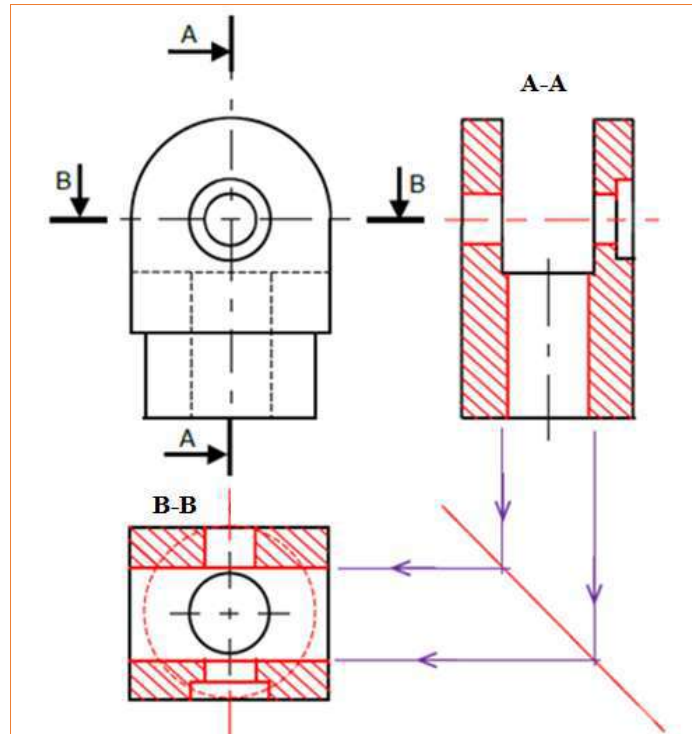




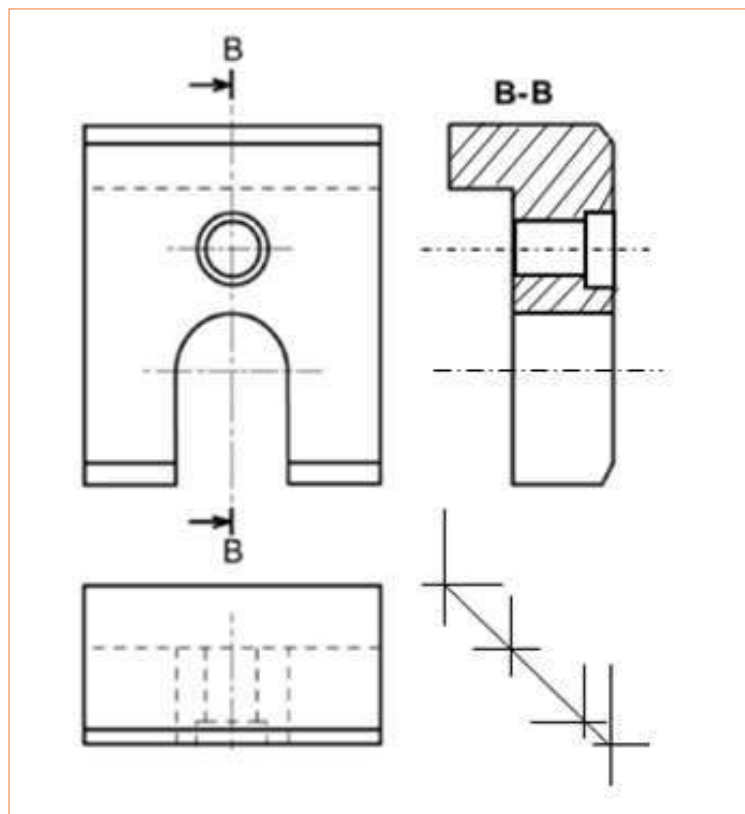
Correction exercice n°7



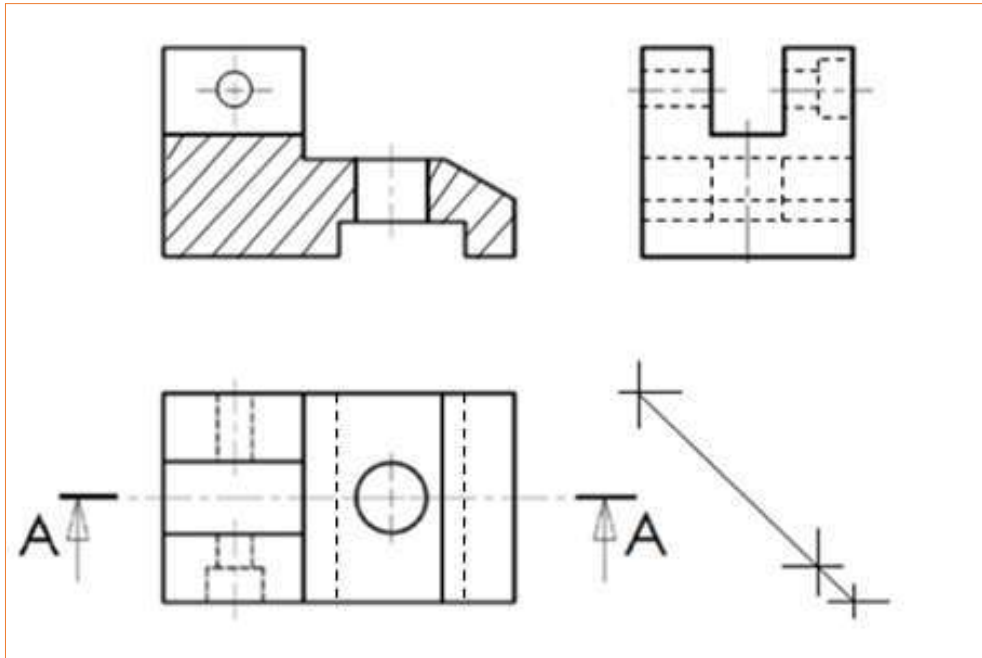
Correction exercice n°8



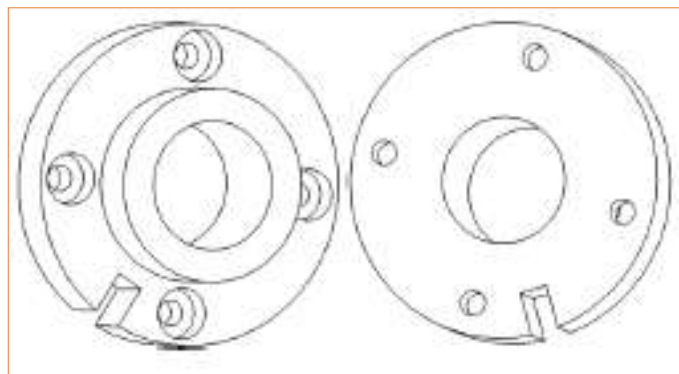
Correction exercice n°9

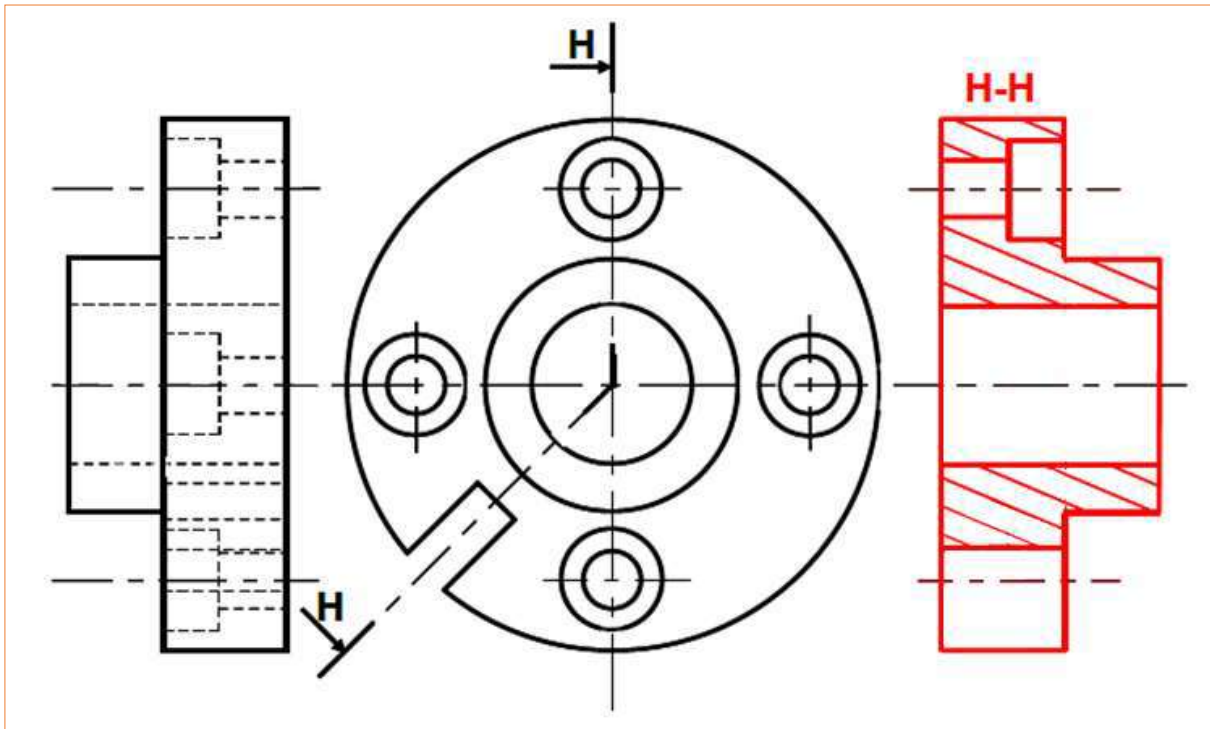


Correction exercice n°10



Correction exercice n°11





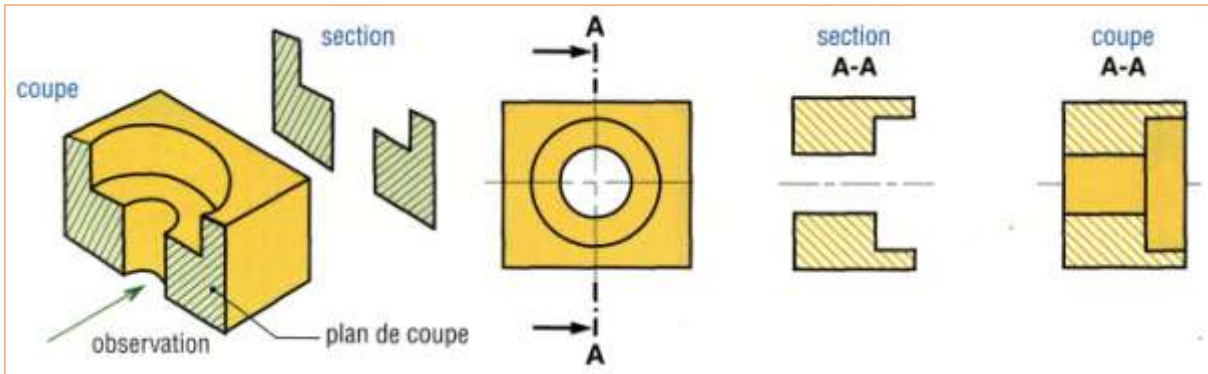
6- Sections

On peut les considérer comme des vues complémentaires ou auxiliaires. Elles se présentent comme une variante simplifiée des vues en coupe et permettent de définir avec exactitude une forme, un contour, un profil en éliminant un grand nombre de tracés inutiles.

Les sections sont définies de la même manière que les coupes : plan de coupe, flèches, etc.

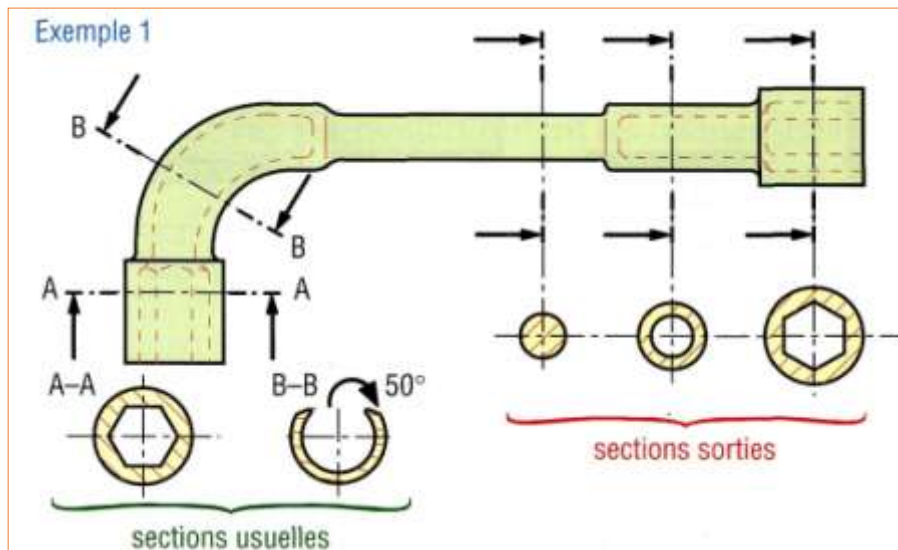
6- 1- Principe

Dans une coupe normale toutes les parties visibles au-delà (en arrière) du plan de coupe sont dessinées. Dans une section, seule la partie coupée est dessinée (là où la matière est réellement coupée ou sciée).



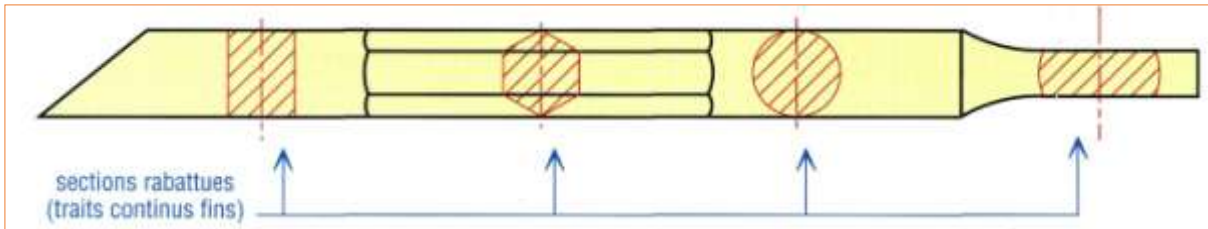
6- 2-Sections sorties

Elles sont dessinées, le plus souvent, au droit du plan de coupe si la place le permet. L'inscription du plan de coupe peut être omise.



6- 3-Sections rabattues

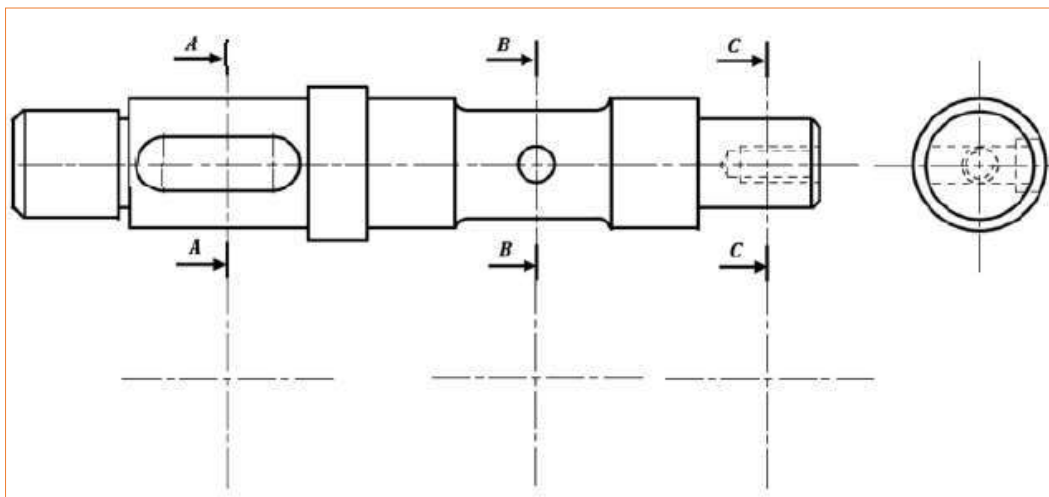
Ces sections sont dessinées en traits continus fins (pas de traits forts) directement sur la vue usuelle (en superposition). Pour plus de clarté il est parfois préférable de gommer ou d'éliminer les formes de l'objet vues sous la section ; si ces formes sont nécessaires, préférer une section sortie. L'indication du plan de coupe est en général inutile.



7- Exercices d'applications

1-Exercice

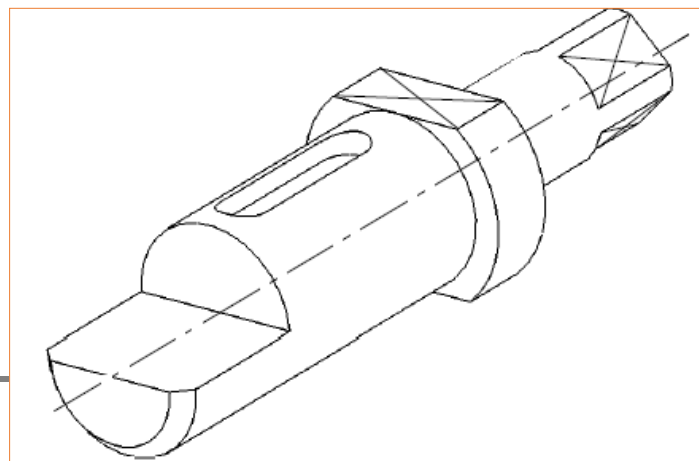
Dessiner les sections sorties motioneer sur le dessin ci-dessous ?

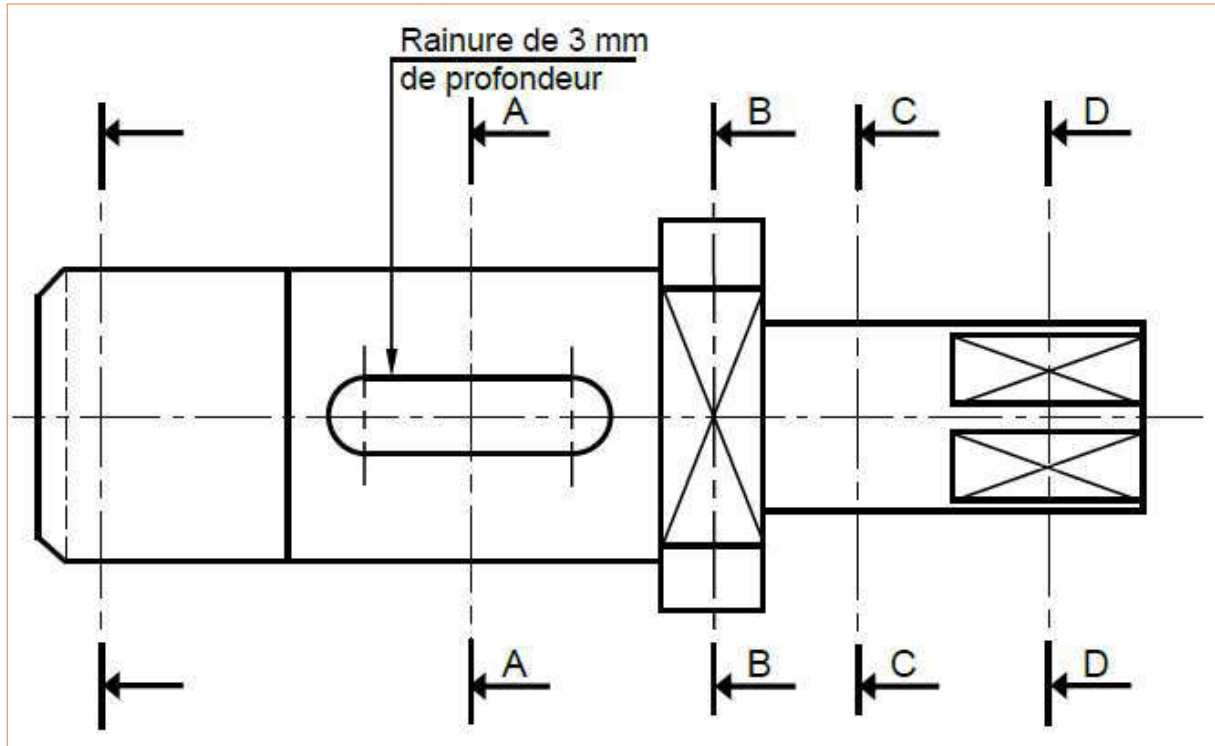


2-Exercice

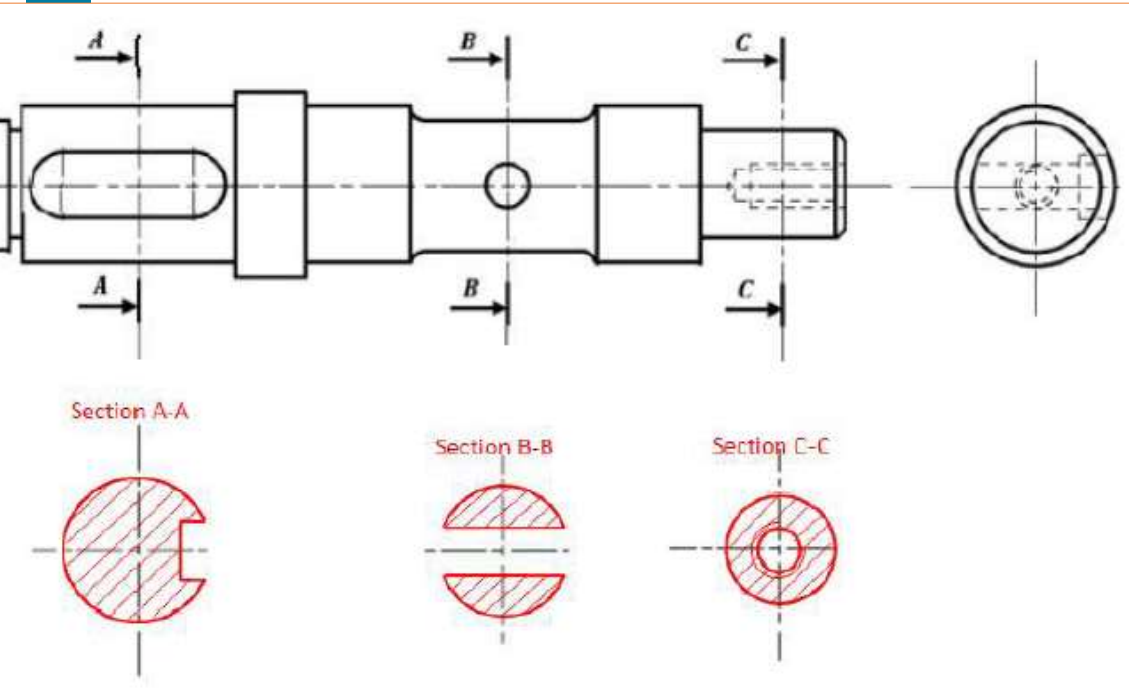
Représenter les sections suivantes :

Section sortie A-A ; Section sortie B-B ; Section sortie C-C ; Section sortie DD; Section rabattue.





