

**Mode de
fonctionnement MMT**

**Principe de base
d'une MMT**

**Architecture de la
partie mobile**

Guidage aérostatique

**Système de lecture de
déplacement**

**Technologie des
palpeurs par contact**

Gamme de contrôle

Gamme de contrôle

| |
|---|
| Mode de fonctionnement MMT |
| Principe de base d'une MMT |
| Architecture de la partie mobile |
| Guidage aérostatique |
| Système de lecture de déplacement |
| Technologie des palpeurs par contact |

Introduction

Une MMT matérialise un repère orthonormé à 3 dimensions (O, x, y, z) Pour chaque point palpé, on recueille les coordonnées du centre du palpeur : La pièce à mesurer est ensuite modélisée à l'aide des éléments géométriques définis par le préparateur (points, droites, plans, cercles, cylindres, cônes et sphères). A partir du nuage de points palpés, un traitement suivant la règle des moindres carrés permet de définir quantitativement les éléments géométriques.

Pour définir un élément géométrique sur la machine TRI-MESURES, le logiciel GEOSOFT 2000 PLUS demande de palper le nombre de points minimum+1, soit par exemple 4 points à palper pour définir un plan. Si l'on s'en tenait au nombre minimum de points (3), le calcul d'optimisation suivant la méthode des moindres carrés, ainsi que le calcul du défaut de forme serait impossible.

Gamme de contrôle

Mode de fonctionnement MMT

Méthode de mesure

Principe de base d'une MMT

Le contrat à remplir par les ateliers de fabrication est l'obtention d'un produit conforme au dessin de définition. C'est donc à partir de celui-ci que l'on définira les cotes fonctionnelles devant être mesurées.

Architecture de la partie mobile

Guidage aérostatique

A partir de là, des travaux, d'une part d'aspect pratique, d'autre part d'aspect théorique peuvent être conduits parallèlement.

Système de lecture de déplacement

Technologie des palpeurs par contact

Gamme de contrôle

Introduction

Introduction

Principe de base d'une MMT

Les MMTs sont apparues au début des années soixante et se sont vraiment développées après l'invention

Architecture de la partie mobile

du palpeur à déclenchement en 1970. Les principaux concepts qui régissent la mise en œuvre et

Guidage aérostatique

l'exploitation de ces machines sont en place depuis le début des années 80. Elles n'ont alors fait

Système de lecture de déplacement

qu'évoluer durant toutes ces années aussi bien sur la partie mécanique, que sur la partie logiciel.

Technologie des palpeurs par contact

Longtemps, la MMT avait sa place dans une salle climatisée (stable au niveau thermique et vibratoire),

laboratoire de métrologie. Actuellement, avec ces évolutions mécaniques et logiciels, les MMT trouvent

leur place dans des milieux plus « hostiles », comme à l'atelier, ou directement sur les lignes de

production ...

Gamme de contrôle

Introduction

Principe de base d'une MMT

Architecture de la partie mobile

Guidage aérostatique

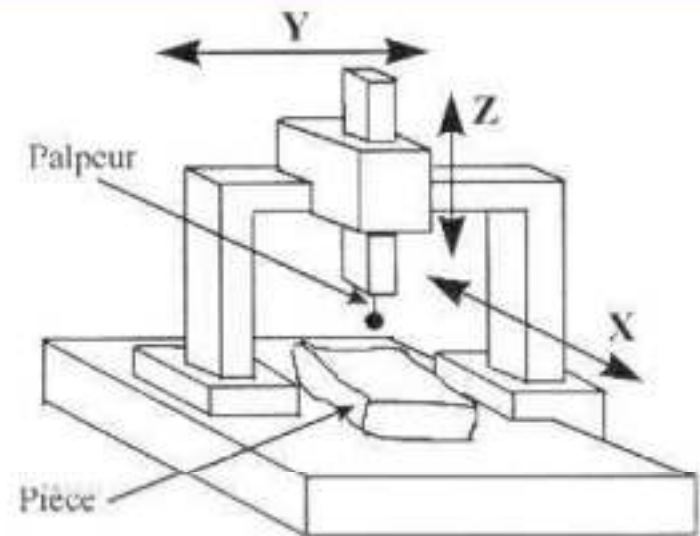
Système de lecture de déplacement

Technologie des palpeurs par contact

Principe de base d'une MMT

Pour effectuer les mesures, on déplace (manuellement, de manière motorisée ou automatiquement sur les MMT à commande numérique) un palpeur à contact (rubis sphérique dans la plupart des cas) dans le système de coordonnées de la machine grâce à trois glissières (parfaites... pas de jeu, pas de frottements) de directions orthogonales.

