



Métrologie



Renaud Costadoat
Lycée Dorian



DORIAN



Introduction

Savoir

Vous êtes capables :

- De définir et de lire des spécifications sur un dessin de définition.

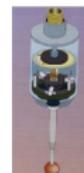
Problématique

Vous devez être capables :

- De contrôler ces spécifications sur une pièce fabriquée.

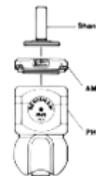
Inspection d'une spécification portée sur un dessin

- Les étapes :
 - ▶ Définir selon la norme (ISO) la spécification à contrôler,
 - ▶ Mesurer les surfaces par des points,
 - ▶ Représenter les éléments tolérancés et de références,
 - ▶ Construire les références spécifiées,
 - ▶ Vérifier les spécifications par constructions géométriques et calculs de distances et d'angles,
 - ▶ Estimer les incertitudes sur les caractéristiques.
- Difficultés:
 - ▶ Limites physiques : accessibilité des surfaces.

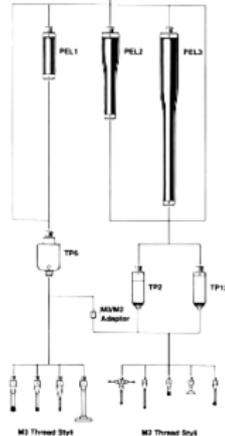


Choisir les outils de mesure sur MMT

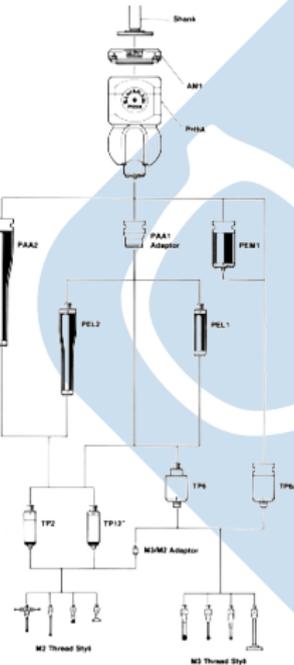
- Tête



- Extensions



- Capteurs

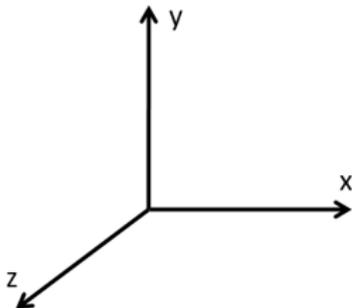


- Stylets



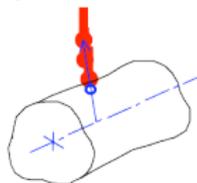
Acquérir des coordonnées de points

- Dans un repère exprimer les coordonnées des points appartenant aux différentes surfaces de la pièce.

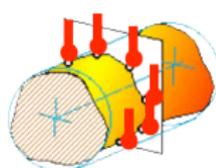


Mesure d'un point

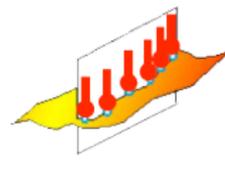
- Les points et les lignes, sont définies par l'intersection d'un élément théorique exact (droite ou plan) avec la surface portant les points mesurés,



point



Ligne circulaire



Lignes rectilignes

- Conséquence le déplacement du palpeur doit être contrôlé par la CN de la MMT pour que chaque point de contact avec la surface appartienne au plan de coupe ou à la droite d'intersection,
- La mesure des lignes et des points se trouvent ainsi limitées par les possibilités de « balançage » de la pièce dans le repère de la MMT.

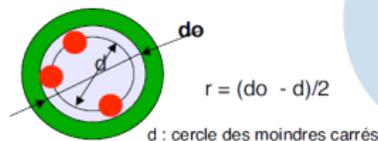
Qualification d'un palpeur

- Chaque « outil-palpeur » a un rayon qu'il faut compenser par mesure d'un étalon (cale, bague, sphère).

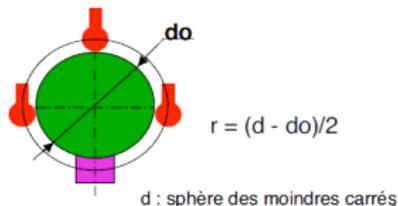
- En mesures unidimensionnelles : par mesure d'une cale étalon de longueur l_0 ,



- En mesures planes (bidimensionnelles) : par mesure d'une bague étalon de diamètre d_0 ,



- En mesures tridimensionnelles : par mesure d'une sphère étalon de diamètre d_0 .

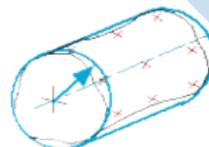


Représentation d'un élément géométrique réel

- Par l'ensemble des points mesurés sur l'élément (Nuage de points),



- Par un élément géométrique théorique associé au nuage de points suivant le critère des moindres carrés et à la demande (option) tangent du côté libre de la matière.