Correction exercice :



Plan du troisième chapitre

1- PERSPECTIVES

1-1- Introduction

1-2- Principaux systèmes de projection

1-3- Perspective cavalière

1-3-1- Définition :

1-3-2- Principe de tracé :

1-3-3- Tracé des ellipses :

1-3-4-Exemples de perspectives cavalières :

1-3-5-Exercices d'application :

1-1- Introduction

Les perspectives constituent un moyen important pour représenter l'aspect général d'une pièce. Elles permettent la représentation de l'espace 3D dans un format à deux dimensions. Les perspectives permettent à l'utilisateur non initié d'interpréter facilement les objets à partir d'une représentation plane. En une seule vue, elles montrent le plus de faces possibles et le maximum de renseignements. À noter qu'une description précise et rigoureuse ne peut être obtenue qu'avec le système des projections orthogonales : vue de face, gauche, etc. Les perspectives proposent une représentation suffisamment précise et scientifiquement correcte tout en restant accessibles aux non-techniciens.

1-2- Principaux systèmes de projection

En dessin industriel, la représentation des objets repose sur le système des projections. Les contours et les arêtes d'un objet vus par un observateur sont projetés et dessinés dans un plan appelé plan de projection (P). Ce plan peut être matérialisé par une feuille de dessin ou par la surface d'un écran.

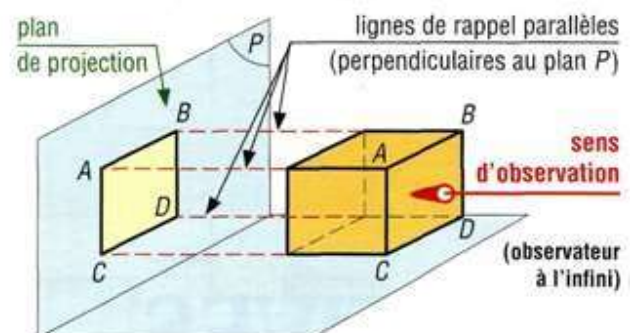
Principalement, on distingue les projections suivantes :

Projection orthogonale (sert de base à la représentation par vues multiples et ne donne pas de vue en perspective).

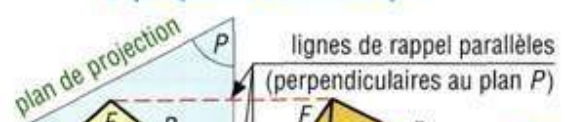
Projection oblique (cavalière...).

Projections axonométriques (isométrique...).

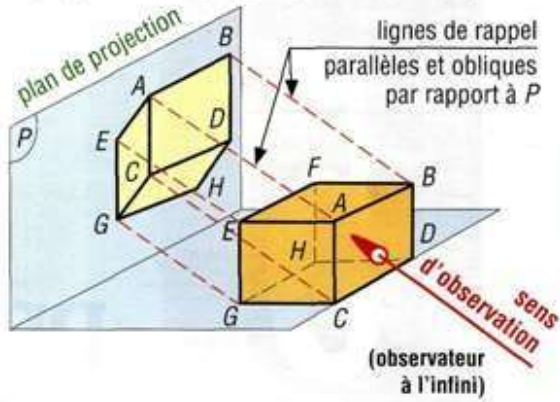
1. projection orthogonale



3. perspective axonométrique



2. projection oblique (perspective cavalière)

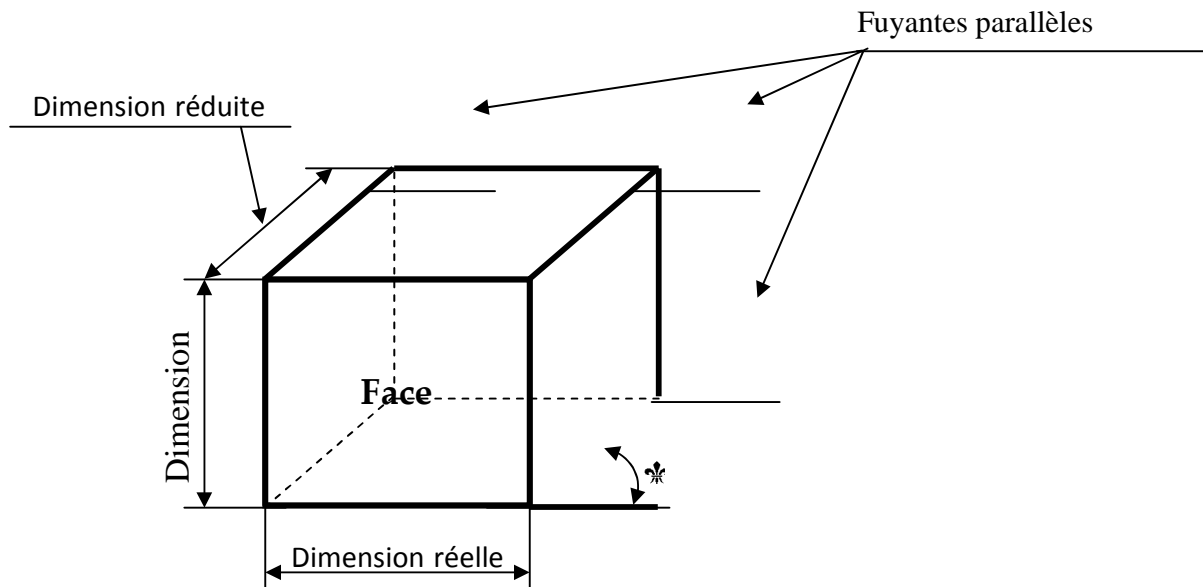


1-3- Perspective cavalière

1-3-1- Définition :

La perspective cavalière d'une pièce résulte de sa projection sur un plan parallèle à l'une de ses faces principales, selon une direction oblique par rapport au plan de projection.

Les faces parallèles au plan de projection se projettent en vraie grandeur. Les autres faces sont réduites.



*- Angles d'inclinaison α à 4 sens



*- Rapport de réduction K

$$\text{Dimension réduite} = \text{Dimension réelle} \times K$$

*- En générale

On prend $K = 0,5$ et $\alpha = 45^\circ$

1-3-2- Principe de tracé :

La figure 2 représente sur un plan (x, z) la perspective d'un cube de coté a.

Les arêtes du cube qui sont parallèles au plan de projection sont représentées en vrai grandeur.

Les arêtes du cube qui sont perpendiculaires au plan de projection sont représentées :

- Suivant des fuyantes inclinées par rapport à l'horizontale d'un angle de fuite $\alpha = 45^\circ$.
- Avec un rapport de réduction $k = 0.5$ affecté à leurs dimensions.

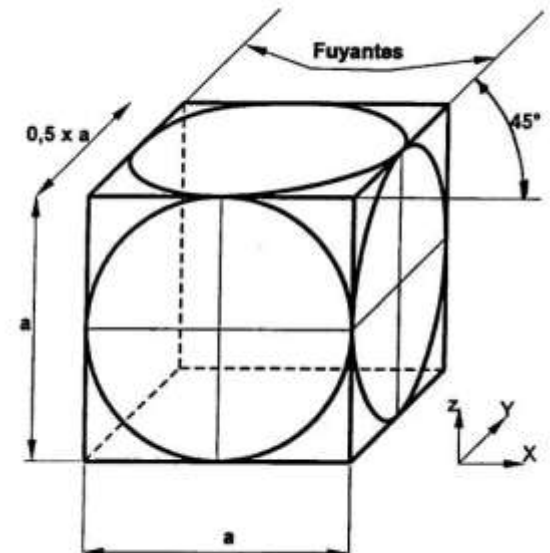
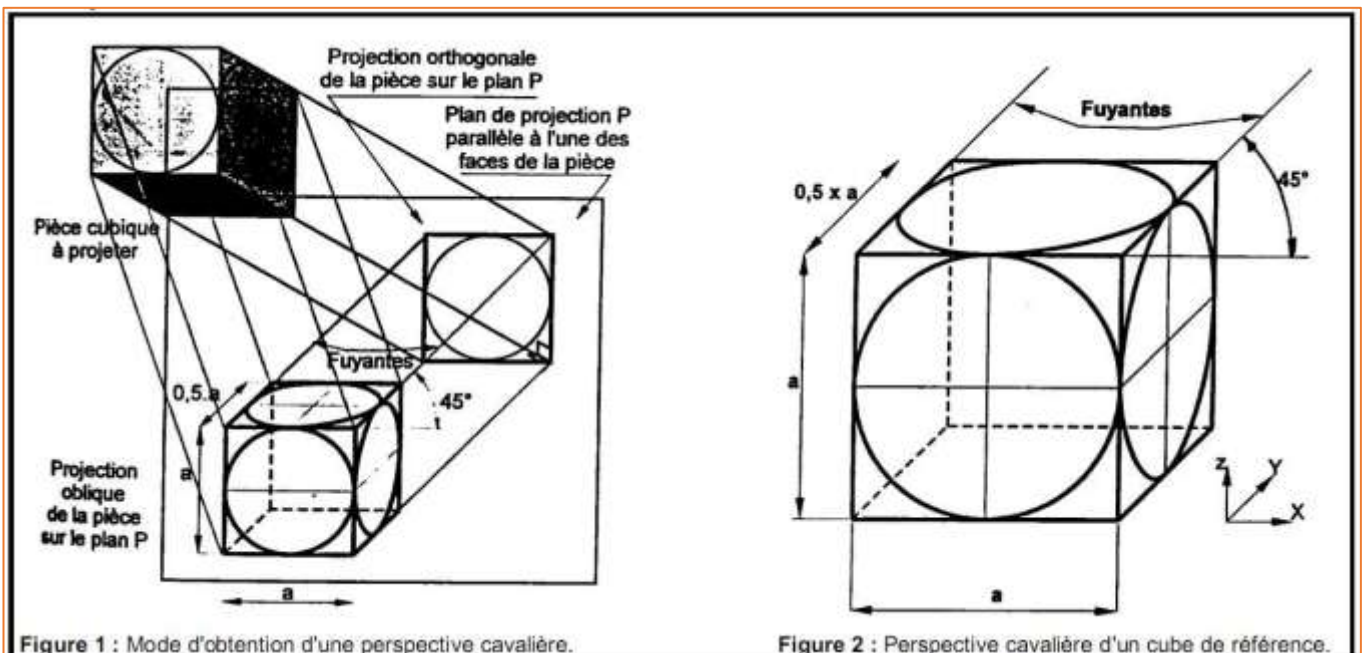
Un cercle situé dans un plan parallèle au plan (x,z) de projection se projette suivant un cercle de diamètre a.

Tout cercle appartenant à une face du cube perpendiculaire au plan de projection se projette donc suivant une ellipse

Remarques

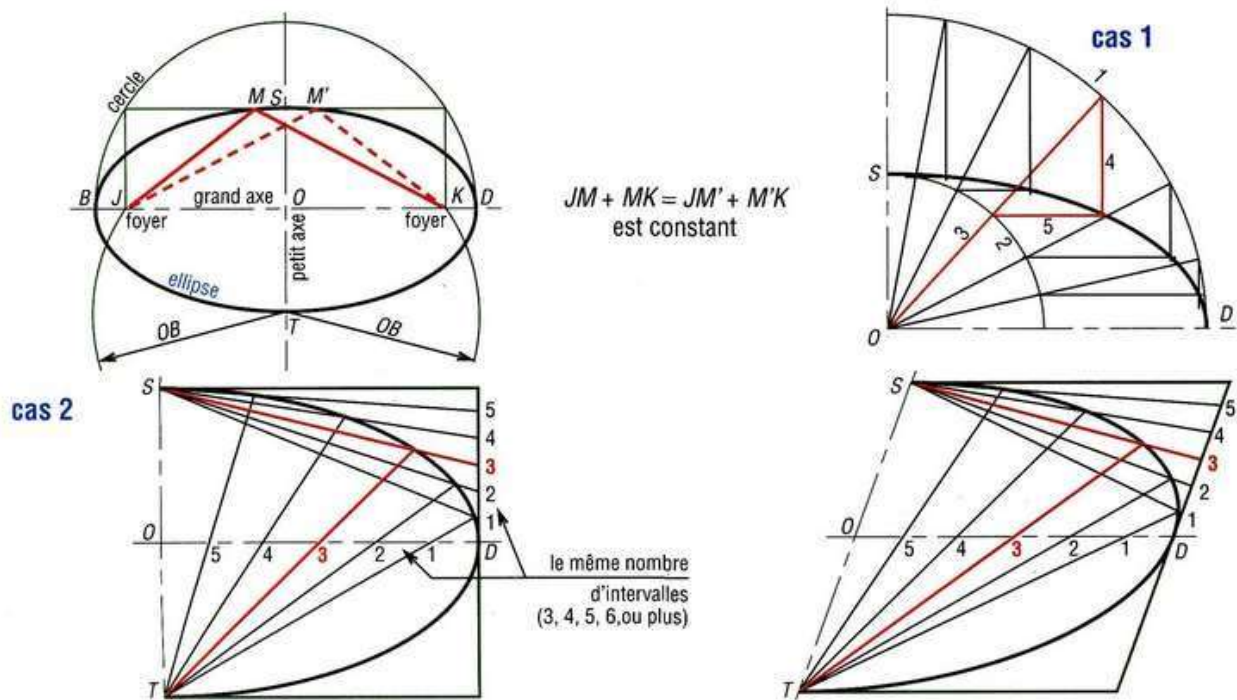
La perspective cavalière est la plus simple à réaliser mais déforme beaucoup la pièce. Choisir comme face avant la face la plus complexe.

En cas de cotation placer les lignes de cote et les écritures dans la même direction que les fuyantes.

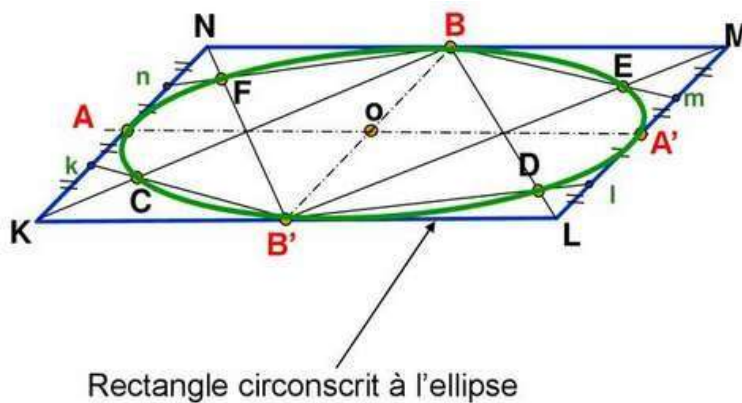


1-3-3- Tracé des ellipses :

Tout cercle appartenant à une face du cube perpendiculaire au plan de projection se projette donc suivant une ellipse qu'on peut tracer point par point en utilisant la méthode suivante :



Dans le cas pratique, on utilise huit points pour tracer une ellipse,

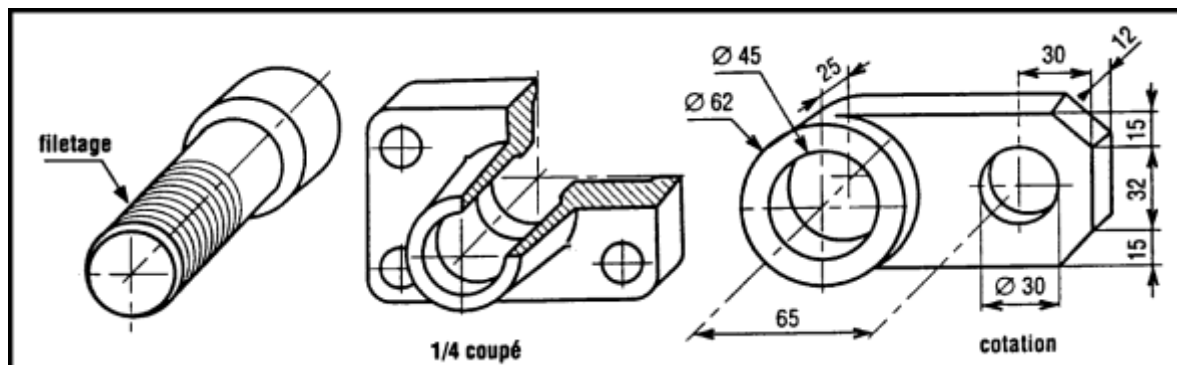
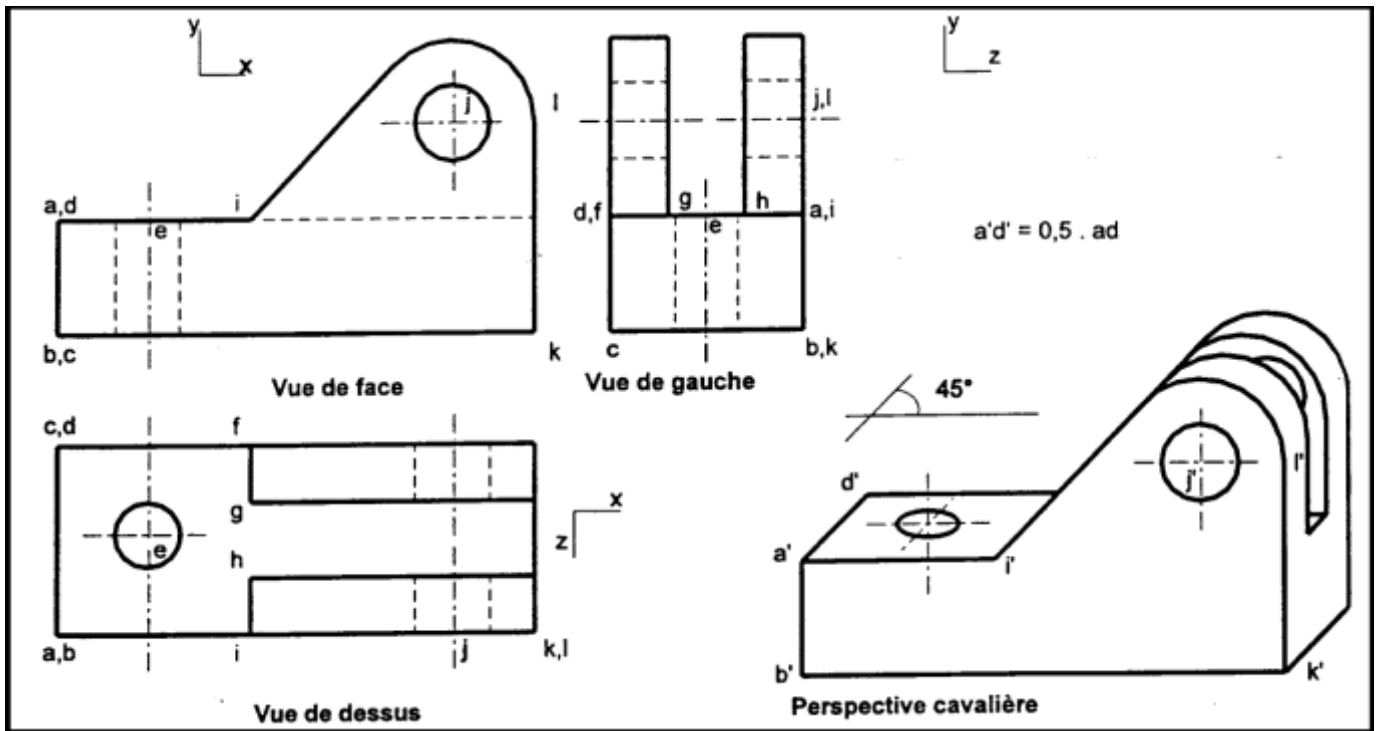


AA' = diam. en VG

BB' = diam. X 0.5

1-3-4-Exemples de perspectives cavalières :

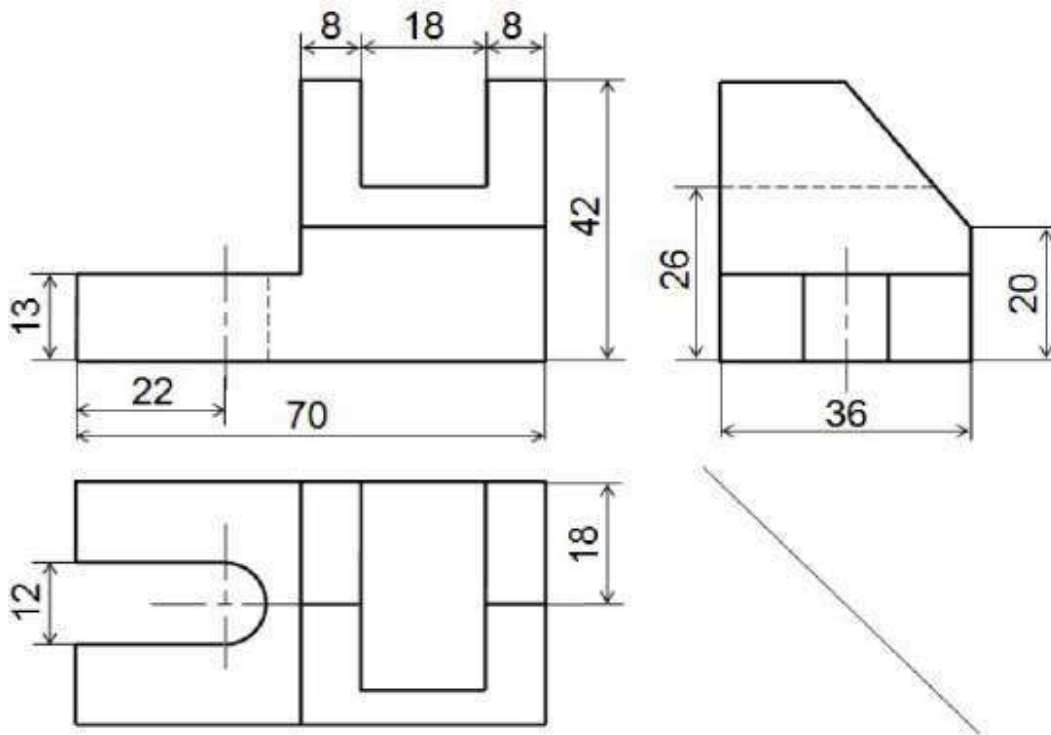
Représentation d'une chape en projection orthogonale et en perspective cavalière :



1-3-5-Exercices d'application :

Exercice 1 : Ci-dessous, les trois vues complètes d'une pièce.

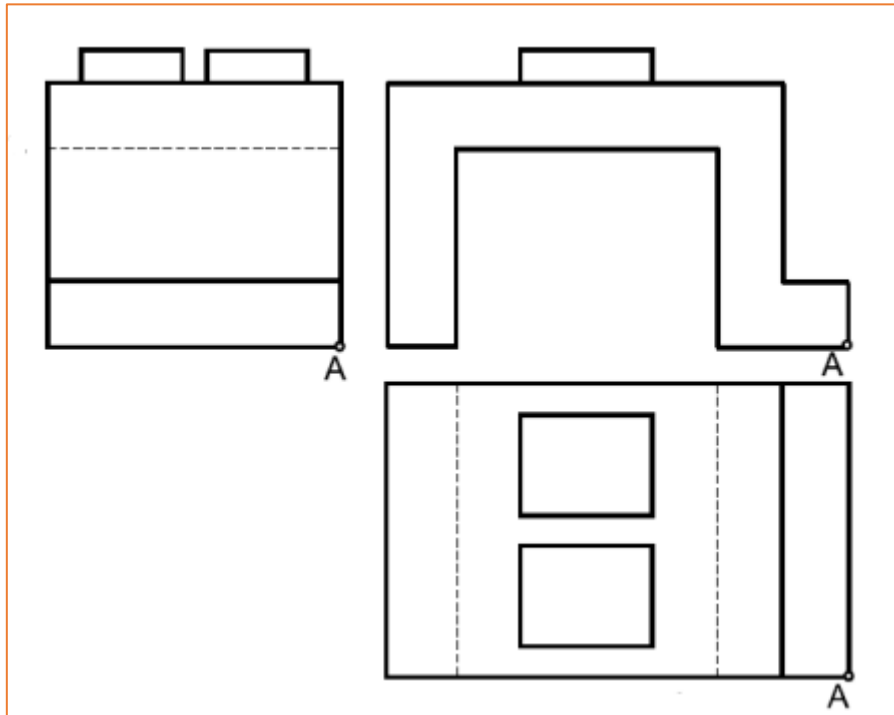
-Dessiner, à l'échelle 2 :1, la perspective cavalière à partir de la vue de face, avec : $k = 0.5$ et $\alpha = 45^\circ$



Exercice 2 :

Données : ci-contre, les trois vues d'une pièce, à l'échelle 1 :1.