Lors de chaque accostage ce palpeur délivre un « top » lorsqu'il entre en contact avec la pièce (vient au contact des surfaces réelles), ce qui permet au calculateur d'afficher et de mémoriser les coordonnées X, Y et Z de la position du centre du palpeur (sphère de palpation : dans le cas fréquent où le palpeur se termine par une petite sphère) au moment du contact. Les points palpés permettent de déterminer une image de la surface réelle. Toutes ces informations mémorisés par l'ordinateur, seront exploitées par la suite par le logiciel de métrologie.



Gamme de contrôle

Introduction

Principe de base d'une MMT

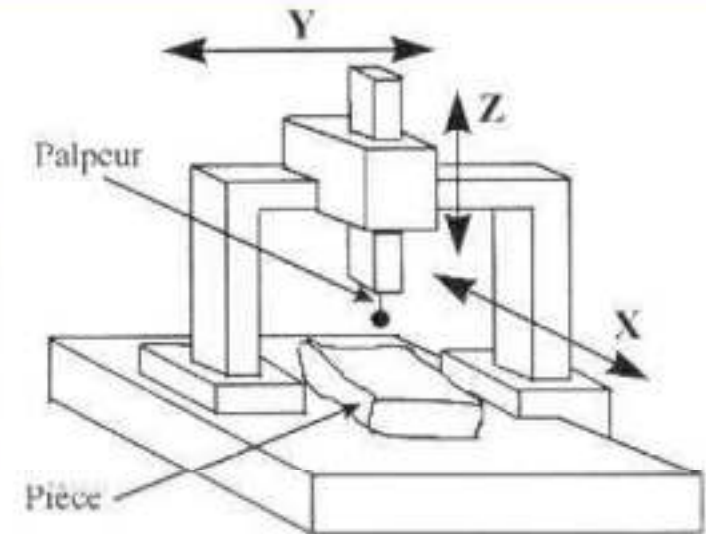
Architecture de la partie mobile

Guidage aérostatique

Système de lecture de déplacement

Technologie des palpeurs par contact

Principe de base d'une MMT



A partir des informations acquises au niveau de l'ordinateur par le palpation des points (coordonnées saisies), le logiciel détermine, par des traitements mathématiques, des éléments géométriques associés (Point, Droite, Cercle, Plan, Cylindre, Cône, Sphère) afin de réaliser la vérification des spécifications (géométriques & dimensionnelles) du dessin de définition de la pièce.

La mesure tridimensionnelle

Introduction

Principe de base
d'une MMT

Architecture de la
partie mobile

Guidage aérostatique

Système de lecture de
déplacement

Technologie des
palpeurs par contact

Architecture de la partie mobile

La partie mobile de la machine a pour but de permettre, à un palpeur généralement sphérique, d'atteindre n'importe quel point d'un volume de travail.

La fonction de la structure de la partie mobile d'une machine à mesurer tridimensionnelle (MMT) est de mettre en place un système de palpation vis-à-vis d'une pièce à mesurer et de repérer « précisément » le système de palpation dans l'espace.

Les efforts de travail sont de l'ordre de quelques dixièmes de Newton, ce qui permet d'optimiser la qualité métrologique de la machine au détriment de la raideur et de l'amortissement de la structure (dans certaines limites), ce qui explique que l'architecture et la technologie des machines à mesurer soient très différentes de celles des machines-outils.

