

Plan du cours théorique

Historique et mise en perspective

Partie I. La projection parallèle

1. Le dessin multivue (dessin technique)
2. L'axonométrie

Partie II. Géométrie numérique

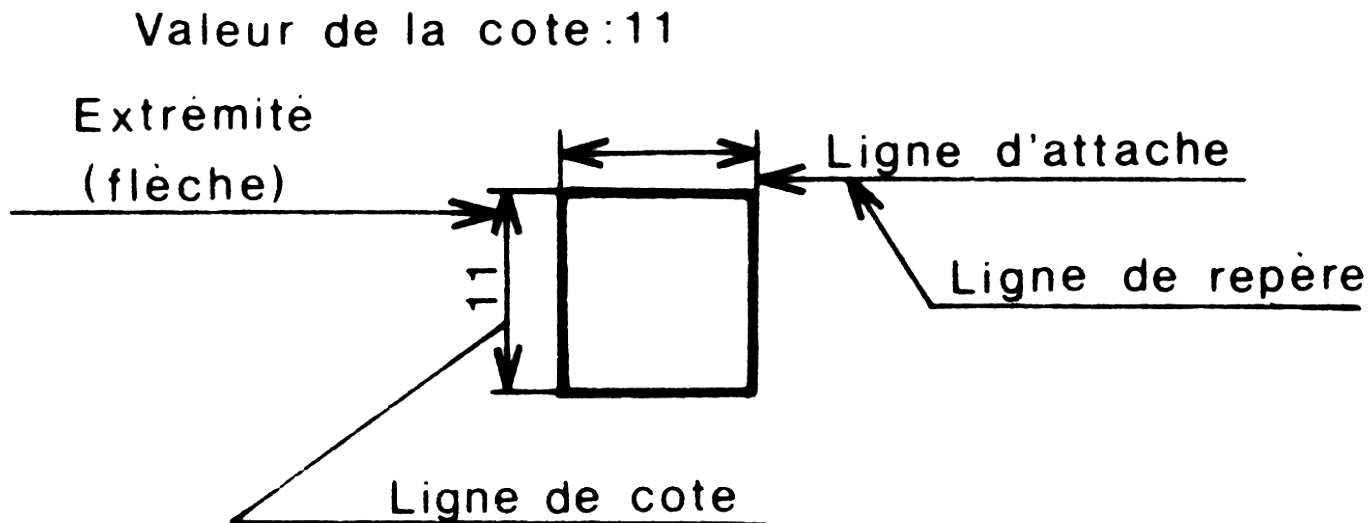
1. Courbes de Bézier
2. Les applications affines

Cotation

- La précision d'une réalisation est souvent supérieure à la précision d'un dessin
 - Un dessin technique de définition est pourvu de cotations
 - Possibilité d'indiquer des tolérances
 - Cotation
 - Horizontales, Verticales
 - Obliques
 - Diamètres / Rayons, Angles
 - Coordonnées de points

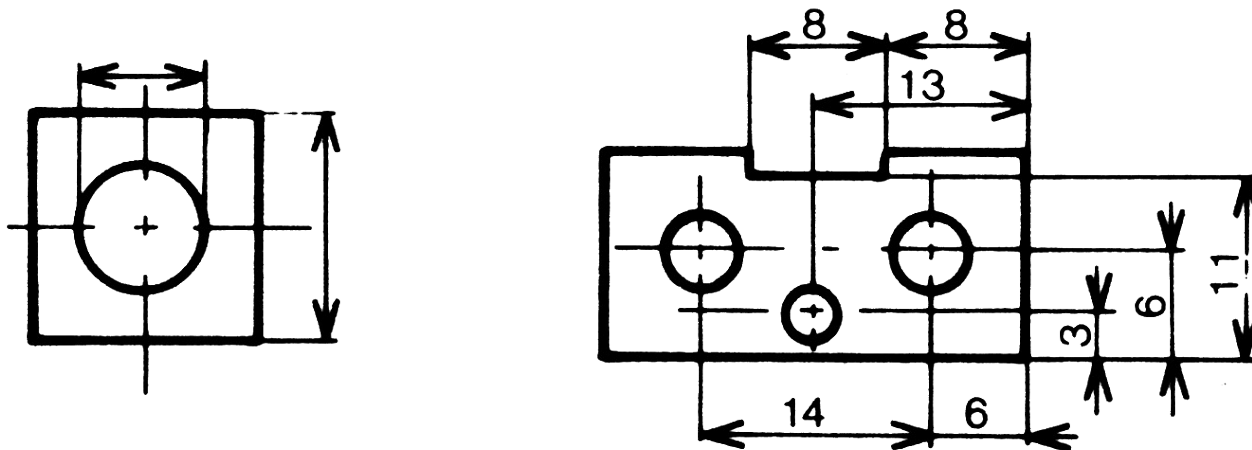
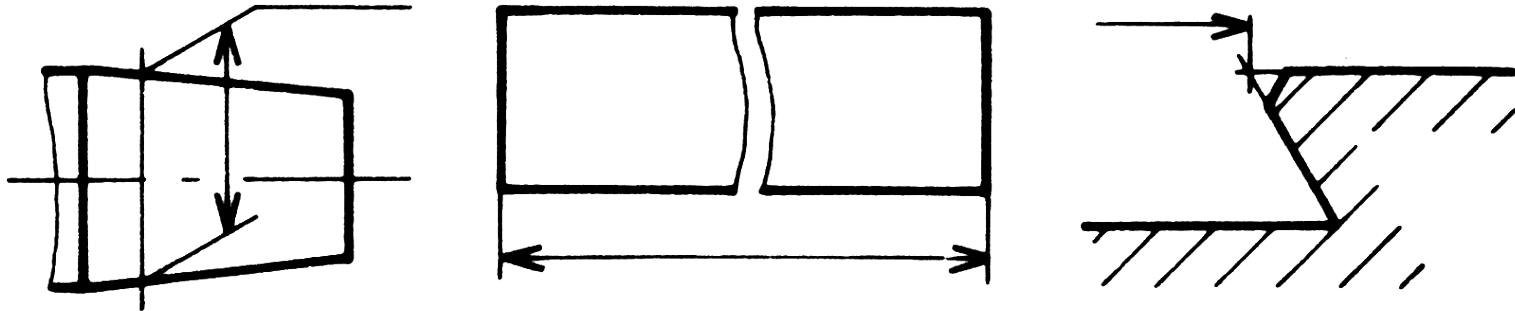
Cotation

- Éléments composant les cotes d'un dessin technique



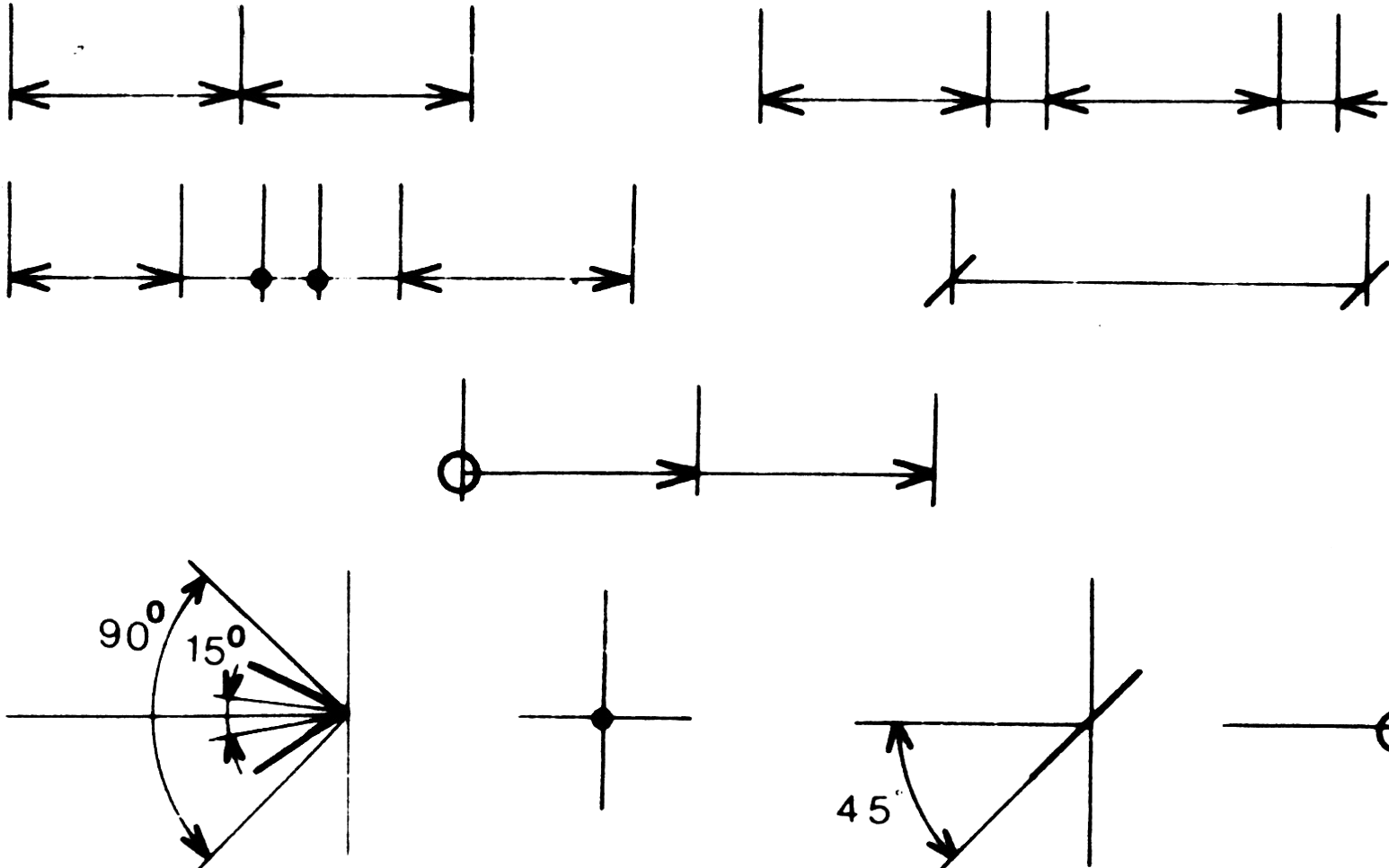
Cotation

- Lignes d'attache



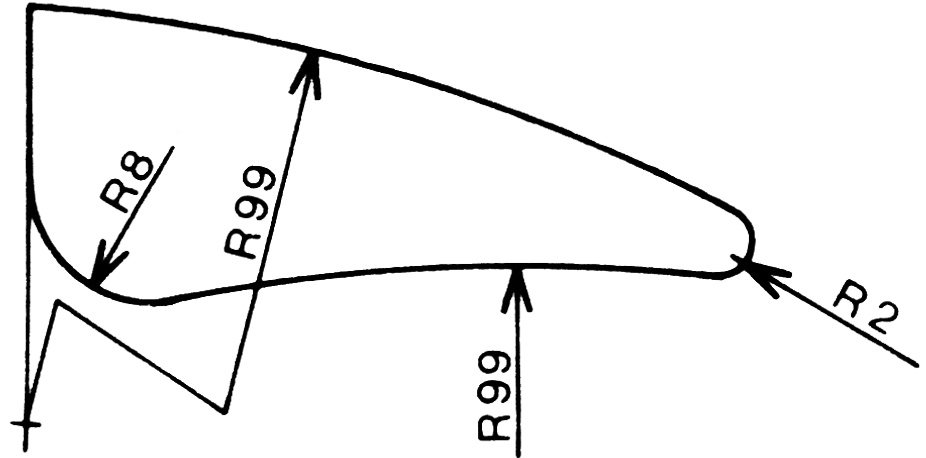
Cotation

- Extrémités des cotes

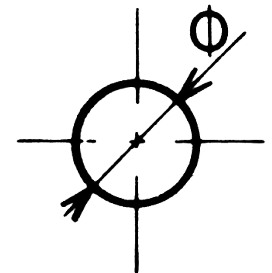
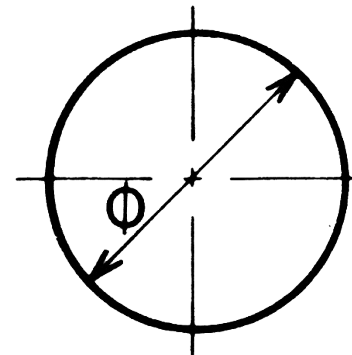
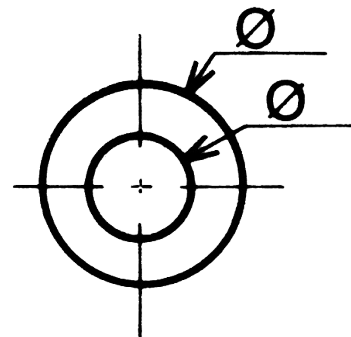
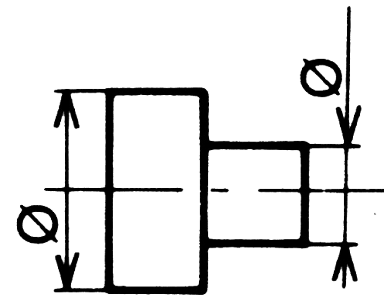
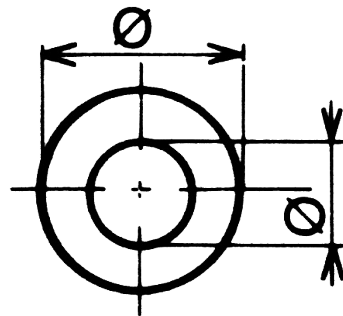


Cotations

- Rayons

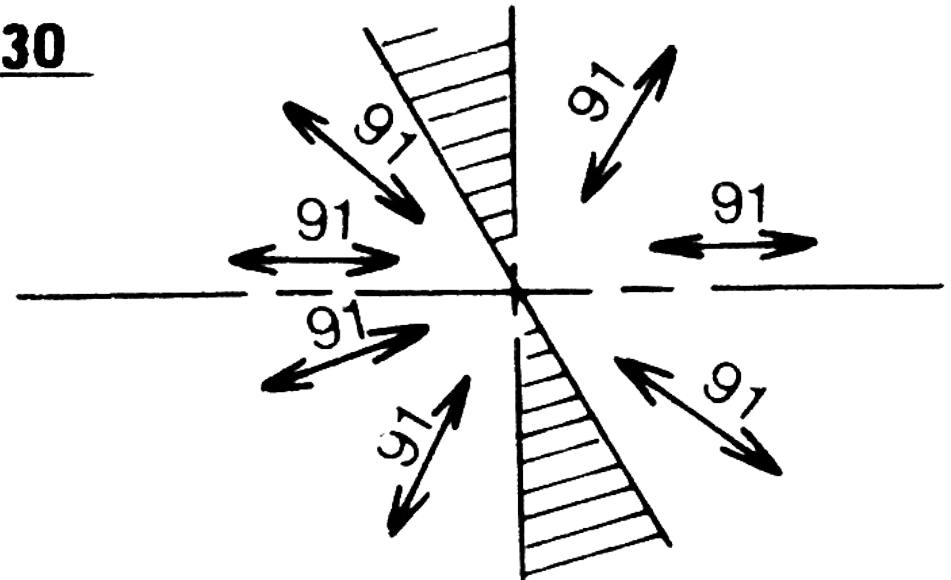
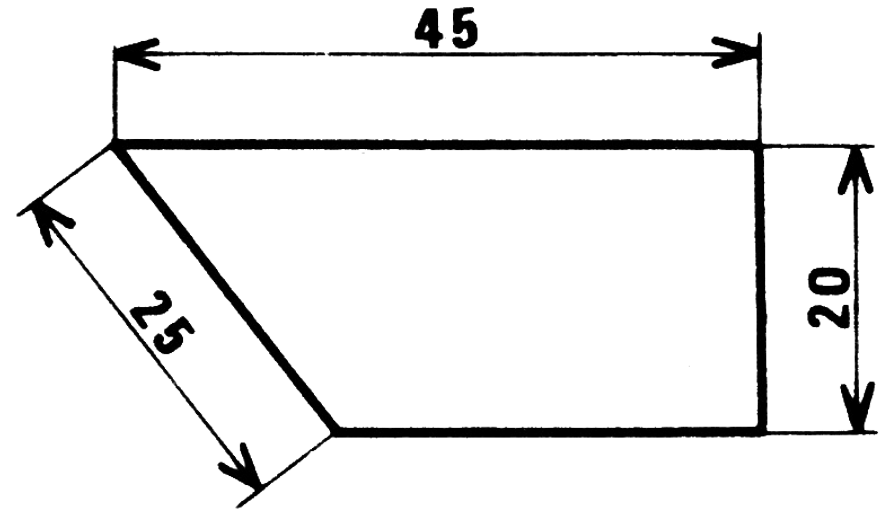
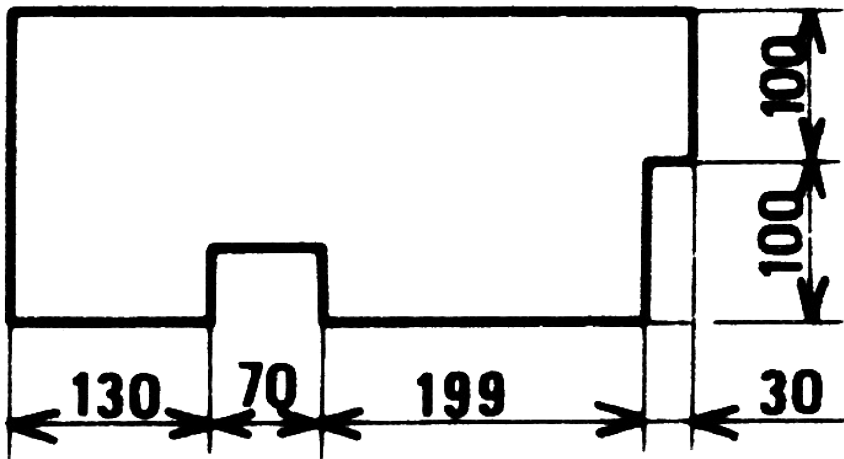


- Diamètres



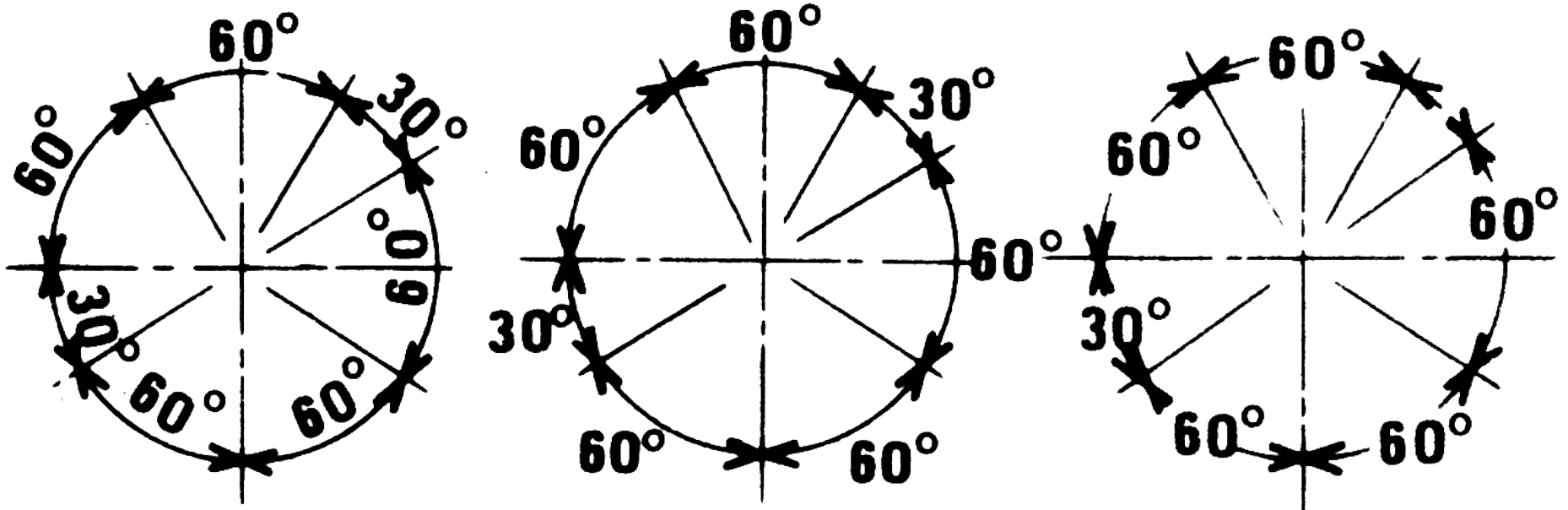
Cotation

- Position des cotes



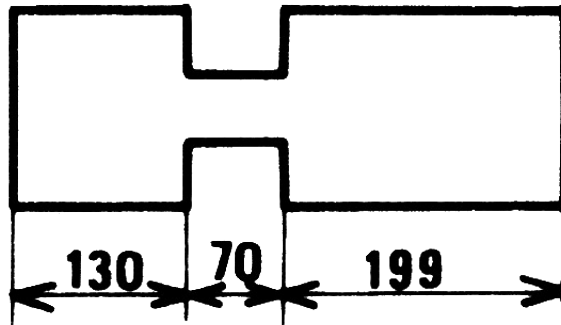
Cotation

- On peut aussi « couper » la ligne de cote avec le texte et l'orienter horizontalement
 - Lecture plus facile ?