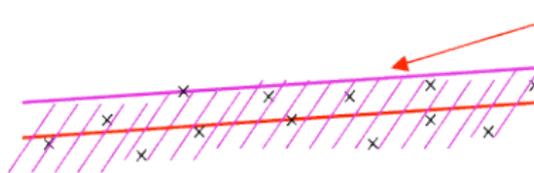


Critère des moindres carrés (ou critère de Gauss)

- L'élément associé est tel que la somme des carrés des distances des points mesurés à l'élément est minimale,



- L'élément associé passe au mieux des points. Il est dans le nuage de points. L'élément retenu pourra être un élément tangent extérieur matière et parallèle à l'élément des moindres carrés.

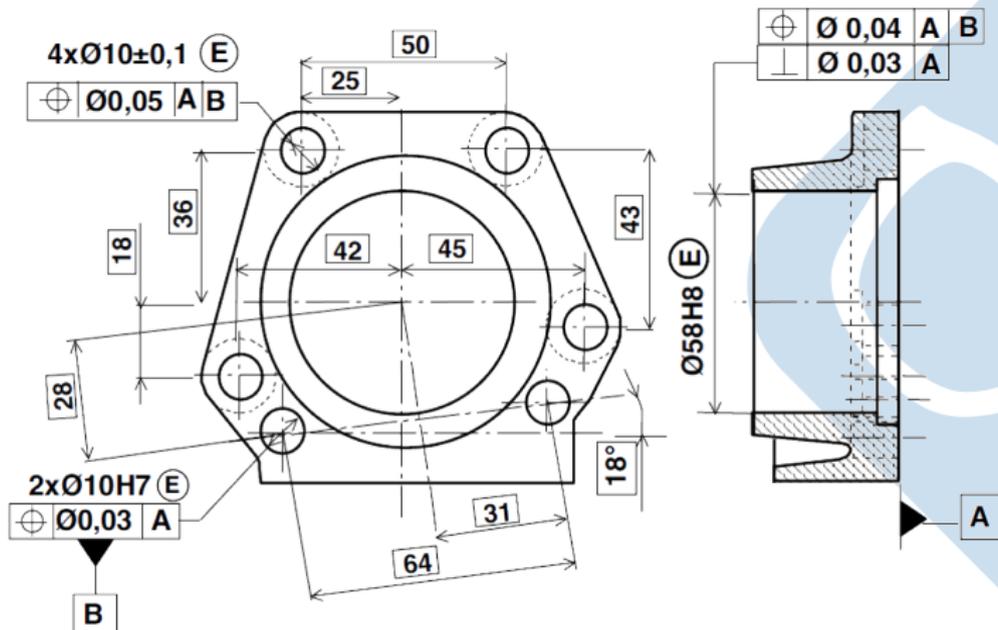


Exemple: Couvercle de l'arbre intermédiaire



Le
C.A.I

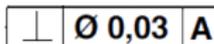
Dessin de définition



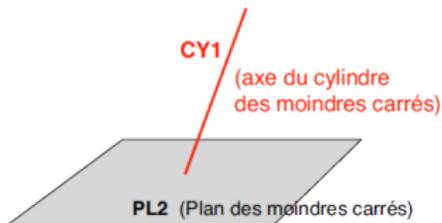
Contrôle d'une spécification dimensionnelle $\Phi 58$

- Définition ISO de la spécification,
 - ▶ Toutes les dimensions locales réelles doivent être $58,000 \leq di \leq 58,033$,
 - ▶ Exigence de l'enveloppe : la surface réelle doit être extérieure à un cylindre de forme parfaite de diamètre au maximum de matière ($\Phi 58,000$),
- Mesure de la surface réputée cylindrique et modèle géométrique associé mesure en 12 points repartis sur la surface,
 - ▶ modèle associé : cylindre des moindres carrés tangent extérieur matière,
 - ▶ résultat : diamètre D du cylindre associé et défaut de forme df sur les 12 pts,
- Interprétation du résultat,
 - ▶ Dimensions locales réelles : vérifier si $D \geq 58,000$ et $(D + 2df) \leq 58,033$,
 - ▶ Exigence de l'enveloppe : vérifier si $D \geq 58,000$,
- Incertitude sur la mesure de la caractéristique.