La mesure tridimensionnelle

Introduction

Principe de base d'une MMT

Architecture de la partie mobile

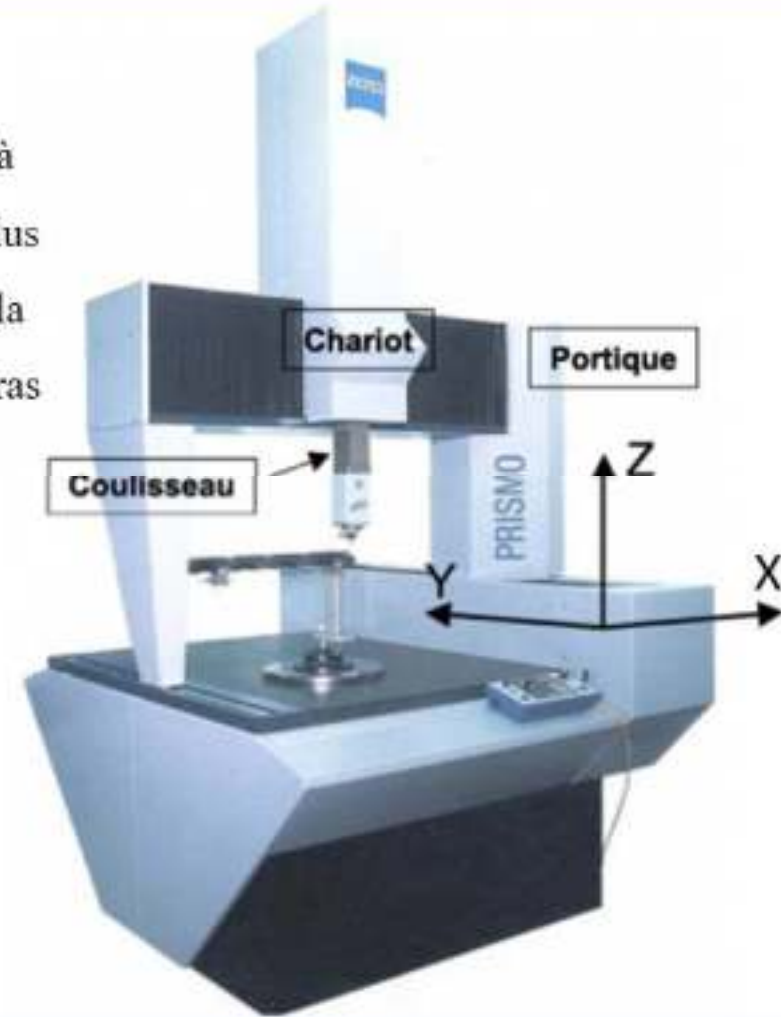
Guidage aérostatique

Système de lecture de déplacement

Technologie des palpeurs par contact

Architecture de la partie mobile

Sur la Figure suivante, on voit comme exemple une machine à mesurer dite « à portique ». Cette architecture est de loin la plus courante dans l'industrie mécanique, en dehors du monde de la carrosserie automobile qui est équipé de machines dites « à bras sortant ».



La mesure tridimensionnelle

Introduction

Principe de base d'une MMT

Architecture de la partie mobile

Guidage aérostatique

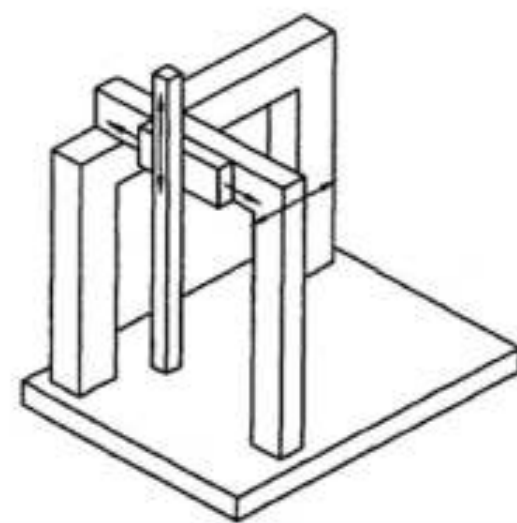
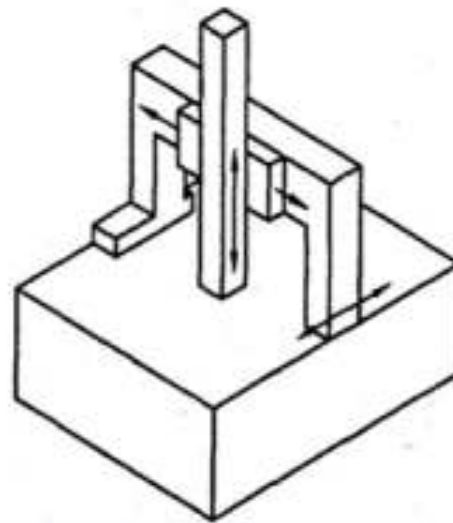
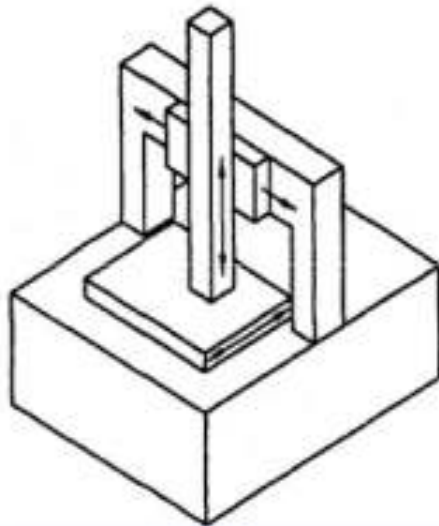
Système de lecture de déplacement

Technologie des palpeurs par contact

Architecture de la partie mobile : MMT à portique

La structure portique est la plus répandue. Elle permet de traiter de grands volumes et d'accéder aisément aux surfaces. Il existe plusieurs variantes de cette structure en portique et qui sont :