- Dessiner la perspective cavalière de cette pièce, suivant la vue de face avec : $k = 0.5$ et $\alpha = 45^\circ$ à l'échelle 2 :1.

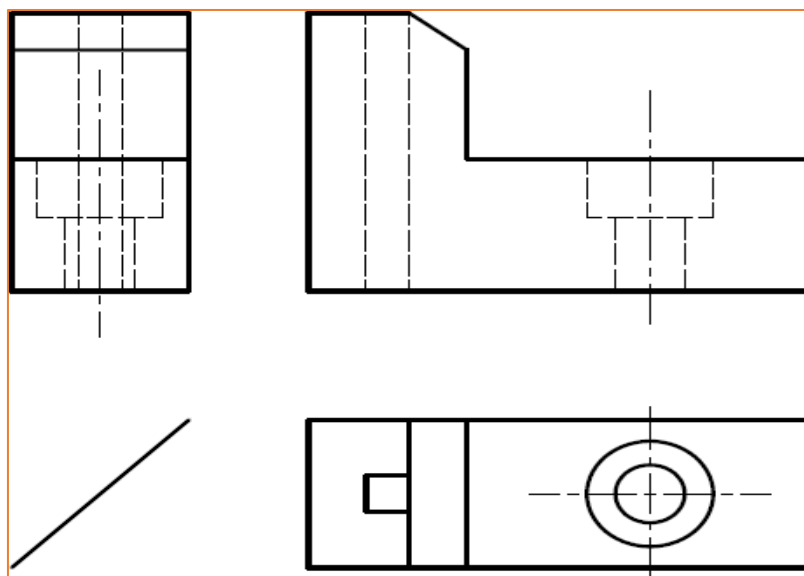


Exercice 3 :

Ci-dessous, les trois vues complètes d'une pièce à l'échelle 1 :1.

-Dessiner, à l'échelle 1:1, la perspective cavalière à partir de la vue de gauche avec : $k = 0.5$ et $\alpha = 45^\circ$.

-Dessiner, à l'échelle 1 :1, la perspective isométrique en projetant l'arête AB, qui se trouve sur le premier plan de la vue de face, sur le premier axe isométrique (l'axe vertical). Avec $k = 0.82$ (cas normal).

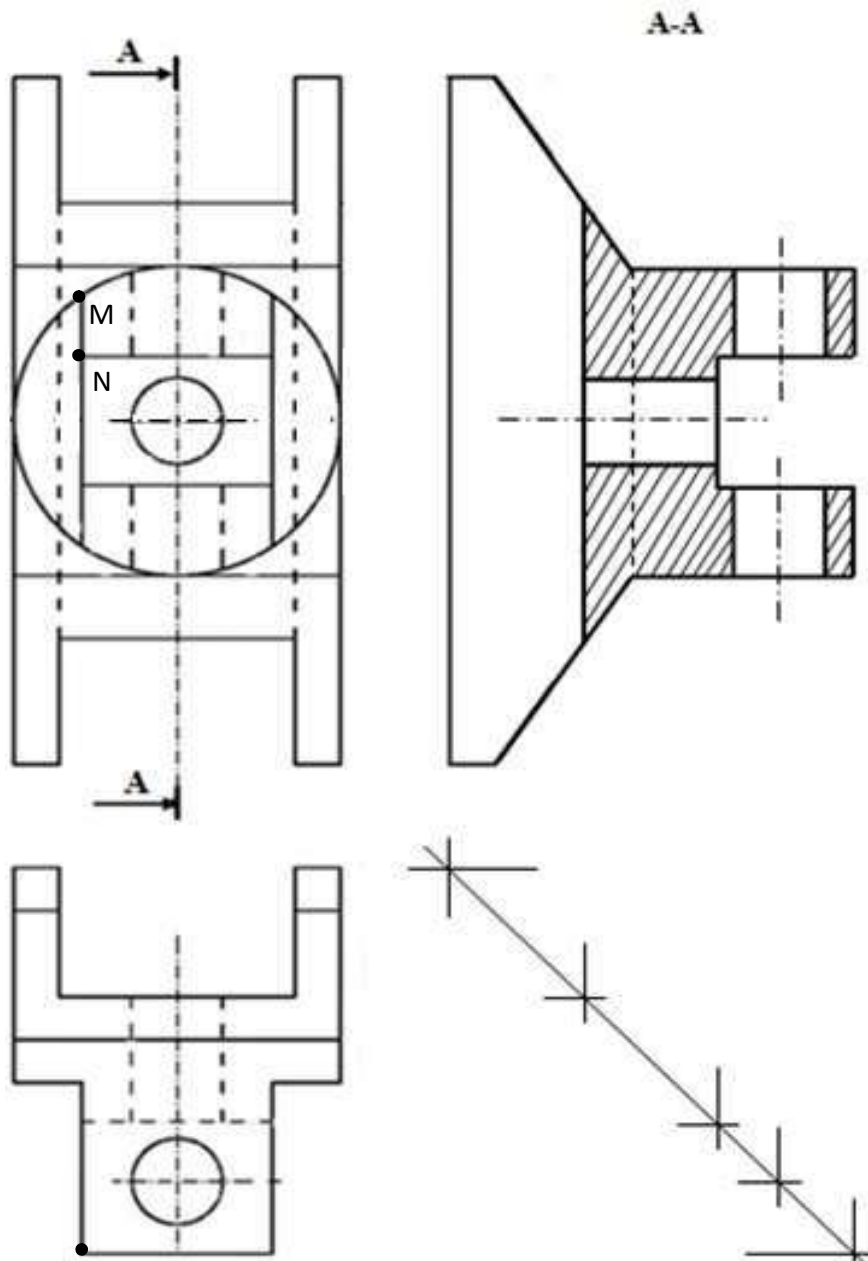


Exercice 4 :

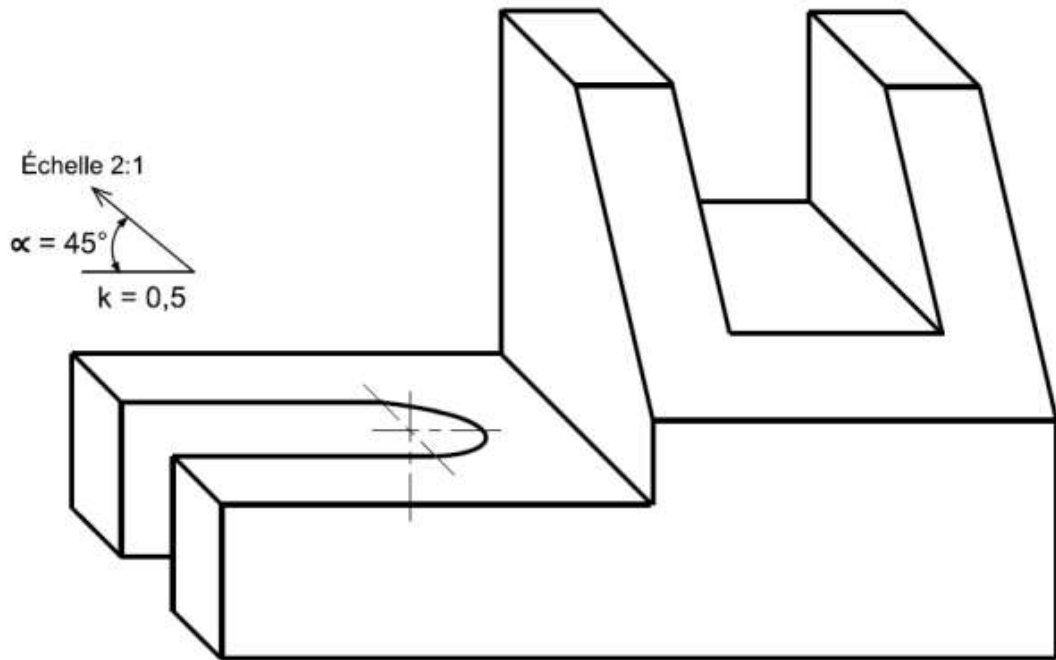
Ci-dessous, la vue de face, la vue de dessus et la coupe A-A d'une pièce à l'échelle 1 :1.

-Dessiner, à l'échelle 2:1, la perspective cavalière à partir de la vue de face, avec $k = 0.5$ et $\alpha = 45^\circ$.

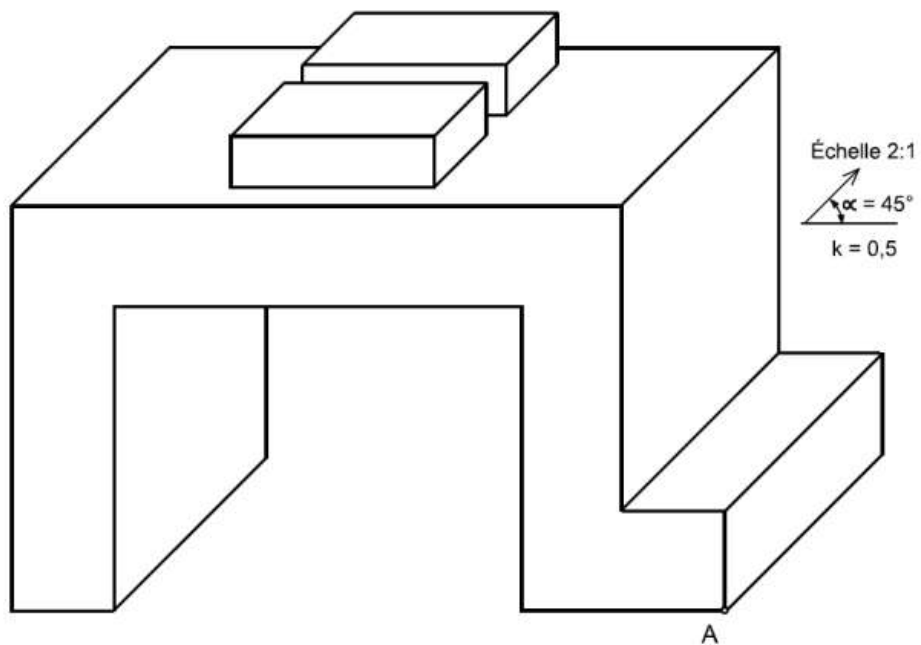
-Dessiner, à l'échelle 2:1, la perspective isométrique en projetant l'arête MN, qui se trouve sur le premier plan de la vue de face, sur le premier axe isométrique (l'axe vertical). Avec $k = 1$ (cas simplifié)



Correction de l'exercice 1 :



Correction de l'exercice 2 :



Plan du quatrième chapitre

1- PERSPECTIVE AXONOMETRIQUE

1-1- Définition

2- PERSPECTIVE ISOMETRIQUE

2-1- Caractéristiques

2-2- Tracé des ellipses :

2-3- Remarques et suggestions :

2-4- Exemples de perspectives isométriques :

2-5- Exercices d'application :

1- PERSPECTIVE AXONOMETRIQUE

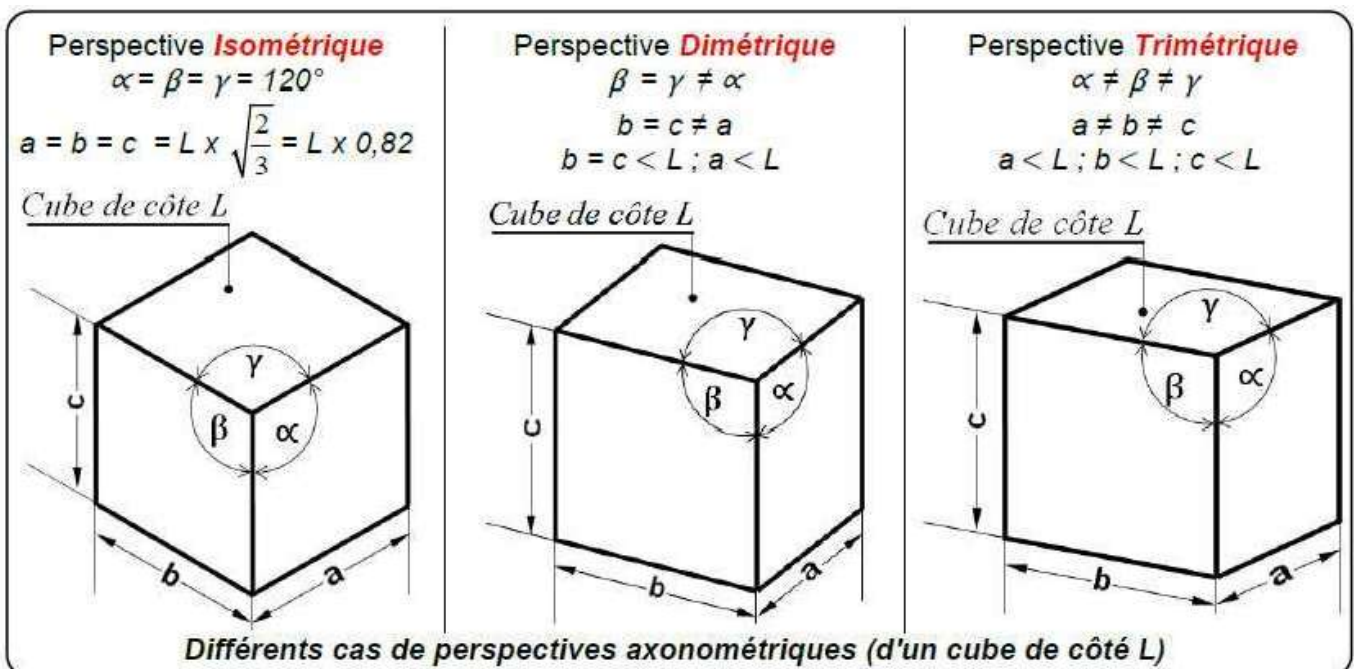
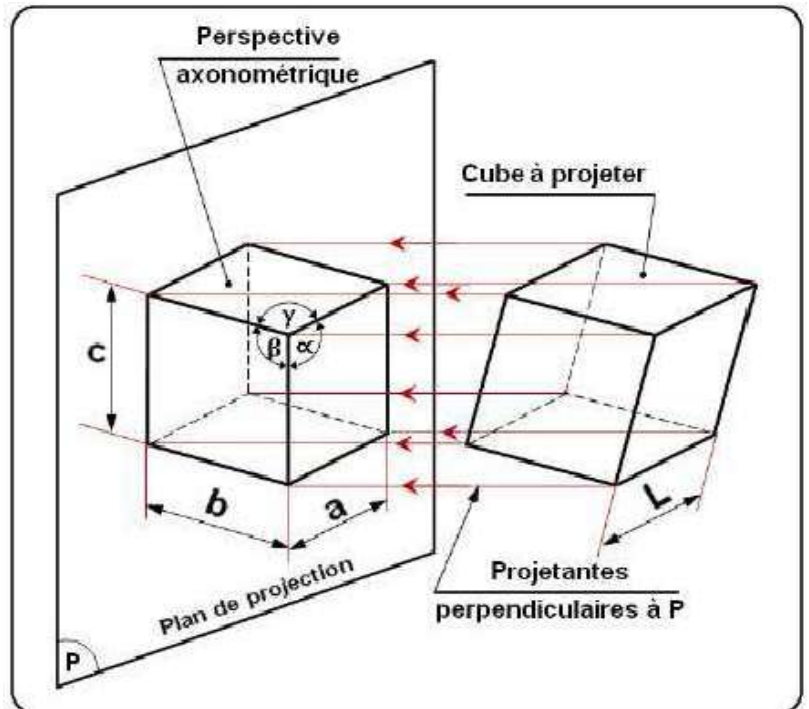
1-1- Définition

La perspective axonométrique d'une pièce résulte de sa projection orthogonale sur un plan Oblique par rapport ses faces principales. La projection de ces différentes faces n'est donnée pas en vraie grandeur.

Remarque :

Il y a trois cas de perspective axonométrique

- Si les angles α , β , γ sont égaux, la perspective est dite « Isométrique » .
- Si deux des angles α , β , γ sont égaux entre eux, la perspective est dite « Dimétrique »
- Si les α , β , γ sont différents entre eux, la perspective est dite « Trimétrique »



2- PERSPECTIVE ISOMETRIQUE

Parmi les trois cas de perspective axonométrique, la perspective isométrique est la plus facile à mettre en œuvre.

De ce fait, elle est assez souvent utilisée et les applications sont multiples et variées.

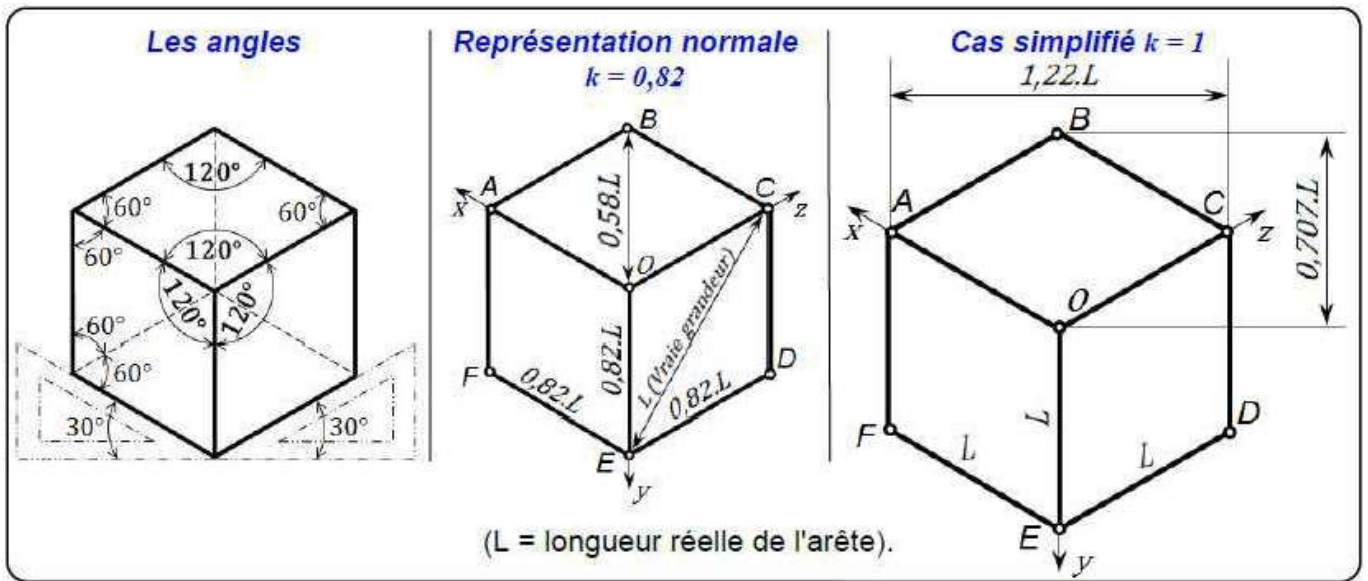
De nombreux logiciels CAO/DAO possèdent des commandes spécifiques à ce type de perspectives.

2-1- Caractéristiques

Conséquence de la projection, toutes les dimensions parallèles aux axes isométriques [Ox, Oy, Oz] sont multipliées par le coefficient $k = 0.82$. En pratique, dans une représentation normale, trois coefficients [0,82 ; 0,58 ; 1] sont nécessaires pour exécuter tous les tracés.

Remarque : On peut simplifier l'exécution des tracés en utilisant les trois coefficients [1 ; 0,707 ; 1,22] au lieu des trois coefficients normaux [0.82 ; 0,58 ; 1]. Et les arêtes de l'objet (tracés les plus fréquents), parallèles aux axes isométriques, sont dessinées en vraie grandeur.

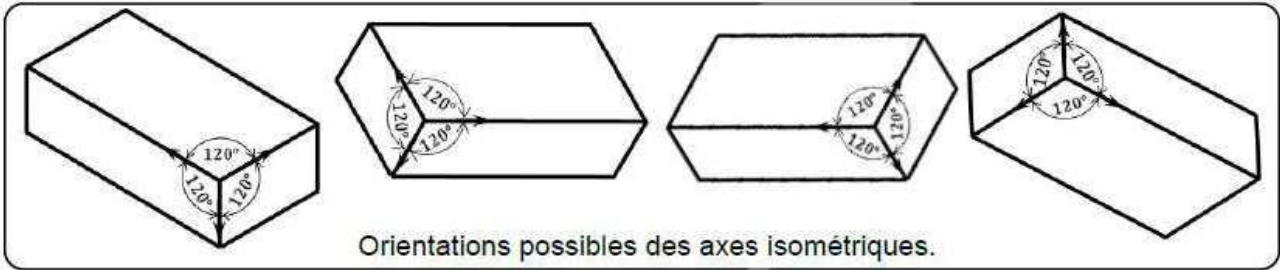
Le dessin isométrique obtenu est identique à la perspective isométrique mais environ 25 % plus grand.



Les axes isométriques sont à 120° les uns des autres

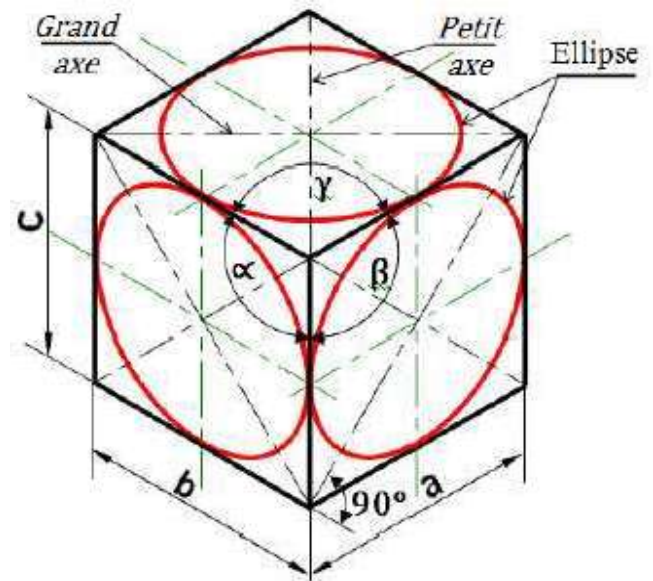
. L'orientation de départ devra être choisie au mieux pour décrire l'objet dans sa position naturelle.

Pour certains objets de grande longueur, l'un des axes peut être choisi horizontal.