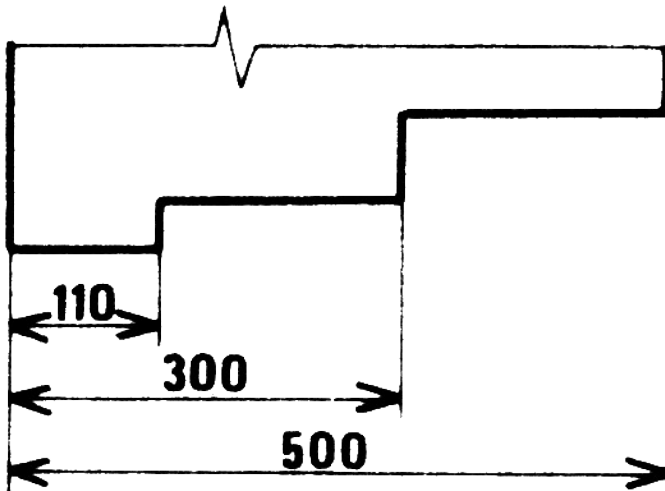


Cotation

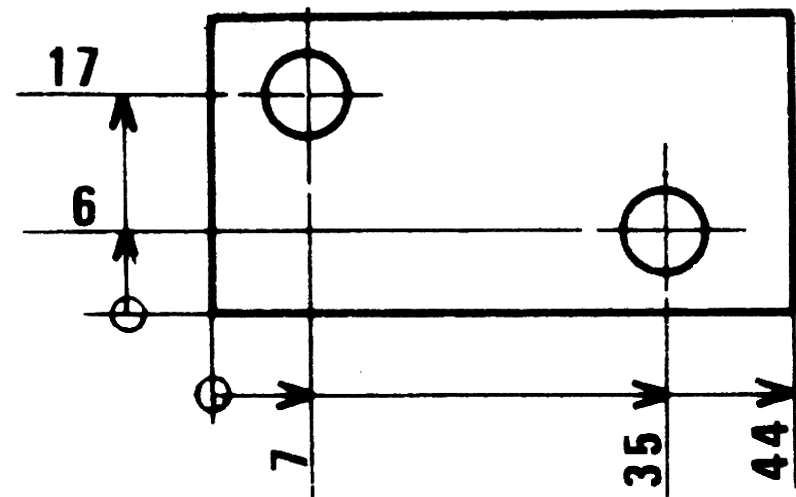
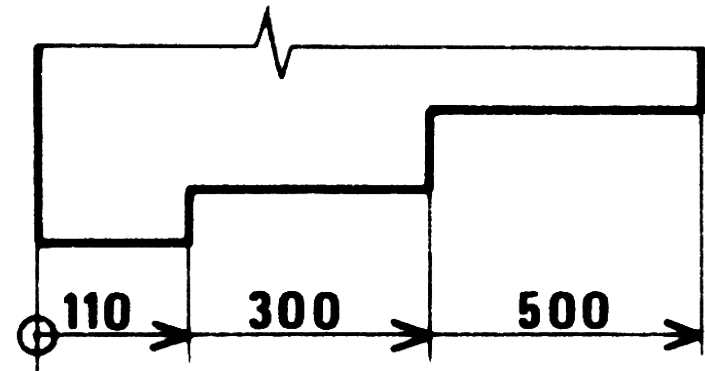
- Cotes en série



- Cotes en parallèle

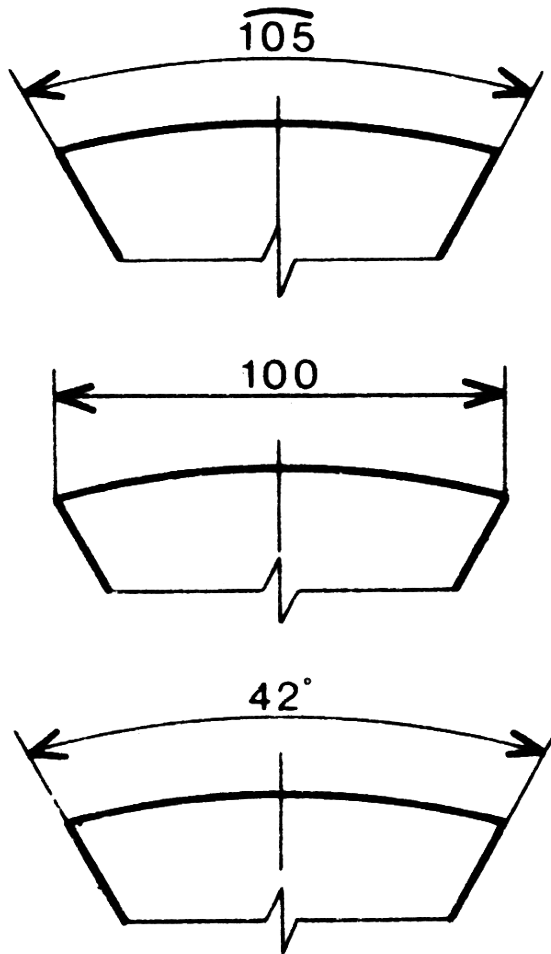


- Cotes superposées

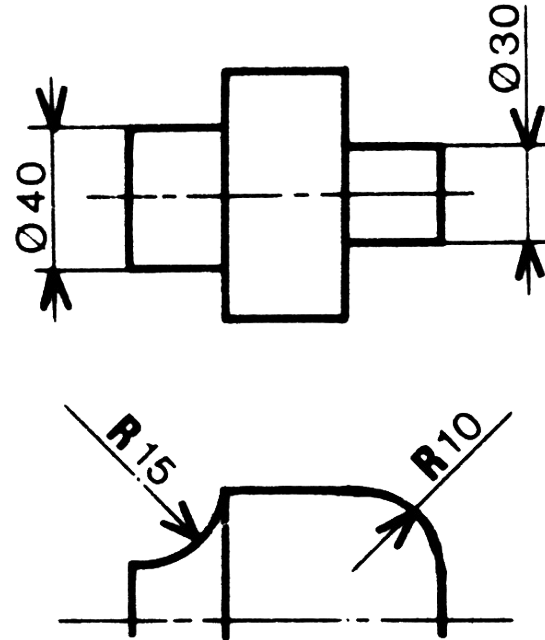


Cotation

■ Arcs

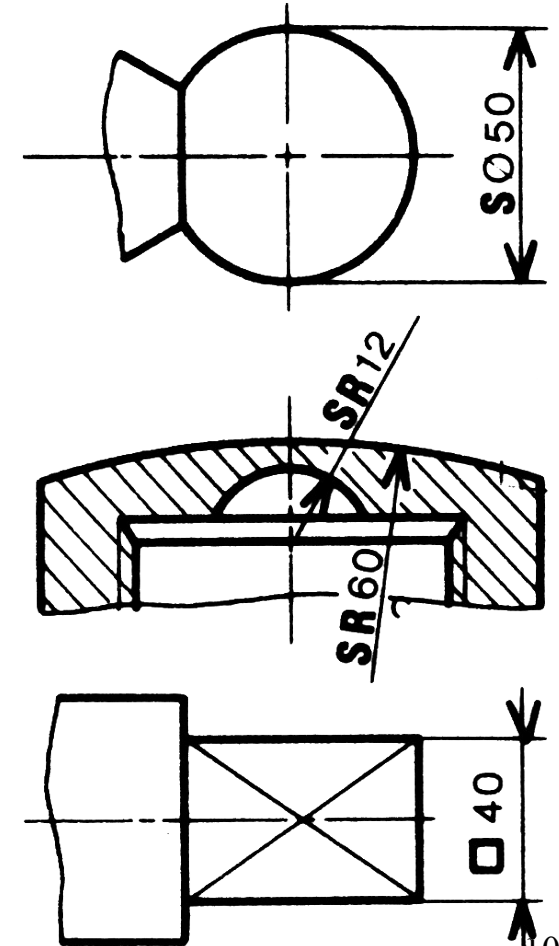


■ Formes



Solides de révolution

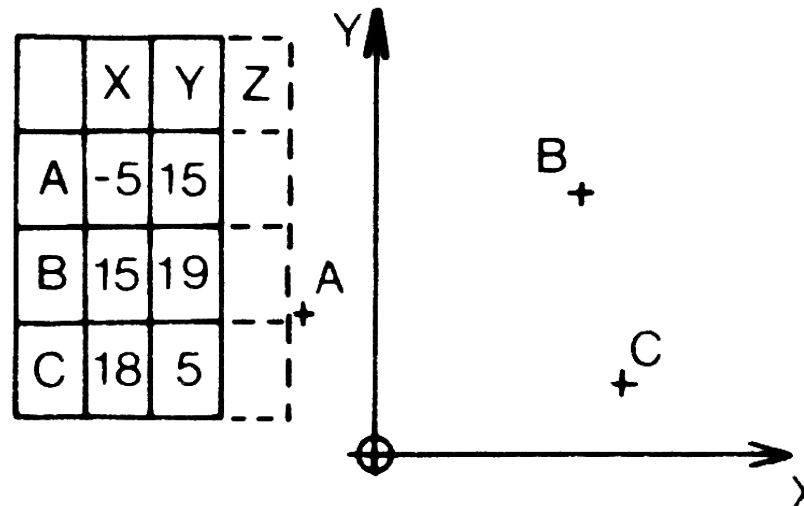
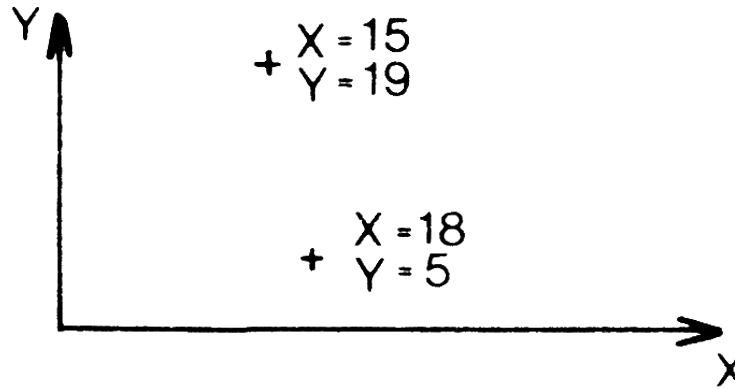
Portions de Sphères



Section carrée

Cotation

- Coordonnées cartésiennes

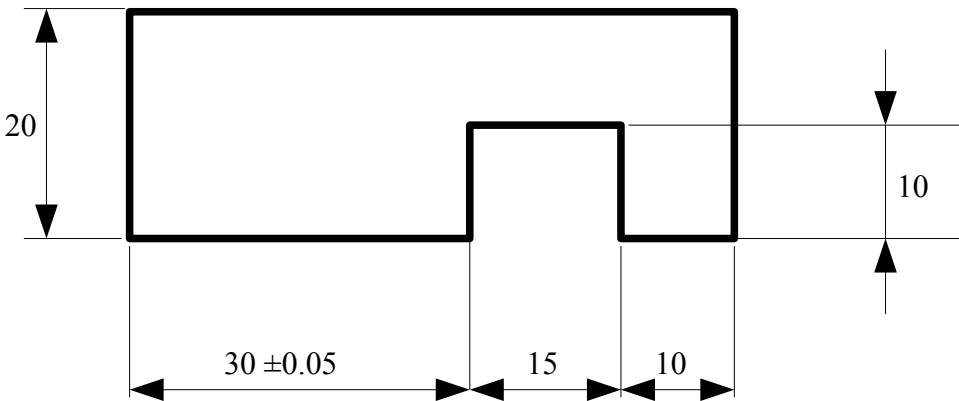


Cotation fonctionnelle

- Cotation fonctionnelle
 - Permet de s'assurer qu'une pièce réalisée en respectant le dessin est « bonne »
 - « Bonne » par rapport à une **fonction**
 - Utilisation d'unités standard (mécanique : mm)
 - Inutile de l'indiquer sur chaque cote
 - Indication des tolérances là où c'est nécessaire
 - Tolérance serrées → coût de fabrication élevé
 - Tolérances lâches → fonctions de l'objet non assurée
 - Éventuellement, une liberté peut être laissée à certains endroits
 - Cotation redondante interdite
 - Exception : mettre entre parenthèses la cote correspondante (ne doit pas servir à la vérification ; simple indication; jamais tolérancée)

Cotation fonctionnelle

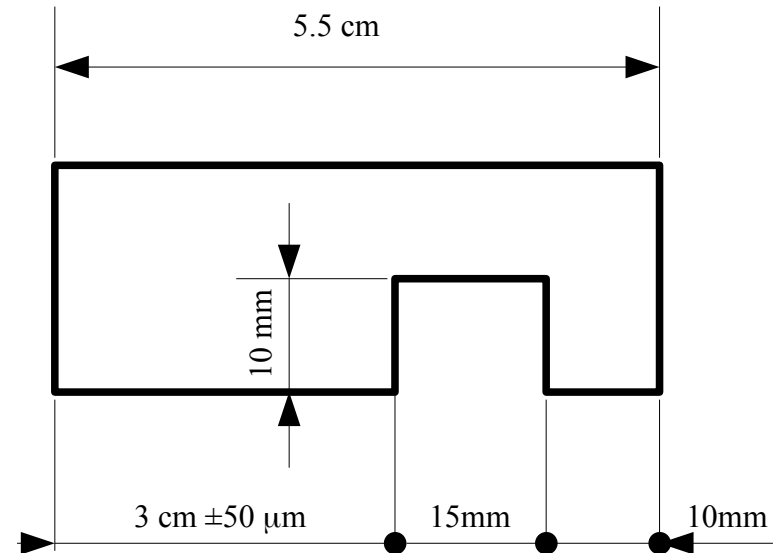
- Cotation fonctionnelle



Bonne cotation

Unité par défaut : mm

(En architecture, cm)



Mauvaise cotation

Causes :

- unités non standard
- redondance

Cotation fonctionnelle

- Cotation fonctionnelle

Chaînes de cotes non équivalentes :

- **A** est une cote redondante

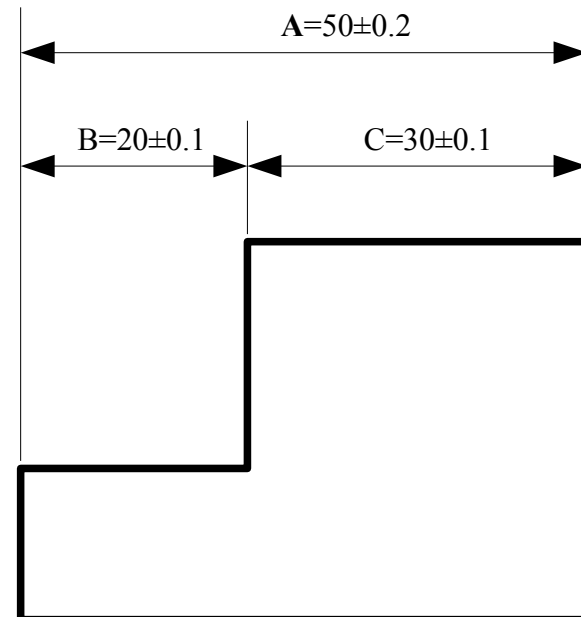
$$A_{\min} = 19.9 + 29.9 = 49.8$$

$$A_{\max} = 20.1 + 30.1 = 50.2$$

donc $A = 50 \pm 0.2$

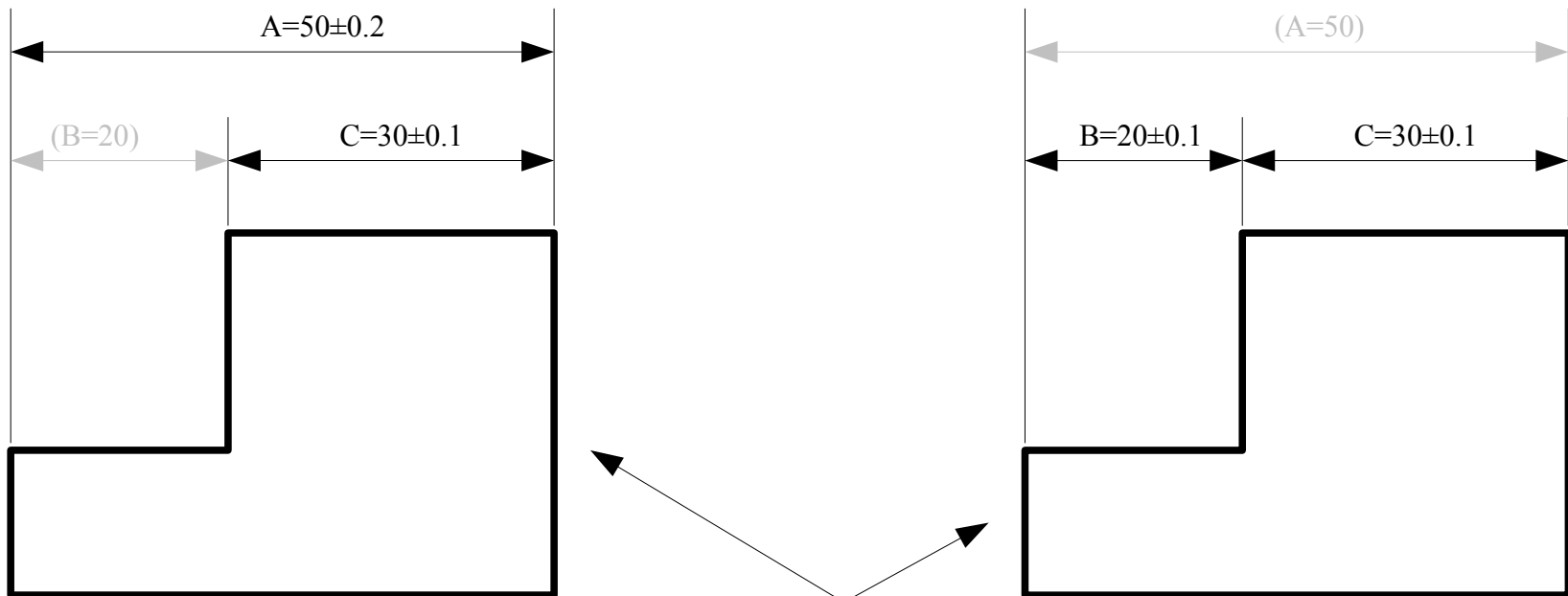
Supposons que cette cote soit inscrite et utilisée.

- Après réalisation, on mesure exactement $A = 49.9$, $C = 30.1$.
Tout semble OK
 - Quelle est la valeur mesurée de B ?
 $B = A - C = 49.9 - 30.1 = 19.8$
Valeur hors tolérance !



Cotation fonctionnelle

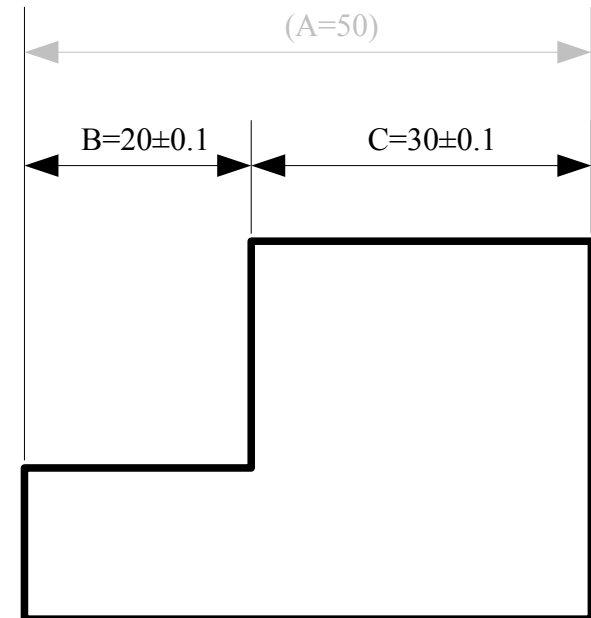
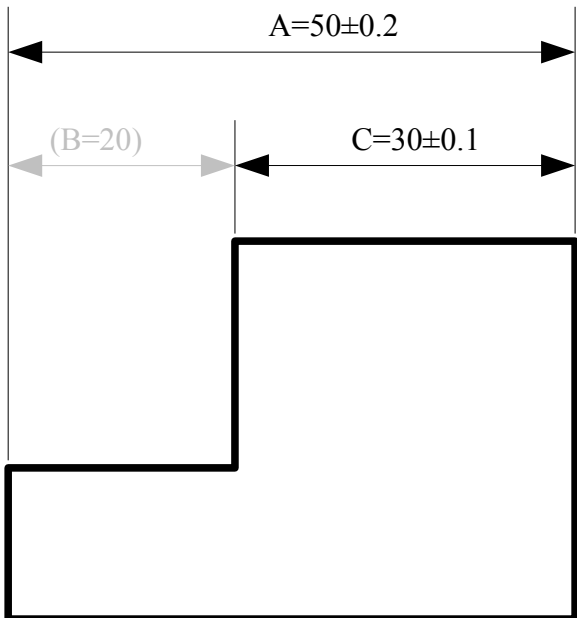
- Différentes chaînes de cotes tolérancées ne sont **pas** équivalentes
 - Les cotes nominales s'ajoutent et se retranchent
 - Les tolérances (« erreurs ») s'ajoutent toujours ...
 - Chaque tolérance indiquée doit être réalisée **individuellement**



Pièces réalisées différentes !

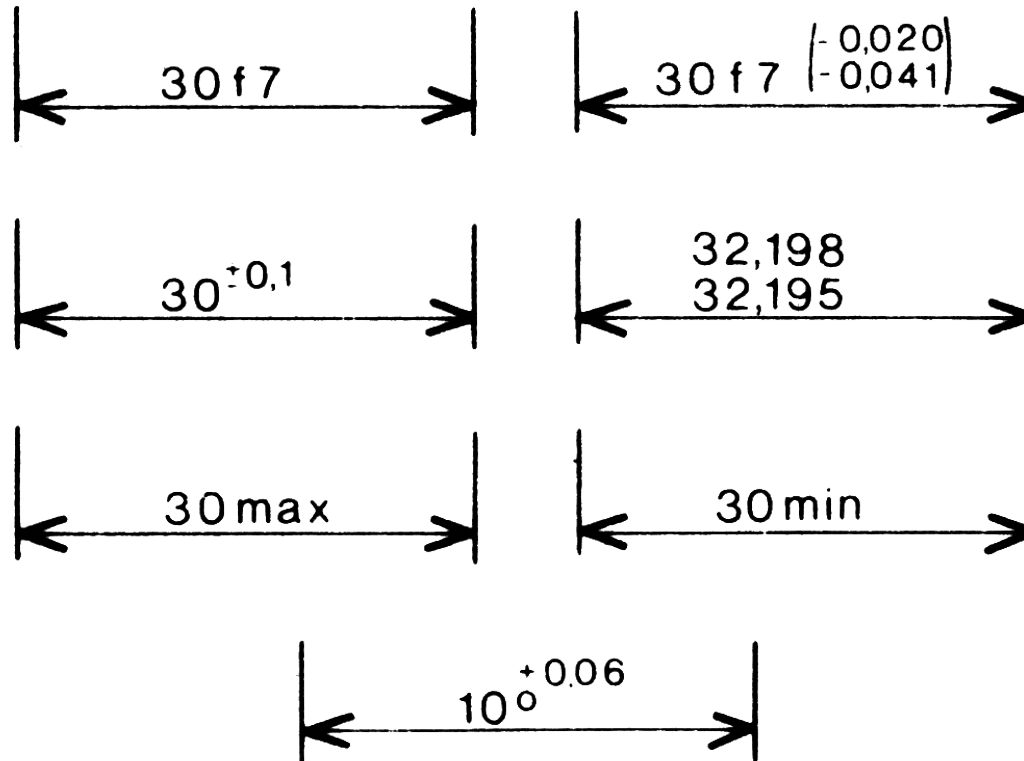
Cotation fonctionnelle

- Quelle est l'incertitude sur la cote B ?
- Quelle est l'incertitude sur la cote A ?



Cotation fonctionnelle

- Indication des tolérances dimensionnelles



Cotation fonctionnelle

- Ajustements standard ISO
 - Une tolérance d'ajustement (arbre/alésage) est constituée d'une indication de cote nominale, d'une indication de l'écart et de l'indication de la qualité de réalisation
- Exemple : 30h8 pour un arbre ,
30H8 pour un alésage .