- MMT à portique fixe
- MMT à portique mobile
- MMT à portique en L



La mesure tridimensionnelle

Introduction

Principe de base d'une MMT

Architecture de la partie mobile

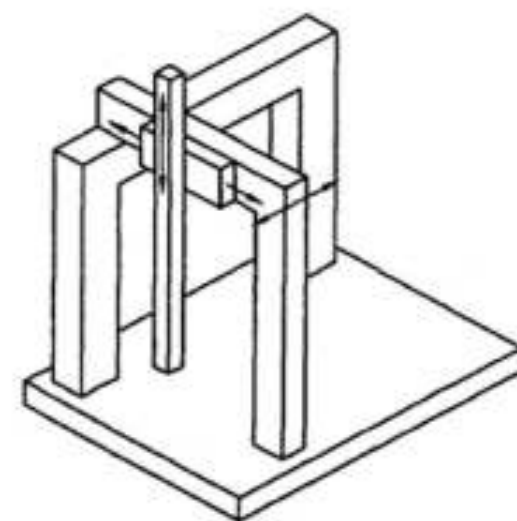
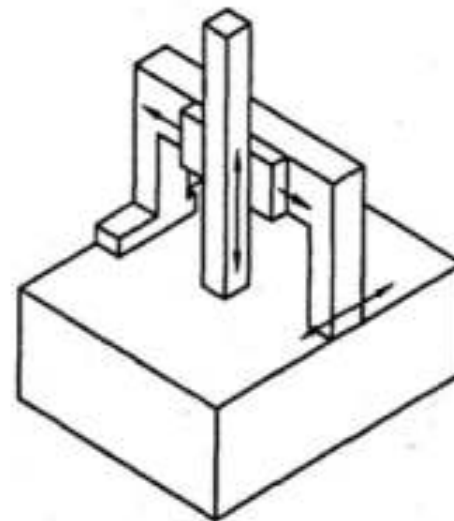
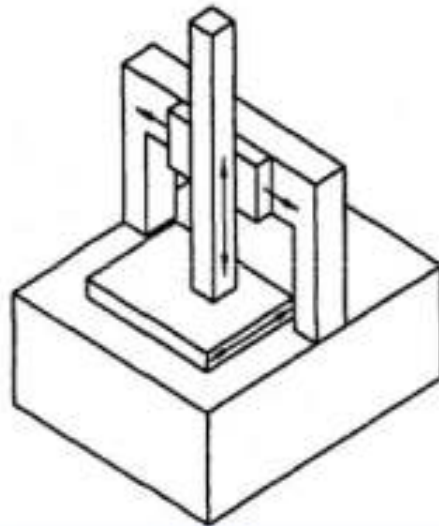
Guidage aérostatique

Système de lecture de déplacement

Technologie des palpeurs par contact

Architecture de la partie mobile : MMT à portique

- + Axe X de grande dimension (atteint 2m et plus).
- + Configuration la plus répandue (80%).
- Les inerties des parties mobiles devant être diminuées, conduisent à des structures en matériaux hétérogènes. Les variations de température, étant préjudiciables à la géométrie de la machine, la salle devra être climatisée.



MMT

La mesure tridimensionnelle

Introduction

Principe de base d'une MMT

Architecture de la partie mobile

Guidage aérostatique

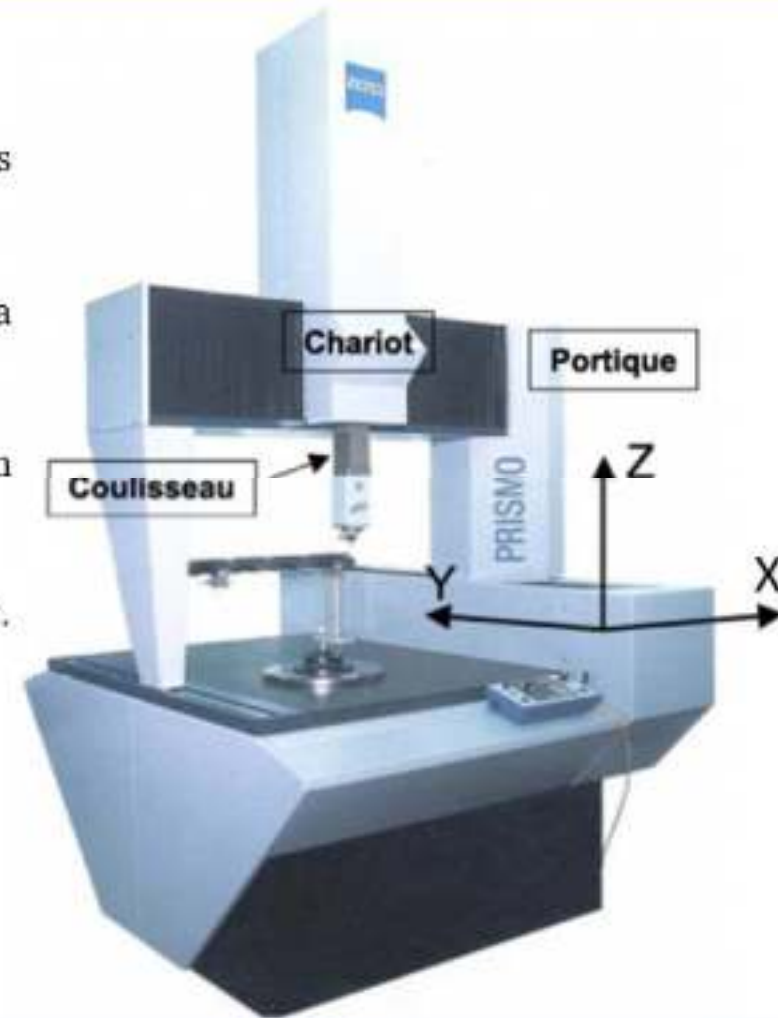
Système de lecture de déplacement

Technologie des palpeurs par contact

Architecture de la partie mobile : MMT à portique

En termes de vocabulaire concernant les différentes parties constituant la machine, on distingue :