Pour avoir les dimensions d'une perspective isométrique, il faut multiplier les cotes par le coefficient k, en suite les multiplier par l'échelle.

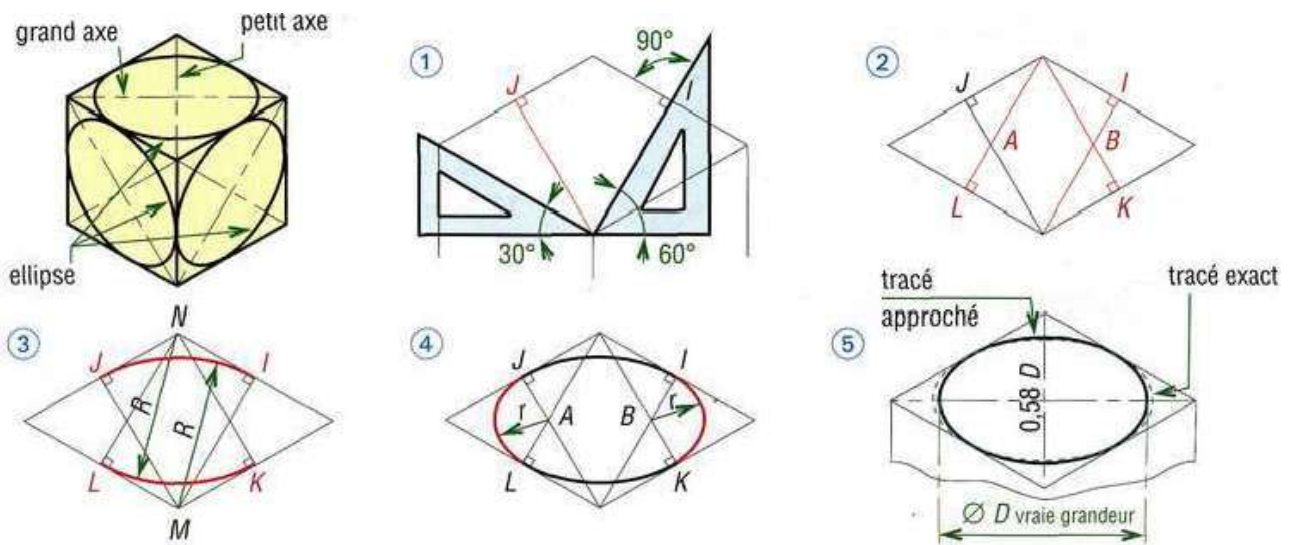
Les cercles (trous et cylindres) apparaissent en projection suivant des ellipses. Les faces du cube ne sont pas parallèles au plan de projection. Tout cercle appartenant à une face du cube se projette donné suivant une ellipse..



2-2- Tracé des ellipses :

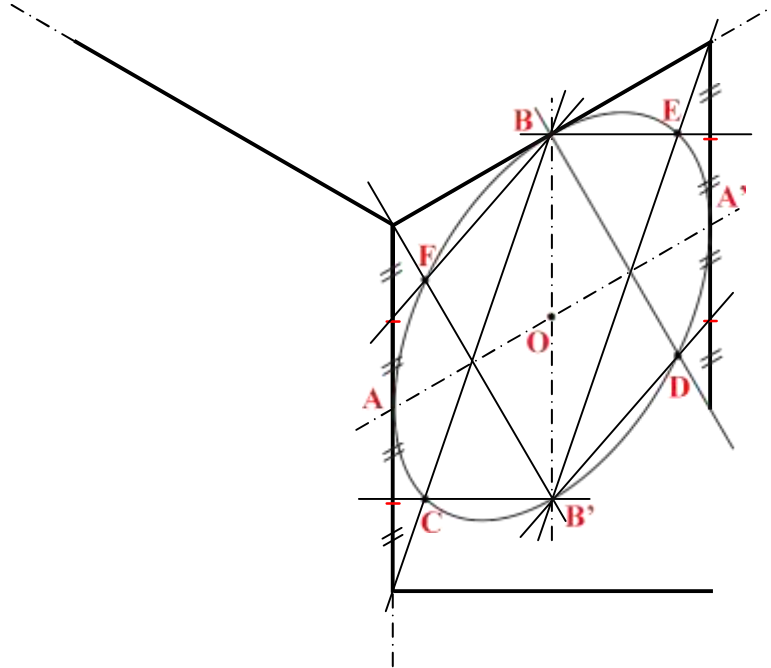
Méthode 1 : tracé approché en utilisant un compas.

Il est aussi possible de construire une ellipse lorsque l'on connaît son grand axe et son petit axe. Leurs propriétés sont décrites aux 5 étapes suivantes :



Méthode 2 : trace approchée point par point (Pour le cas général, voir Section 4.3)

Dans le cas pratique, on utilise huit points pour tracer une ellipse.



2-3- Remarques et suggestions :

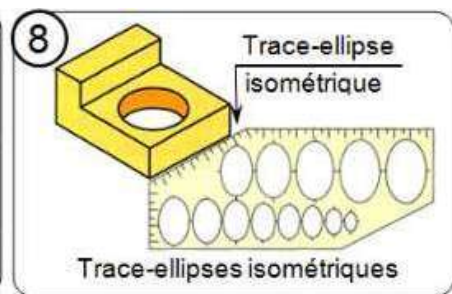
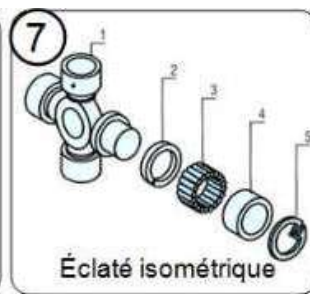
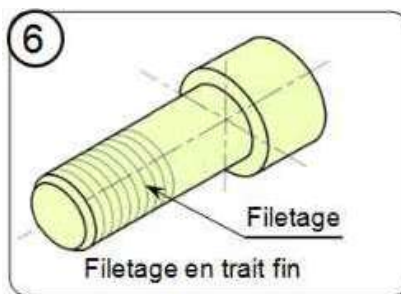
Les traits interrompus fins sont utilisables pour décrire les parties cachées.

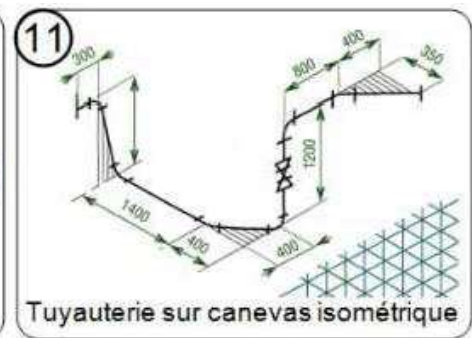
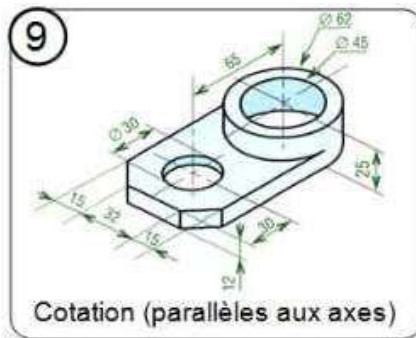
-Les filetages peuvent être représentés par des arcs d'ellipses en traits fins.

-Les coupe set demi-coupe sont possibles pour faire apparaître l'intérieur des objets.

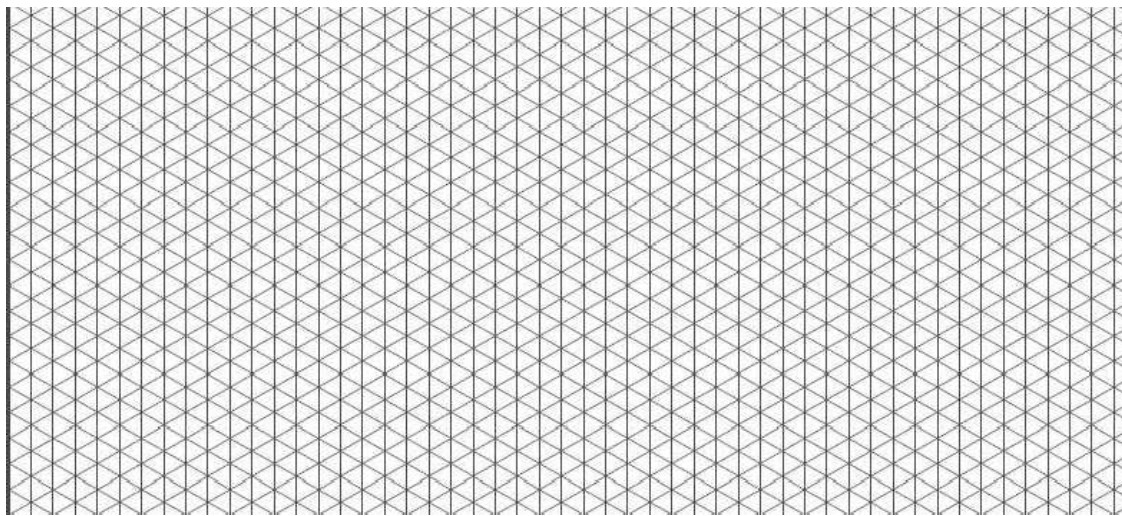
-Pour plus de clarté en cotation, on trace de préférence les lignes de Cotes et écritures suivant les directions isométriques.

-Les canevas pré-imprimés permettent de faire plus rapidement les tracés en dessin manuel.



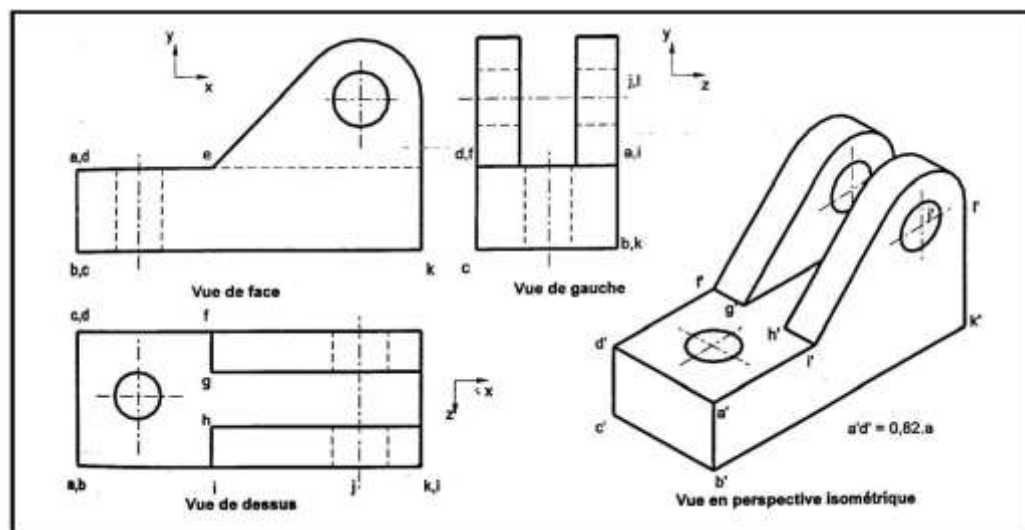


Exemple de canevas pré-imprimés :

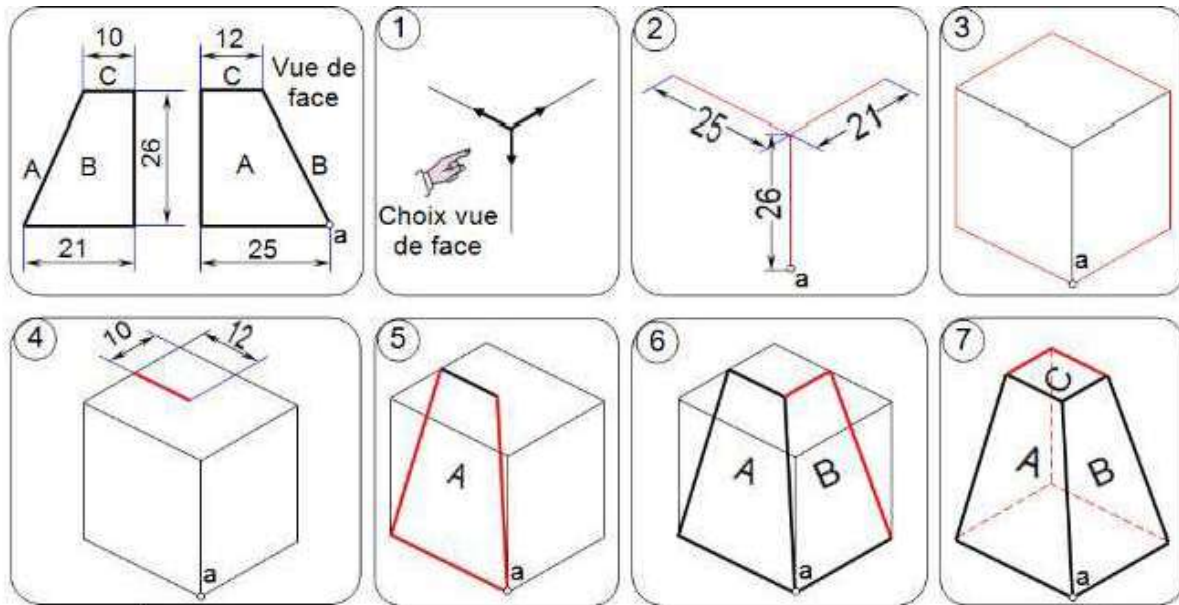


Exemple de perspective isométrique :

Exemple 1 : Représentation d'une chape en projection orthogonale et en perspective isométrique



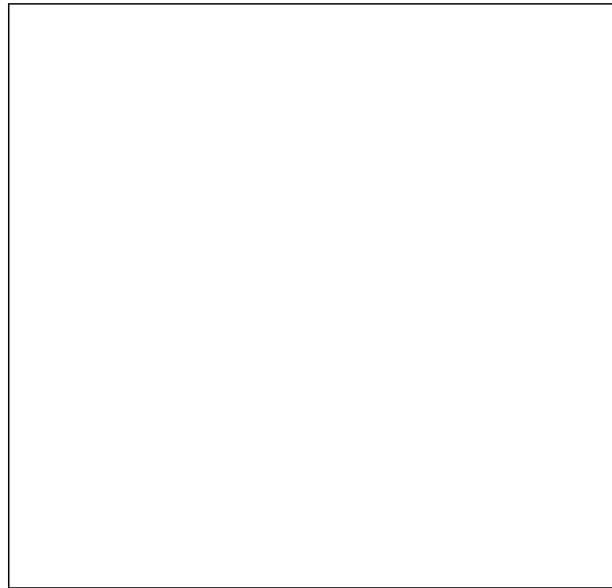
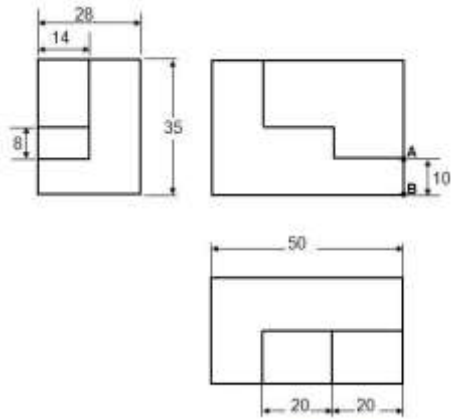
Exemple 2 : Etapes de construction du dessin isométrique d'un objet prismatique



2-5-Exercices d'application :

Ci-dessous. une pièce présentée par la vue de face. La vue de gauche et la vue de dessus..

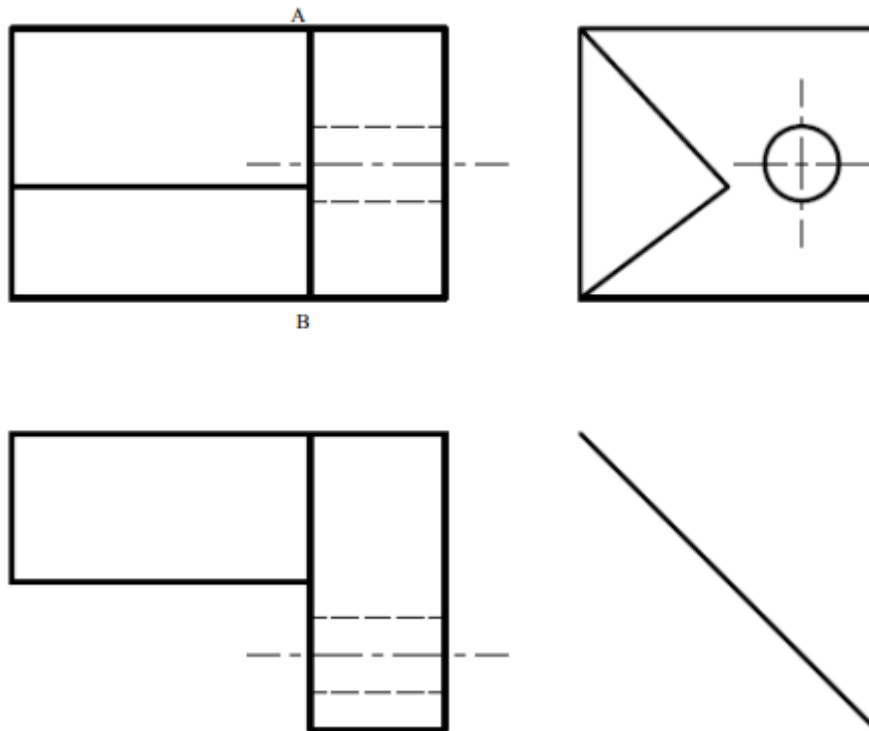
Dessiner, dans le cadre. La pièce en perspective isométrique. Pour orienter la pièce dans l'espace, placer le segment AB sur l'axe isométrique I (axe vertical).



Exercice 1 :

Ci-dessous, les trois vues complètes d'une pièce à l'échelle 1 :1.

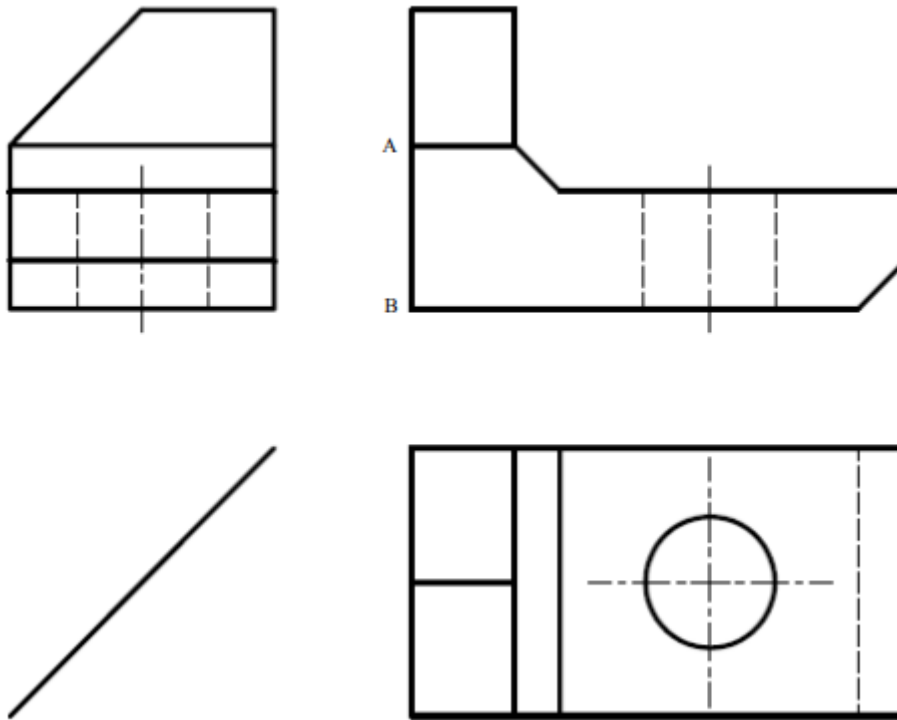
- Dessiner, à l'échelle 1 :1, la perspective cavalière à partir de la vue de face, avec $k = 0.5$ et $\alpha = 45^\circ$.
- Dessiner, à l'échelle 1 :1, la perspective isométrique en projetant l'arête AB, qui se trouve sur le premier plan de la vue de face, sur le premier axe isométrique (l'axe vertical). Avec $k = 1$ (cas simplifié)



Exercice 2 :

Ci-dessous, les trois vues complètes d'une pièce à l'échelle 1 :1.

- Dessiner, à l'échelle 2 :1, la perspective cavalière à partir de la vue de gauche, avec $k = 0.5$ et $\alpha = 45^\circ$.
- Dessiner, à l'échelle 1 :1, la perspective isométrique en projetant l'arête AB, qui se trouve sur le premier plan de la vue de face, sur le premier axe isométrique (l'axe vertical). Avec $k = 1$ (cas simplifié)

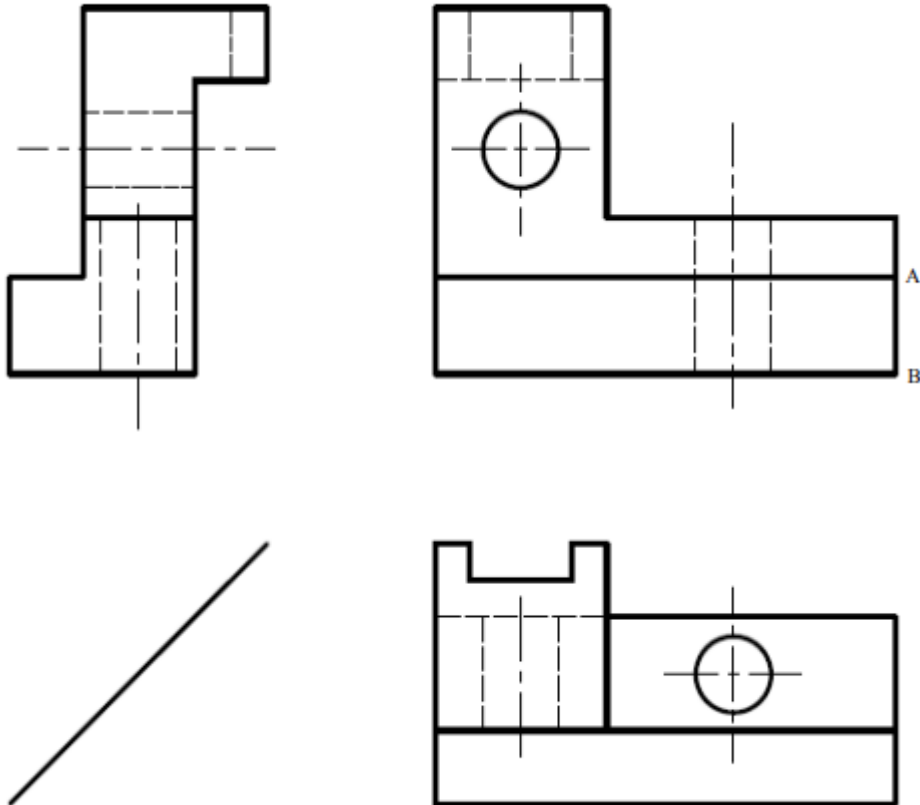


Exercice 3 :

Ci-dessous, les trois vues complètes d'une pièce à l'échelle 1 : 1

. - Dessiner, à l'échelle 2 : 1, la perspective cavalière à partir de la vue de face, avec $k = 0.5$ et $\alpha = 45^\circ$.