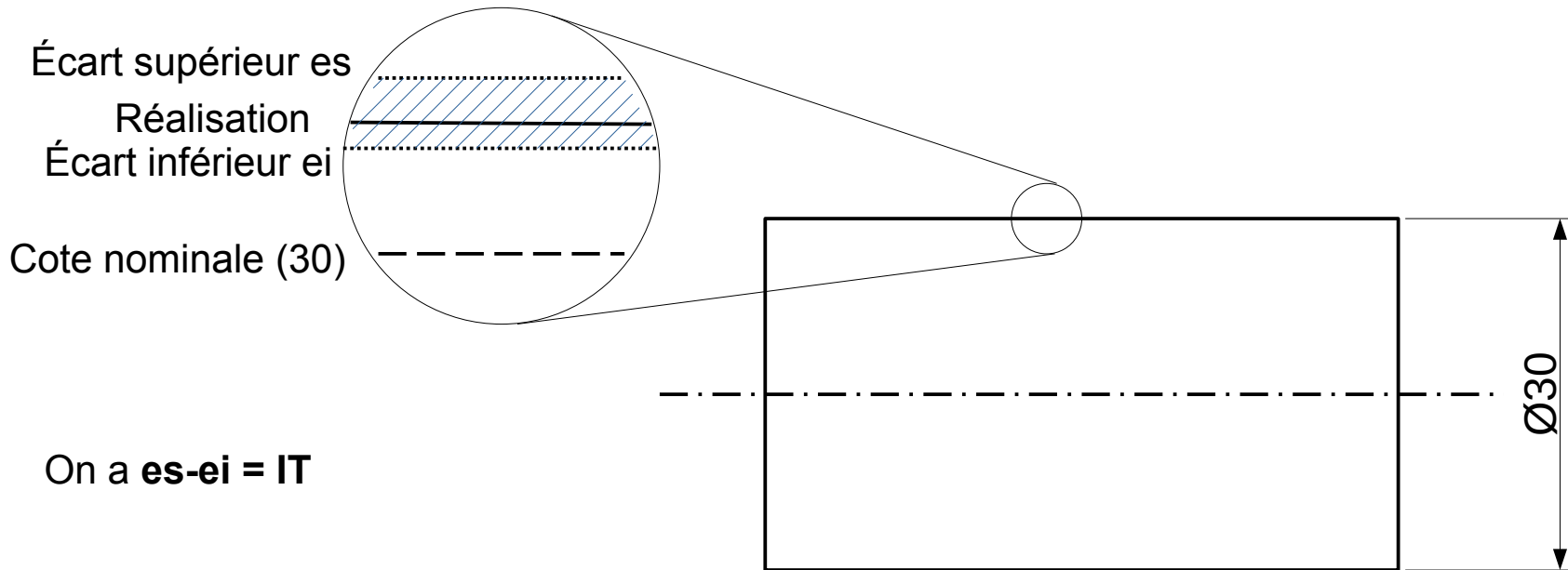
Qualité - détermine
l'intervalle de tolérance IT

Cote nominale
en mm

Lettre → Écart fondamental

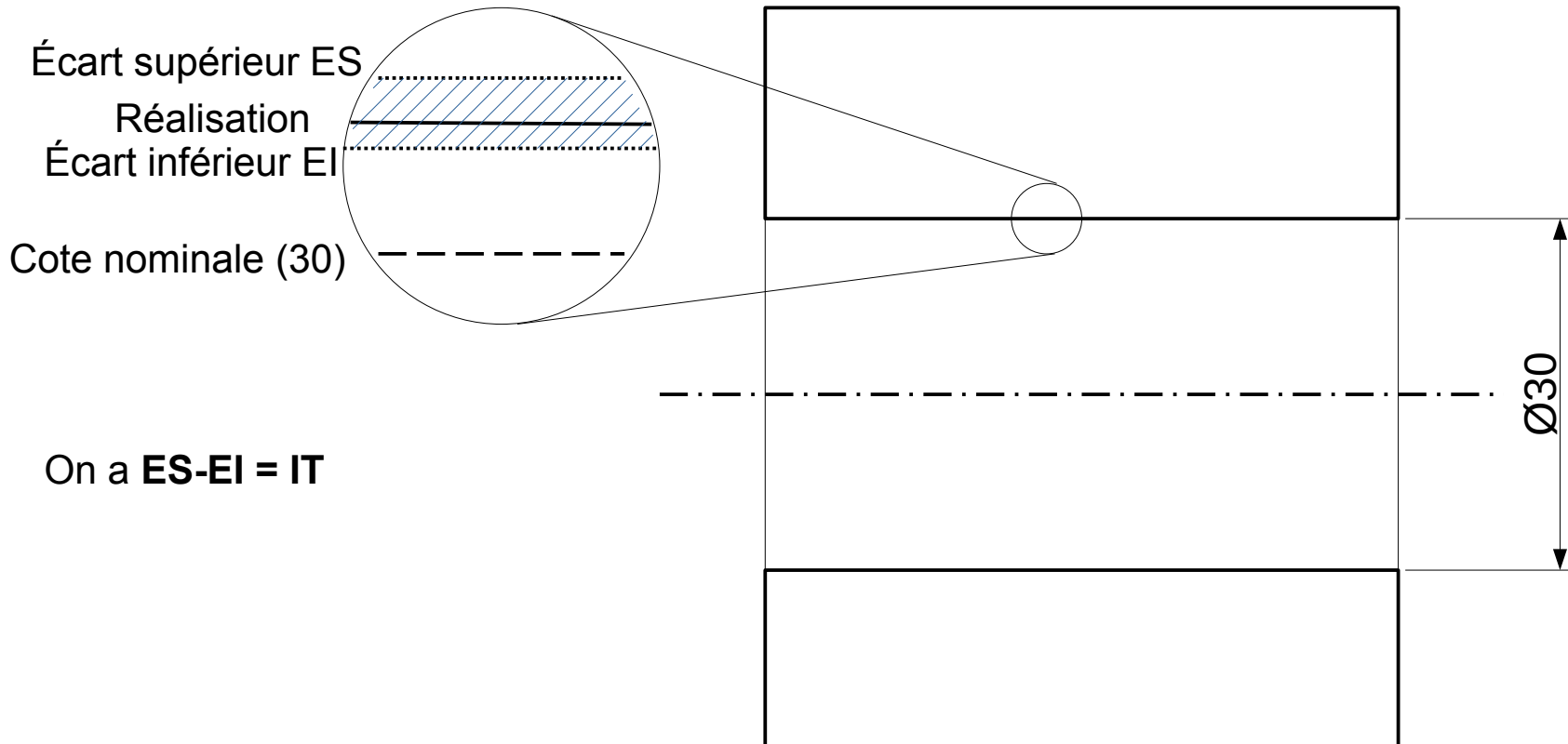
Cotation fonctionnelle

- Pour un arbre ou une mesure extérieure



Cotation fonctionnelle

- Pour un alésage ou une mesure interne

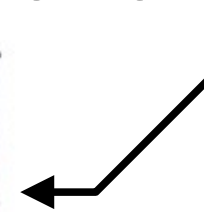


Cotation fonctionnelle

- Qualité : définit l'intervalle de tolérance IT
- C'est normalisé...et fonction de la cote nominale

14 ■ 24 TOLÉRANCES FONDAMENTALES IT * (en micromètres)

| Qualité | Jusqu'à 3 inclus | 3 à 6 inclus | 6 10 | 10 18 | 18 30 | 30 50 | 50 80 | 80 120 | 120 180 | 180 250 |
|---------|---------------------|-----------------|---------|----------|----------|----------|----------|-----------|------------|------------|
| 5 | 4 | 5 | 6 | 8 | 9 | 11 | 13 | 15 | 18 | 20 |
| 6 | 6 | 8 | 9 | 11 | 13 | 16 | 19 | 22 | 25 | 29 |
| 7 | 10 | 12 | 15 | 18 | 21 | 25 | 30 | 35 | 40 | 46 |
| 8 | 14 | 18 | 22 | 27 | 33 | 39 | 46 | 54 | 63 | 72 |
| 9 | 25 | 30 | 36 | 43 | 52 | 62 | 74 | 87 | 100 | 115 |
| 10 | 40 | 48 | 58 | 70 | 84 | 100 | 120 | 140 | 160 | 185 |
| 11 | 60 | 75 | 90 | 110 | 130 | 160 | 190 | 220 | 250 | 290 |
| 12 | 100 | 120 | 150 | 180 | 210 | 250 | 300 | 350 | 400 | 460 |
| 13 | 140 | 180 | 220 | 270 | 330 | 390 | 460 | 540 | 630 | 720 |
| 14 | 250 | 300 | 360 | 430 | 520 | 620 | 740 | 870 | 1 000 | 1 150 |
| 15 | 400 | 480 | 580 | 700 | 840 | 1 000 | 1 200 | 1 400 | 1 600 | 1 850 |
| 16 | 600 | 750 | 900 | 1 100 | 1 300 | 1 600 | 1 900 | 2 200 | 2 500 | 2 900 |



Cotation fonctionnelle

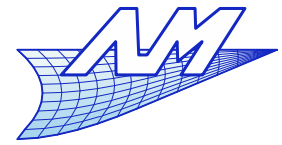
- Qualité : définit l'intervalle de tolérance IT
- Exemple avec
30h8 ou 30H8

↓

| 14 ■ 24 TOLÉRANCES FONDAMENTALES IT * (en micromètres) | | | | | | | | | | |
|--|------------------|--------------|------|-------|-------|-------|-------|--------|---------|---------|
| Qualité | Jusqu'à 3 inclus | 3 à 6 inclus | 6 10 | 10 18 | 18 30 | 30 50 | 50 80 | 80 120 | 120 180 | 180 250 |
| 5 | 4 | 5 | 6 | 8 | 9 | 11 | 13 | 15 | 18 | 20 |
| 6 | 6 | 8 | 9 | 11 | 13 | 16 | 19 | 22 | 25 | 29 |
| 7 | 10 | 12 | 15 | 18 | 21 | 25 | 30 | 35 | 40 | 46 |
| 8 | 14 | 18 | 22 | 27 | 33 | 39 | 46 | 54 | 63 | 72 |
| 9 | 25 | 30 | 36 | 43 | 52 | 62 | 74 | 87 | 100 | 115 |
| 10 | 40 | 48 | 58 | 70 | 84 | 100 | 120 | 140 | 160 | 185 |
| 11 | 60 | 75 | 90 | 110 | 130 | 160 | 190 | 220 | 250 | 290 |
| 12 | 100 | 120 | 150 | 180 | 210 | 250 | 300 | 350 | 400 | 460 |
| 13 | 140 | 180 | 220 | 270 | 330 | 390 | 460 | 540 | 630 | 720 |
| 14 | 250 | 300 | 360 | 430 | 520 | 620 | 740 | 870 | 1 000 | 1 150 |
| 15 | 400 | 480 | 580 | 700 | 840 | 1 000 | 1 200 | 1 400 | 1 600 | 1 850 |
| 16 | 600 | 750 | 900 | 1 100 | 1 300 | 1 600 | 1 900 | 2 200 | 2 500 | 2 900 |

← Cote nominale

IT = Intervalle de Tolérance en microns.



Alésages

| ALÉSAGES | PRINCIPAUX ÉCARTS EN MICROMETRES | | | | | | | | Température de référence : 20 °C | | | | |
|----------|----------------------------------|--------------|--------------|---------------|---------------|---------------|----------------|----------------|----------------------------------|----------------|----------------|----------------|----------------|
| | Jusqu'à 3 inclus | 3 à 6 inclus | 6 à 10 | 10 à 18 | 18 à 30 | 30 à 50 | 50 à 80 | 80 à 120 | 120 à 180 | 180 à 250 | 250 à 315 | 315 à 400 | 400 à 500 |
| D 10 | + 60 + 20 | + 78 + 30 | + 98 + 40 | + 120 + 50 | + 149 + 65 | + 180 + 80 | + 220 + 100 | + 260 + 120 | + 305 + 145 | + 355 + 170 | + 400 + 190 | + 440 + 210 | + 480 + 230 |
| F 7 | + 16 + 6 | + 22 + 10 | + 28 + 13 | + 34 + 16 | + 41 + 20 | + 50 + 25 | + 60 + 30 | + 71 + 36 | + 83 + 43 | + 96 + 50 | + 108 + 56 | + 119 + 62 | + 131 + 68 |
| G 6 | + 8 + 2 | + 12 + 4 | + 14 + 5 | + 17 + 6 | + 20 + 7 | + 25 + 9 | + 29 + 10 | + 34 + 12 | + 39 + 14 | + 44 + 15 | + 49 + 17 | + 54 + 18 | + 60 + 20 |
| H 6 | + 6 0 | + 8 0 | + 9 0 | + 11 0 | + 13 0 | + 16 0 | + 19 0 | + 22 0 | + 25 0 | + 29 0 | + 32 0 | + 36 0 | + 40 0 |
| H 7 | + 10 0 | + 12 0 | + 15 0 | + 18 0 | + 21 0 | + 25 0 | + 30 0 | + 35 0 | + 40 0 | + 46 0 | + 52 0 | + 57 0 | + 63 0 |
| H 8 | + 14 0 | + 18 0 | + 22 0 | + 27 0 | + 33 0 | + 39 0 | + 46 0 | + 54 0 | + 63 0 | + 72 0 | + 81 0 | + 89 0 | + 97 0 |
| H 9 | + 25 0 | + 30 0 | + 36 0 | + 43 0 | + 52 0 | + 62 0 | + 74 0 | + 87 0 | + 100 0 | + 115 0 | + 130 0 | + 140 0 | + 155 0 |
| H 10 | + 40 0 | + 48 0 | + 58 0 | + 70 0 | + 84 0 | + 100 0 | + 120 0 | + 140 0 | + 160 0 | + 185 0 | + 210 0 | + 230 0 | + 250 0 |
| H 11 | + 60 0 | + 75 0 | + 90 0 | + 110 0 | + 130 0 | + 160 0 | + 190 0 | + 210 0 | + 250 0 | + 290 0 | + 320 0 | + 360 0 | + 400 0 |
| H 12 | + 100 0 | + 120 0 | + 150 0 | + 180 0 | + 210 0 | + 250 0 | + 300 0 | + 350 0 | + 400 0 | + 460 0 | + 520 0 | + 570 0 | + 630 0 |
| H 13 | + 140 0 | + 180 0 | + 220 0 | + 270 0 | + 330 0 | + 390 0 | + 460 0 | + 540 0 | + 630 0 | + 720 0 | + 810 0 | + 890 0 | + 970 0 |
| J 7 | + 4 - 6 | + 6 - 6 | + 8 - 7 | + 10 - 8 | + 12 - 9 | + 14 - 11 | + 18 - 12 | + 22 - 13 | + 26 - 14 | + 30 - 16 | + 36 - 16 | + 39 - 18 | + 43 - 20 |
| K 6 | 0 - 6 | + 2 - 6 | + 2 - 7 | + 2 - 9 | + 2 - 11 | + 3 - 13 | + 4 - 15 | + 4 - 18 | + 4 - 21 | + 5 - 24 | + 5 - 27 | + 7 - 29 | + 8 - 32 |
| K 7 | 0 - 10 | + 3 - 9 | + 5 - 10 | + 6 - 12 | + 6 - 15 | + 7 - 18 | + 9 - 21 | + 10 - 25 | + 12 - 28 | + 13 - 33 | + 16 - 36 | + 17 - 40 | + 18 - 45 |
| M 7 | - 2 - 12 | 0 - 12 | 0 - 15 | 0 - 18 | 0 - 21 | 0 - 25 | 0 - 30 | 0 - 35 | 0 - 40 | 0 - 46 | 0 - 52 | 0 - 57 | 0 - 63 |
| N 7 | - 4 - 14 | - 4 - 16 | - 4 - 19 | - 5 - 23 | - 7 - 28 | - 8 - 33 | - 9 - 39 | - 10 - 45 | - 12 - 52 | - 14 - 60 | - 14 - 66 | - 16 - 73 | - 17 - 80 |
| N 9 | - 4 - 29 | 0 - 30 | 0 - 36 | 0 - 43 | 0 - 52 | 0 - 62 | 0 - 74 | 0 - 87 | 0 - 100 | 0 - 115 | 0 - 130 | 0 - 140 | 0 - 155 |
| P 6 | - 6 - 12 | - 9 - 17 | - 12 - 21 | - 15 - 26 | - 18 - 31 | - 21 - 37 | - 26 - 45 | - 30 - 52 | - 36 - 61 | - 41 - 70 | - 47 - 79 | - 51 - 87 | - 55 - 95 |
| P 7 | - 6 - 16 | - 8 - 20 | - 9 - 24 | - 11 - 29 | - 14 - 35 | - 17 - 42 | - 21 - 51 | - 24 - 59 | - 28 - 68 | - 33 - 79 | - 36 - 88 | - 41 - 98 | - 45 - 108 |
| P 9 | - 9 - 31 | - 12 - 42 | - 15 - 51 | - 18 - 61 | - 22 - 74 | - 26 - 88 | - 32 - 106 | - 37 - 124 | - 43 - 143 | - 50 - 165 | - 56 - 186 | - 62 - 202 | - 68 - 223 |

JS = ± IT/2

* Utiliser de préférence les qualités teintées

| ARBRES | Jusqu'à 3 inclus | 3 à 6 inclus | 6 à 10 | 10 à 18 | 18 à 30 | 30 à 50 | 50 à 80 | 80 à 120 | 120 à 180 | 180 à 250 | 250 à 315 | 315 à 400 | 400 à 500 |
|--------|---------------------|-----------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|----------------|----------------|----------------|
| a 11 | -270 -330 | -270 -345 | -280 -370 | -290 -400 | -300 -430 | -320 -470 | -360 -530 | -410 -600 | -580 -710 | -820 -950 | -1050 -1240 | -1350 -1560 | -1650 -1900 |
| c 11 | -60 -120 | -70 -145 | -80 -170 | -95 -205 | -110 -240 | -130 -280 | -150 -330 | -180 -390 | -230 -450 | -280 -530 | -330 -620 | -400 -720 | -480 -840 |
| d 9 | -20 -45 | -30 -60 | -40 -75 | -50 -93 | -65 -117 | -80 -142 | -100 -174 | -120 -207 | -145 -245 | -170 -285 | -190 -320 | -210 -350 | -230 -385 |
| d 10 | -60 -60 | -30 -78 | -40 -98 | -50 -120 | -65 -149 | -80 -180 | -100 -220 | -120 -250 | -145 -205 | -170 -355 | -190 -400 | -210 -440 | -230 -480 |
| d 11 | -20 -80 | -30 -105 | -40 -130 | -50 -160 | -65 -195 | -80 -240 | -100 -290 | -120 -340 | -145 -395 | -170 -460 | -190 -510 | -210 -570 | -230 -630 |
| e 7 | -14 -24 | -20 -32 | -25 -40 | -32 -50 | -40 -61 | -50 -75 | -60 -90 | -72 -107 | -85 -125 | -100 -146 | -110 -162 | -125 -182 | -135 -198 |
| e 8 | -14 -28 | -20 -38 | -25 -47 | -32 -59 | -40 -73 | -50 -89 | -60 -106 | -72 -126 | -85 -148 | -100 -172 | -110 -191 | -125 -214 | -135 -232 |
| e 9 | -14 -39 | -20 -50 | -25 -61 | -32 -75 | -40 -92 | -50 -112 | -60 -134 | -72 -159 | -85 -185 | -100 -215 | -110 -240 | -125 -265 | -135 -290 |
| f 6 | -6 -12 | -10 -18 | -13 -22 | -16 -27 | -20 -33 | -25 -41 | -30 -49 | -36 -58 | -43 -68 | -50 -79 | -56 -88 | -62 -98 | -68 -108 |
| f 7 | -6 -16 | -10 -22 | -13 -28 | -16 -34 | -20 -41 | -25 -50 | -30 -60 | -36 -71 | -43 -83 | -50 -96 | -56 -106 | -62 -119 | -68 -131 |
| f 8 | -6 -20 | -10 -28 | -13 -35 | -16 -43 | -20 -53 | -25 -64 | -30 -76 | -36 -90 | -43 -106 | -50 -122 | -56 -137 | -62 -151 | -68 -165 |
| g 5 | -2 -6 | -4 -9 | -5 -11 | -6 -14 | -7 -16 | -9 -20 | -10 -23 | -12 -27 | -14 -32 | -15 -35 | -17 -40 | -18 -43 | -20 -47 |
| g 6 | -2 -8 | -4 -12 | -5 -14 | -6 -17 | -7 -20 | -9 -25 | -10 -29 | -12 -34 | -14 -39 | -15 -44 | -17 -49 | -18 -54 | -20 -60 |
| h 5 | 0 -4 | 0 -5 | 0 -6 | 0 -8 | 0 -9 | 0 -11 | 0 -13 | 0 -15 | 0 -18 | 0 -20 | 0 -23 | 0 -25 | 0 -27 |
| h 6 | 0 -6 | 0 -8 | 0 -9 | 0 -11 | 0 -13 | 0 -16 | 0 -19 | 0 -22 | 0 -25 | 0 -29 | 0 -32 | 0 -36 | 0 -40 |
| h 7 | 0 -10 | 0 -12 | 0 -15 | 0 -18 | 0 -21 | 0 -25 | 0 -30 | 0 -35 | 0 -40 | 0 -46 | 0 -52 | 0 -57 | 0 -63 |
| h 8 | 0 -14 | 0 -18 | 0 -22 | 0 -27 | 0 -33 | 0 -39 | 0 -46 | 0 -54 | 0 -63 | 0 -72 | 0 -81 | 0 -89 | 0 -97 |
| h 9 | 0 -25 | 0 -30 | 0 -36 | 0 -43 | 0 -52 | 0 -62 | 0 -74 | 0 -87 | 0 -100 | 0 -115 | 0 -130 | 0 -140 | 0 -155 |
| h 10 | 0 -40 | 0 -48 | 0 -58 | 0 -70 | 0 -84 | 0 -100 | 0 -120 | 0 -140 | 0 -160 | 0 -185 | 0 -210 | 0 -230 | 0 -250 |
| h 11 | 0 -60 | 0 -75 | 0 -90 | 0 -110 | 0 -130 | 0 -160 | 0 -190 | 0 -220 | 0 -250 | 0 -290 | 0 -320 | 0 -360 | 0 -400 |
| h 13 | 0 -140 | 0 -180 | 0 -220 | 0 -270 | 0 -330 | 0 -390 | 0 -460 | 0 -540 | 0 -630 | 0 -720 | 0 -810 | 0 -890 | 0 -970 |
| j 6 | +4 -2 | +6 -2 | +7 -2 | +8 -3 | +9 -4 | +11 -5 | +12 -7 | +13 -9 | +14 -11 | +16 -13 | +16 -16 | +18 -18 | +20 -20 |
| js 5 | ± 2 | ± 2,5 | ± 3 | ± 4 | ± 4,5 | ± 5,5 | ± 6,5 | ± 7,5 | ± 9 | ± 10 | ± 11,5 | ± 12,5 | ± 13,5 |
| js 6 | ± 3 | ± 4 | ± 4,5 | ± 5,5 | ± 6,5 | ± 8 | ± 9,5 | ± 11 | ± 12,5 | ± 14,5 | ± 16 | ± 18 | ± 20 |
| js 9 | ± 12 | ± 15 | ± 18 | ± 21 | ± 26 | ± 31 | ± 37 | ± 43 | ± 50 | ± 57 | ± 65 | ± 70 | ± 77 |
| js 11 | ± 30 | ± 37 | ± 45 | ± 55 | ± 65 | ± 80 | ± 95 | ± 110 | ± 125 | ± 145 | ± 160 | ± 180 | ± 200 |
| k 5 | + 4 0 | + 6 + 1 | + 7 + 1 | + 9 + 1 | + 11 + 2 | + 13 + 2 | + 15 + 2 | + 18 + 3 | + 21 + 3 | + 24 + 4 | + 27 + 4 | + 29 + 4 | + 32 + 5 |
| k 6 | + 6 0 | + 9 + 1 | + 10 + 1 | + 12 + 1 | + 15 + 2 | + 18 + 2 | + 21 + 2 | + 25 + 3 | + 28 + 3 | + 33 + 4 | + 36 + 4 | + 40 + 4 | + 45 + 5 |
| m 5 | + 6 + 2 | + 9 + 4 | + 12 + 6 | + 15 + 7 | + 17 + 8 | + 20 + 9 | + 24 + 11 | + 28 + 13 | + 33 + 15 | + 37 + 17 | + 43 + 20 | + 46 + 21 | + 50 + 23 |
| m 6 | + 8 + 2 | + 12 + 4 | + 15 + 6 | + 18 + 7 | + 21 + 8 | + 25 + 9 | + 30 + 11 | + 35 + 13 | + 40 + 15 | + 46 + 17 | + 52 + 20 | + 57 + 21 | + 63 + 23 |
| n 6 | + 10 + 4 | + 16 + 8 | + 19 + 10 | + 23 + 12 | + 28 + 15 | + 33 + 17 | + 39 + 20 | + 45 + 23 | + 52 + 27 | + 60 + 31 | + 66 + 34 | + 73 + 40 | + 80 + 40 |
| p 6 | + 12 + 6 | + 20 + 12 | + 24 + 15 | + 29 + 18 | + 35 + 22 | + 42 + 26 | + 51 + 32 | + 59 + 37 | + 68 + 43 | + 79 + 50 | + 88 + 56 | + 98 + 62 | + 108 + 68 |

js = ± 1/2 (voir tableau 14.24).