- * le mobile portant le palpeur: c'est « le coulisseau » ou « la pinole ». Son déplacement est vertical et peut être noté Z ;
- * le mobile qui porte l'axe Z : c'est « le chariot ». Son déplacement est horizontal et peut être noté X ;
- * le mobile qui porte les axes X et Z : c'est « le portique ». Son déplacement est horizontal et peut être noté Y .



La mesure tridimensionnelle

Introduction

Principe de base d'une MMT

Architecture de la partie mobile

Guidage aérostatique

Système de lecture de déplacement

Technologie des palpeurs par contact

Architecture de la partie mobile : MMT à portique

L'orientation des axes est purement conventionnelle. Nous avons adopté celle pratiquée couramment en Europe. En Allemagne, l'axe X prend la place de l'axe Y.

Cette structure en portique et ses variantes, en particulier le portique fixe, ont démontré une réelle capacité à constituer des machines efficaces et de haut niveau métrologique grâce à la rigidité et à la stabilité du cadre fermé (structure hyperstatique pour la rigidité de la machine selon l'axe Y). Cette structure est essentiellement celle des laboratoires de métrologie mécaniques.



Machine à portique fixe

La mesure tridimensionnelle

Introduction

Principe de base
d'une MMT

Architecture de la
partie mobile

Guidage aérostatique

Système de lecture de
déplacement

Technologie des
palpeurs par contact

Architecture de la partie mobile : MMT col de cygne (ou cantilever)

Particulièrement adaptée aux petites capacités de mesure, elle est moins courante que la structure portique mais elle permet un bon accès à la pièce (accès facile) et une position de travail agréable.

La qualité métrologique de la machine est délicate à maîtriser et cette structure n'est pas vraiment adaptée pour un grand volume. Le réel intérêt de ce type de machine est le développement d'un concept de machine utilisée en libre-service de manière conviviale par tous les services de l'entreprise.



La mesure tridimensionnelle

Introduction

Principe de base d'une MMT

Architecture de la partie mobile

Guidage aérostatique

Système de lecture de déplacement

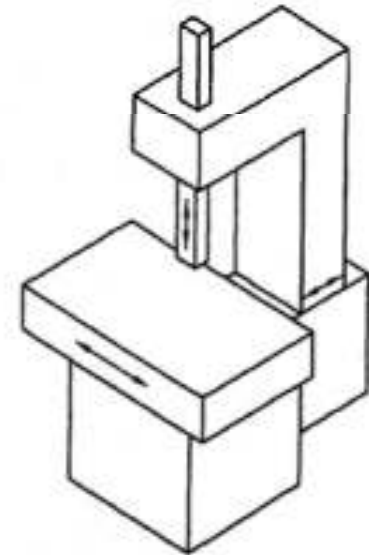
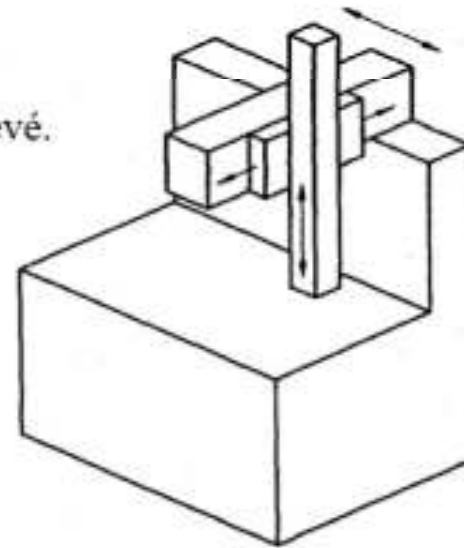
Technologie des palpeurs par contact

Architecture de la partie mobile : MMT col de cygne (ou cantilever)

Il existe deux variantes de cette structure col de cygne et qui sont :

- MMT col de cygne à plateau fixe
- MMT col de cygne à plateau mobile

- + Accès facilité pour le chargement des pièces.
- + Rapport volume de mesure – volume MMT élevé.
- Axe Z en porte à faux.
- Course Axe Z limitée.