- Dessiner, à l'échelle 1 :1, la perspective isométrique en projetant l'arête AB, qui se trouve sur le premier plan de la vue de face, sur le premier axe isométrique (l'axe vertical). Avec $k = 1$ (cas simplifié)

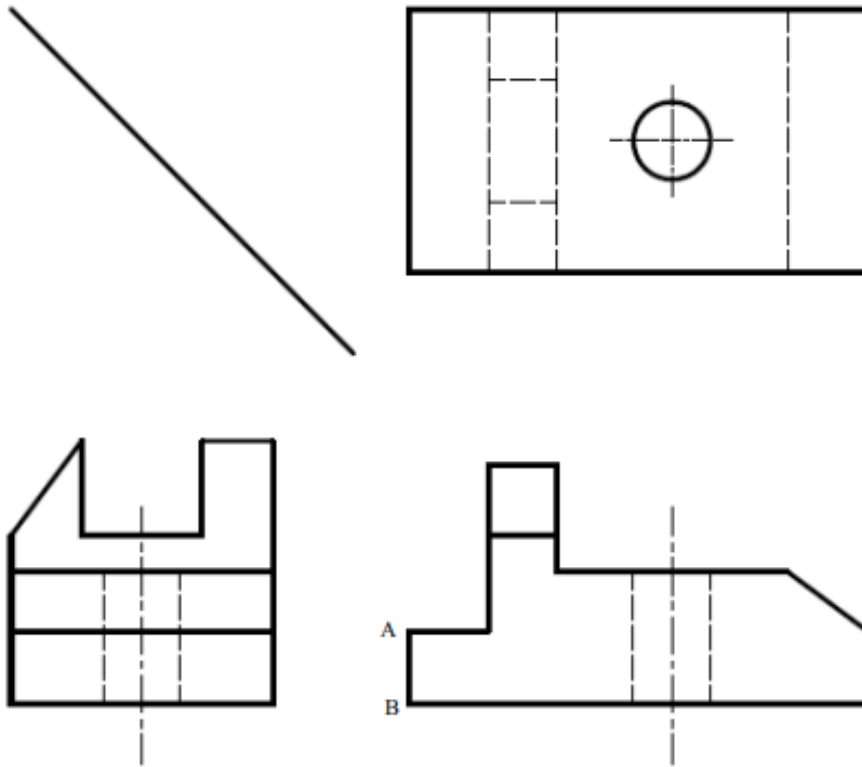


Exercice 4 :

Ci-dessous, les trois vues complètes d'une pièce à l'échelle 1 :1.

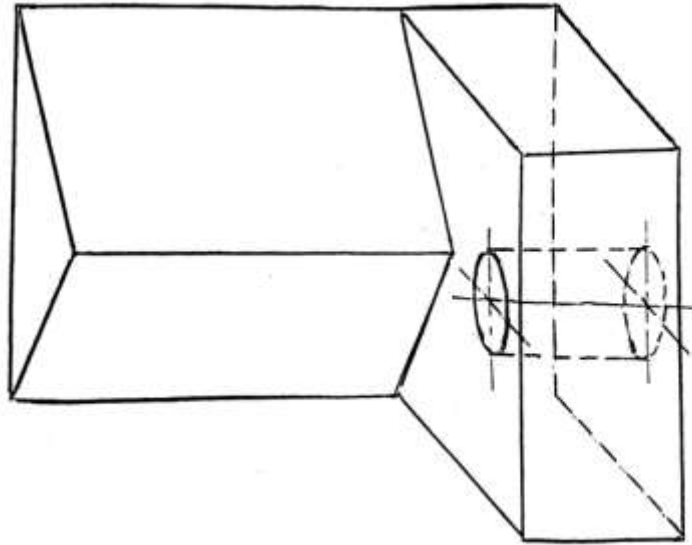
- Dessiner, à l'échelle 2 :1, la perspective cavalière à partir de la vue de face, avec $k = 0.5$ et $\alpha = 45^\circ$.

- Dessiner, à l'échelle 2 : 1, la perspective isométrique en projetant l'arête AB, qui se trouve sur le premier plan de la vue de face, sur le premier axe isométrique (l'axe vertical). Avec $k = 1$ (cas simplifié)

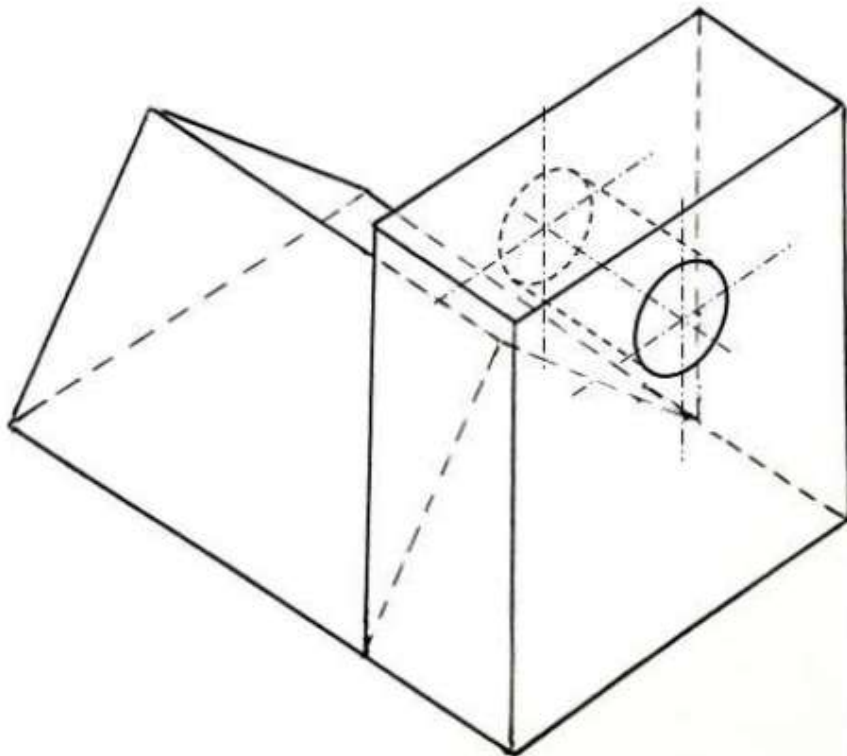


Correction de l'exercice 1 :

-Perspective cavalière à partir de la vue de face, avec $k = 0.5$ et $\alpha = 45^\circ$.

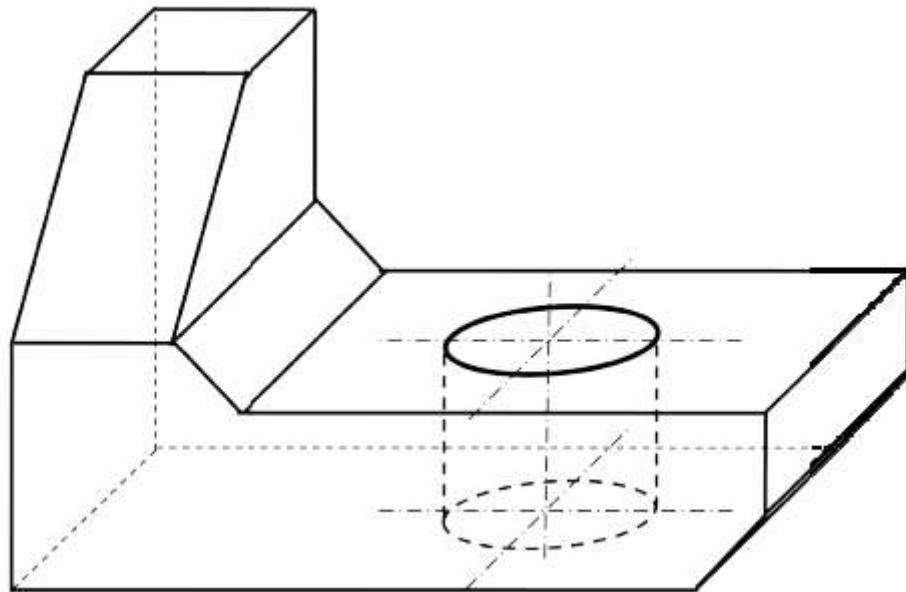


-Perspective isométrique :

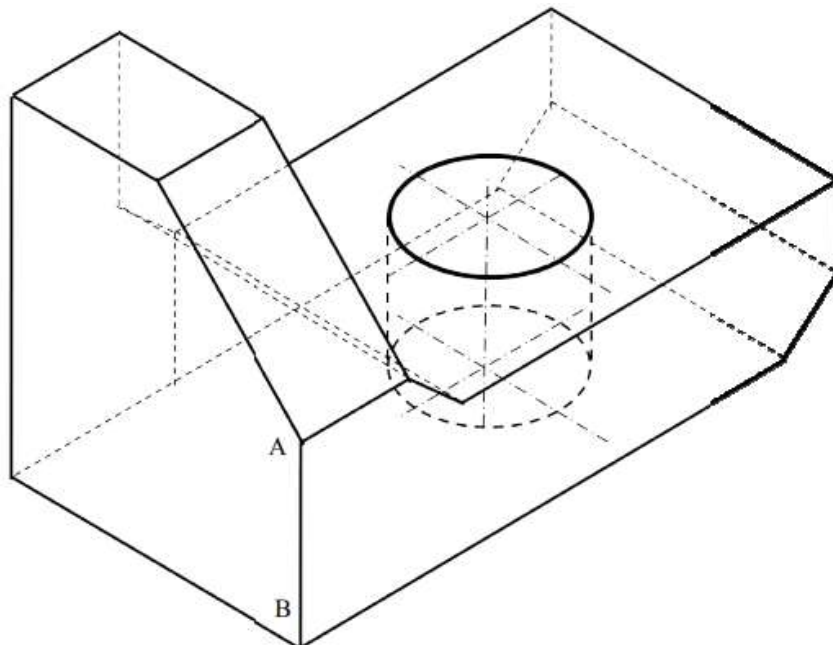


Correction de l'exercice 2 :

-Perspective cavalière, à l'échelle 1 :1, à partir de la vue de face, avec $k = 0.5$ et $\alpha = 45^\circ$.

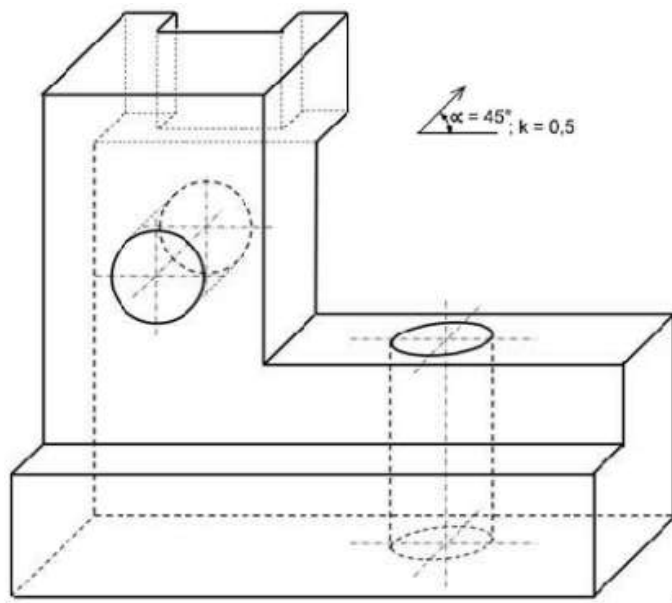


= La perspective isométrique, à l'échelle 1 :1, en projetant l'arête AB, qui se trouve sur le premier plan de la vue de face, sur le premier axe isométrique (l'axe vertical). Avec $k = 1$ (cas simplifié)



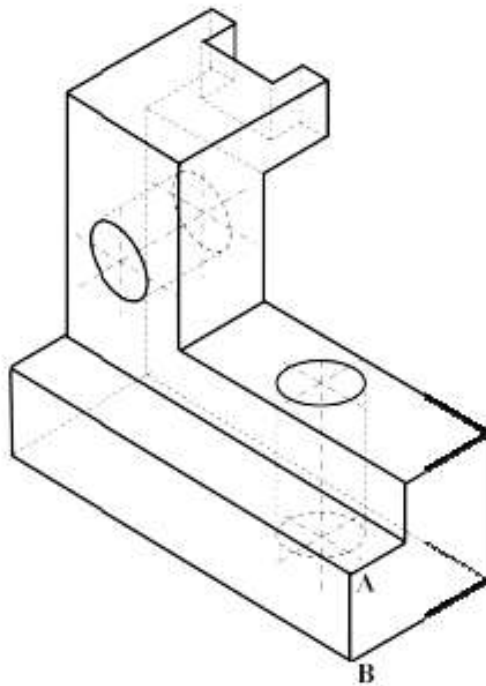
Correction de l'exercice 3 :

-La perspective cavalière, à l'échelle 2:1, à partir de la vue de face, avec $k = 0.5$ et $\alpha = 45^\circ$.



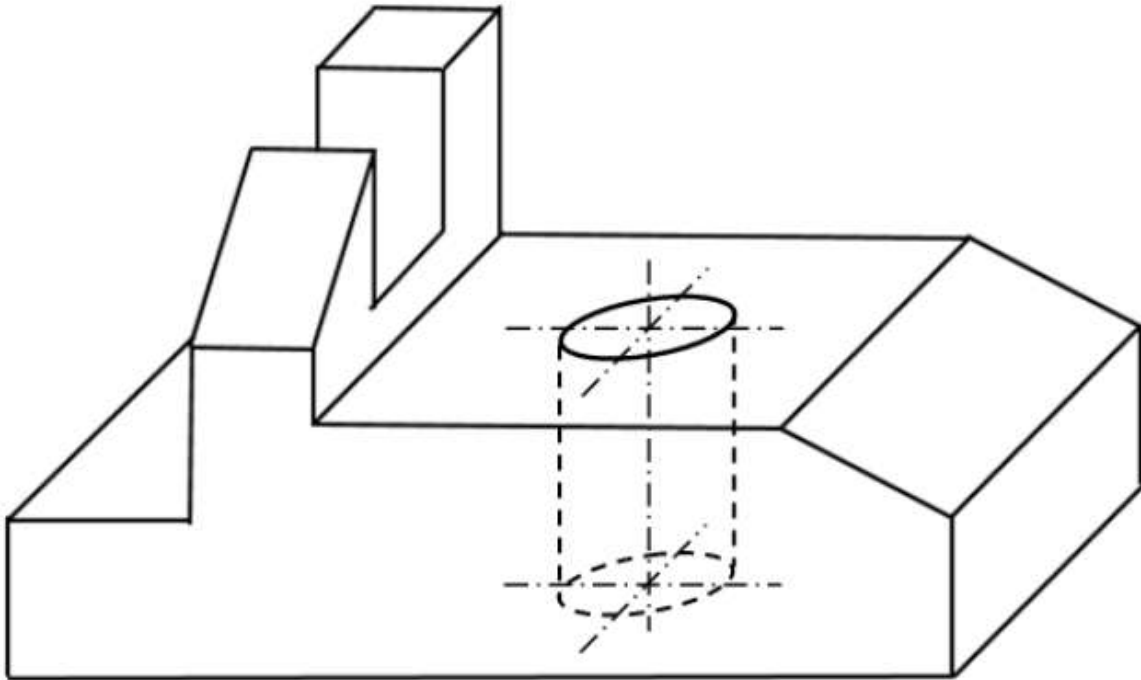
-Perspective isométrique, à l'échelle 1:1 de face, sur le premier axe isométrique (l'axe vertical).

à l'échelle 1:1, en projetant l'arête AB, qui se trouve sur le premier plan de la vue de face, sur le premier axe isométrique (l'axe vertical). Avec $k = 1$ (cas simplifié)

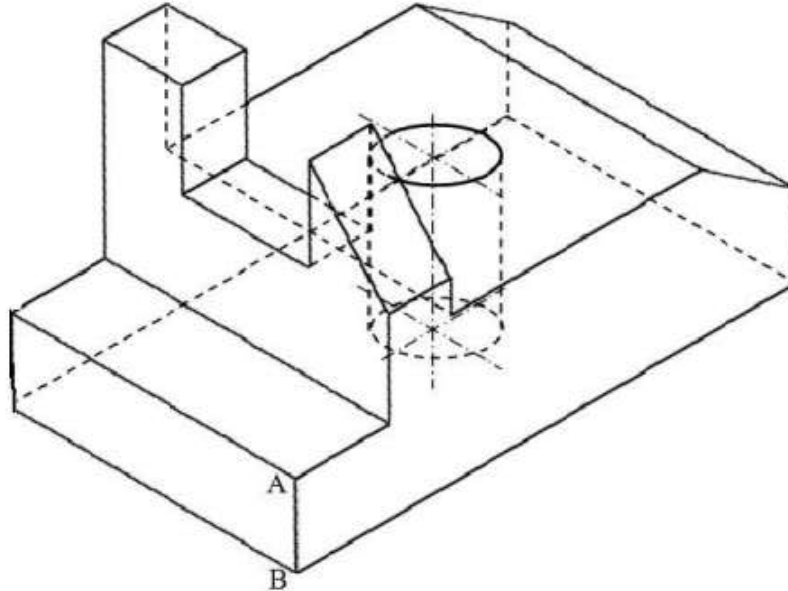


Correction de l'exercice 4 :

-La perspective cavalière, à l'échelle 2 :1, à partir de la vue de face, avec $k = 0.5$ et $\alpha = 45^\circ$.



- La perspective isométrique, à l'échelle 2 :1, en projetant l'arête AB, qui se trouve sur le premier plan de la vue de face, sur le premier axe isométrique (l'axe vertical). Avec $k = 1$ (cas simplifié)



Plan du cinquième chapitre

1- INTERSECTION

1-1-Introduction

1-2- Intersections de quelques surfaces élémentaires avec un plan

1-3-Intersections de quelques surfaces élémentaires avec une sphère

1-4-Courbes d'intersections entre deux surfaces :

1-4-1-Généralités

1-4-2-Explication de la méthode des surfaces auxiliaires :

1-5- Méthode des plans auxiliaires :

1-5-1- Exemple d'utilisation

1-6-Méthode des sphères auxiliaires :

1.6.1 Utilisation

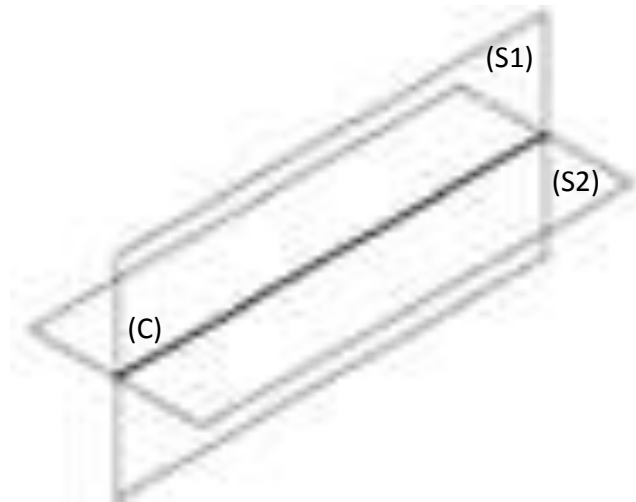
- 1.6.2 Principe
- 1.6.3 Exemple d'utilisation
- 1.6.4 Cas particuliers
- 1.6.5 Exercice d'application

1- INTERSECTION

1-1-Introduction

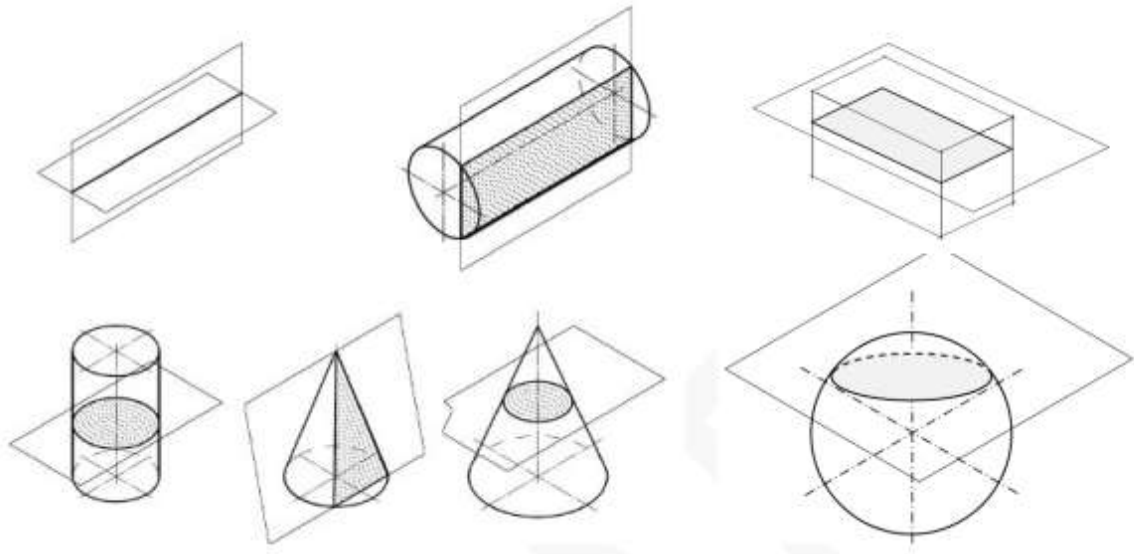
L'intersection de deux surfaces S_1 et S_2 est une courbe C qui est représentée par l'ensemble de points communs aux deux surfaces S_1 et S_2 .

Exemple : Considérons deux surfaces planes (S_1) et (S_2). L'intersection de (S_1) et (S_2) est la droite (C). Dans ce cas, la courbe (C) est droite.



1-2- Intersections de quelques surfaces élémentaires avec un plan

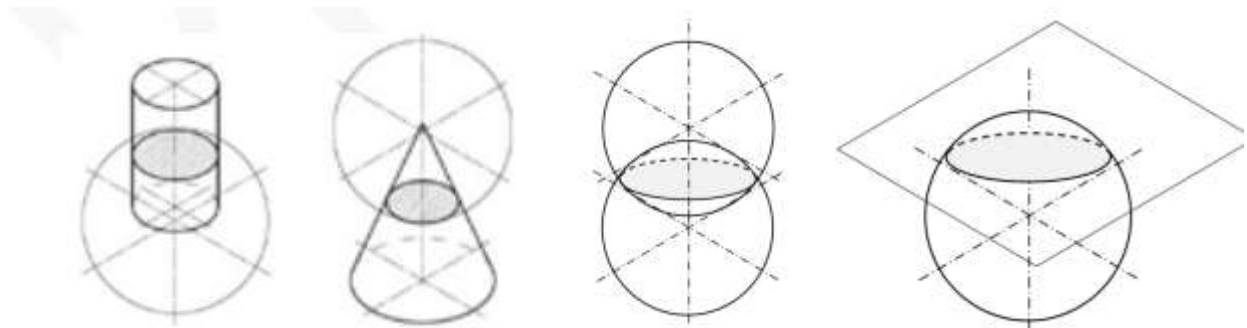
- L'intersection de deux plans donne une droite.
- L'intersection d'un cylindre avec un plan parallèle à son axe de révolution donne un rectangle.
- L'intersection d'un cône avec un plan passant par son sommet est un triangle.
- L'intersection d'un cylindre avec un plan perpendiculaire à son axe de révolution est un cercle
- L'intersection d'un cône avec un plan perpendiculaire à son axe de révolution est un cercle
- L'intersection d'une sphère avec un plan est un cercle
- L'intersection d'un parallélépipède avec un plan est un rectangle



On constate que les courbes d'intersection d'un plan avec les formes géométriques élémentaires, dans les cas présentés, sont simples à déterminer. On utilise ces résultats, dans la suite de ce document pour déterminer les courbes d'intersections dans des cas composés.