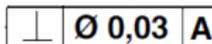
Contrôle d'une spécification géométrique



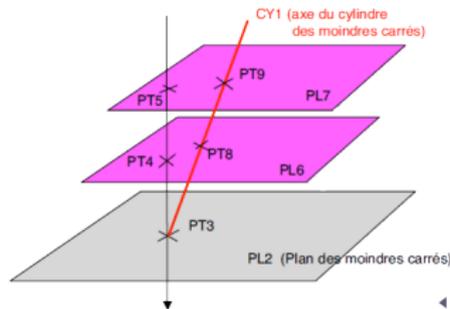
- Définition ISO de la spécification
 - ▶ Élément tolérancé : axe reel de l'alesage $\Phi 58$,
 - ▶ Éléments de référence : surface réputée plane A,
 - ▶ Référence spécifiée : plan A tangent extérieur matière et critère des moindres carrés,
 - ▶ Zone de tolérance : Cylindre $\Phi 0,03$ d'axe perpendiculaire au plan de référence spécifié A,
- Mesure des surfaces et modèles géométriques de la base de données,
 - ▶ Mesure en 12 points repartis sur l'alésage,
 - ▶ Modèle associé : cylindre des moindres carrés tangent extérieur matière CY1,
 - ▶ Mesure en 14 points repartis sur la surface réputée plane,
 - ▶ modèle associé : plan des moindres carrés tangent extérieur matière PL2.



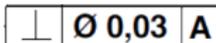
Contrôle d'une spécification géométrique



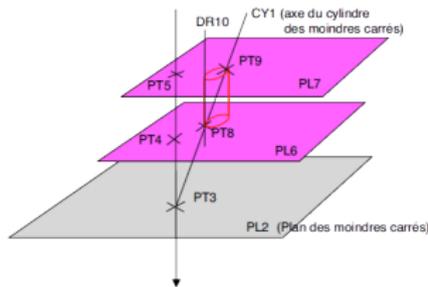
- L'axe réel du cylindre est déterminé par les 2 points extrêmes PT8 et PT9 délimitant l'axe du cylindre des moindres carrés,
- Etapes du processus
 - ▶ construction du point PT3: intersection de la droite CY1 et du plan PL2,
 - ▶ construction d'un axe orienté défini par: (une direction : le plan PL2, une origine : le point PT3, une orientation extérieure à la matière du plan PL2),
 - ▶ construction de deux points PT4 et PT5 de coordonnées -5 et -35 (géométrie nominale),
 - ▶ construction d'un plan PL6 passant par le point PT4 et parallèle au plan PL2,
 - ▶ construction d'un plan PL7 passant par le point PT5 et parallèle au plan PL2,
 - ▶ construction du point PT8 intersection de PL6 et de la droite CY1,
 - ▶ construction du point PT9 intersection de PL7 et de la droite CY1



Contrôle d'une spécification géométrique



- La direction du plan de référence spécifié est déterminée par le plan des moindres carrés,
- L'axe de la zone de tolérance est définie par une droite DR10,
 - ▶ construction d'une droite DR10 passant par PT8 et perpendiculaire au plan PL2,
- La condition d'appartenance à la zone de tolérance $\varnothing t$ est définie par :
 - ▶ le calcul de la distance d entre le point PT9 et la droite DR10,
 - ▶ la condition $d \leq t$.



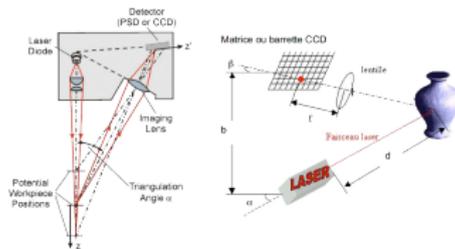
Technologies classiques de numérisation 3D

- Palpeur à déclenchement (contact)

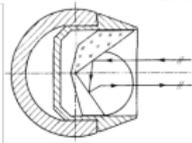
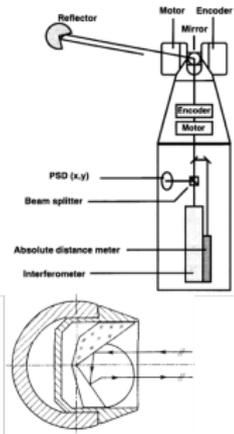


- Palpeur laser plan (sans contact)

Capteur à ligne laser



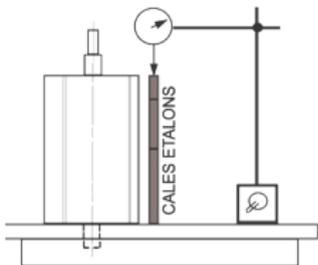
Technologies et numérisation 3D grande échelle



La métrologie au marbre: Méthode de mesure par comparaison

● Principe

- ▶ Contrôler une spécification dimensionnelle sur une pièce en la comparant à un empilement de cales étalon,

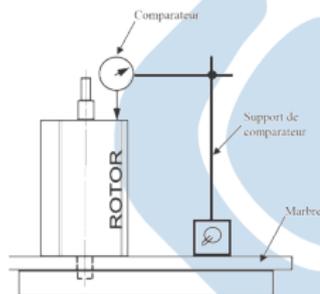


● Etalonnage:

- ▶ Empiler les cales étalons pour atteindre la valeur nominale à mesurer,
- ▶ Amener le comparateur sur la pièce, il doit être à mi-course.