La mesure tridimensionnelle

Introduction

Principe de base d'une MMT

Architecture de la partie mobile

Guidage aérostatique

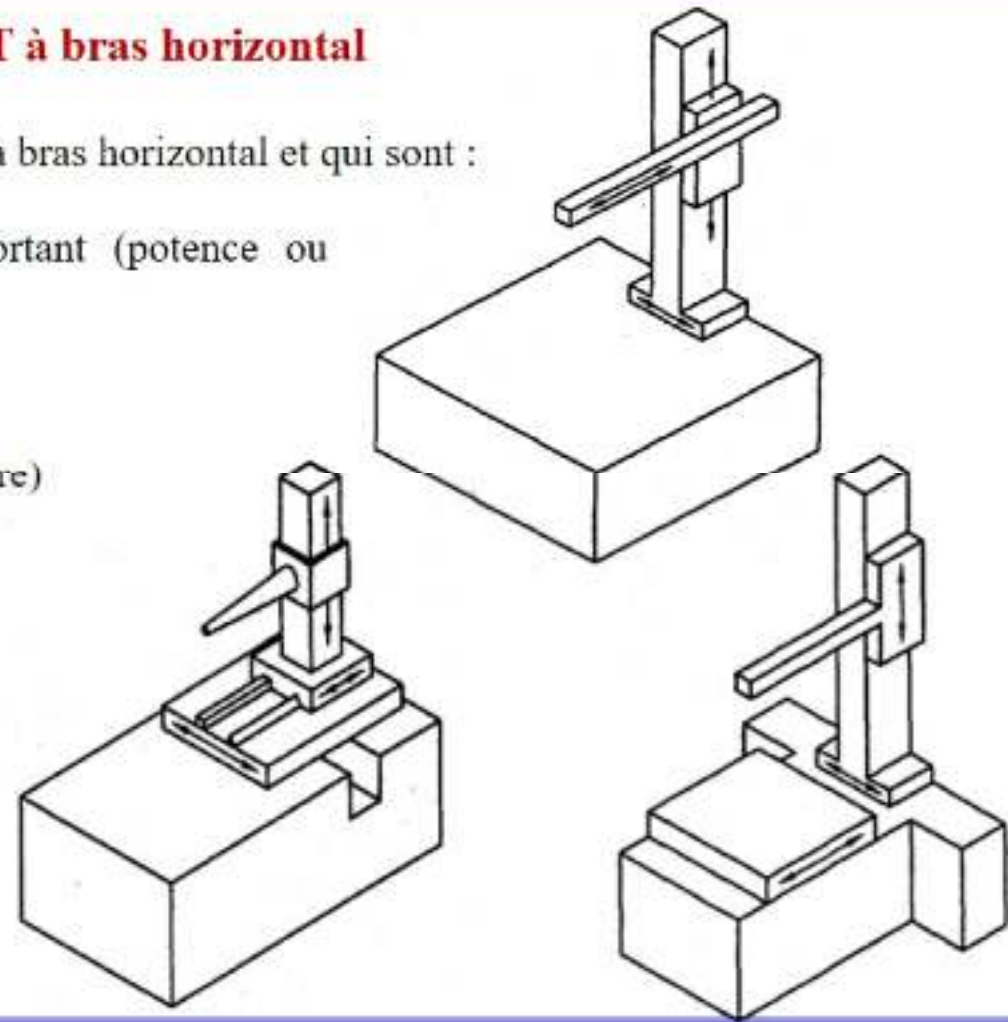
Système de lecture de déplacement

Technologie des palpeurs par contact

Architecture de la partie mobile : MMT à bras horizontal

Il existe plusieurs variantes de cette structure à bras horizontal et qui sont :

- MMT à bras horizontal mobile ou sortant (potence ou trusquin)
 - à deux colonnes
 - à plateau tournant (cylindro-polaire)
- MMT à bras horizontal à plateau fixe
- MMT à bras horizontal à plateau mobile



La mesure tridimensionnelle

Introduction

Principe de base d'une MMT

Architecture de la partie mobile

Guidage aérostatique

Système de lecture de déplacement

Technologie des palpeurs par contact

Architecture de la partie mobile : MMT à bras horizontal

MMT à bras horizontal mobile ou sortant (potence ou trusquin)

Les machines à bras sortant sont très courantes dans l'industrie automobile en métrologie des carrosseries et qui sont assez bien adaptées aux grands volumes. Elle permet d'accéder à toutes les faces de la pièce.

La structure de ces machines est très ouverte et ressemble à celle des colonnes de mesure en métrologie au marbre. Le principal inconvénient de ces machines tient à la déformation (flexion) de la colonne verticale liée à la position de la poutre horizontale qui porte le palpeur. Il est clair que cette structure est limitée en termes de qualité métrologique (précision) à des incertitudes de un à quelques centièmes de millimètres, voire plus.