1-3-Intersections de quelques surfaces élémentaires avec une sphère

- L'intersection d'un cylindre avec une sphère, dont le centre appartient à l'axe de révolution du cylindre, est un cercle.
- L'intersection d'un cône avec une sphère, dont le centre appartient à l'axe de révolution du cône, est un cercle.
- L'intersection de deux sphères est un cercle
- L'intersection d'un plan avec une sphère est un cercle



On constate que les courbes d'intersection d'une sphère avec les formes géométriques élémentaires, dans les cas présentés, sont simples à déterminer. On utilise ces résultats, dans la suite de ce document pour déterminer les courbes d'intersections dans des cas composés.

1-4-Courbes d'intersections entre deux surfaces :

1-4-1-Généralités

Considérons deux surfaces (S1) et (S2). La courbe d'intersection (C) est l'ensemble de points communs entre (S1) et (S2). On détermine cette courbe point par point. Lorsqu'on trouve un nombre suffisant de points, on les joint par une ligne continue, c'est la courbe (C). Pour déterminer ces points, on utilise la méthode des surfaces auxiliaires.

1-4-2-Explication de la méthode des surfaces auxiliaires :

Pour appliquer la méthode des surfaces auxiliaires, on pense à utiliser des plans auxiliaires ou bien des sphères auxiliaires, car l'intersection des plans et des sphères avec d'autres surfaces est généralement simple à déterminer. Considérons deux surfaces (S1) et (S2), tel que $(S1) \cap (S2) = (C)$.

Supposons que nous allons utiliser des plans auxiliaires pour déterminer la courbe (C). Dans la zone d'intersection des deux surfaces (S1) et (S2), on dessine un certain nombre de plans auxiliaires : P1, P2, P3, ..., Pn. Généralement 5 plans suffisent pour tracer correctement la courbe (C).

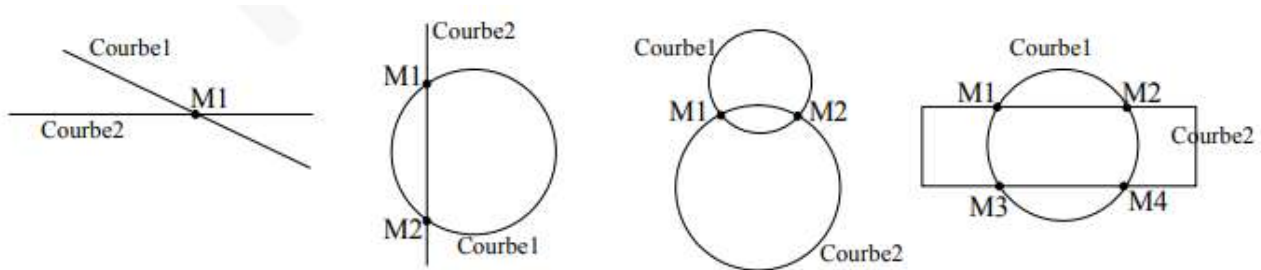
Commençons par le plan auxiliaire P1 :

On cherche l'intersection de (P1) avec (S1) et puis l'intersection de (P1) avec (S2)
Supposons que : $(P1) \cap (S1) = (\text{Courbe1})$ et $(P1) \cap (S2) = (\text{Courbe2})$

Ensuite on cherche l'intersection des deux courbes :

$(\text{Courbe1}) \cap (\text{Courbe2}) : \{M11, M21, \dots, Mn1\}$. M11, M21, ..., Mn1 sont, alors, des points qui appartiennent à la courbe (C).

Voici quelques exemples d'intersection de quelques courbes, que nous pouvons rencontrer, le nombre de points communs dépend des formes des deux courbes (droite, cercle, rectangle, ...).



Pour le plan auxiliaire P2 : On cherche l'intersection de (P2) avec (S1) et puis l'intersection de (P2) avec (S2).

Supposons que : $(P2) \cap (S1) = (Courbe1)$ et $(P2) \cap (S2) = (Courbe2)$

Ensuite on cherche l'intersection des deux courbes : $(Courbe1) \cap (Courbe2) : \{M12, M22, \dots, Mn2\}$.

M12, M22, ..., Mn2 sont, alors, des points qui appartiennent à la courbe (C).

Pour le plan auxiliaire P3 : On cherche l'intersection de (P3) avec (S1) et puis l'intersection de (P3) avec (S2)

Supposons que : $(P3) \cap (S1) = (Courbe1)$ et $(P3) \cap (S2) = (Courbe2)$

Ensuite on cherche l'intersection des deux courbes : $(Courbe1) \cap (Courbe2) : \{M13, M23, \dots, Mn3\}$.

M13, M23, ..., Mn3 sont, alors, des points qui appartiennent à la courbe (C).

Ainsi de suite pour les n plans dessinés dans la zone d'intersection de (S1) avec (S2).

L'ensemble de points trouvés M11, M21, ..., Mn1, M12, M22, ..., Mn2, M13, M23, ...,

Mn3, ... sont des points de la courbe d'intersection (C), il suffit de les joindre pour dessiner la courbe (C). Le principe s'applique aussi dans le cas où on applique les sphères auxiliaires.

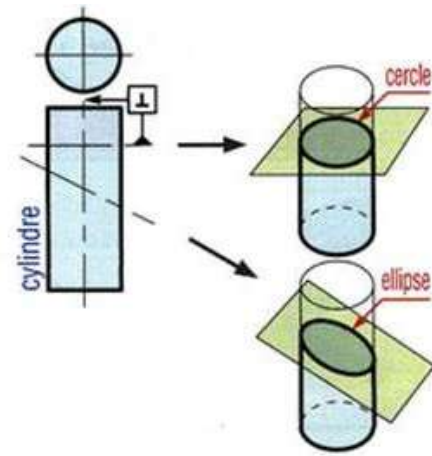
1-5- Méthode des plans auxiliaires (S1)

1-5-1- Exemple d'utilisation

Prenons le cas d'intersection d'un cylindre avec un plan incliné. Intuitivement, on peut imaginer que la courbe d'intersection dans ce cas est une ellipse.

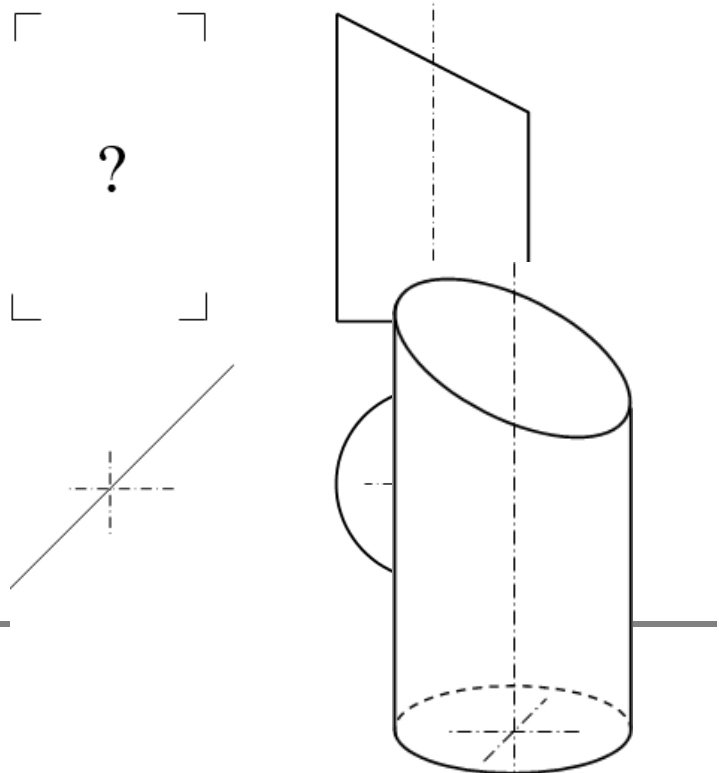
On va essayer d'appliquer la méthode des plans auxiliaires pour pouvoir déterminer cette courbe point par point. Pour cela, considérons le dessin ci-dessus représentant l'intersection d'un cylindre avec un plan incliné.

On donne la vue de face et la vue de dessus et on demande de dessiner la vue de droite, dans cette vue on dessine, point par point, l'ellipse qui représente l'intersection du cylindre avec le plan incliné.



On considère (S1), la surface latérale du cylindre et (S2) le plan incliné. La courbe (C) est l'intersection de (S1) et (S2).

On note : $(S1) \cap (S2) = (C)$



Surfaces en intersections

On considère un plan auxiliaire (P1) perpendiculaire à l'axe du cylindre (S1).

L'intersection de (P1) avec (S1) est le cercle (Cr1).

On note : $(P1) \cap (S1) = (Cr1)$ L'intersection de (P1) avec (S2) est la droite (D1).

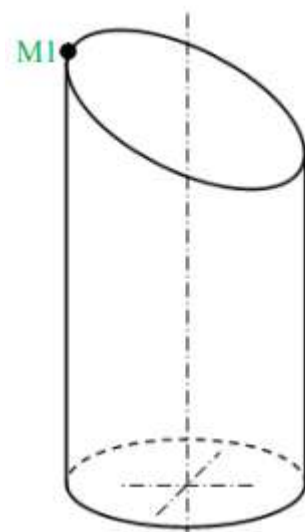
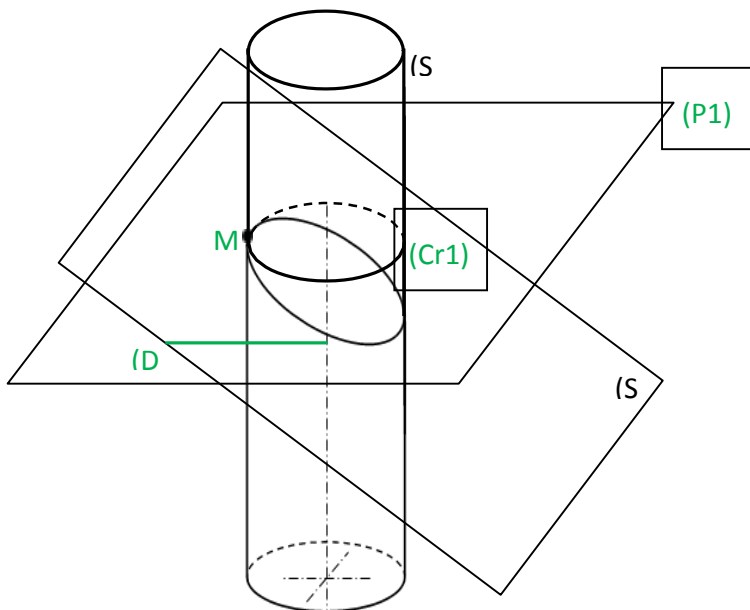
On note : $(P1) \cap (S2) = (D1)$ Dans ce cas : La courbe 1 est le cercle (Cr1) et La courbe 2 est la droite (D1)

L'intersection de (Cr1) avec (D1) est le point M1.

On note : $(Cr1) \cap (D1) = \{M1\}$ Le point M1 est un point qui appartient à la courbe (C). On note : $\{M1\} \subset (C)$

On prend un autre plan (P2) dans la zone d'intersection entre (S1) et (S2) afin de trouver d'autres points et ainsi de suite...

Pièce représentée en perspective



On considère un plan auxiliaire (P2) parallèle au plan (P1) et situé dans la zone d'intersection entre (S1) et (S2) L'intersection de (P2) avec (S1) est le cercle (Cr2).

On note : $(P2) \cap (S1) = (Cr2)$

L'intersection de (P2) avec (S2) est la droite (D2).

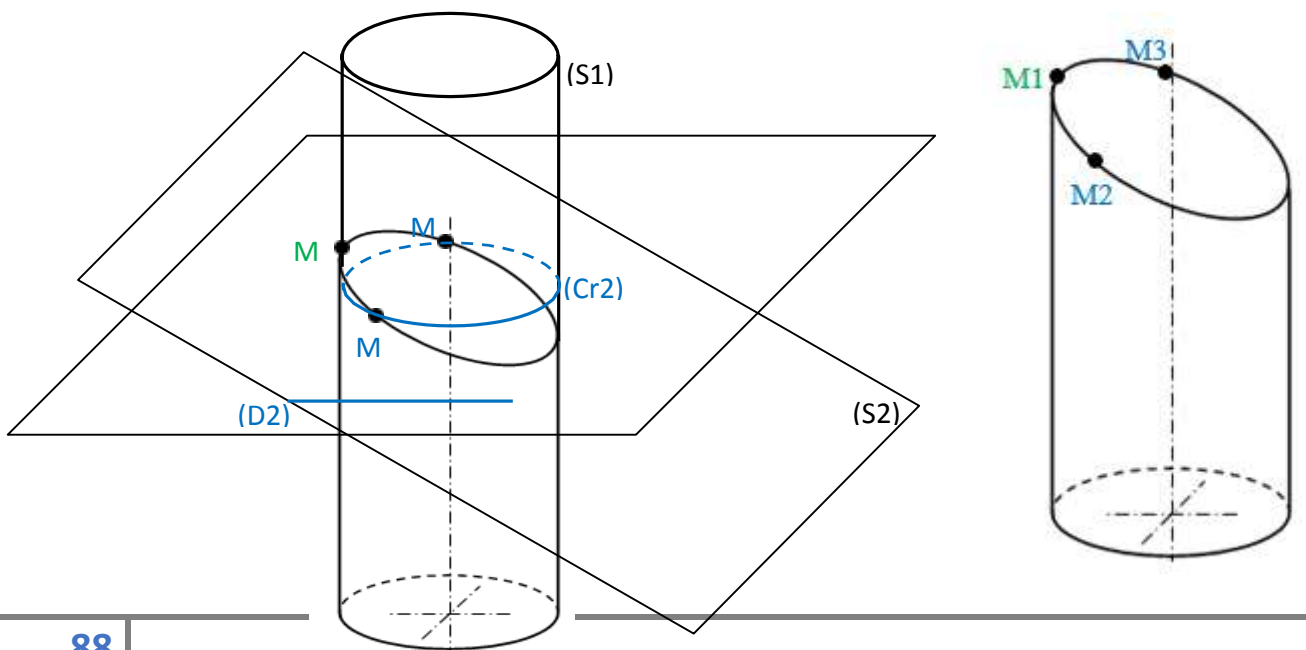
On note : $(P2) \cap (S2) = (D2)$ Dans ce cas : La courbe 1

est le cercle (Cr2). La courbe 2 est la droite (D2)

L'intersection de (Cr2) avec (D2) donne deux points, le point (M2) et (M3).

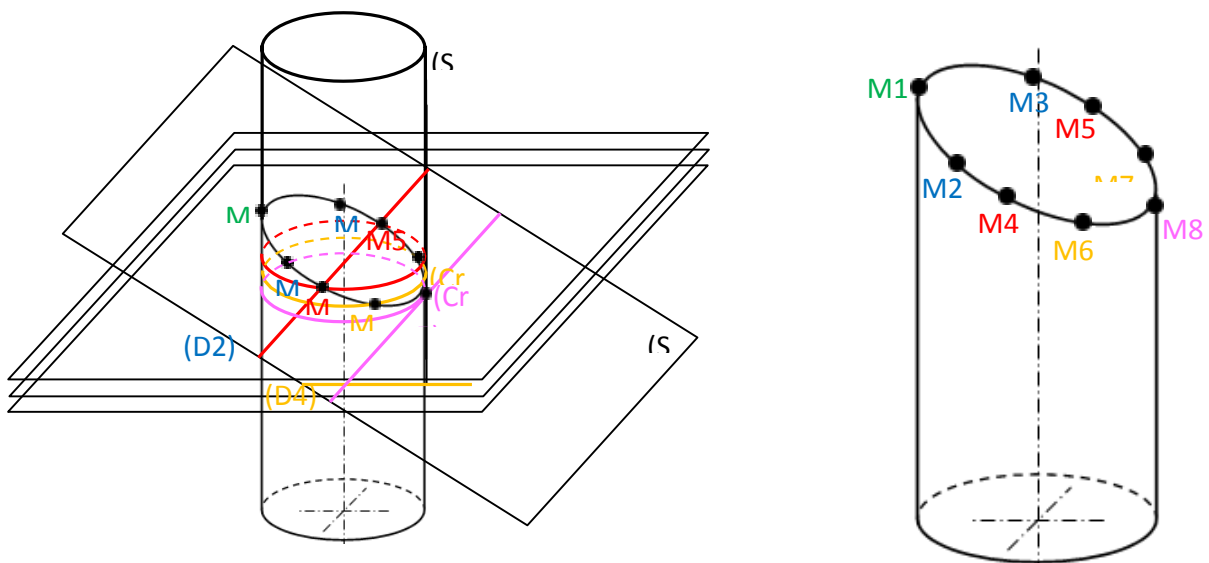
On note : $(Cr2) \cap (D2) = \{M2, M3\}$.

Les points M2 et M3 sont deux points qui appartiennent à la courbe (C). On note : $\{M2, M3\} \subset (C)$



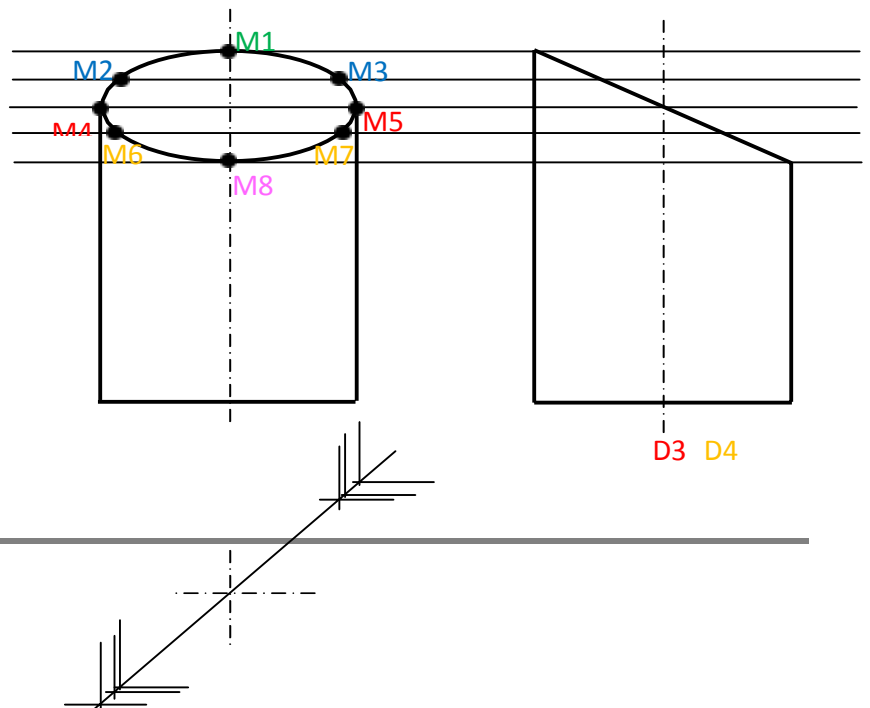
On ajoute les plans auxiliaires (P3), (P4) et (P5) et on procède de la même manière comme précédemment, on trouve les points M4, M5, M6, M7 et M8 qui appartiennent à la courbe (C).

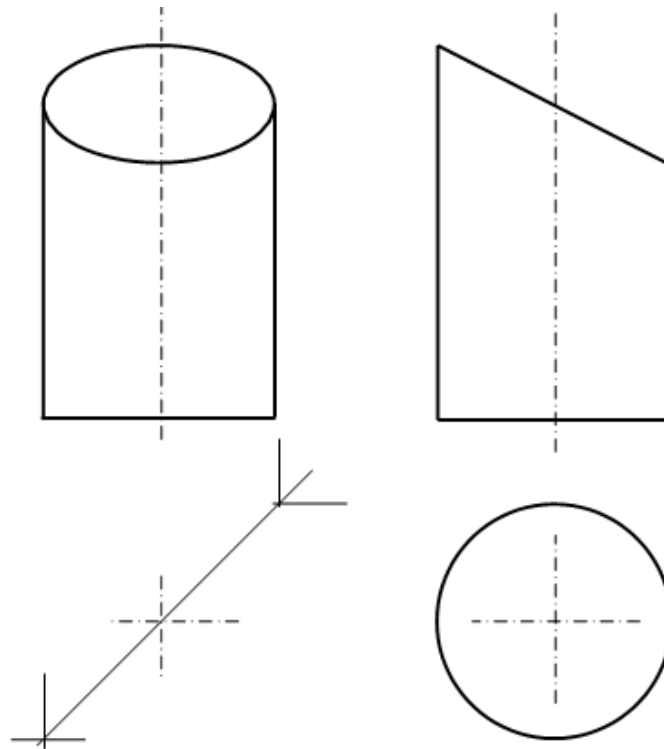
Avec les points on peut tracer correctement la courbe d'intersection (C) entre les deux surfaces (S1) et (S2).



A ce stade, la méthode est bien expliquée. Maintenant, on va l'appliquer pour compléter la vue de droite

Le cercle dans la vue de dessus représente l'intersection de tous les plans auxiliaires avec le cylindre (S1). Les intersections entre les plans auxiliaires et le plan (S2) sont représentées, dans la





Remarque : On peut retrouver la courbe (C) en considérant des plans auxiliaires verticales dans la vue de face (c'est-à-dire des plans auxiliaires parallèles à l'axe du cylindre). Dans ce cas, les intersections entre le cylindre (S1) et les plans auxiliaires ce sont des rectangles. Et les intersections entre le plan (S2) les mêmes plans auxiliaires ce sont des droites.

1-6-Méthode des sphères auxiliaires :

1.6.1 Utilisation :

Contrairement à la méthode des plans auxiliaires, cette méthode s'applique seulement aux intersections des surfaces concernant les formes de révolution (cylindre/cylindre, cylindre/perçage, cylindre/ cône, cône/cône, cône/perçage, ...) et à condition que les axes de révolutions soient concourants et parallèles à la vue dans laquelle est tracé la courbe d'intersection. L'avantage de cette méthode, c'est qu'on utilise seulement la vue de la pièce où doit être dessinée la courbe d'intersection.

1.6.2 Principe :

On utilise des sphères auxiliaires, qui sont représentées par des cercles en projection sur les vues du dessin technique, avec pour centre le point d'intersection des deux axes de révolution pour les deux surfaces.

Considérons deux surfaces de révolution (S1) et (S2), tel que $(S1) \cap (S2) = (C)$

Supposons que nous allons utiliser des sphères auxiliaires pour déterminer la courbe (C).

On localise le centre des sphères auxiliaires que nous allons utiliser. Ce centre est l'intersection des deux axes de révolutions des surfaces (S1) et (S2).

On dessine un certain nombre de sphères auxiliaires : Sph1, Sph2, Sph3, ..., Sphn. Généralement 5 sphères suffisent pour tracer correctement la courbe (C).

En projection sur la vue dans laquelle on veut dessiner la courbe (C), les sphères sont représentées sous formes de cercles.