Arbres

| | | | | | | | | | | | | | |
|-----|-------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|---------------|---------------|---------------|---------------|---------------|
| f6 | - 6 - 12 | - 10 - 18 | - 13 - 22 | - 16 - 27 | - 20 - 33 | - 25 - 41 | - 30 - 49 | - 36 - 58 | - 43 - 68 | - 50 - 79 | - 56 - 88 | - 62 - 98 | - 68 - 108 |
| f7 | - 6 - 16 | - 10 - 22 | - 13 - 28 | - 16 - 34 | - 20 - 41 | - 25 - 50 | - 30 - 60 | - 36 - 71 | - 43 - 83 | - 50 - 96 | - 56 - 106 | - 62 - 119 | - 68 - 131 |
| f8 | - 6 - 20 | - 10 - 28 | - 13 - 35 | - 16 - 43 | - 20 - 53 | - 25 - 64 | - 30 - 76 | - 36 - 90 | - 43 - 106 | - 50 - 122 | - 56 - 137 | - 62 - 151 | - 68 - 165 |
| g5 | - 2 - 6 | - 4 - 9 | - 5 - 11 | - 6 - 14 | - 7 - 16 | - 9 - 20 | - 10 - 23 | - 12 - 27 | - 14 - 32 | - 15 - 35 | - 17 - 40 | - 18 - 43 | - 20 - 47 |
| g6 | - 2 - 8 | - 4 - 12 | - 5 - 14 | - 6 - 17 | - 7 - 20 | - 9 - 25 | - 10 - 29 | - 12 - 34 | - 14 - 39 | - 15 - 44 | - 17 - 49 | - 18 - 54 | - 20 - 60 |
| h5 | 0 - 4 | 0 - 5 | 0 - 6 | 0 - 8 | 0 - 9 | 0 - 11 | 0 - 13 | 0 - 15 | 0 - 18 | 0 - 20 | 0 - 23 | 0 - 25 | 0 - 27 |
| h6 | 0 - 6 | 0 - 8 | 0 - 9 | 0 - 11 | 0 - 13 | 0 - 16 | 0 - 19 | 0 - 22 | 0 - 25 | 0 - 29 | 0 - 32 | 0 - 36 | 0 - 40 |
| h7 | 0 - 10 | 0 - 12 | 0 - 15 | 0 - 18 | 0 - 21 | 0 - 25 | 0 - 30 | 0 - 35 | 0 - 40 | 0 - 46 | 0 - 52 | 0 - 57 | 0 - 63 |
| h8 | 0 - 14 | 0 - 18 | 0 - 22 | 0 - 27 | 0 - 33 | 0 - 39 | 0 - 46 | 0 - 54 | 0 - 63 | 0 - 72 | 0 - 81 | 0 - 89 | 0 - 97 |
| h9 | 0 - 25 | 0 - 30 | 0 - 36 | 0 - 43 | 0 - 52 | 0 - 62 | 0 - 74 | 0 - 87 | 0 - 100 | 0 - 115 | 0 - 130 | 0 - 140 | 0 - 155 |
| h10 | 0 - 40 | 0 - 48 | 0 - 58 | 0 - 70 | 0 - 84 | 0 - 100 | 0 - 120 | 0 - 140 | 0 - 160 | 0 - 185 | 0 - 210 | 0 - 230 | 0 - 250 |
| h11 | 0 - 60 | 0 - 75 | 0 - 90 | 0 - 110 | 0 - 130 | 0 - 160 | 0 - 190 | 0 - 220 | 0 - 250 | 0 - 290 | 0 - 320 | 0 - 360 | 0 - 400 |
| h13 | 0 - 140 | 0 - 180 | 0 - 220 | 0 - 270 | 0 - 330 | 0 - 390 | 0 - 460 | 0 - 540 | 0 - 630 | 0 - 720 | 0 - 810 | 0 - 890 | 0 - 970 |
| j6 | + 4 - 2 | + 6 - 2 | + 7 - 2 | + 8 - 3 | + 9 - 4 | + 11 - 5 | + 12 - 7 | + 13 - 9 | + 14 - 11 | + 16 - 13 | + 16 - 16 | + 18 - 18 | + 20 - 20 |
| js5 | ± 2 | ± 2,5 | ± 3 | ± 4 | ± 4,5 | ± 5,5 | ± 6,5 | ± 7,5 | ± 9 | ± 10 | ± 11,5 | ± 12,5 | ± 13,5 |
| is6 | ± 3 | ± 4 | ± 4,5 | ± 5,5 | ± 6,5 | ± 8 | ± 9,5 | ± 11 | ± 12,5 | ± 14,5 | ± 16 | ± 18 | ± 20 |

Arbres

Cotation fonctionnelle

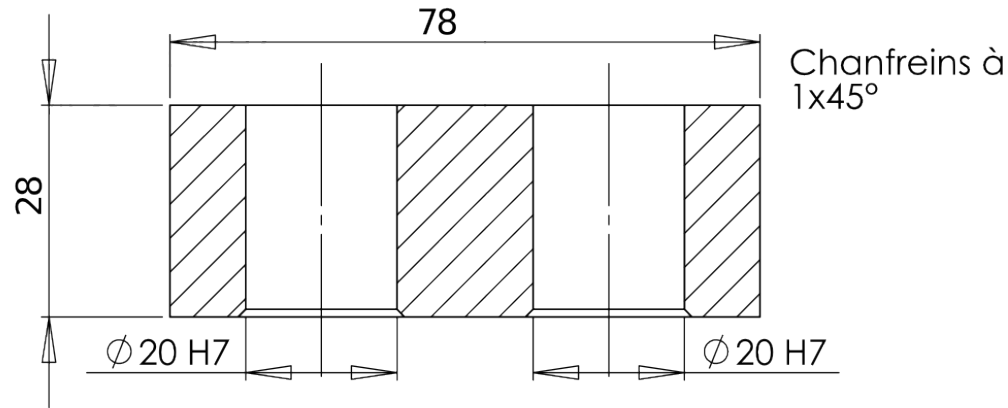
- Les ajustements ISO permettent de satisfaire une **fonction**

Alésages

| 14 ■ 25 | | PRINCIPAUX AJUSTEMENTS NF R 91-011 | | | Arbres* | H 6 | H 7 | H 8 | H 9 | H 11 |
|---|--|---|---|----|---------|-----|-----|-----|-----|------|
| Pièces mobiles l'une par rapport à l'autre | Pièces dont le fonctionnement nécessite un grand jeu (dilatation, mauvais alignement, portées très longues, etc.). | | | c | | | | 9 | 11 | |
| | | | | d | | | | 9 | 11 | |
| | Cas ordinaire des pièces tournant ou glissant dans une bague ou palier (bon graissage assuré). | | | e | | 7 | 8 | 9 | | |
| | Pièces avec guidage précis pour mouvements de faible amplitude | | | f | 6 | 6-7 | 7 | | | |
| Pièces immobiles l'une par rapport à l'autre | Démontage et remontage possible sans détérioration des pièces | L'assemblage ne peut pas transmettre d'effort | Mise en place possible à la main | g | 5 | 6 | | | | |
| | | | Mise en place au maillet | h | 5 | 6 | 7 | 8 | | |
| | | L'assemblage peut transmettre des efforts | Mise en place à la presse | js | 5 | 6 | | | | |
| | | | Mise en place à la presse ou par dilatation (vérifier que les contraintes imposées au métal ne dépassent pas la limite élastique) | k | 5 | | | | | |
| | Démontage impossible sans détérioration des pièces. | L'assemblage peut transmettre des efforts | Mise en place à la presse | m | | 6 | | | | |
| | | | Mise en place à la presse ou par dilatation (vérifier que les contraintes imposées au métal ne dépassent pas la limite élastique) | p | | 6 | | | | |
| | | | | s | | | 7 | | | |
| | | | | u | | | 7 | | | |
| | | | x | | | 7 | | | | |

Cotation fonctionnelle

COUPE A-A



| | | |
|---|------------------|----------|
| <p>Tolérances générales selon ISO 2768 mK</p> <p>Matière : EN-AW 2017 A</p> | Couvercle | |
| | A4 Echelle : 1:1 | |
| | Masse : 424 g | Page 1/1 |

Cotation fonctionnelle

- Tolérances selon la norme DIN ISO 2768
 - Indication dans le cartouche :
DIN ISO 2768 xY
 - x → tolérances de dimensions : (f,m,c,v)
si pas indiqué → lettre m
 - Y → tolérances de forme : (H,K,L)
si pas indiqué → lettre K

Cotation fonctionnelle

- Tolérances générales pour les dimensions linéiques et angulaires

DIMENSIONS LINÉIQUES

| longueur nominale en mm | Classe de tolérance (déviations en mm) | | | |
|----------------------------|--|-----------|--------------|-------------------|
| | f (fin) | m (moyen) | c (grossier) | v (très grossier) |
| de 0.5 jusque 3 | ±0.05 | ±0.1 | ±0.2 | - |
| 3+ jusque 6 | ±0.05 | ±0.1 | ±0.3 | ±0.5 |
| 6+ jusque 30 | ±0.1 | ±0.2 | ±0.5 | ±1.0 |
| 30+ jusque 120 | ±0.15 | ±0.3 | ±0.8 | ±1.5 |
| 120+ jusque 400 | ±0.2 | ±0.5 | ±1.2 | ±2.5 |
| 400+ jusque 1000 | ±0.3 | ±0.8 | ±2.0 | ±4.0 |
| 1000+ jusque 2000 | ±0.5 | ±1.2 | ±3.0 | ±6.0 |
| 2000+ jusque 4000 | - | ±2.0 | ±4.0 | ±8.0 |

Cotation fonctionnelle

RAYONS EXTERNES ET HAUTEUR DE CHANFREINS

| longueur nominale en mm | Classe de tolérance (déviations en mm) | | | |
|----------------------------|--|-----------|--------------|-------------------|
| | f (fin) | m (moyen) | c (grossier) | v (très grossier) |
| de 0.5 jusque 3 | ±0.2 | ±0.2 | ±0.4 | ±0.4 |
| 3+ jusque 6 | ±0.5 | ±0.5 | ±1.0 | ±1.0 |
| 6+ | ±1.0 | ±1.0 | ±2.0 | ±2.0 |


DIMENSIONS ANGULAIRES

| longueur nominale en mm | Classe de tolérance (déviations en degrés/minutes) | | | |
|----------------------------|--|-----------|--------------|-------------------|
| | f (fin) | m (moyen) | c (grossier) | v (très grossier) |
| jusque 10 | ±1° | ±1° | ±1°30' | ±3° |
| 10+ jusque 50 | ±0°30' | ±0°30' | ±1° | ±2° |
| 50+ jusque 120 | ±0°20' | ±0°20' | ±0°30' | ±1° |
| 120+ jusque 400 | ±0°10' | ±0°10' | ±0°15' | ±0°30' |
| 400+ | ±0°5' | ±0°5' | ±0°10' | ±0°20' |


Cotation fonctionnelle

- Tolérances générales pour les formes et les positions


PERPENDICULARITÉ

|  | Classe de tolérance (déviaton en mm) | | |
|---|--------------------------------------|----------|-------------|
| | H(fin) | K(moyen) | L(grossier) |
| Longueur nominale en mm | | | |
| jusque 100 | 0.2 | 0.4 | 0.6 |
| 100+ jusque 300 | 0.3 | 0.6 | 1 |
| 300+ jusque 1000 | 0.4 | 0.8 | 1.5 |
| 1000+ jusque 3000 | 0.5 | 0.8 | 2 |


SYMÉTRIE

|  | Classe de tolérance (déviaton en mm) | | |
|---|--------------------------------------|----------|-------------|
| | H(fin) | K(moyen) | L(grossier) |
| Longueur nominale en mm | | | |
| jusque 100 | 0.5 | 0.6 | 0.6 |
| 100+ jusque 300 | 0.5 | 0.6 | 1 |
| 300+ jusque 1000 | 0.5 | 0.8 | 1.5 |
| 1000+ jusque 3000 | 0.5 | 1 | 2 |

RECTITUDE ET PLANÉITÉ

|  | Classe de tolérance (déviaton en mm) | | |
|---|--------------------------------------|----------|-------------|
| | H(fin) | K(moyen) | L(grossier) |
| Longueur nominale en mm | | | |
| jusque 10 | 0.02 | 0.05 | 0.1 |
| 10+ jusque 30 | 0.05 | 0.1 | 0.2 |
| 30+ jusque 100 | 0.1 | 0.2 | 0.4 |
| 100+ jusque 300 | 0.2 | 0.4 | 0.8 |
| 300+ jusque 1000 | 0.3 | 0.6 | 1.2 |
| 1000+ jusque 3000 | 0.4 | 0.8 | 1.6 |

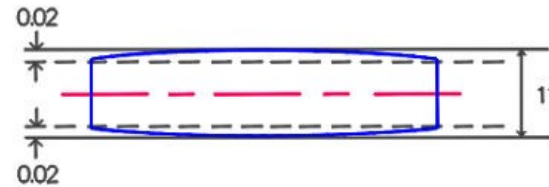
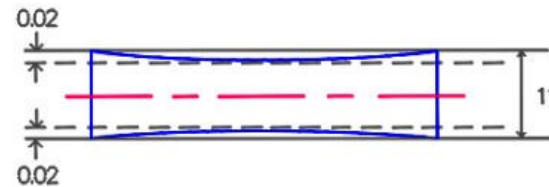
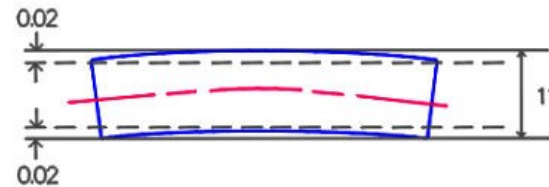
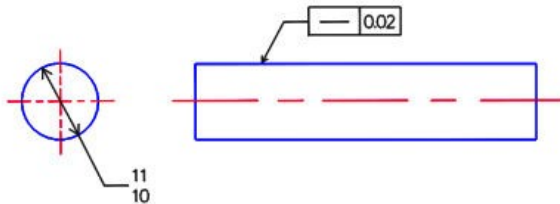
BATTEMENT (par rapport à un axe de rotation)

|  | Classe de tolérance (déviaton en mm) | | |
|---|--------------------------------------|----------|-------------|
| | H(fin) | K(moyen) | L(grossier) |
| | 0.1 | 0.2 | 0.5 |

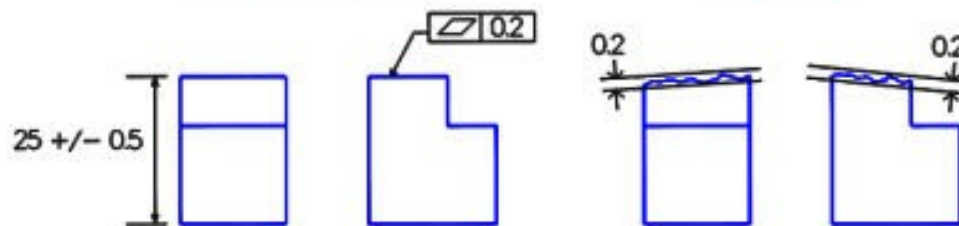
Cotation fonctionnelle

- Tolérances de forme...

- Rectitude —

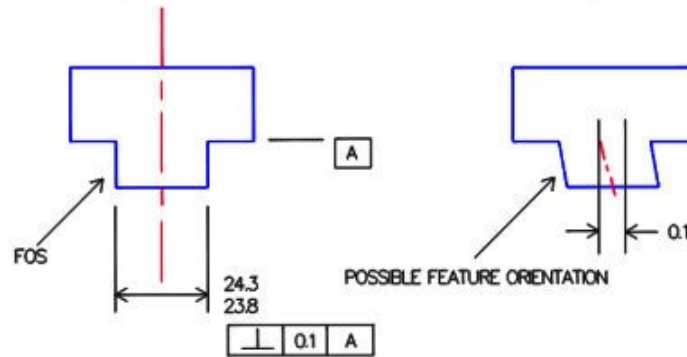


- Planéité ▭



Cotation fonctionnelle

- Perpendicularité \perp

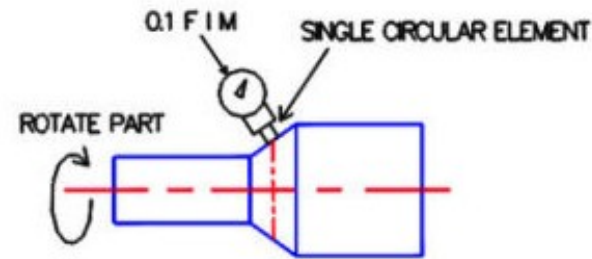
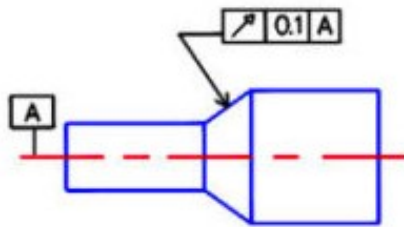


- Symétrie \equiv



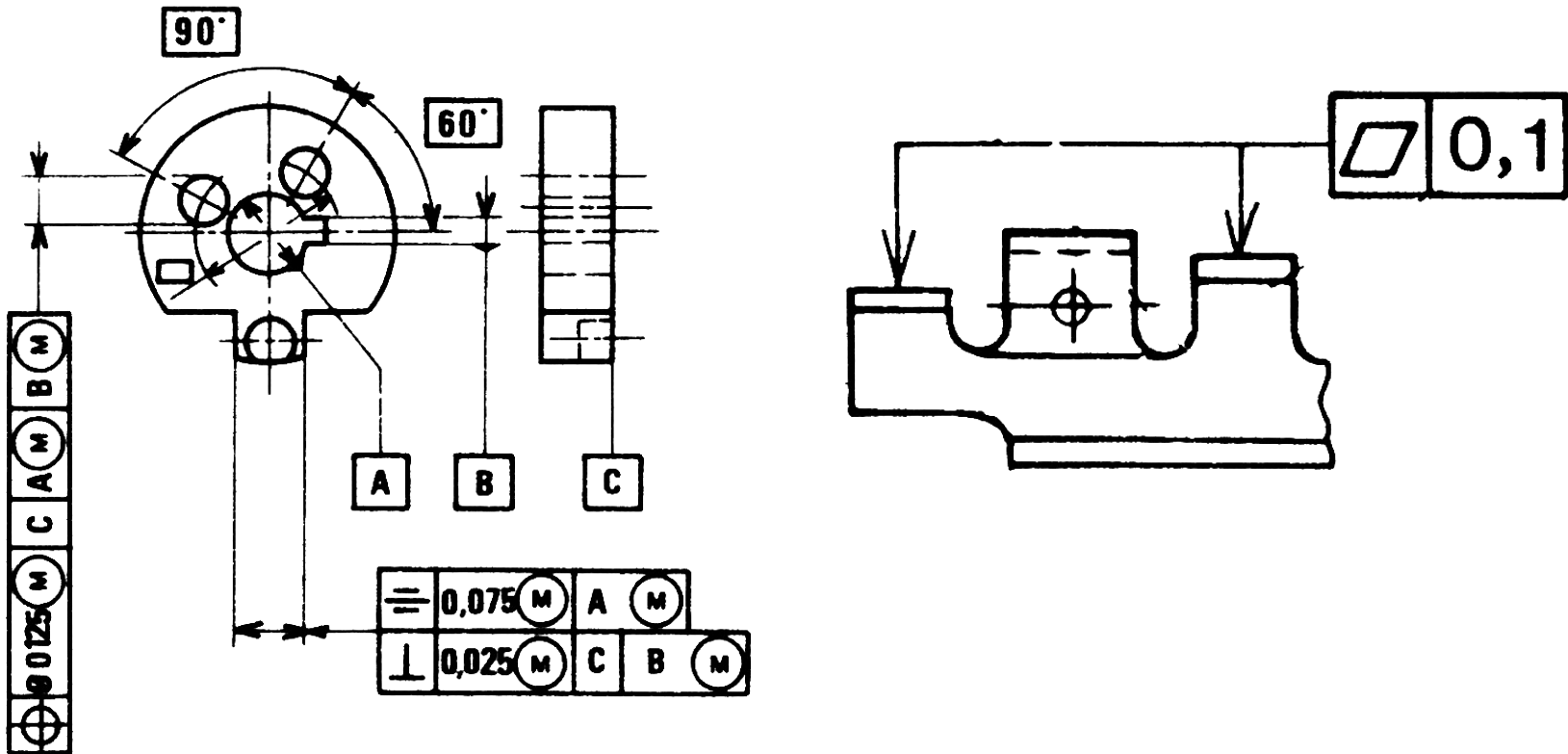
Cotation fonctionnelle

- Battement ↗



- Il y a beaucoup d'autres types de tolérances de forme...

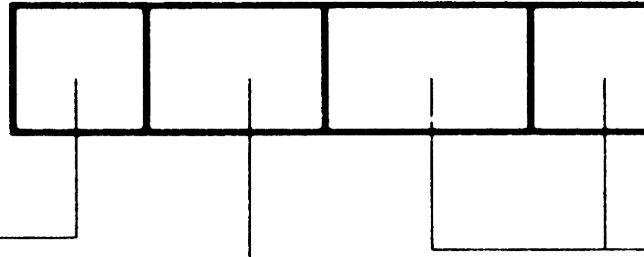
- Tolérances fonctionnelles



Cotation fonctionnelle

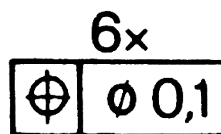
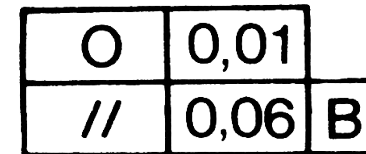
Cadre de tolérance

Symbole de la
caractéristique
géométrique
tolérancée.

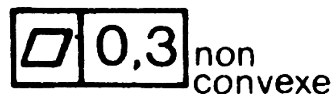


Eventuellement
lettre(s) identi-
fiant la ou les référé-
nces, sans si-
gne prime ni
indice.

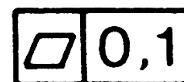
Valeur de la tolérance dans l'unité utilisée pour la cotation linéaire éventuellement précédée du signe \emptyset , suivie de symboles d'application de principe et de définition de zone de tolérance.



Si la tolérance se rapporte à plusieurs éléments répétitifs, l'indication est inscrite au-dessus du cadre.



non
convexe



Notation des indications restrictives.