La mesure tridimensionnelle

Introduction

Principe de base d'une MMT

Architecture de la partie mobile

Guidage aérostatique

Système de lecture de déplacement

Technologie des palpeurs par contact

Architecture de la partie mobile : MMT à bras horizontal

MMT à bras horizontal mobile ou sortant (potence ou trusquin)

Remarque : l'axe de déplacement, que l'on peut nommer X, présente une section relativement faible vis-à-vis de la grande longueur de la machine. Cet axe étant fixé au sol par plus de trois points, on dit que la liaison est « hyperstatique ». Le massif sur lequel est fixé l'axe X est un élément de la machine, il doit être conçu en tant que tel et relève de la responsabilité du constructeur de la machine à mesurer.



La mesure tridimensionnelle

Introduction

Principe de base d'une MMT

Architecture de la partie mobile

Guidage aérostatique

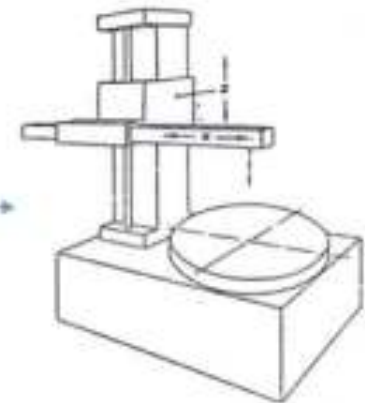
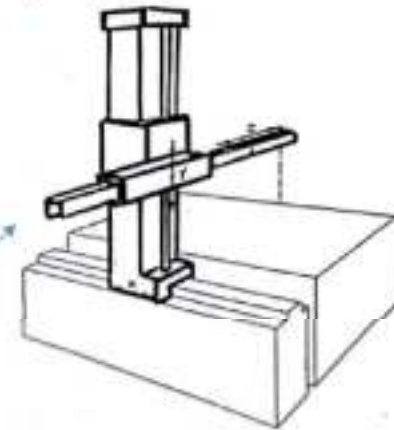
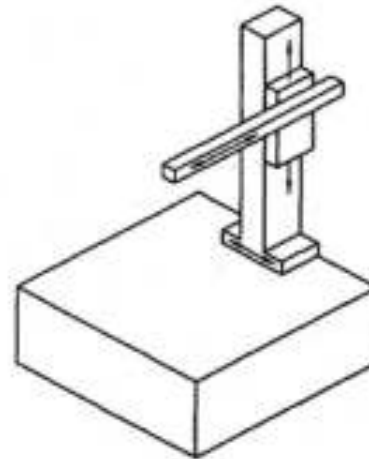
Système de lecture de déplacement

Technologie des palpeurs par contact

Architecture de la partie mobile : MMT à bras horizontal

MMT à bras horizontal mobile ou sortant (potence ou trusquin)

- + Le marbre peut-être dissocié de la machine.
- + Accès facilité à l'intérieur des pièces creuses.
- Le porte à faux de l'un des axes limite la précision.
- Limitation de l'accès à un côté de la pièce, d'où les solutions suivantes :
2 colonnes en vis à vis, ou plateau tournant sur le marbre (cylindro-polaire)



La mesure tridimensionnelle

Introduction

Principe de base d'une MMT

Architecture de la partie mobile

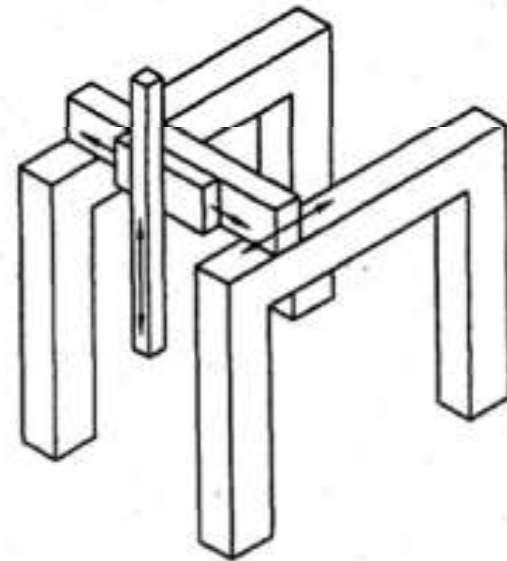
Guidage aérostatique

Système de lecture de déplacement

Technologie des palpeurs par contact

Architecture de la partie mobile : MMT pont

- + Le marbre est dissocié de la partie mobile, ce qui permet la mise en place de pièces lourdes.
- La structure est solidaire du sol où elle est implantée. Structure réservée aux MMT de grandes dimensions.