Commençons par la sphère auxiliaire Sph1 :

On cherche l'intersection de (Sph1) avec (S1) et puis l'intersection de

(Sph1) avec (S2) Supposons que :

$$(Sph1) \cap (S1) = (Courbe1) \text{ et } (Sph1) \cap (S2) = (Courbe2)$$

Ensuite on cherche l'intersection des deux courbes :

$$(Courbe1) \cap (Courbe2) : \{M11, M21, \dots, Mn1\}. M11, M21, \dots, Mn1 \text{ sont,}$$

alors, des points qui appartiennent à la courbe (C).

Pour la sphère auxiliaire Sph2 :

On cherche l'intersection de (Sph2) avec (S1) et puis l'intersection de (Sph2) avec (S2)

Supposons que : $(Sph2) \cap (S1) = (Courbe1)$ et $(Sph2) \cap (S2) = (Courbe2)$

Ensuite on cherche l'intersection des deux courbes :

$(Courbe1) \cap (Courbe2) : \{M12, M22, \dots, Mn2\}$. $M12, M22, \dots, Mn2$ sont,

alors, des points qui appartiennent à la courbe (C).

Pour la sphère auxiliaire Sph3 :

On cherche l'intersection de (Sph3) avec (S1) et puis l'intersection de

(Sph3) avec (S2).

Supposons que : $(Sph3) \cap (S1) = (Courbe1)$ et $(Sph3) \cap (S2) = (Courbe2)$

Ensuite on cherche l'intersection des deux courbes :

$(Courbe1) \cap (Courbe2) : \{M13, M23, \dots, Mn3\}$. $M13, M23, \dots, Mn3$ sont,

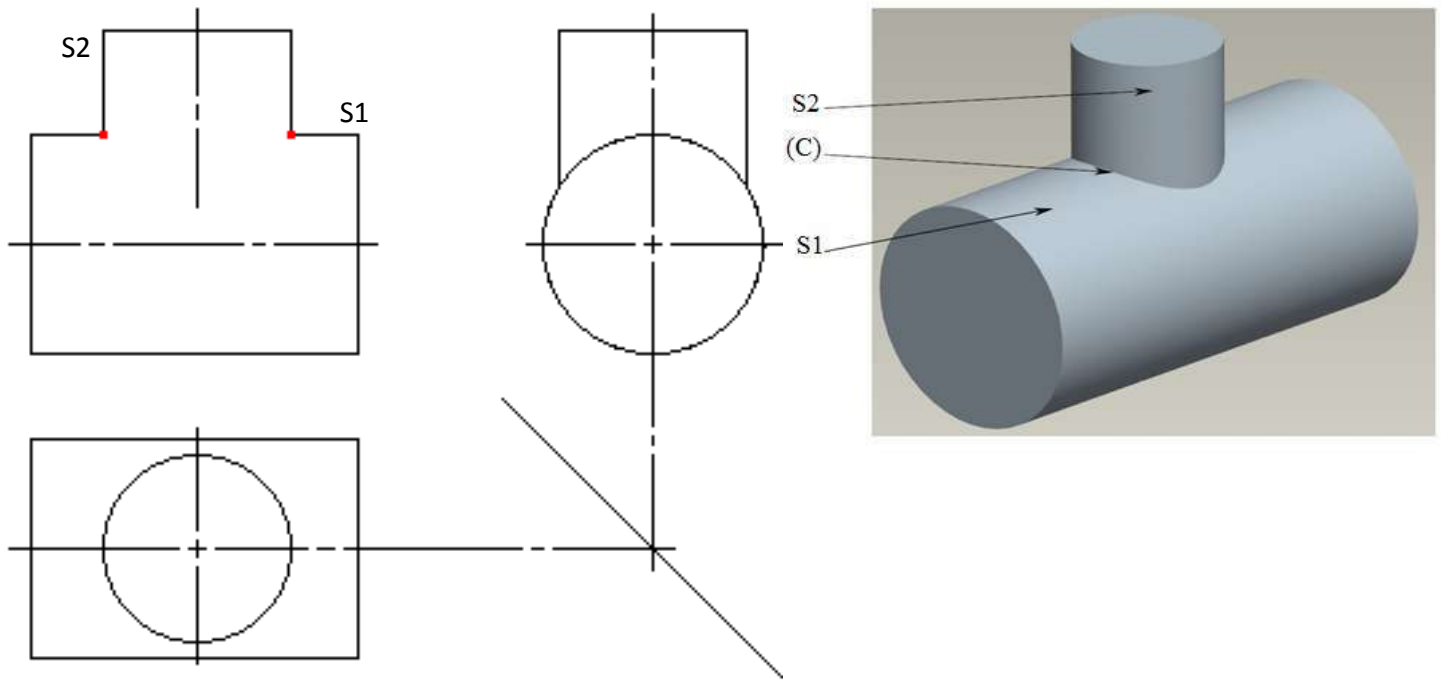
alors, des points qui appartiennent à la courbe (C).

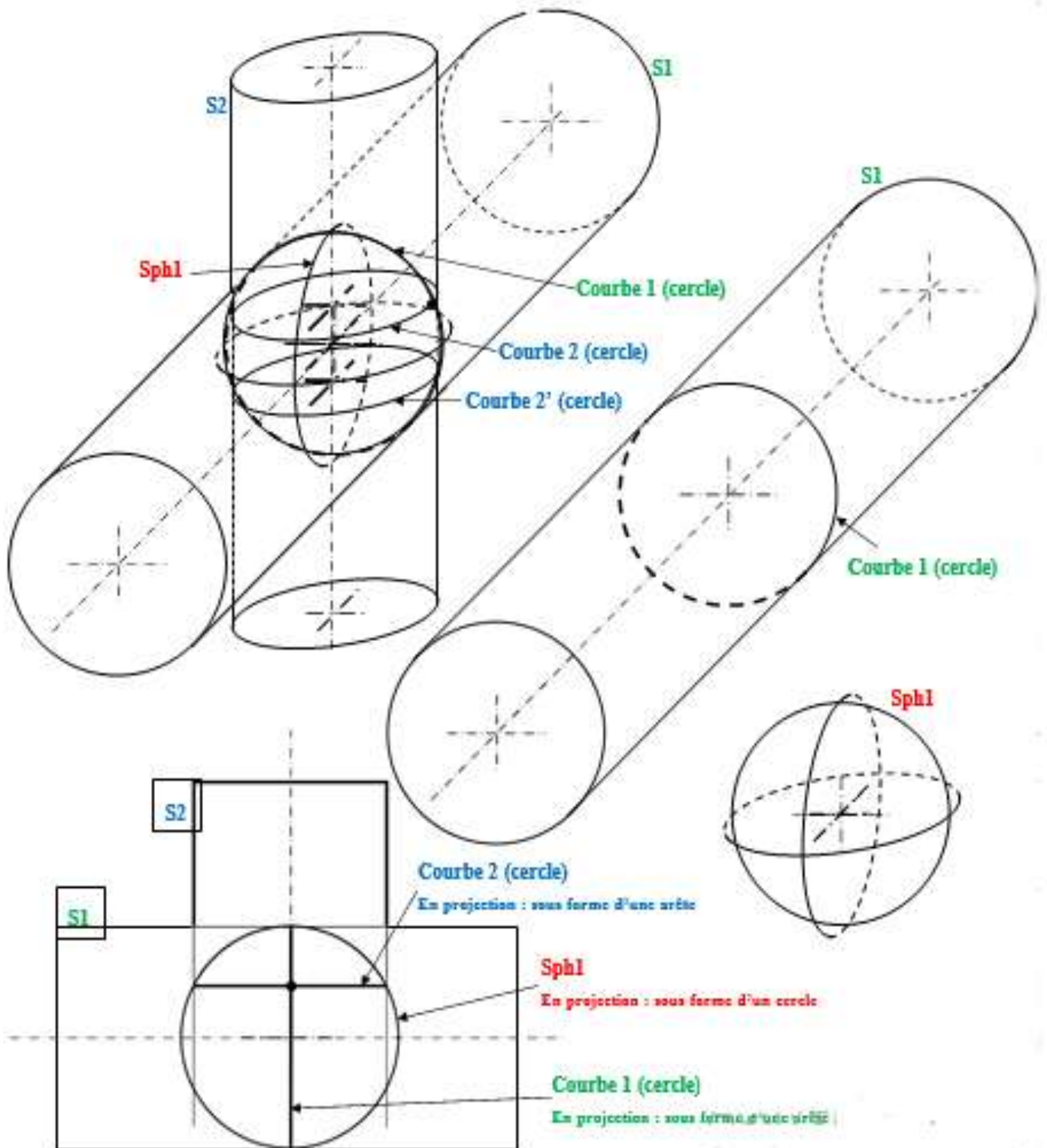
L'ensemble de points trouvés $M11, M21, \dots, Mn1, M12, M22, \dots, Mn2, M13, M23, \dots, Mn3, \dots$ sont des points de la courbe d'intersection (C), il suffit de les joindre pour dessiner la courbe (C).

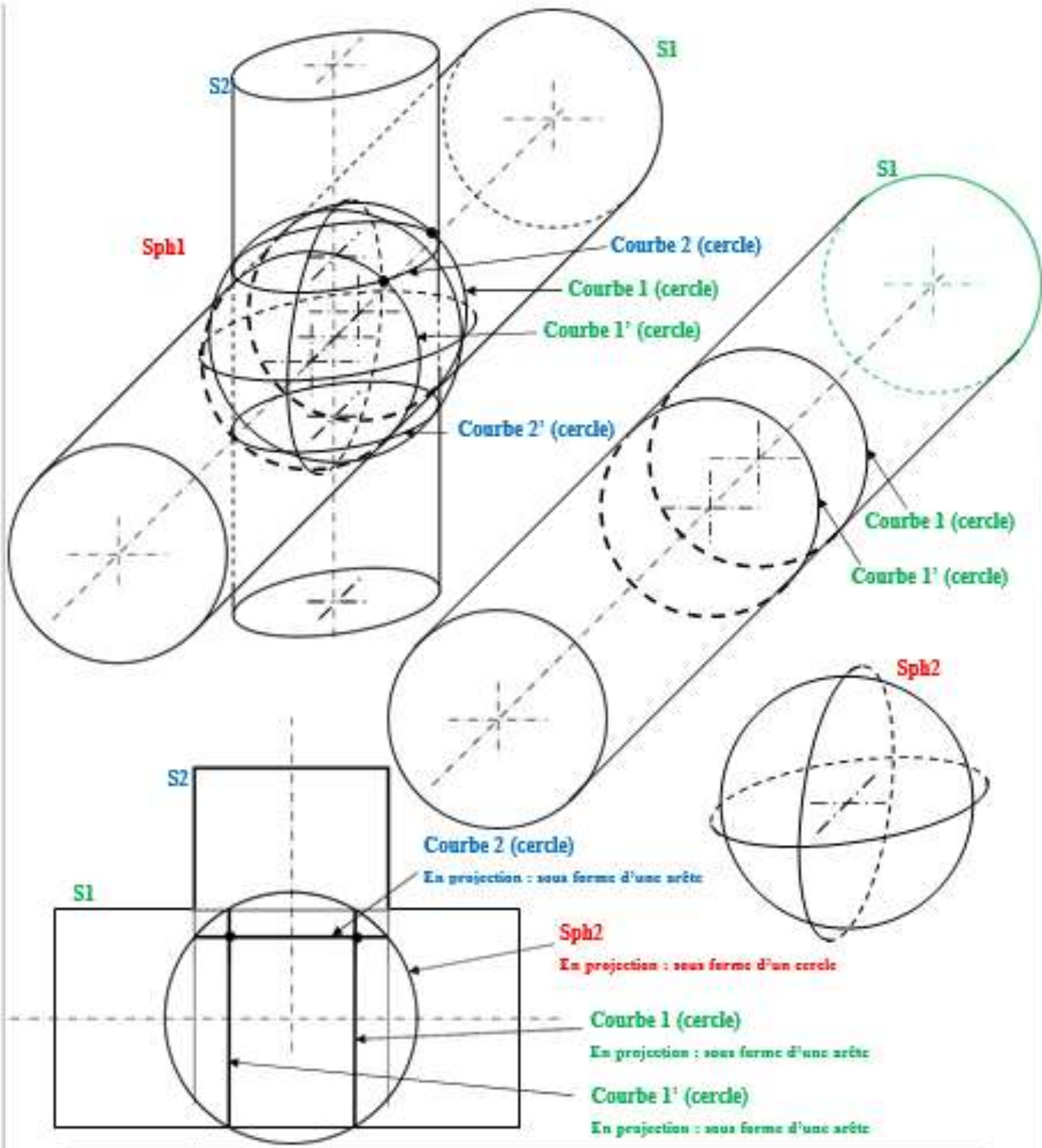
1.6.3 Exemple d'utilisation :

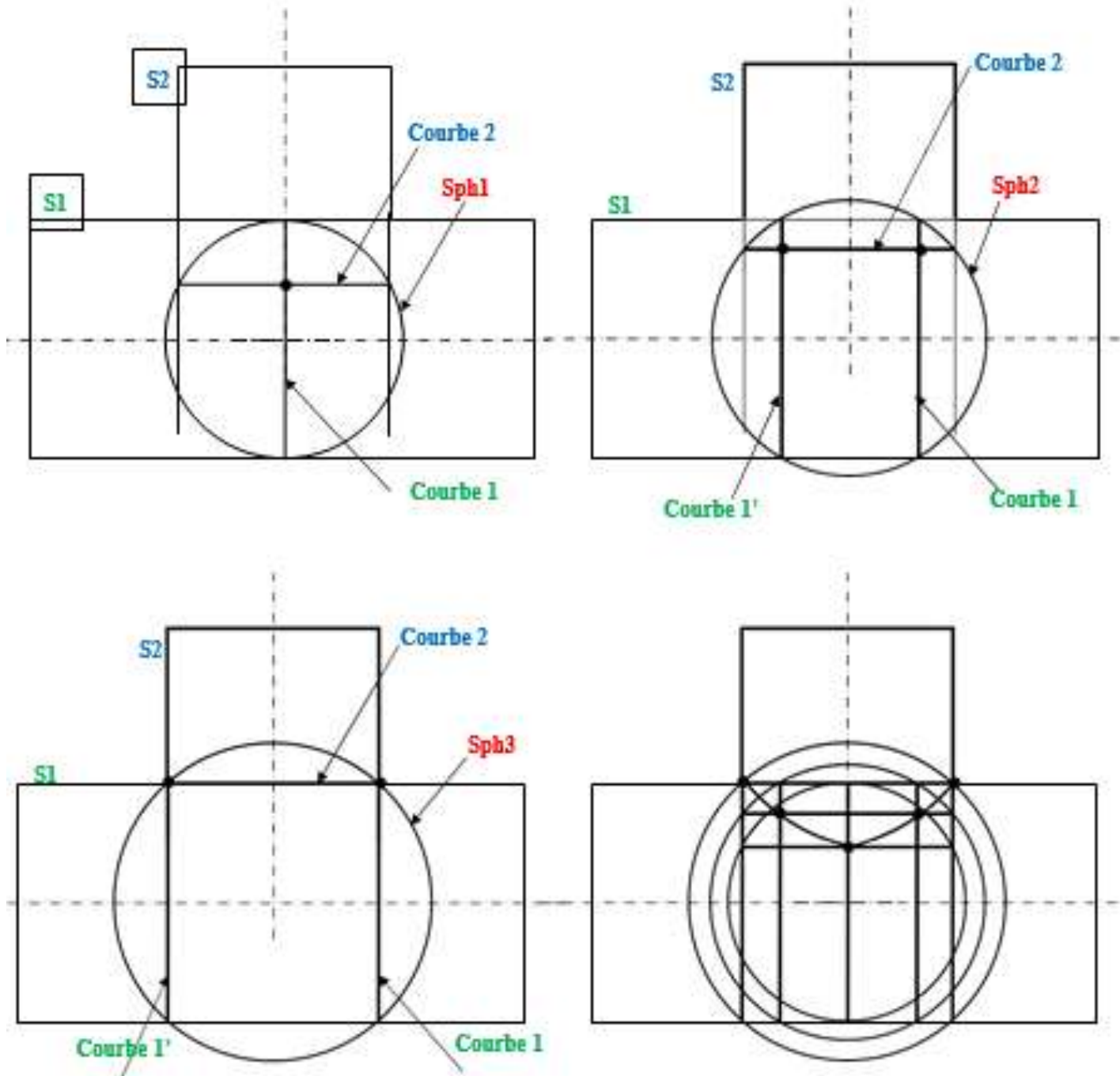
Exemple 1 : intersection de deux cylindres perpendiculaires.

On cherche à dessiner la courbe d'intersection (C) des deux cylindres S1 et S2 sur la vue de face en utilisant la méthode des sphères auxiliaires.





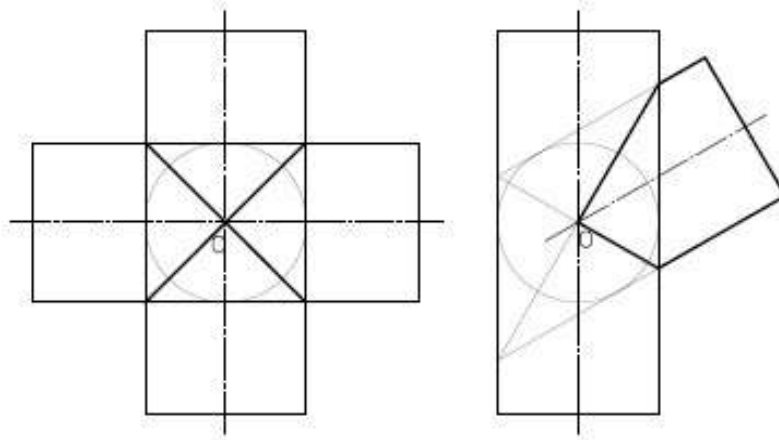




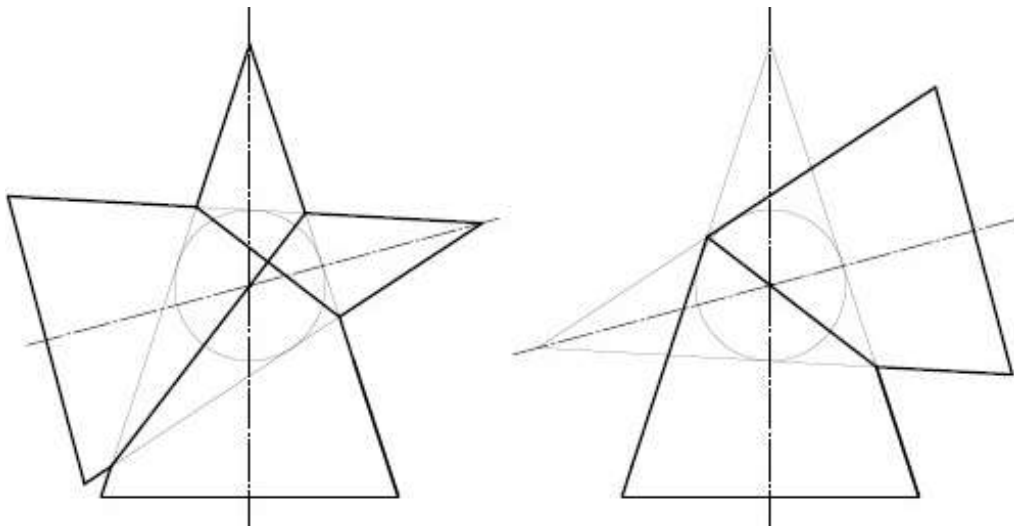
1.6.4 Cas particuliers :

A prouver sous forme d'exercice d'application en utilisant la méthode des sphères auxiliaires :

Si la plus petite sphère auxiliaire est tangente aux deux corps de révolution (cylindres de même diamètre), l'intersection est composée de deux droites croisées qui s'obtiennent en joignant 2 à 2 les points d'intersection des génératrices de contour apparent. Valable pour des cylindres ou des cônes (Voir exemple 1 et 2).



Exemple 1 : Intersection de 2 cylindres de même diamètre

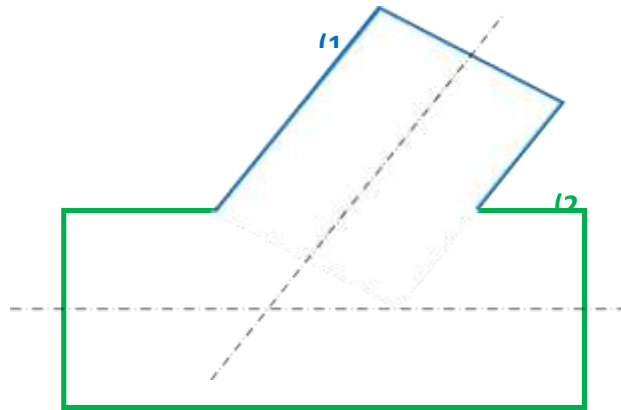


Exemple 2 : Intersection de 2 cônes de même base et hauteur

1.6.5 Exercice d'application

Intersection de deux cylindres non perpendiculaires

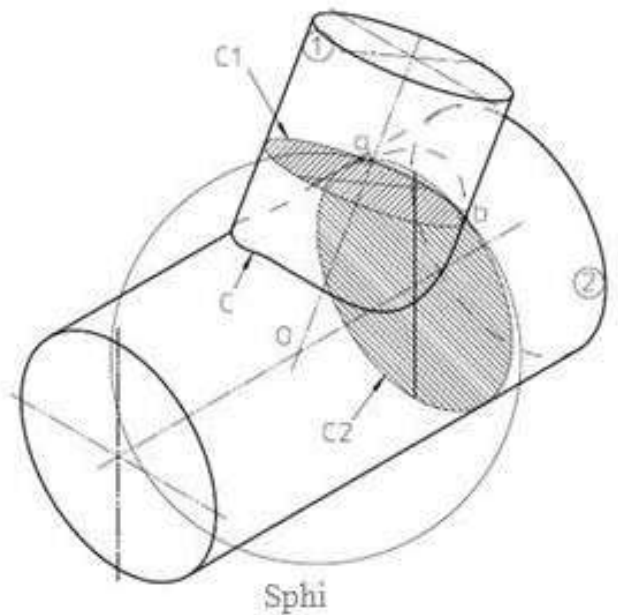
On cherche à dessiner la courbe d'intersection (C) des deux cylindres (1) et (2) sur la vue de face en utilisant la méthode des sphères auxiliaires.



Pour faciliter l'imagination, on propose une représentation des deux cylindres en perspective et on donne l'exemple avec une sphère auxiliaire.

Les deux cylindres 1 et 2 ont des axes concourants en O. Prenons une sphère auxiliaire (Sphi) de centre O.