Plan du cours théorique

Historique et mise en perspective

Partie I. La projection parallèle

1. Le dessin multivue (dessin technique)
2. L'axonométrie

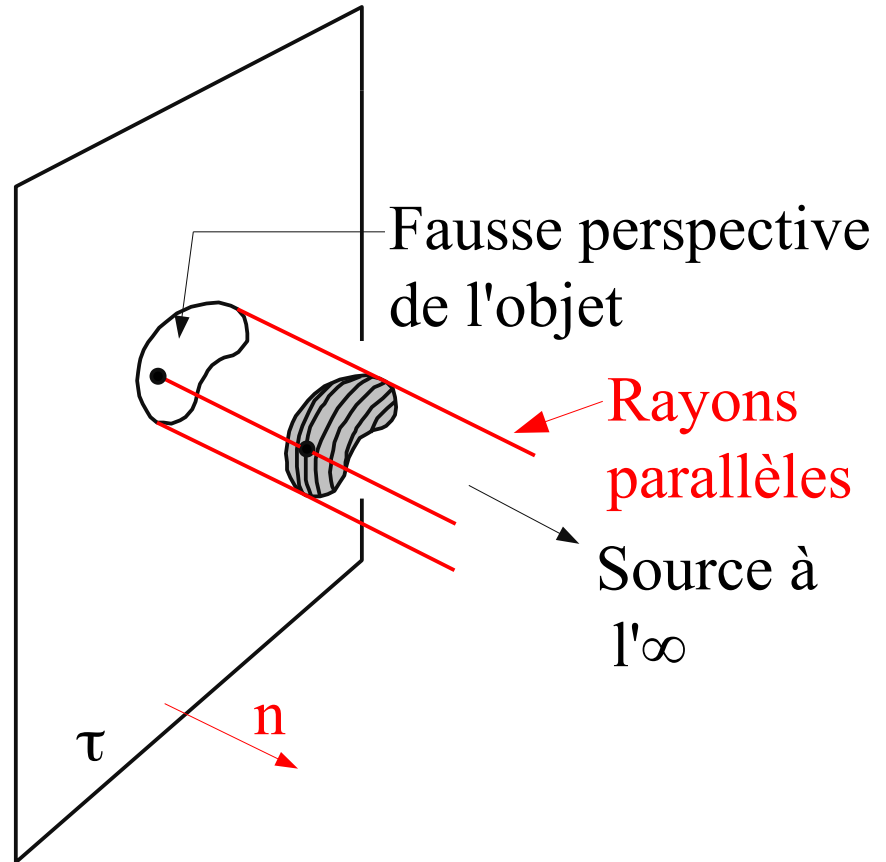
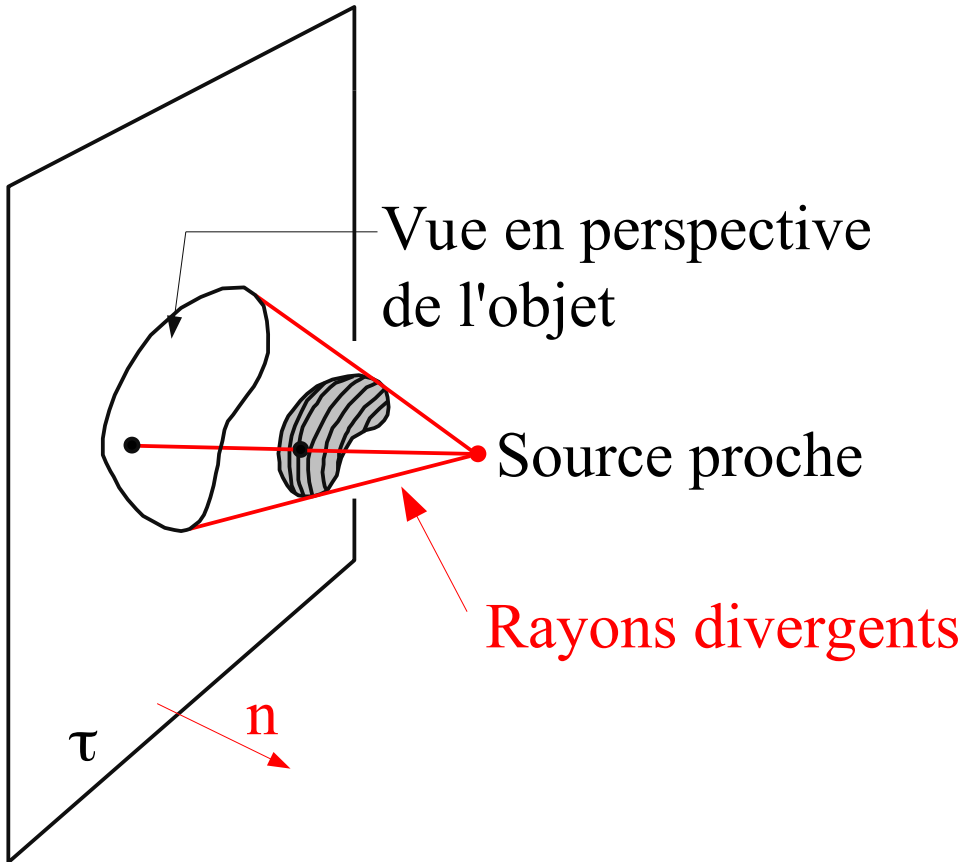
Partie II. Géométrie numérique

1. Courbes de Bézier
2. Les applications affines

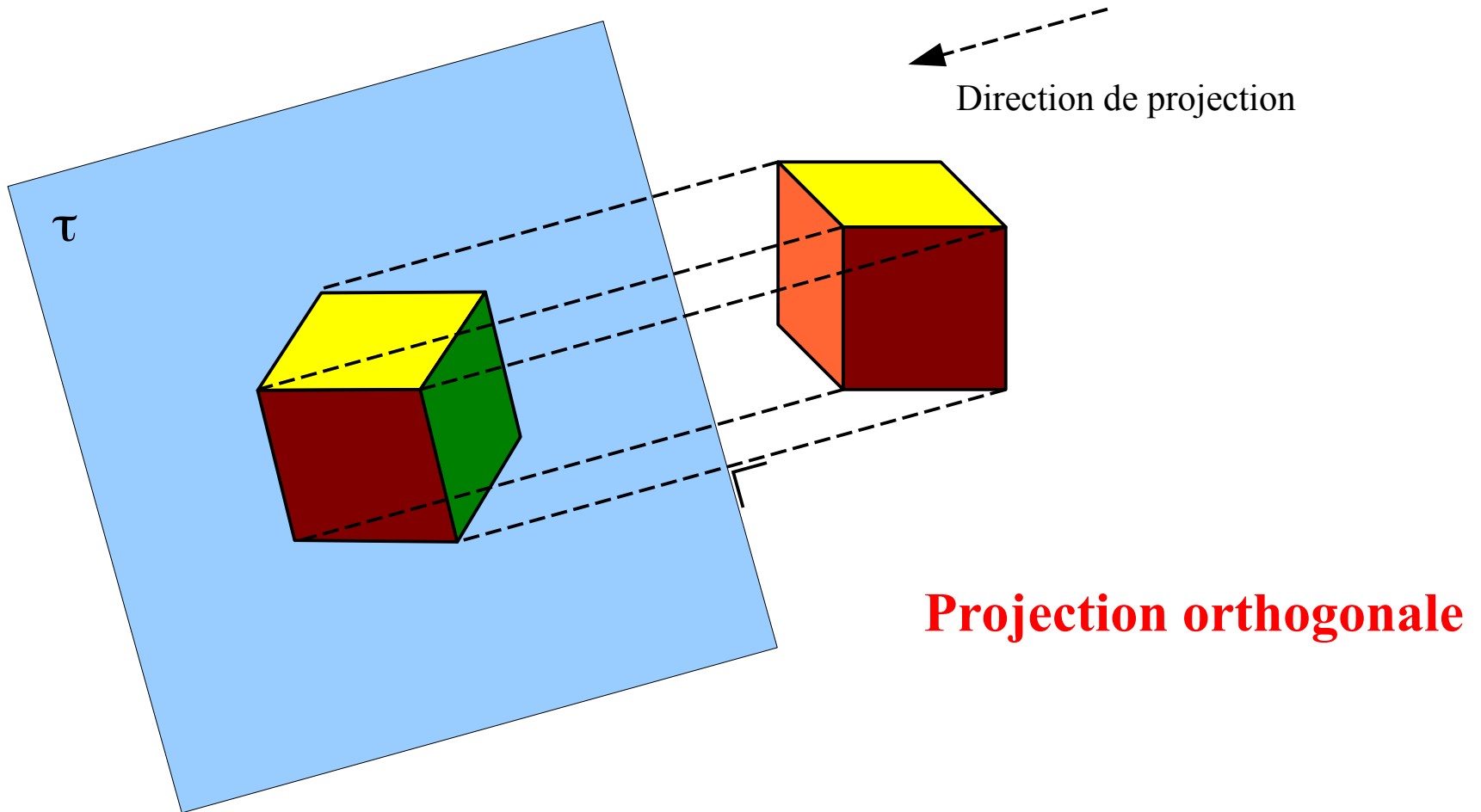
Axonométrie

Perspective = vue réaliste

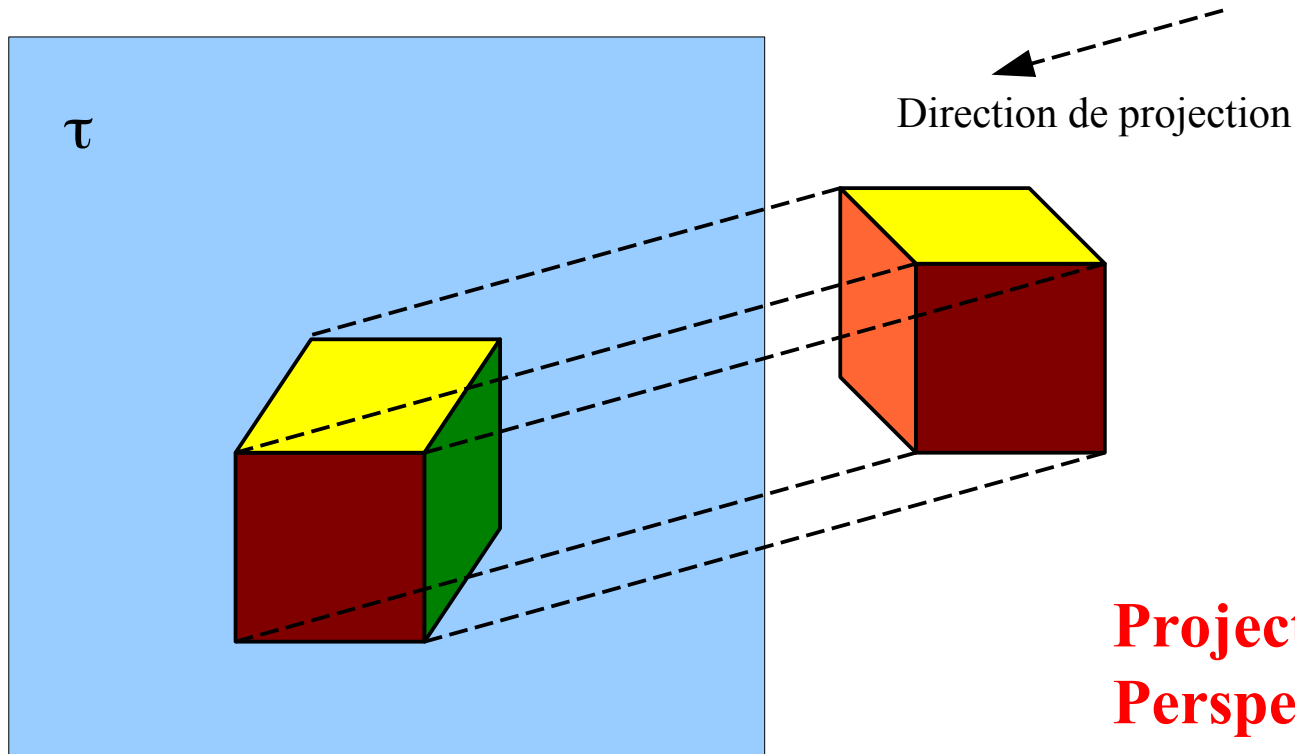
Axonométrie = "vue de l'esprit"



Axonométrie



Axonométrie

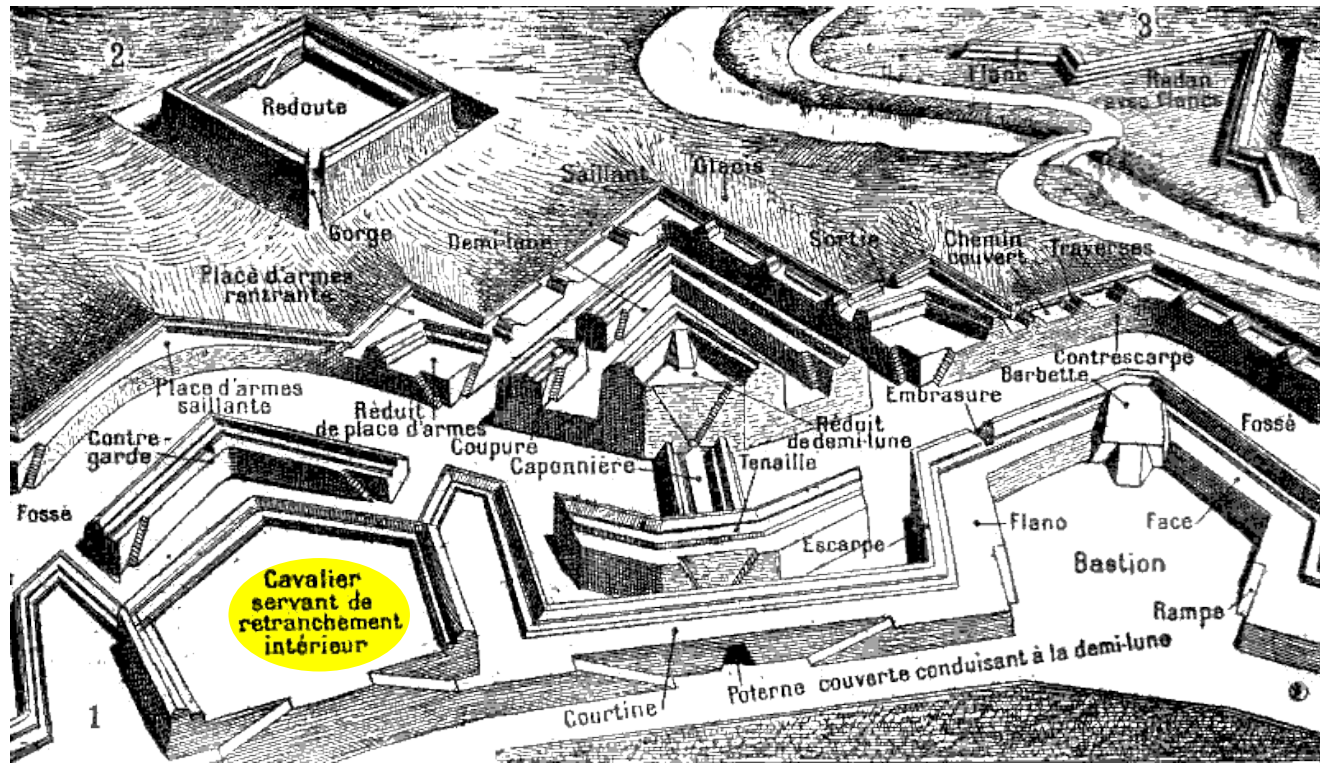


Projection oblique
Perspective cavalière

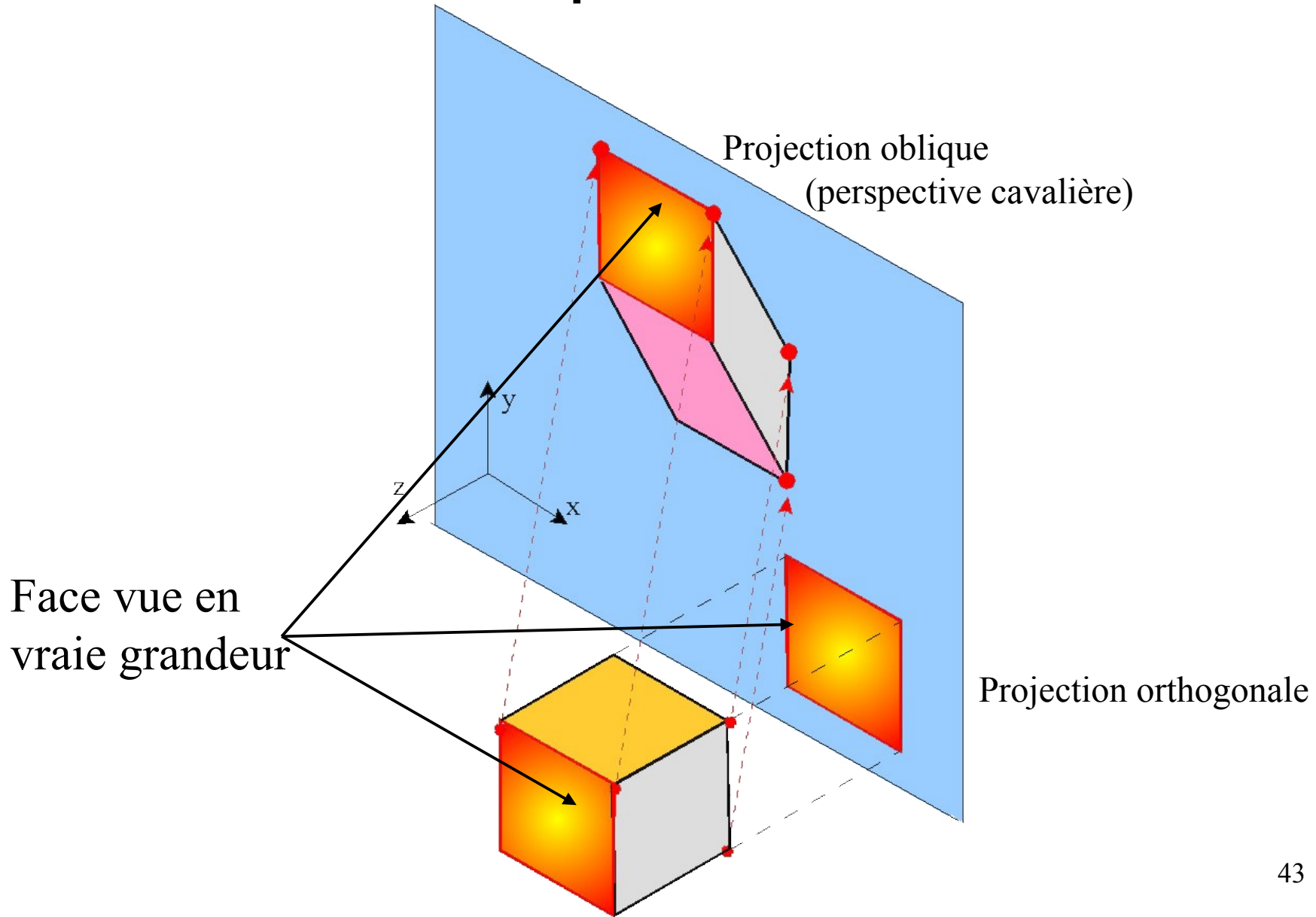
Perspective cavalière

- Perspective cavalière : étymologie d'origine militaire

Un *cavalier* est une butte située derrière les fortifications et permettant de voir un champ de bataille en hauteur



Perspective cavalière



Projection orthogonale

Relations entre éléments de la projection du trièdre sur le plan

$\cos \alpha, \cos \beta, \cos \gamma$ sont les cosinus directeurs de OE dans le repère lié à OM, ON et OP.

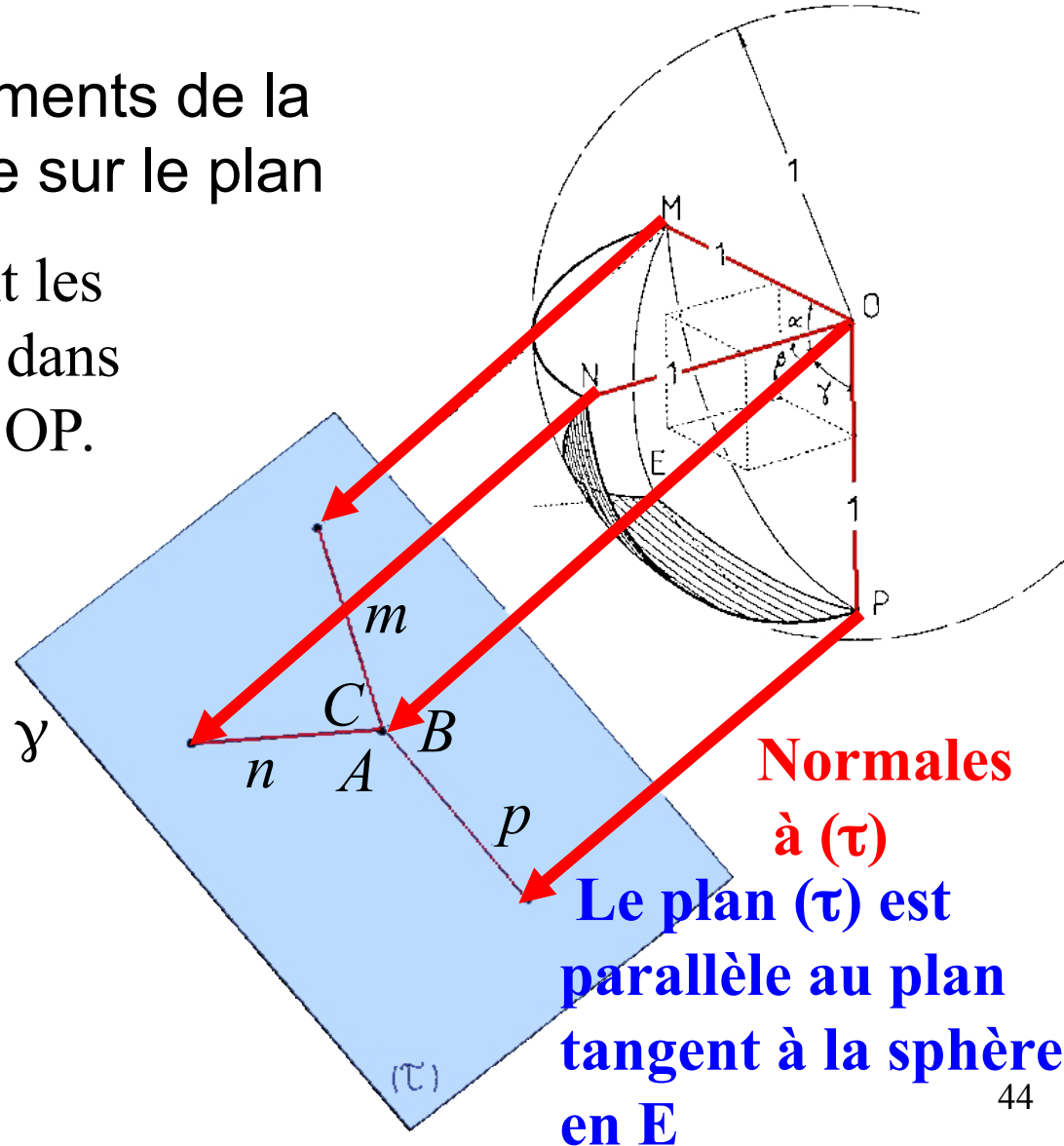
On a alors :

$$\cos^2 \alpha + \cos^2 \beta + \cos^2 \gamma = 1$$

Or, $\cos^2 x + \sin^2 x = 1$ et

$m = \sin \alpha, n = \sin \beta, p = \sin \gamma$

Donc $m^2 + n^2 + p^2 = 2$.