● Matériel utilisé:

- ▶ Un marbre de contrôle,
- ▶ Un jeu de cale étalon,
- ▶ Un comparateur+ support,

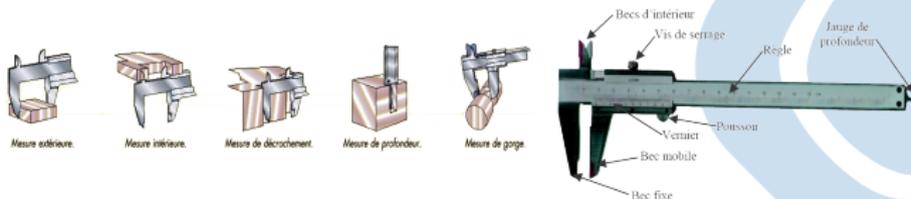


● Procédure de mesure:

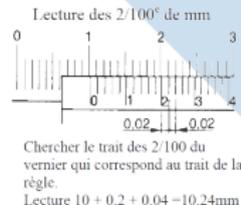
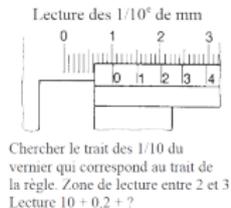
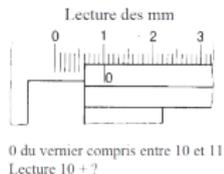
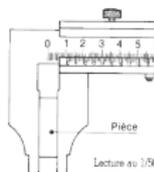
- ▶ Enlever les cales,
- ▶ Installer la pièce,
- ▶ Relever l'écart par rapport à l'étalonnage en bougeant la pièce.

Instruments de métrologie au marbre

- Pied à coulisse:** Un pied à coulisse est un instrument de mesure de longueurs composée de deux parties coulissantes l'une sur l'autre : un règle fixe graduée, munie d'une tête comportant une face plate correspondant à la position de référence 0, et un curseur, muni d'une tête présentant une surface plate en opposition avec la référence.

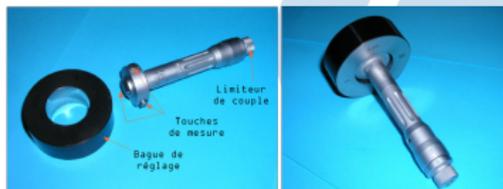
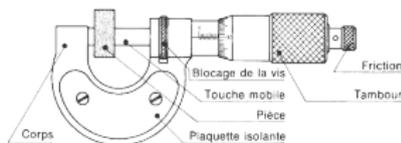


Principe de lecture



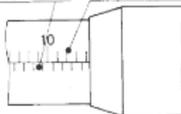
Instruments de métrologie au marbre

- Micromètre:** Le micromètre, ou « palmer », est un appareil de mesure des longueurs. Il est très utilisé en mécanique pour mesurer des épaisseurs, des diamètres de portées cylindriques (micromètre d'extérieur) ou des diamètres de perçage ou d'alésage (micromètre d'intérieur).



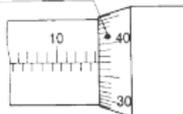
Principe de lecture

Échelle des 1/2 mm Échelle des mm



Lecture des mm et 1/2 mm
 Lire sur le vernier des mm le dernier trait qui apparaît
 Lire sur le vernier des 1/2 mm si celui-ci apparaît ou non après le mm choisi.
 Lecture : 14 + 0 = ?

Échelle des 1/100



Lecture des 1/100^e de mm
 Lire sur le tambour des 1/100^e de mm le trait qui correspond à l'axe des règles des mm et 1/2 mm
 Lecture : 14 + 0,37 = 14,37mm

Instruments de métrologie au marbre

- **Comparateur:** Le comparateur est un appareil de mesure de longueur. Il n'indique pas une mesure absolue mais une mesure relative par rapport à un point de référence,

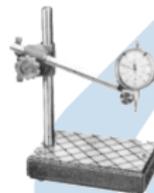
Comparateur
à cadran



Comparateur
à levier



Comparateur
à cadran
monté sur
son support



- **Cales étalons:** Les cales étalons sont des parallélépipèdes généralement en acier dont la longueur entre deux des faces (appelées mesurandes) est parfaitement connue. Les cales étalons sont utilisées pour étalonner ou régler des appareils de mesure de longueur.



La métrologie

Savoir

Vous devez être capables :

- de mesurer les défauts d'une pièce,
- de construire un protocole de mesure.