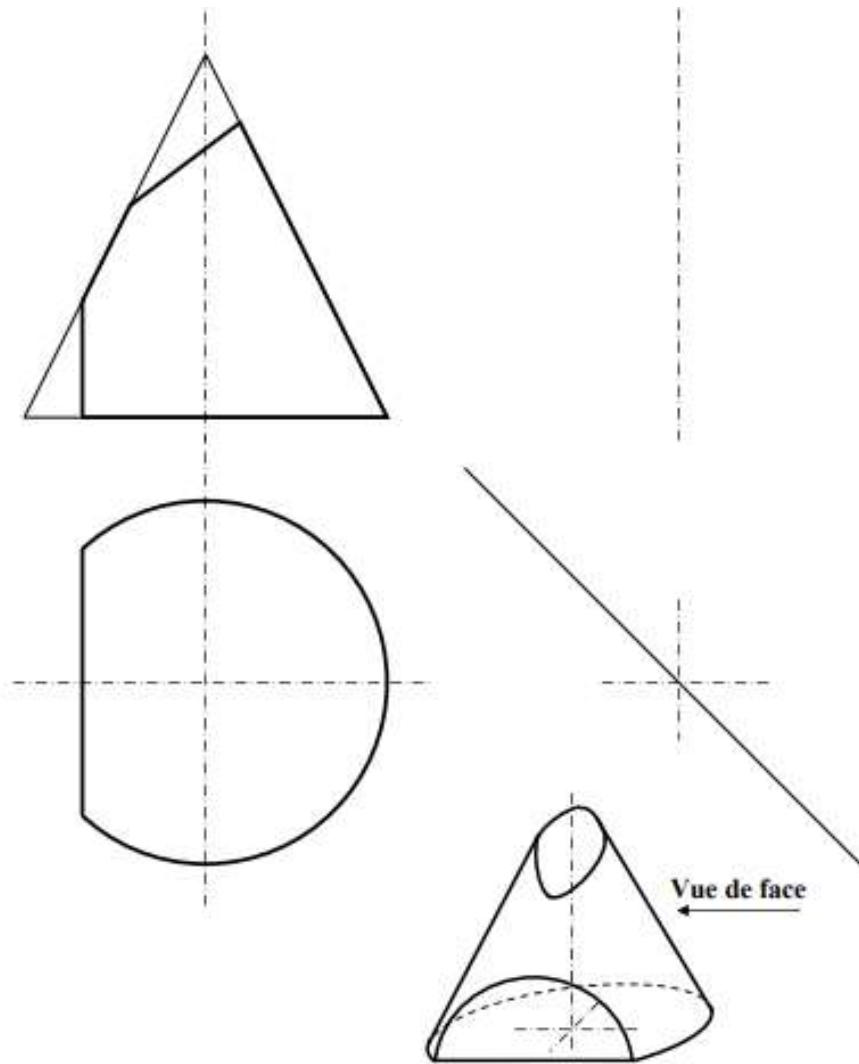
La sphère (Sphi) en intersection avec le cylindre 1 donne le petit cercle hachuré C1 et avec le cylindre horizontal 2 donne le cercle hachuré C2. L'intersection de ces deux cercles (C1) et (C2) donne les points a et b qui sont deux points de la courbe (C).



Appliquer la méthode des sphères auxiliaires directement sur la vue de face pour dessiner la courbe (C). Prenez 5 ou 6 sphères pour avoir suffisamment de points.

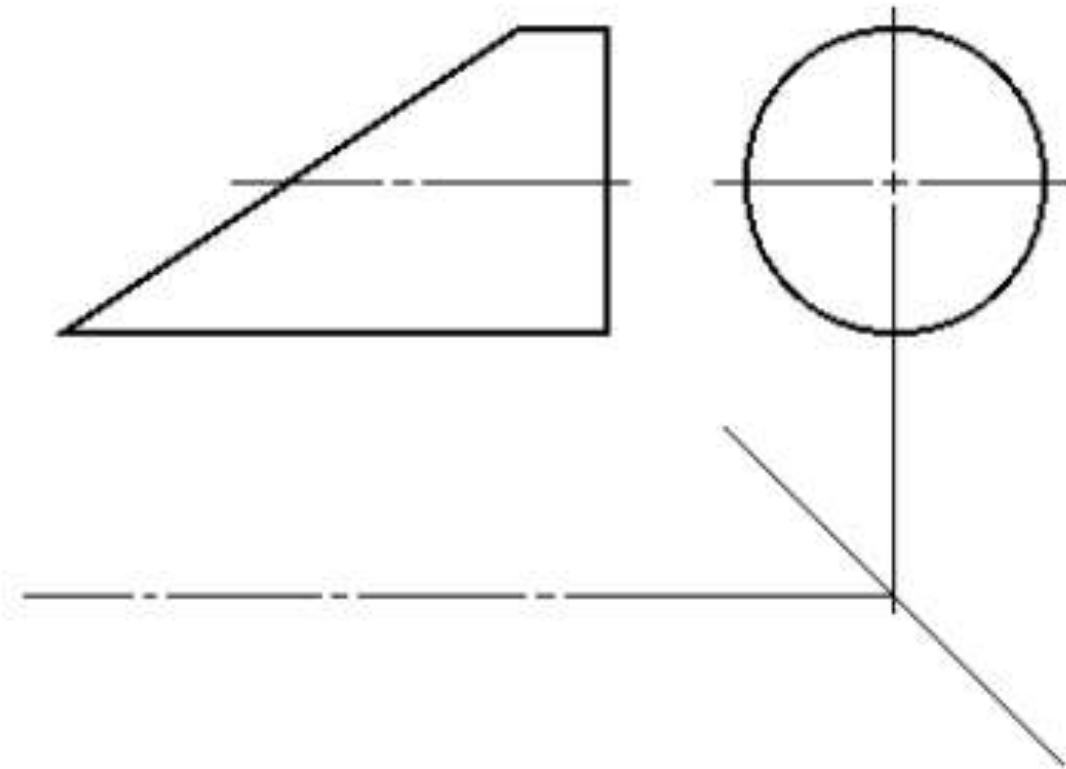
Exercice 1 : Intersection (cône / plan) :

On donne la vue de face complète, Compléter la vue de dessus et la vue de gauche en mettant en pratique la méthode des plans auxiliaires



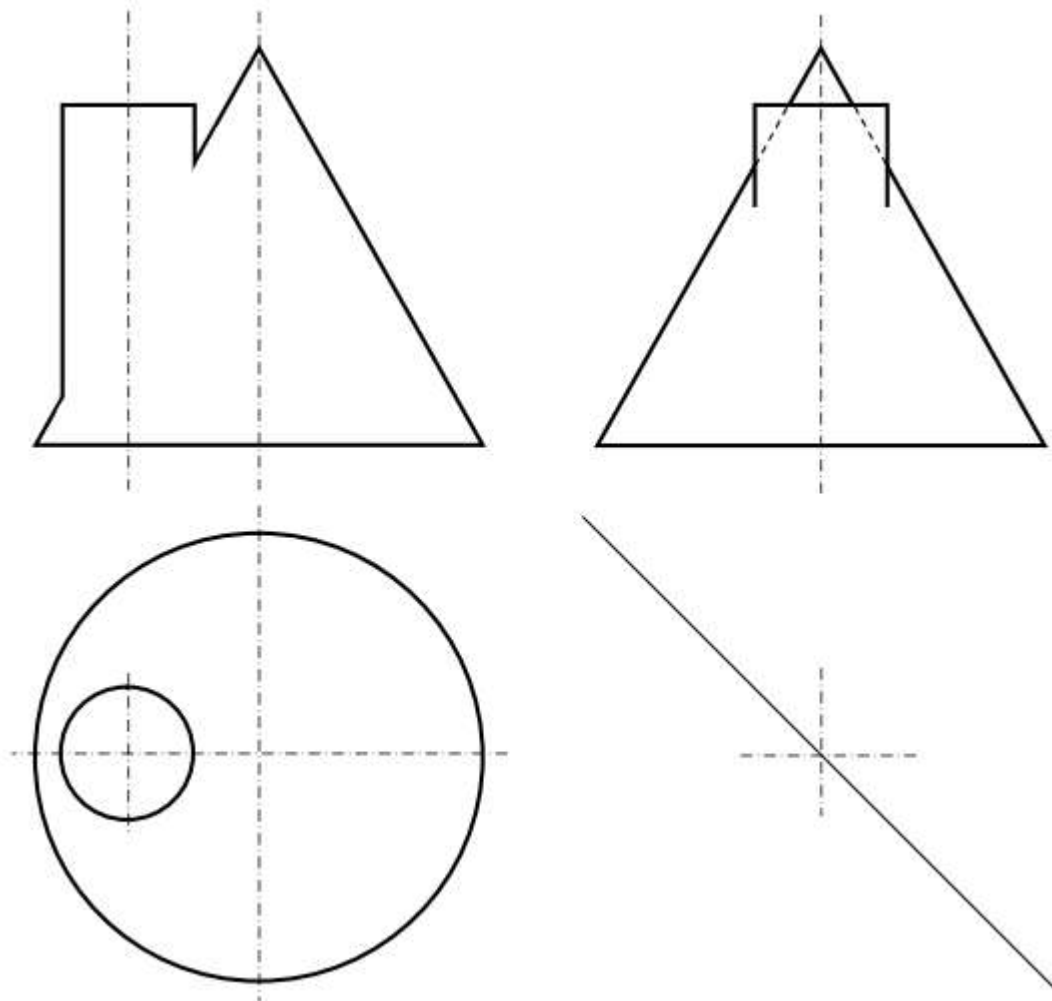
Exercice 2 : Intersection (Cylindre /plan)

On donne la vue de face et la vue de gauche complètes, Dessiner la vue de dessus :



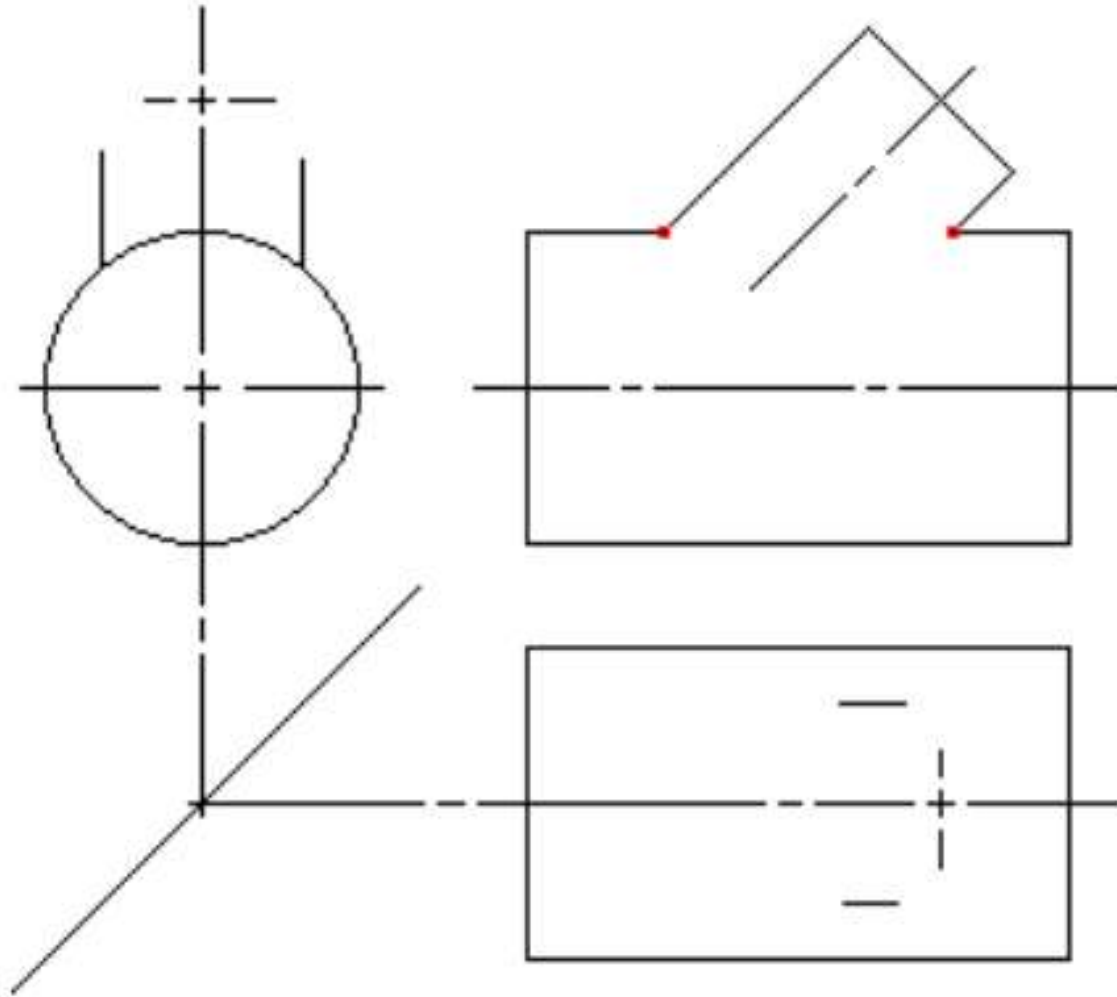
Exercice 3 : Intersection (cône / cylindre) – axes parallèles

On donne la vue de dessus complète, Compléter la vue de face et la vue de gauche en mettant en pratique la méthode des plans auxiliaires :



Exercice 4 : Intersection de deux cylindres (axes concourants)

Compléter les trois vues :



Correction de l'exercice 1 :

L'intersection entre le plan auxiliaire (Pi) et le plan incliné est la droite (Di) représentée sur la vue de dessus . Avec $i = 1,2,\dots,5$.

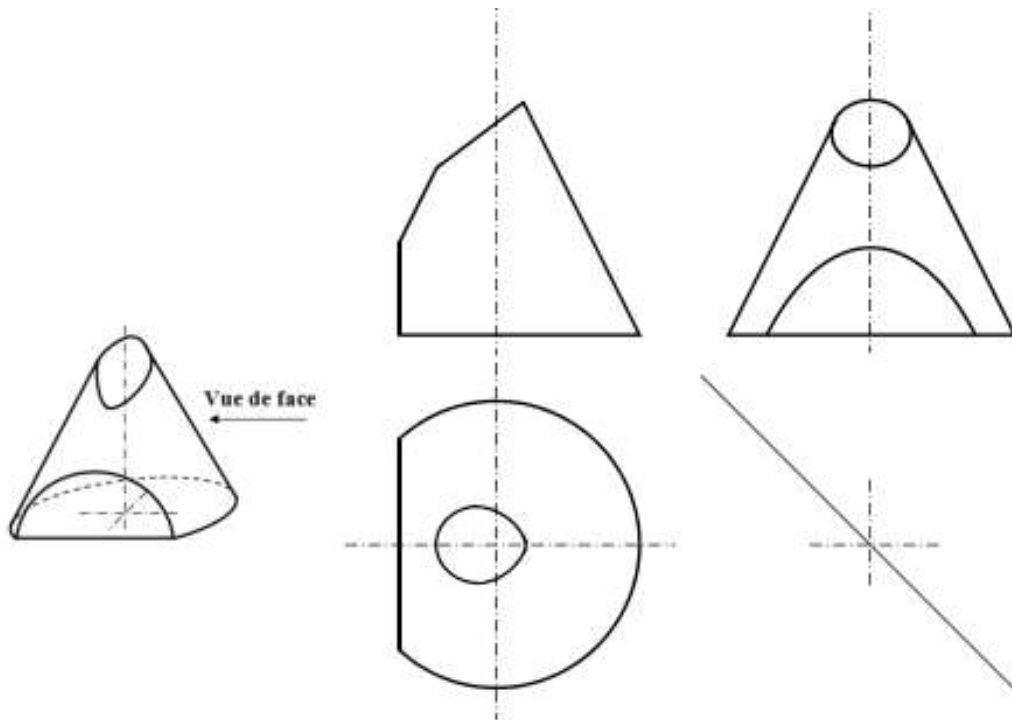
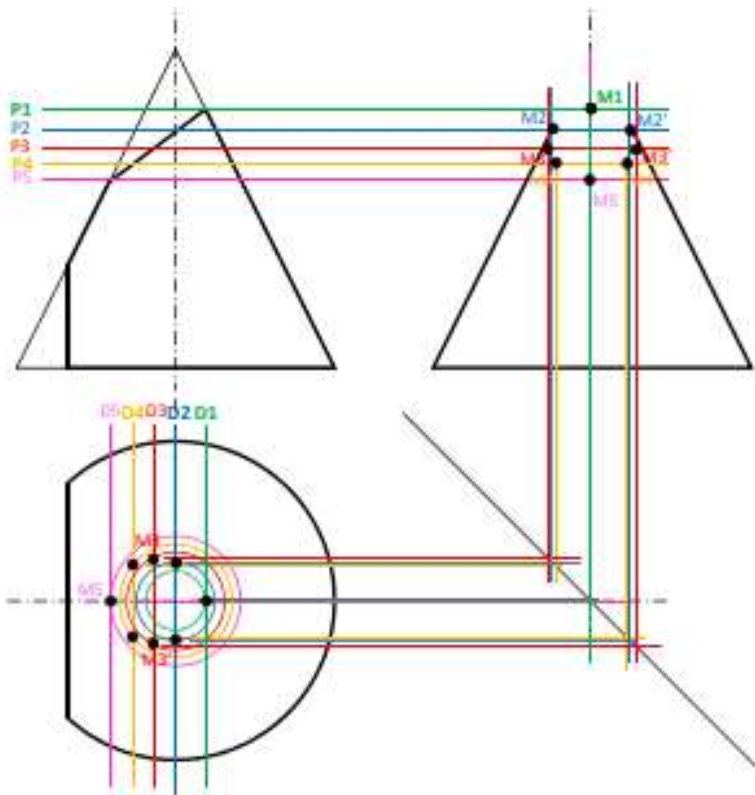
L'intersection entre le plan auxiliaire (Pi) et le cône est le cercle (Cri) représentée sur la vue de dessus. Avec $i = 1,2,\dots,5$.

L'intersection entre la droite (Di) et le cercle (Cri) donne un point M_i ou deux points M_i et M_i' .

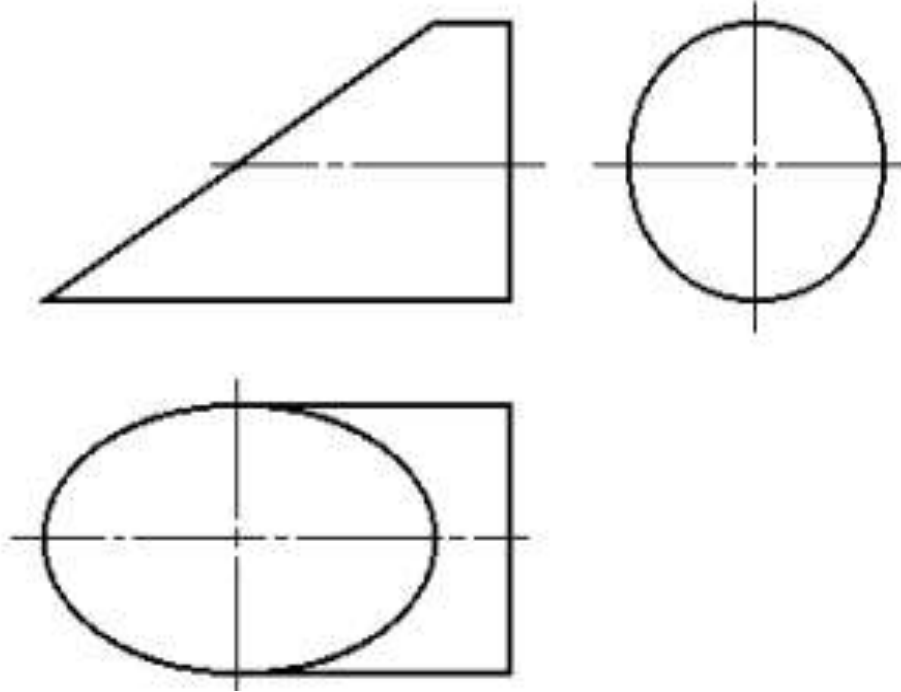
Exemple :

$$(D5) \cap (Cr5) = M5$$

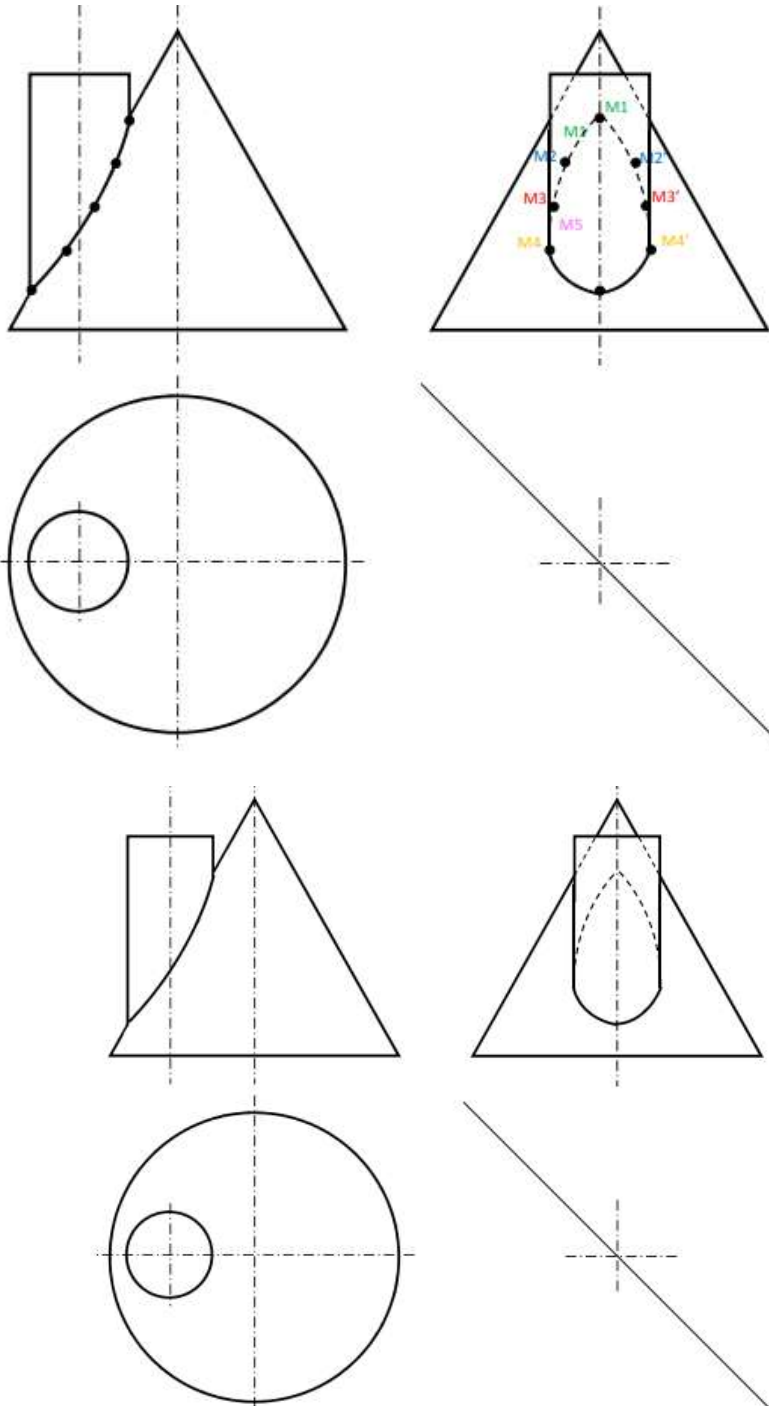
$$(D3) \cap (Cr3) = \{M3, M3'\}$$



Correction de l'exercice 2 :



Correction de l'exercice 3 :



Correction de l'exercice 4 :

Principales correspondances entre les vues.