« Loi des cosinus »

- Loi des cosinus en trigonométrie sphérique

$$\cos c = \cos a \cos b + \sin a \sin b \cos C$$

- Démonstration

On a, par définition :

$$\cos a = \mathbf{u} \cdot \mathbf{v} \quad \cos b = \mathbf{u} \cdot \mathbf{w} \quad \cos c = \mathbf{v} \cdot \mathbf{w}$$

Soient \mathbf{t}_a et \mathbf{t}_b les vecteurs unitaires

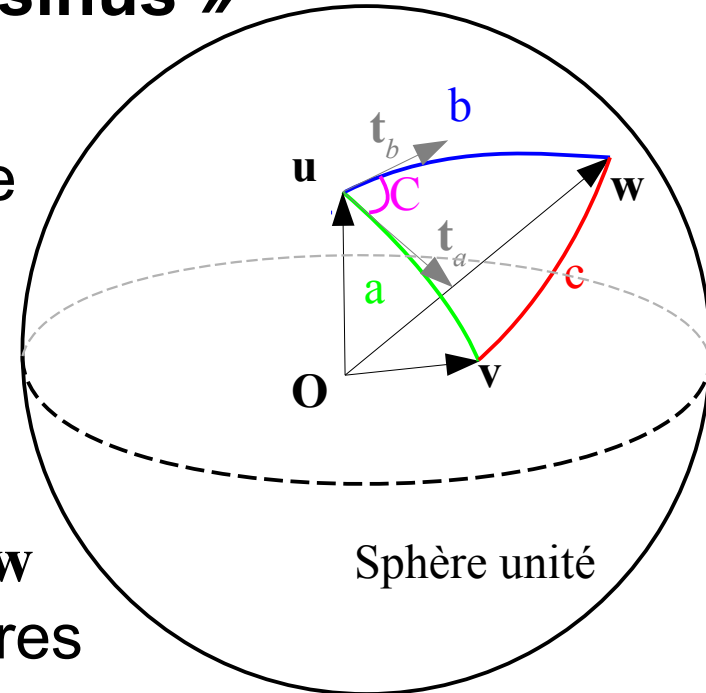
tangents en \mathbf{u} le long de a et b , respectivement.

Ceux ci s'expriment :

$$\mathbf{t}_a = \frac{\mathbf{v} - \mathbf{u} \cdot (\mathbf{u} \cdot \mathbf{v})}{|\mathbf{v} - \mathbf{u} \cdot (\mathbf{u} \cdot \mathbf{v})|} = \frac{\mathbf{v} - \mathbf{u} \cos a}{\sin a} \quad \mathbf{t}_b = \frac{\mathbf{w} - \mathbf{u} \cos b}{\sin b}$$

Or, $\cos C = \mathbf{t}_a \cdot \mathbf{t}_b$

$$\rightarrow \cos C = \frac{(\mathbf{v} - \mathbf{u} \cos a) \cdot (\mathbf{w} - \mathbf{u} \cos b)}{\sin a \sin b} = \frac{\cos c - \cos a \cos b}{\sin a \sin b}$$



Projection orthogonale

Dans le triangle sphérique NPE,
on a donc les relations suivantes :

$$\cos NOP = \cos NOE \cos EOP + \sin NOE \sin EOP \cos NEP$$

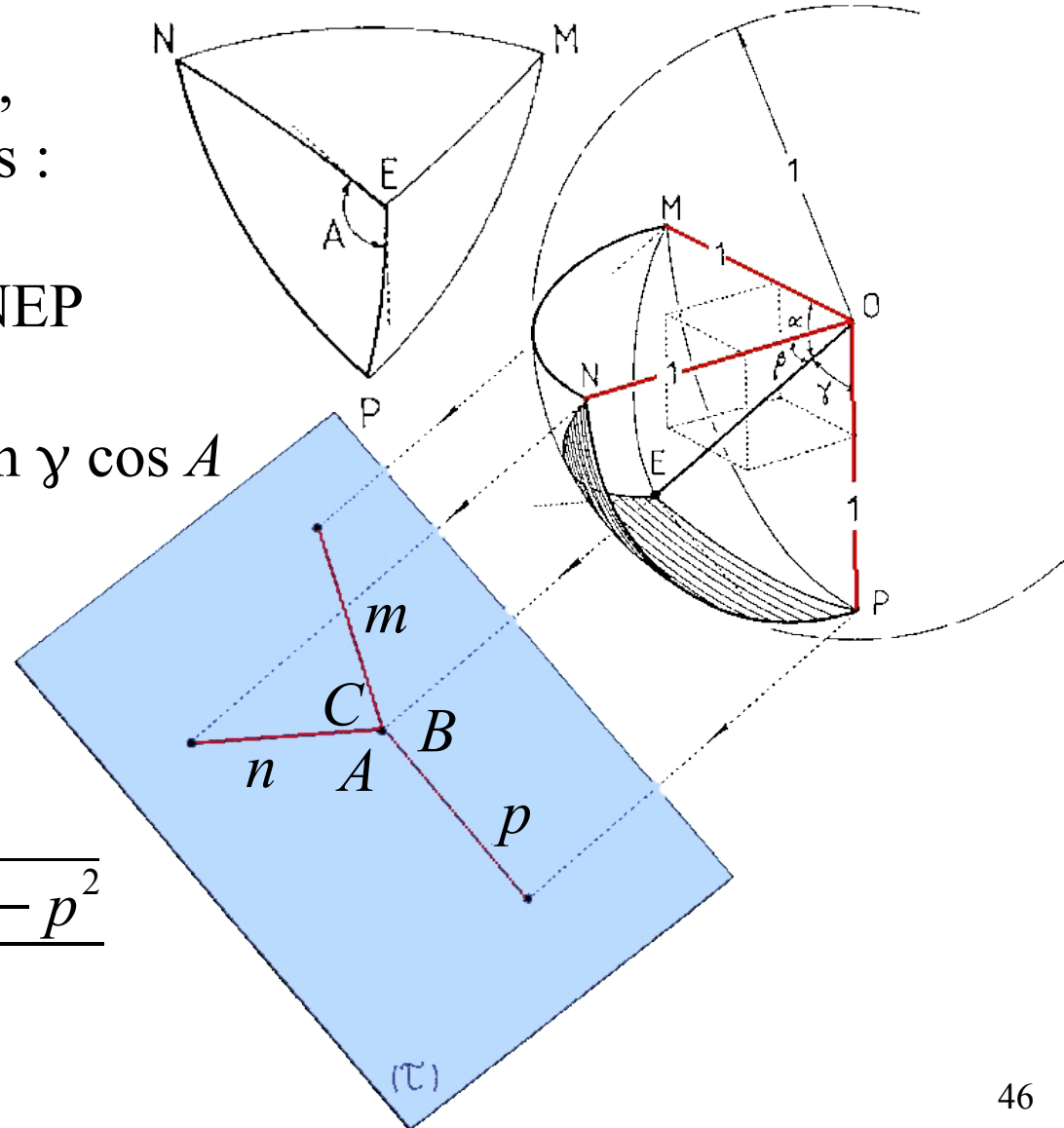
soit

$$\cos \pi/2 = \cos \beta \cos \gamma + \sin \beta \sin \gamma \cos A$$

Donc ,

$$0 = \sqrt{1-n^2} \sqrt{1-p^2} + np \cos A$$

$$\longrightarrow \cos A = \frac{-\sqrt{1-n^2} \sqrt{1-p^2}}{np}$$



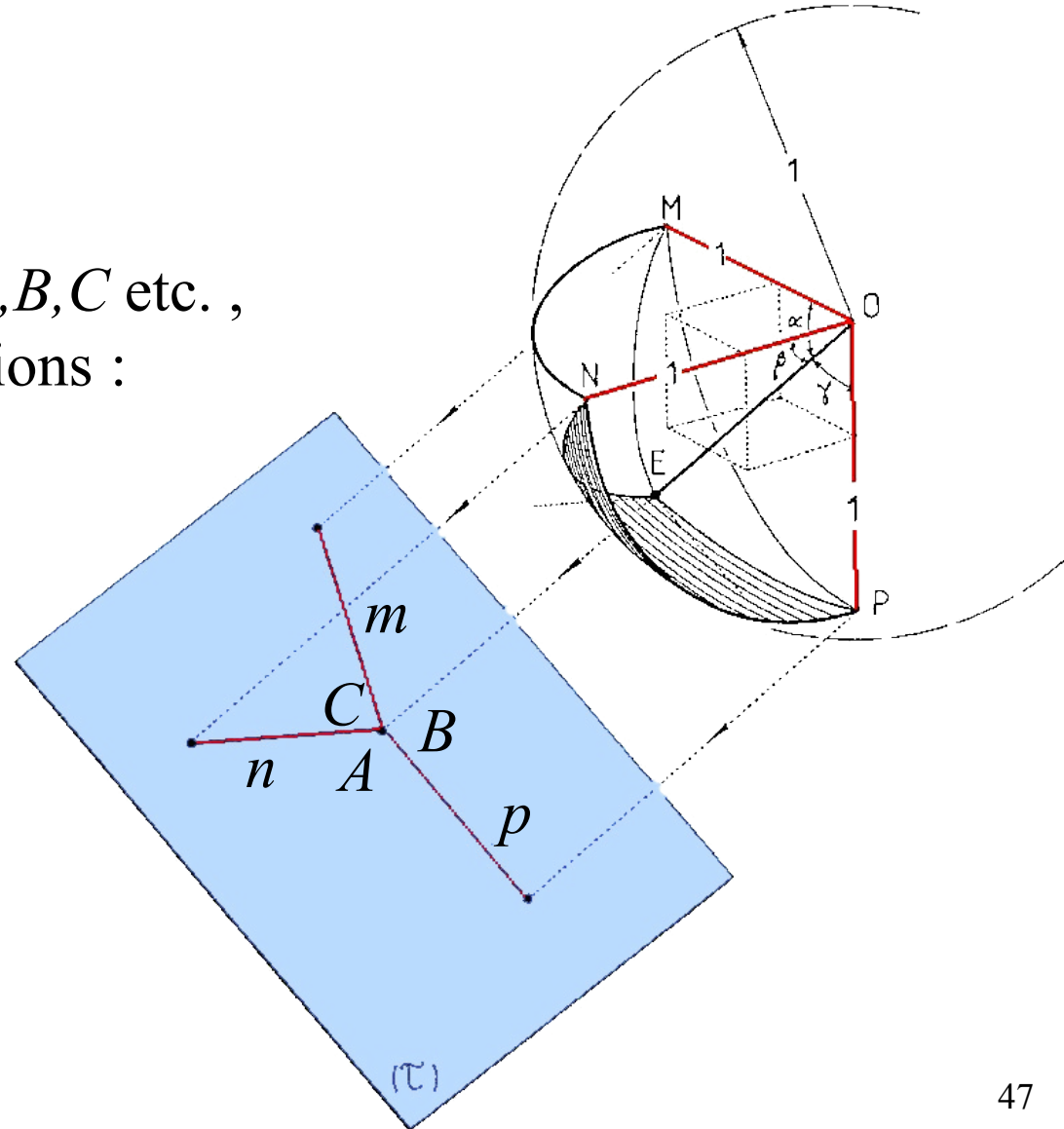
Projection orthogonale

Par permutation cyclique de A, B, C etc. ,
on peut établir toutes ces relations :

$$\cos A = \frac{-\sqrt{(1-n^2)(1-p^2)}}{np}$$

$$\cos B = \frac{-\sqrt{(1-p^2)(1-m^2)}}{pm}$$

$$\cos C = \frac{-\sqrt{(1-m^2)(1-n^2)}}{mn}$$



Projection orthogonale

Il est aisé d'obtenir les formules inverses. On remarque que

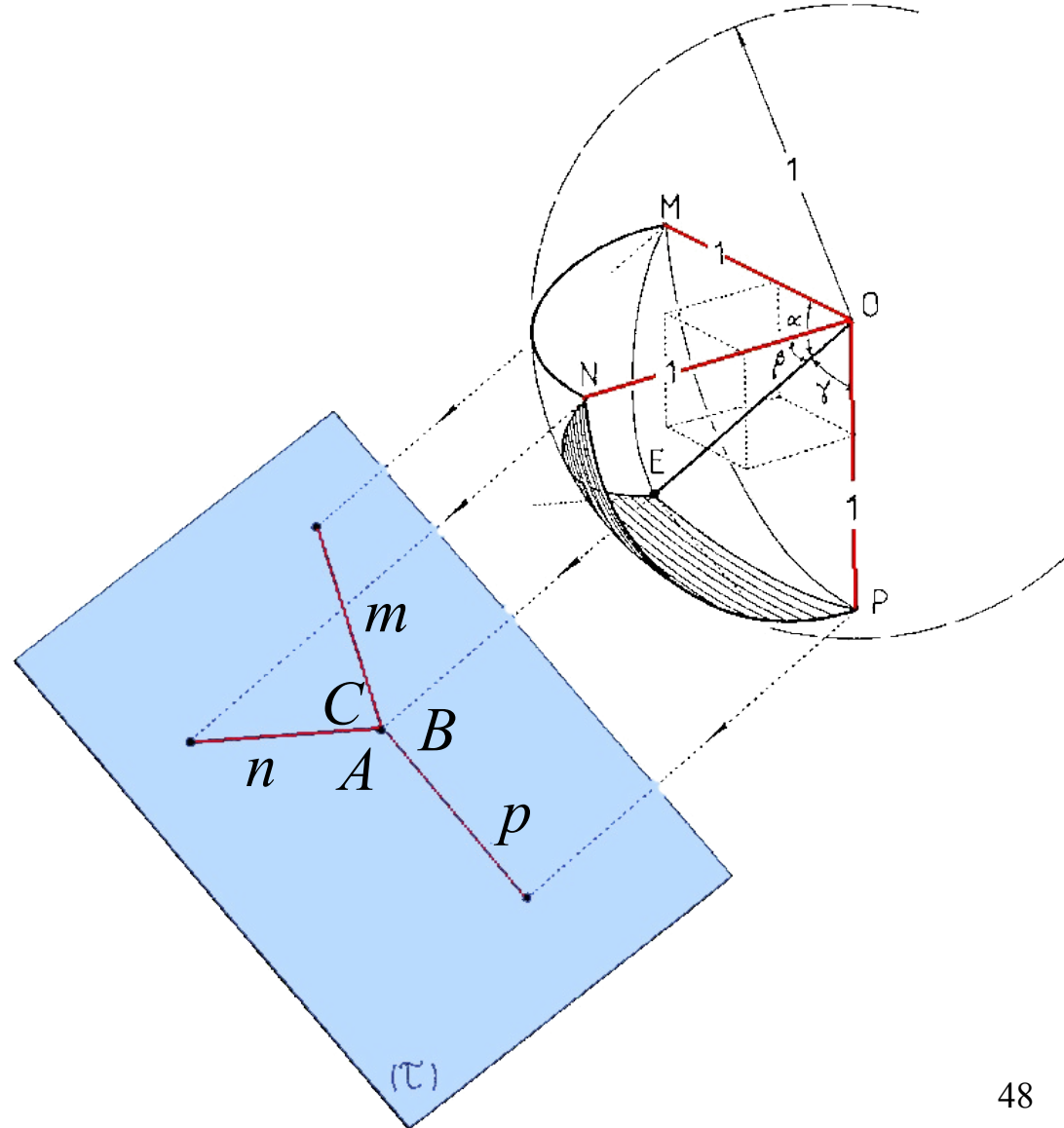
$$\cos B \cos C = \frac{m^2 - 1}{m^2} \cos A$$

$$\rightarrow m^2 = \frac{\cos A}{\cos A - \cos B \cos C}$$

Par permutation cyclique,

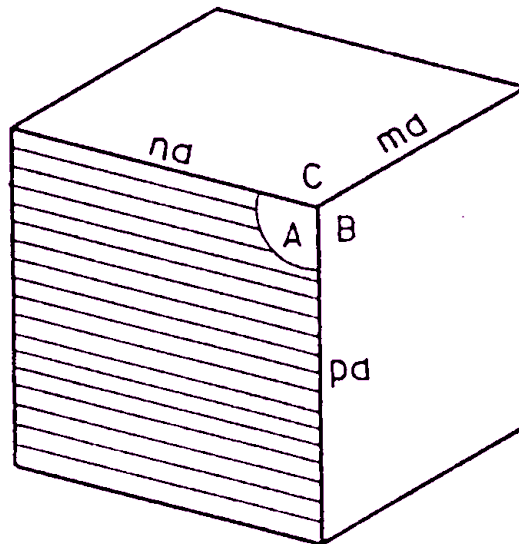
$$n^2 = \frac{\cos B}{\cos B - \cos C \cos A}$$

$$p^2 = \frac{\cos C}{\cos C - \cos A \cos B}$$



Coefficients de réduction

Comme les 3 directions principales de l'objet, ici les arêtes d'un cube, ne sont ni parallèles ni perpendiculaires au tableau et qu'il s'agit d'une projection orthogonale, leurs images sont toutes trois affectées de coefficients réducteurs m , n et p , compris entre zéro et un. Aucune face, ni aucun angle, ni aucune arête du cube fondamental ne sont vus en vraie grandeur.



$$m, n, p < 1$$

Projections axonométriques

Isométrie:

$$m = n = p$$

Dimétrie

$$m=n \text{ ou } m=p \text{ ou } n=p$$

Trimétrie

$$m, n, p \text{ distincts}$$

Ce sont des projections orthogonales.

Pour la représentation de toutes les droites,
le coefficient de réduction est :

$$m \leq 1$$

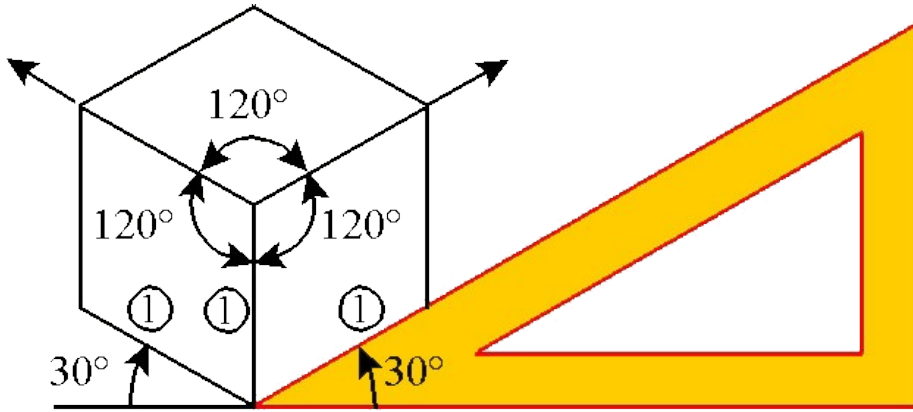
$m = 1$ si la droite est // au plan de
projection

$m = 0$ si la droite est \perp au plan de
projection : droite projetante.

Pour les 3 directions principales
(orthogonales)

$$m^2 + n^2 + p^2 = 2$$

L'isométrie



A = 120°

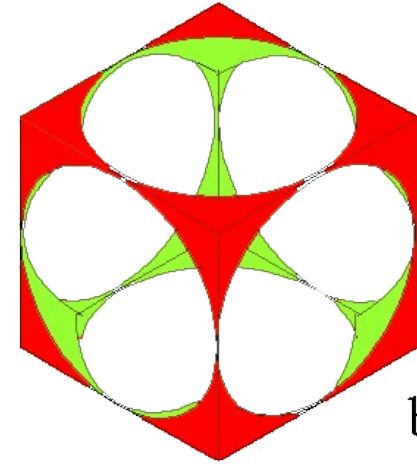
B = 120°

a

C = 120°

m = 0.816

m' = 1



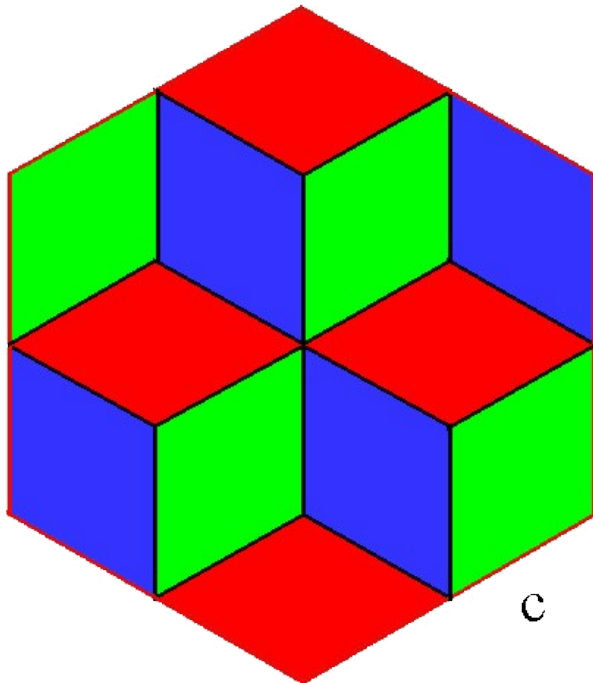
b

n = 0.816

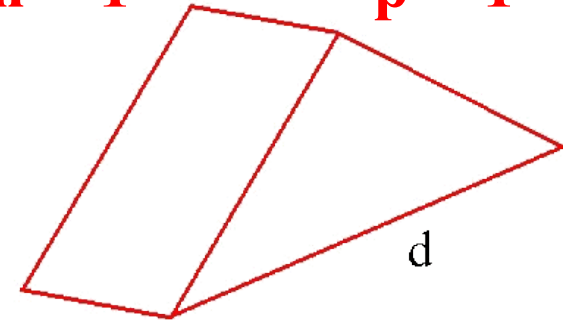
n' = 1

p = 0.816

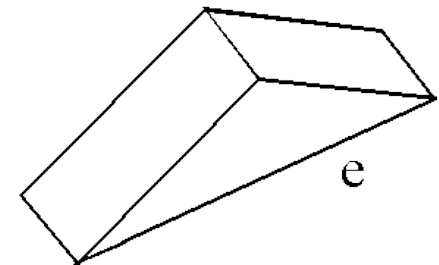
p' = 1



c

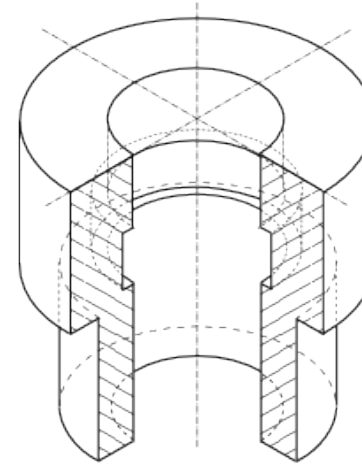
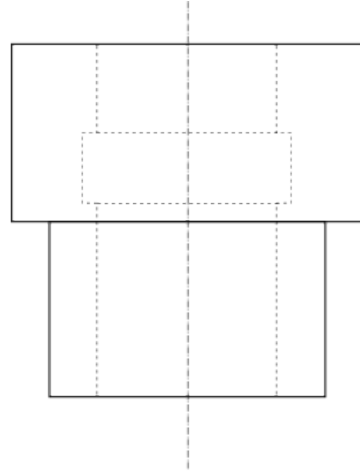


d

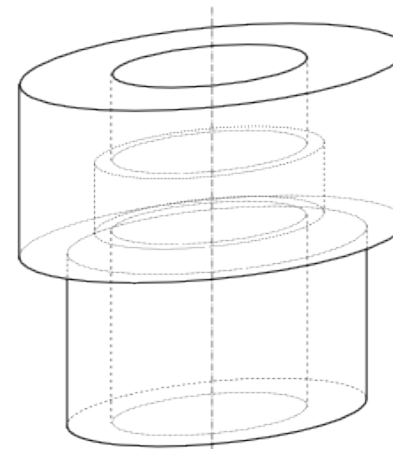
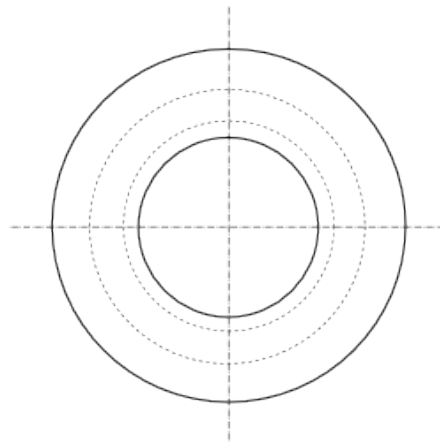


e

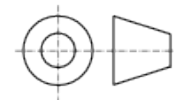
L'isométrie



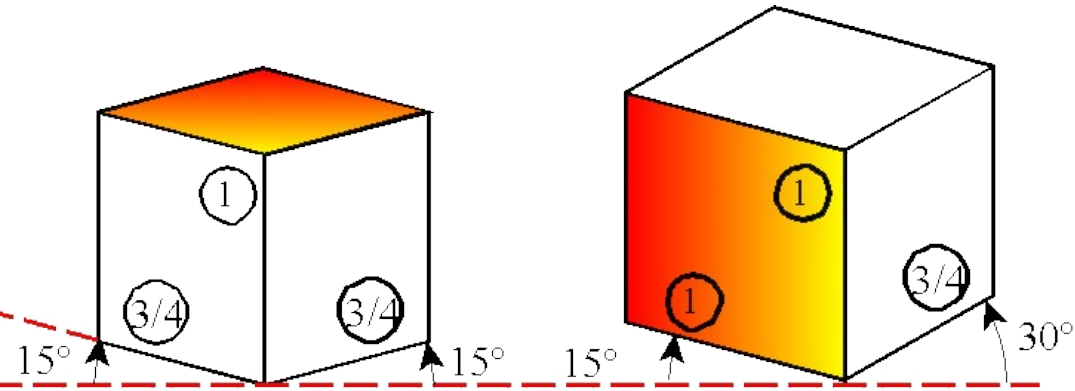
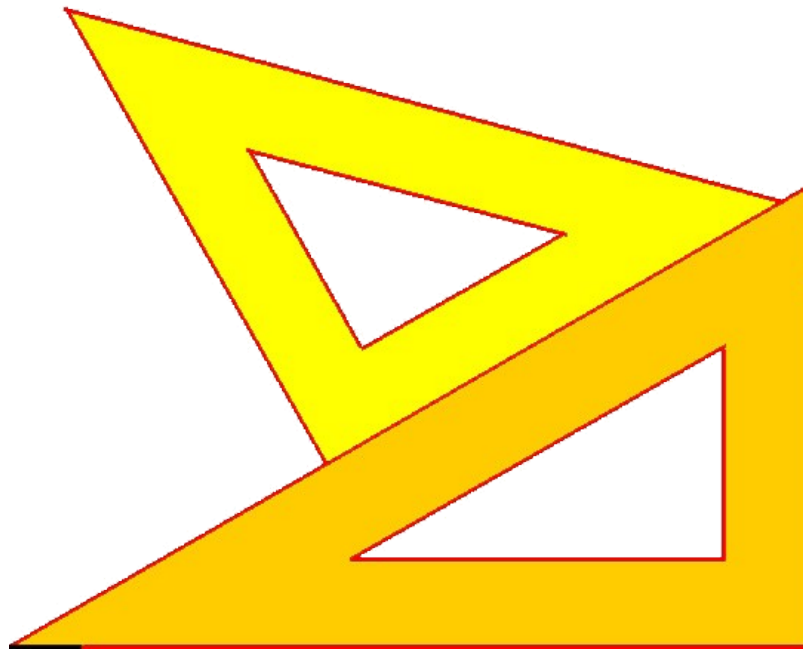
Perspective isométrique



Perspective cavalière



La dimétrie



a

b

$A = 105^\circ$
 $m = 0.732$

$B = 150^\circ$
 $n = 0.963$

$C = 105^\circ$
 $p = 0.732$

Dessin dimétrique

$m = 0.732$

$n = 0.963$

$p = 0.732$

$m' = 0.760$

$n' = 1$

$p' = 0.760$

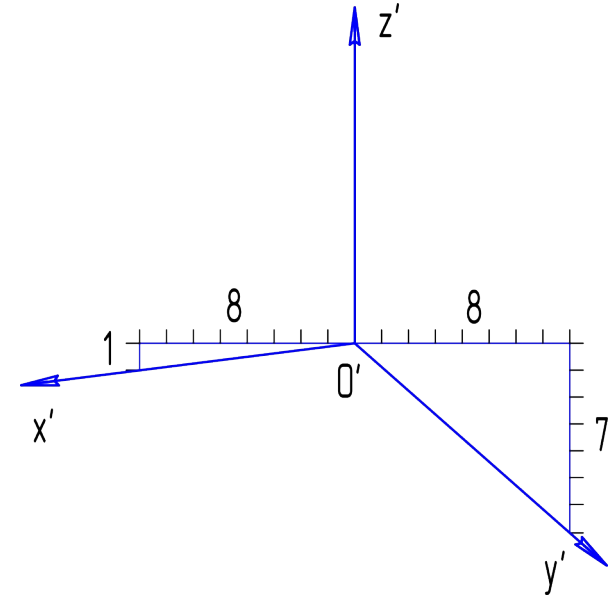
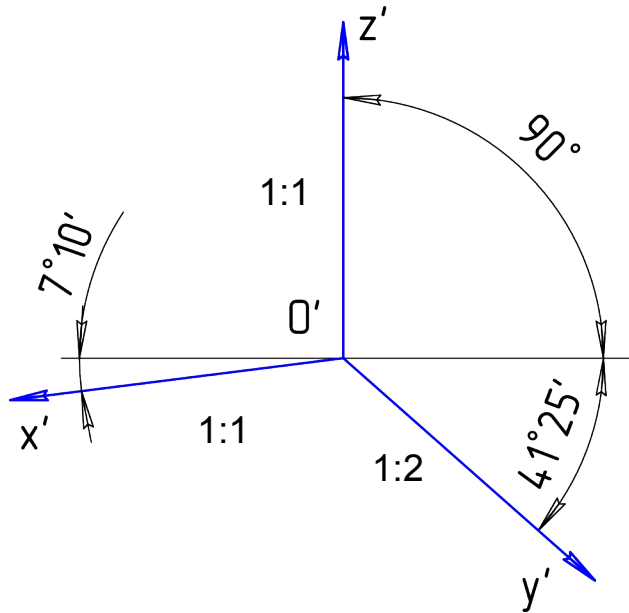
On choisit plutôt : $m' = 0.750$

$n' = 1$

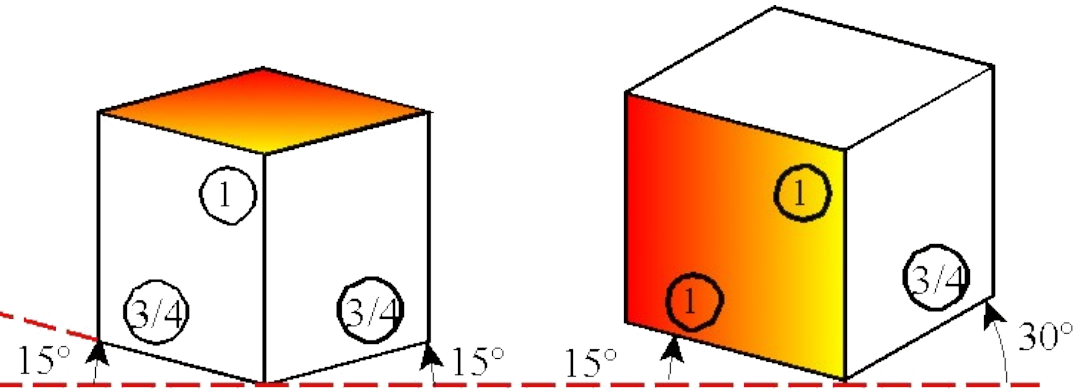
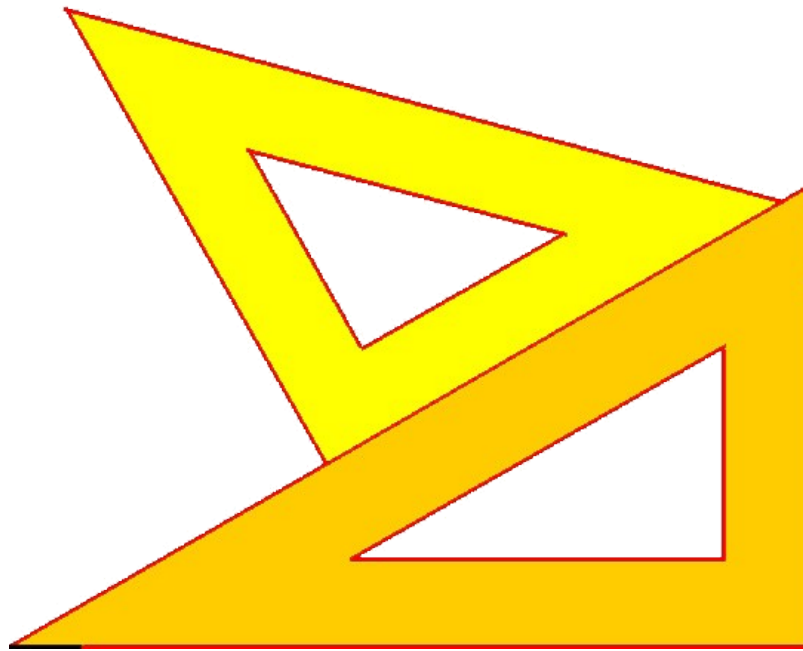
$p' = 0.750$

La dimétrie

- Norme ISO 5456-3



La trimétrie



a

b

$$A = 105^\circ$$

$$m = 0.650$$

$$B = 120^\circ$$

$$n = 0.856$$

$$C = 135^\circ$$

$$p = 0.919$$

Dessin trimétrique

$$m = 0.650$$

$$m' = 0.750$$

$$m' = 0.750$$

$$n = 0.856$$

$$n' = 0.988$$

$$n' = 1$$

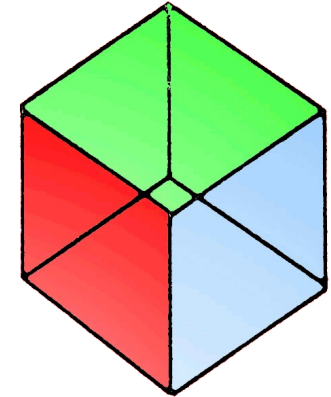
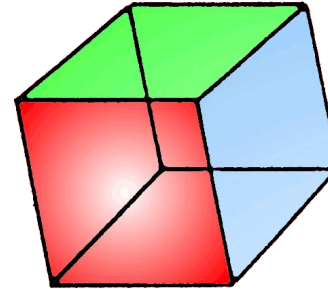
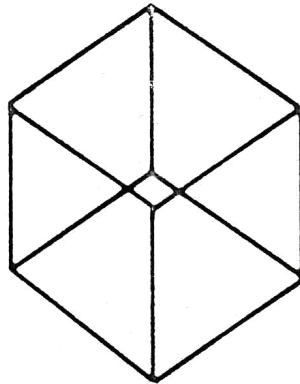
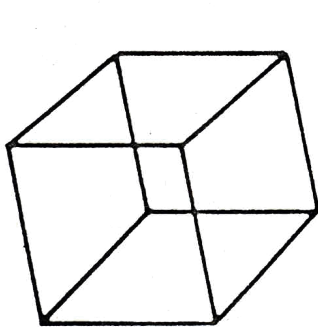
$$p = 0.919$$

$$p' = 1.06$$

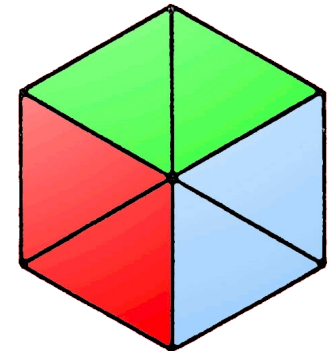
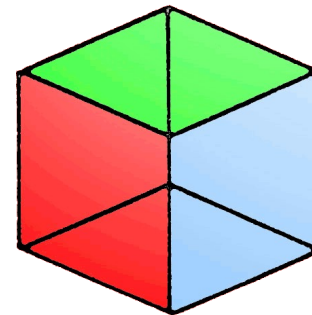
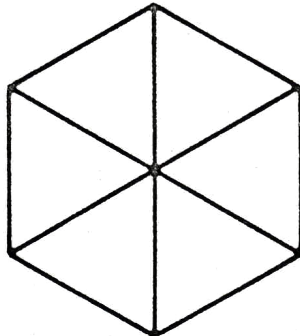
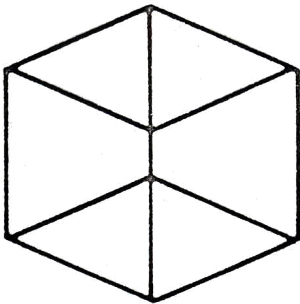
$$p' = 1$$

On choisit plutôt

Projection orthogonale



Exemples d'axonométries, l'isométrie en est la plus ambiguë

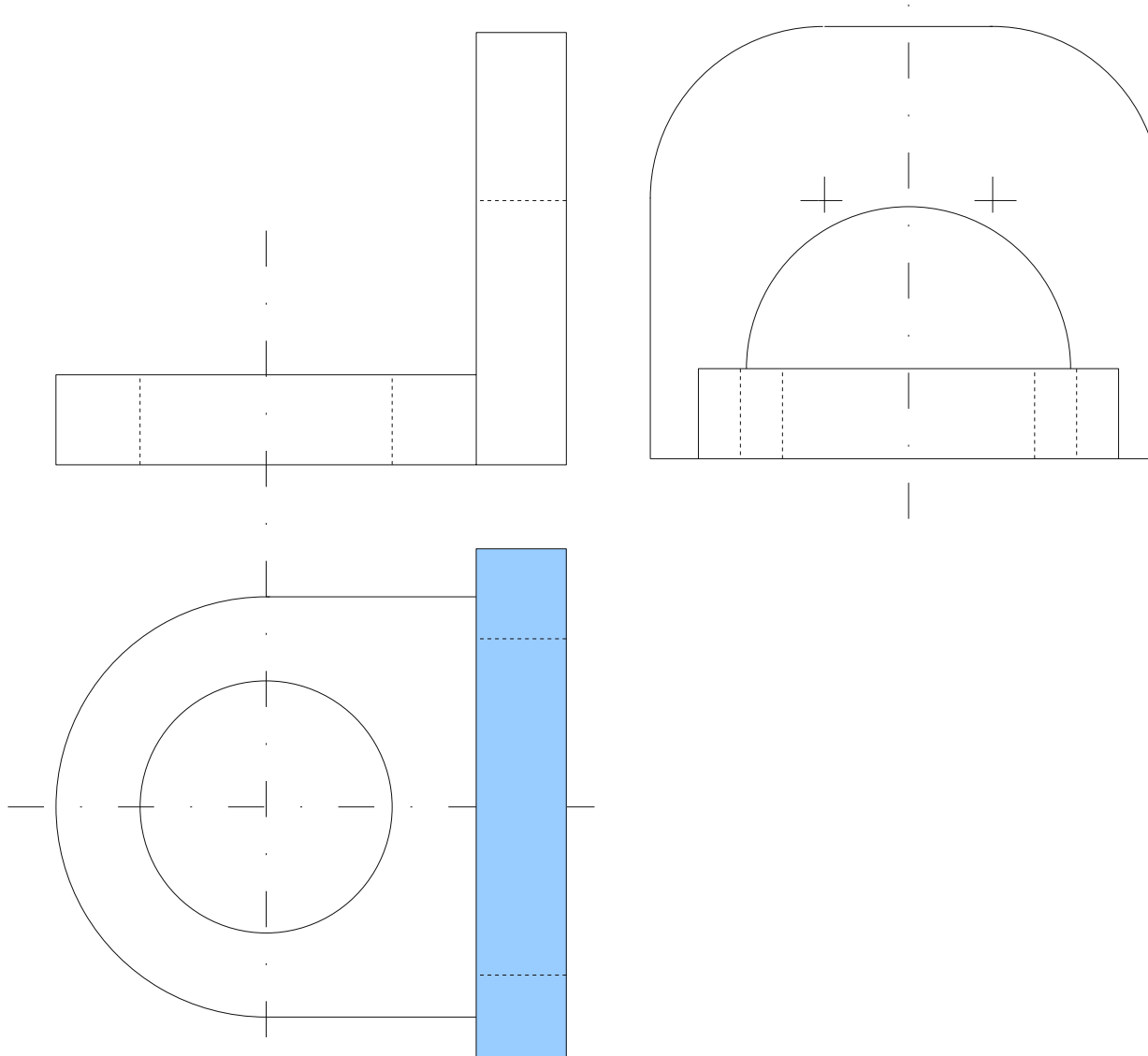


Projection orthogonale

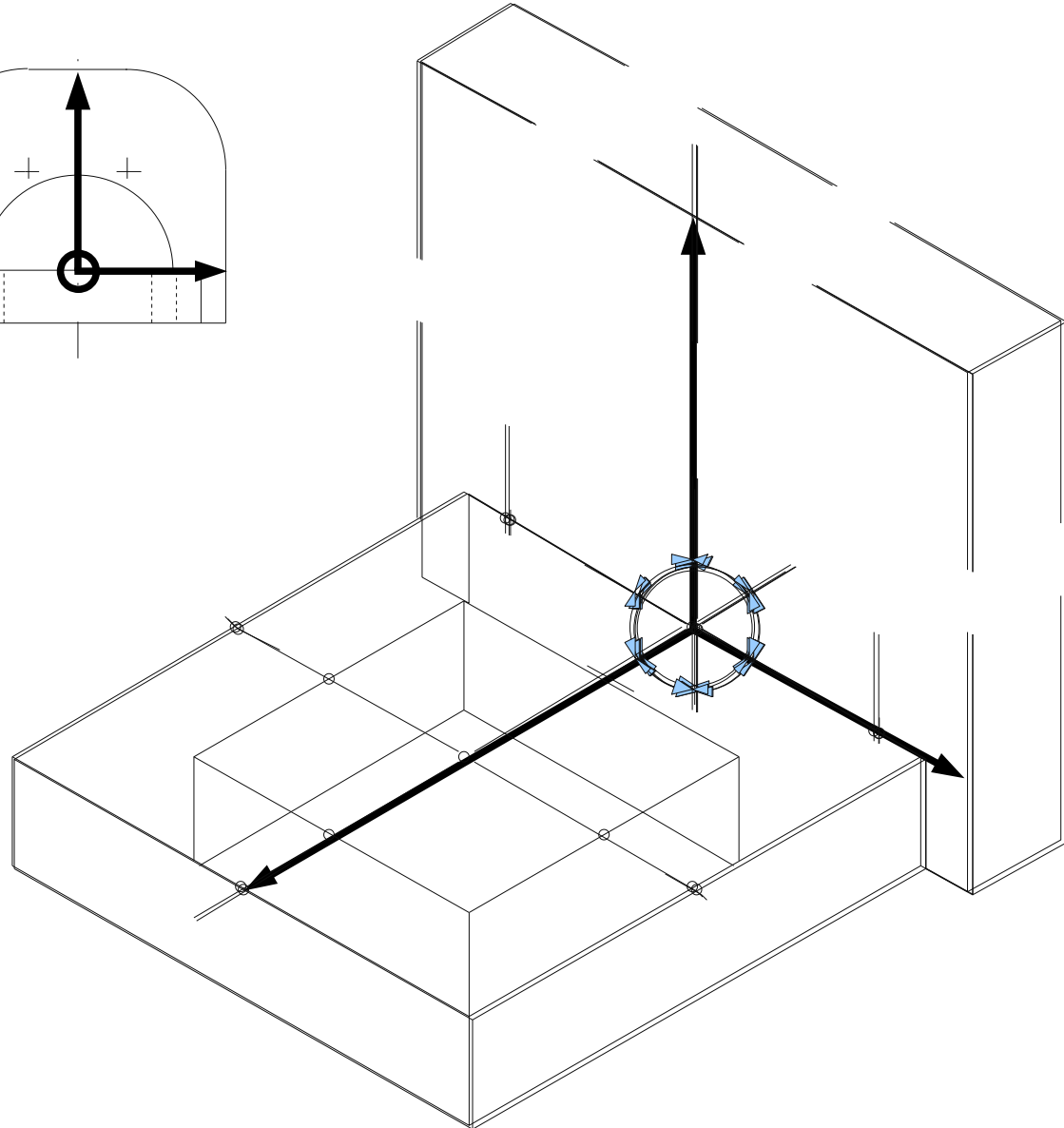
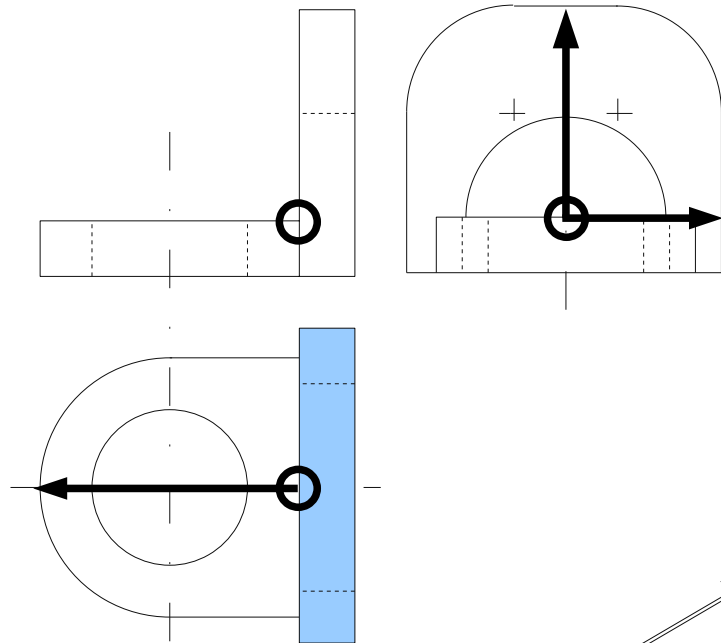
- Ambiguïté de l'axonométrie
M.C. Escher



Isométrie



Isométrie



Isométrie

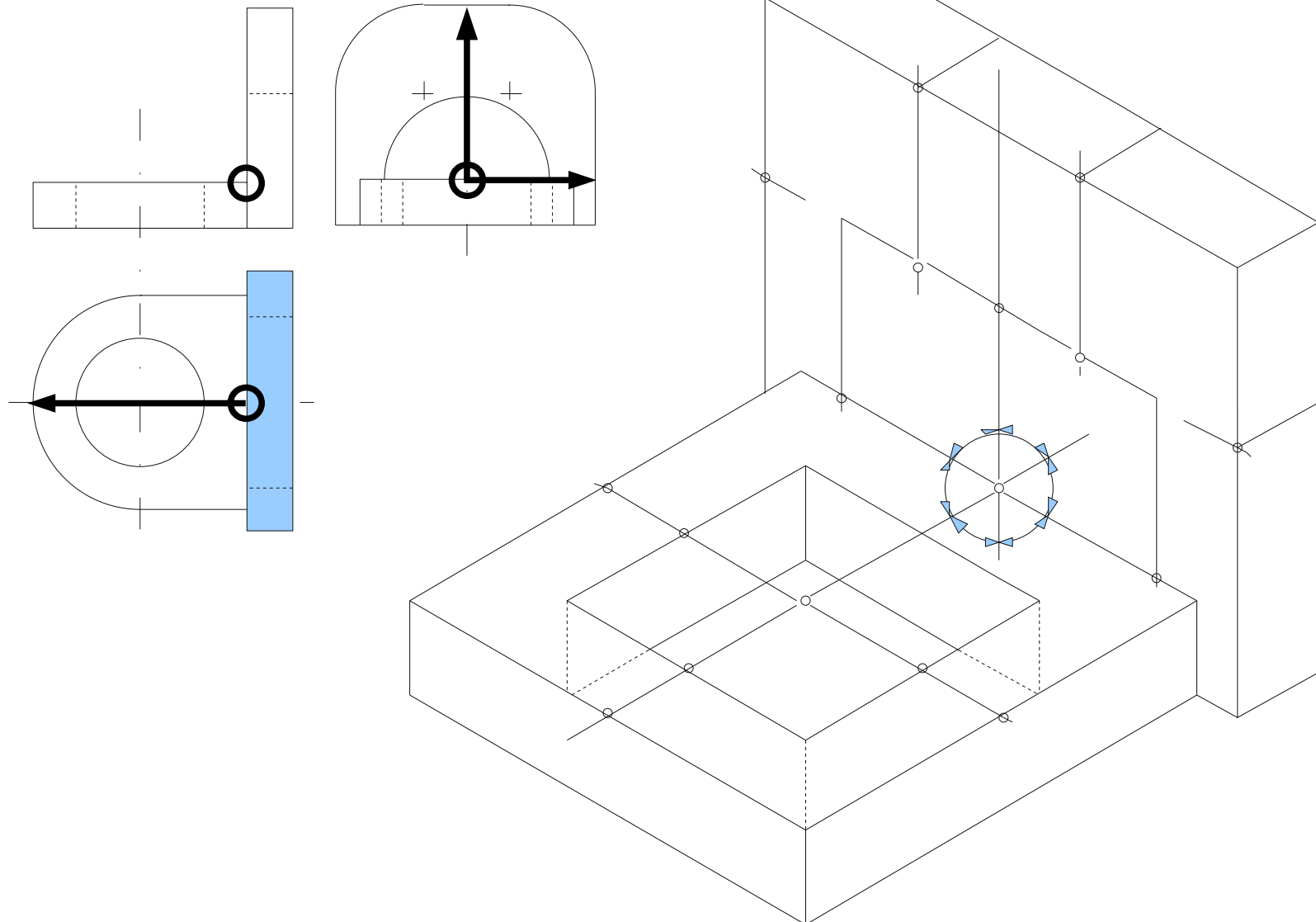
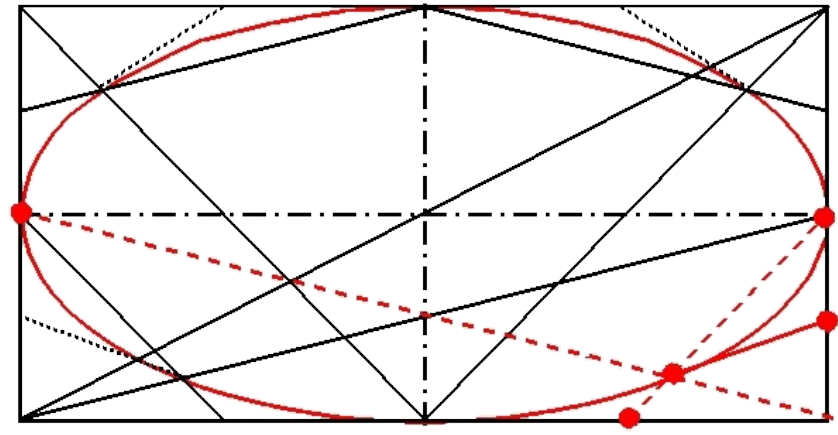
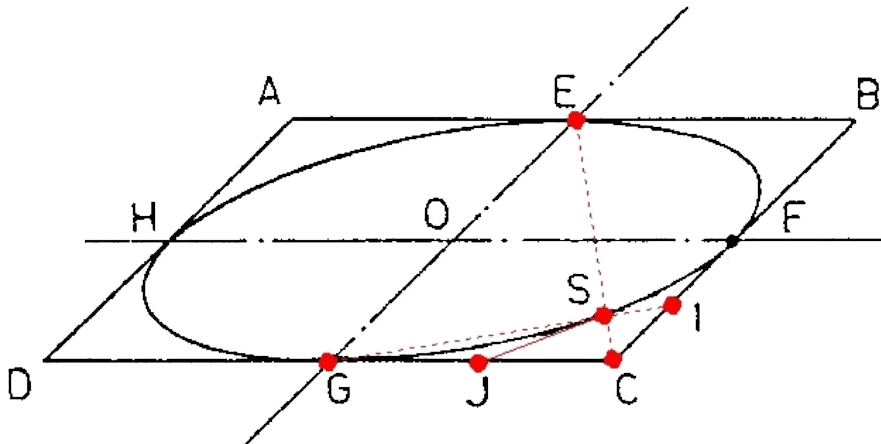
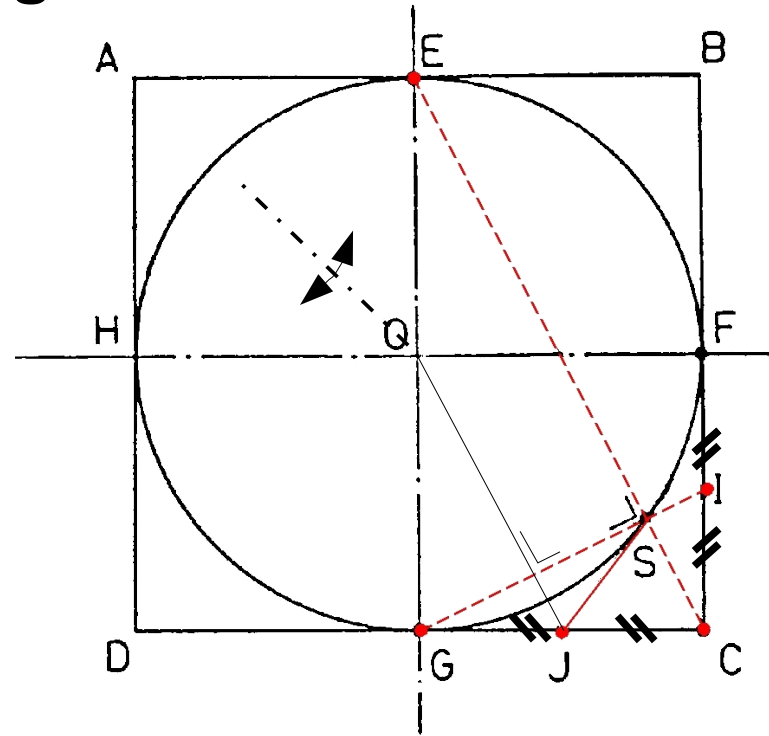
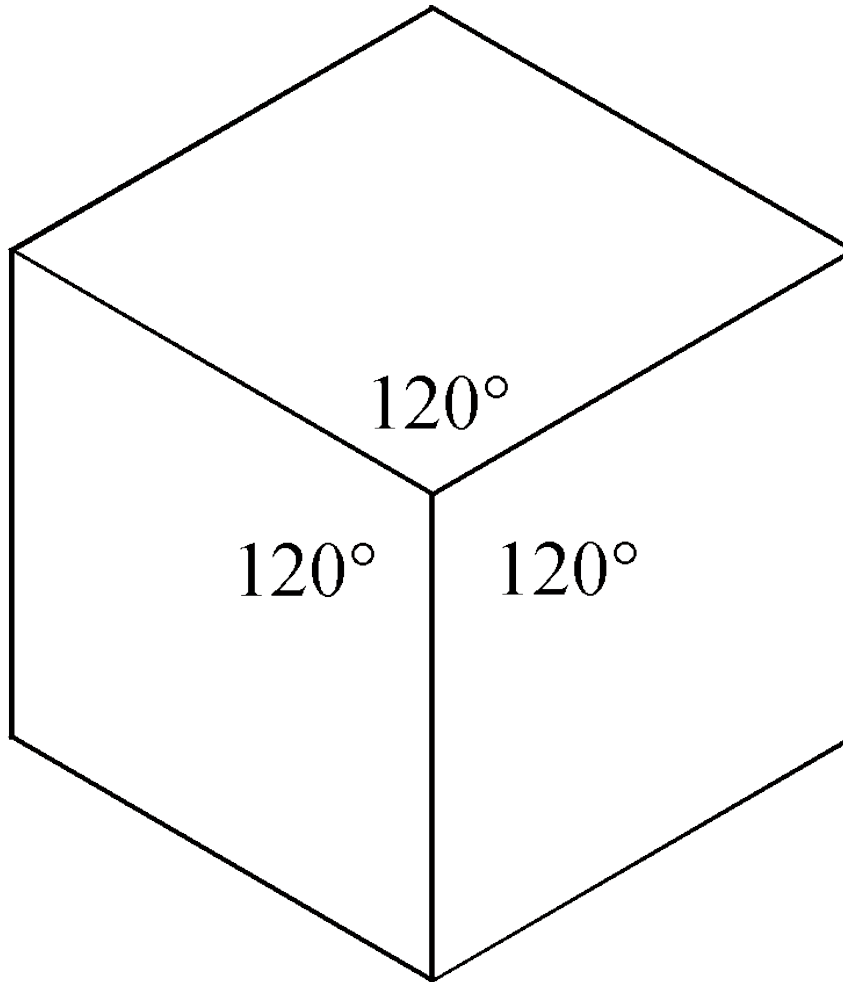


Image d'un cercle

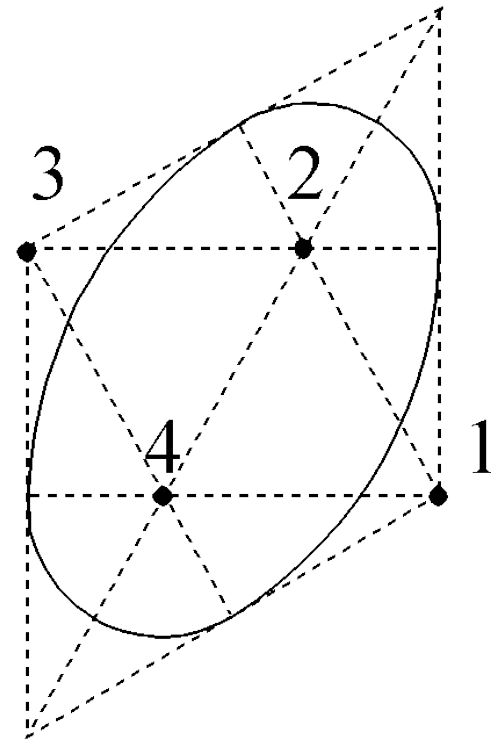
Construction point par point :
Utilisation de la propriété
d'invariance des milieux
par la projection parallèle



Tracé des ovaux



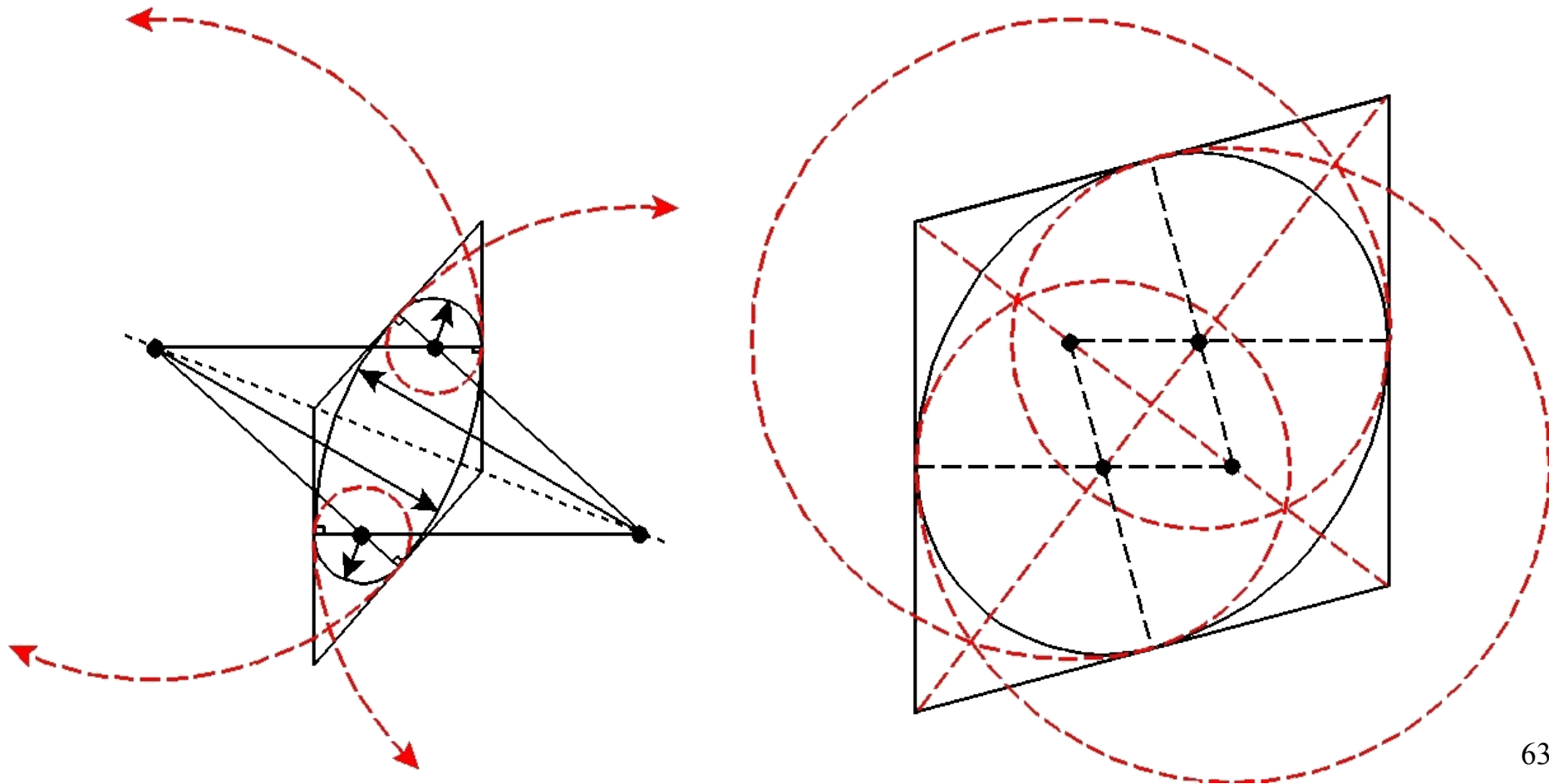
Tracé des ovaux,
le cas classique.



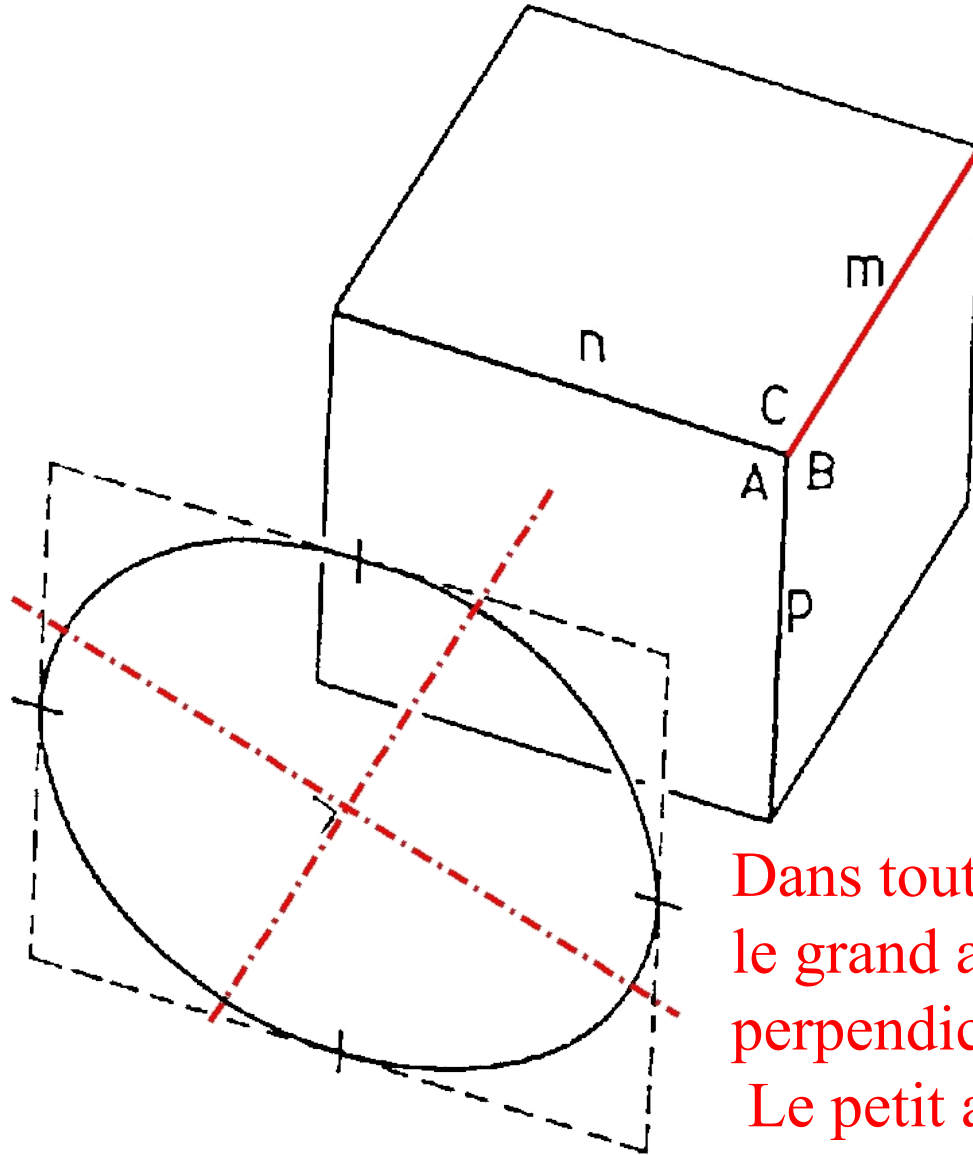
Tracé des ovaux

Condition :

l'image du carré circonscrit doit être un losange



Tracé d'un cercle

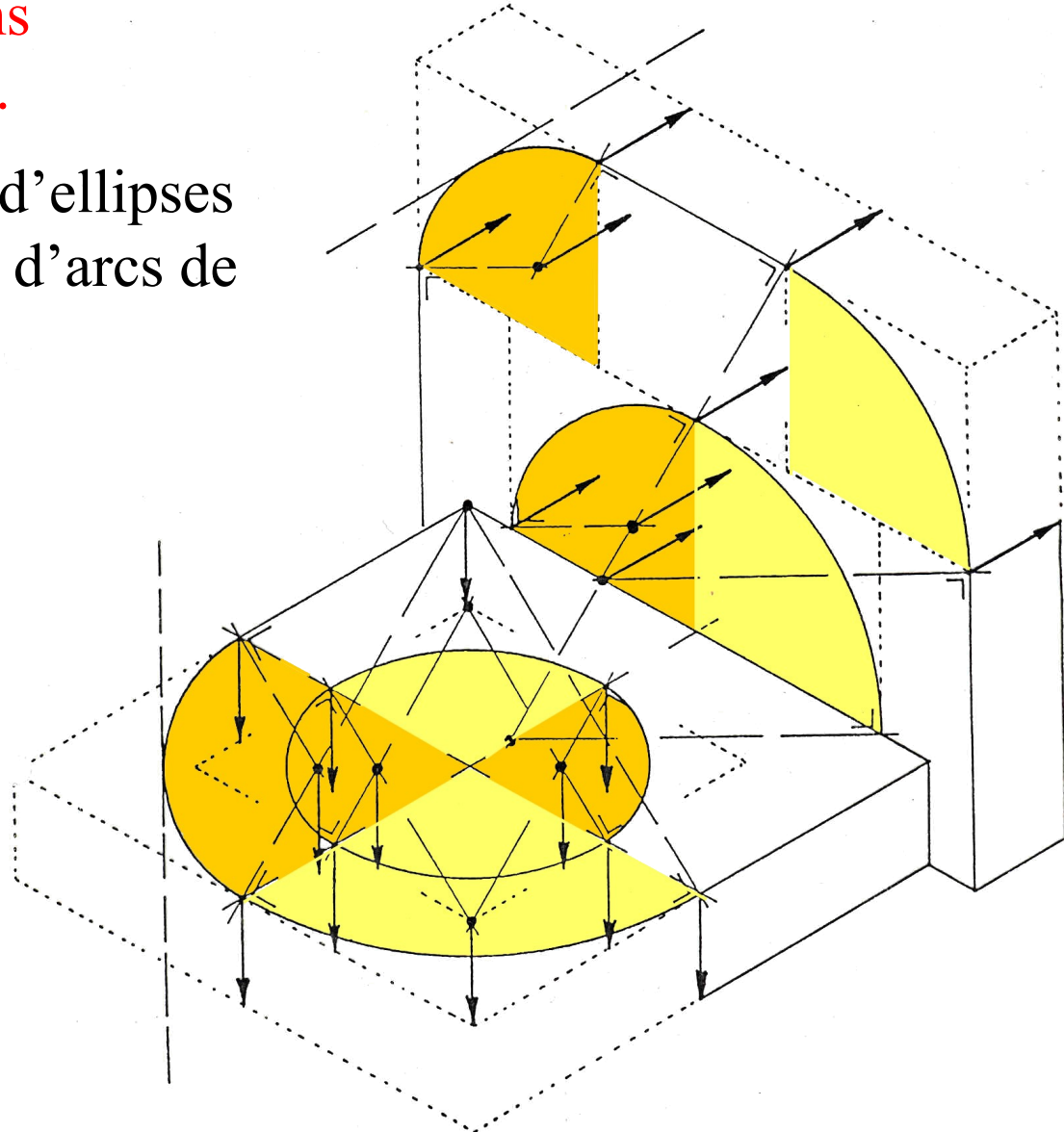


Dans toute axonométrie orthogonale,
le grand axe de l'ellipse est
perpendiculaire à la 3ème arête du cube.
Le petit axe est parallèle à celle ci.

Isométrie

Tracé des projections des arcs de cercles.

On remplace les arcs d'ellipses
par des combinaisons d'arcs de
cercles (max. 4).



Dessin isométrique