La mesure tridimensionnelle

Introduction

Principe de base
d'une MMT

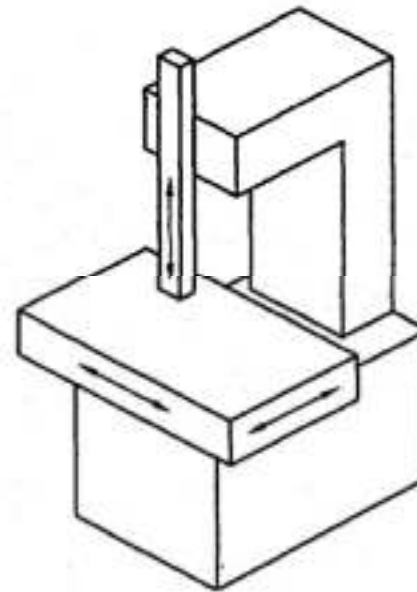
Architecture de la
partie mobile

Guidage aérostatique

Système de lecture de
déplacement

Technologie des
palpeurs par contact

Architecture de la partie mobile : **MMT à colonne**



La mesure tridimensionnelle

Introduction

Principe de base
d'une MMT

Architecture de la
partie mobile

Guidage aérostatique

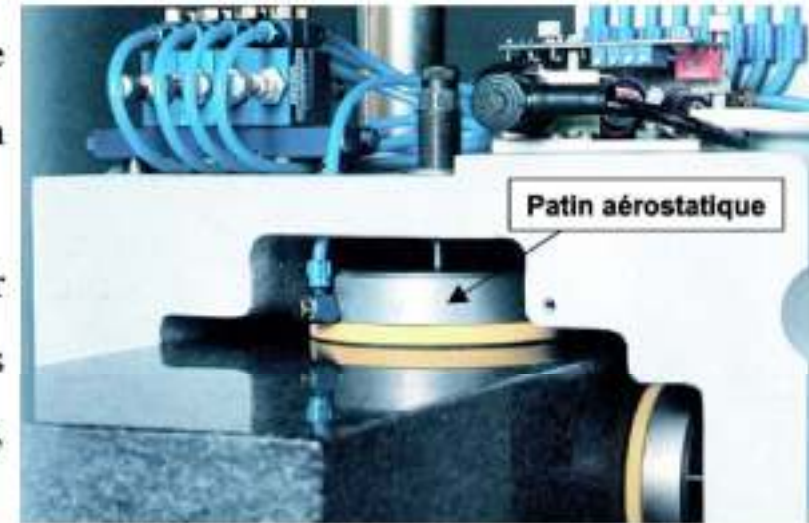
Système de lecture de
déplacement

Technologie des
palpeurs par contact

Guidage aérostatique

Les guidages des machines à mesurer sont (dans une large majorité) réalisés à partir d'un composant appelé « patin aérostatique ».

Fondamentalement, l'idée consiste à injecter de l'air comprimé entre deux surfaces pour créer un film sous pression. Ce film sous pression tend à séparer les surfaces, ce qui supprime tout contact et donc tout frottement.



La mesure tridimensionnelle

Introduction

Principe de base d'une MMT

Architecture de la partie mobile

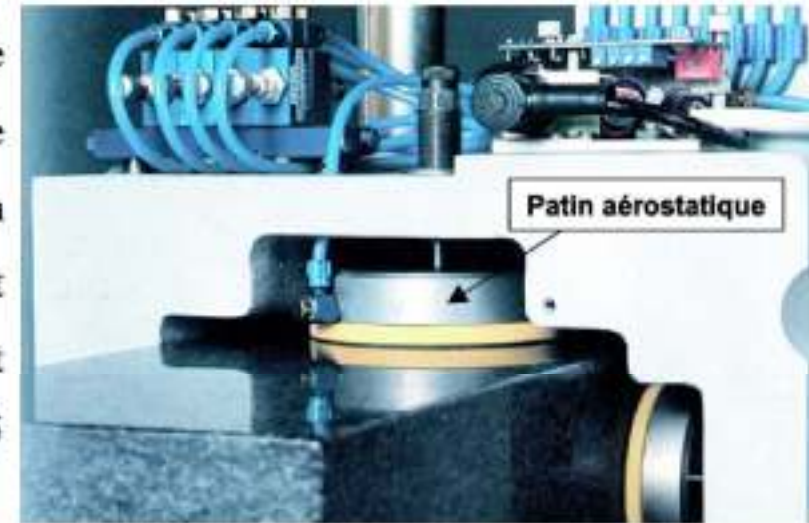
Guidage aérostatique

Système de lecture de déplacement

Technologie des palpeurs par contact

Guidage aérostatique

En pratique, les patins aérostatiques sont généralement de section circulaire et alimentés avec une pression de l'ordre de 4 à 5 bars relatifs. La hauteur de vol est le résultat d'un compromis. Si cette hauteur est trop forte la raideur est mauvaise, si la hauteur est trop faible les éléments sont trop difficiles à réaliser. Le compromis s'est établi entre 5 μm et 10 μm selon les constructeurs.



La mesure tridimensionnelle

Introduction

Principe de base d'une MMT

Architecture de la partie mobile

Guidage aérostatique

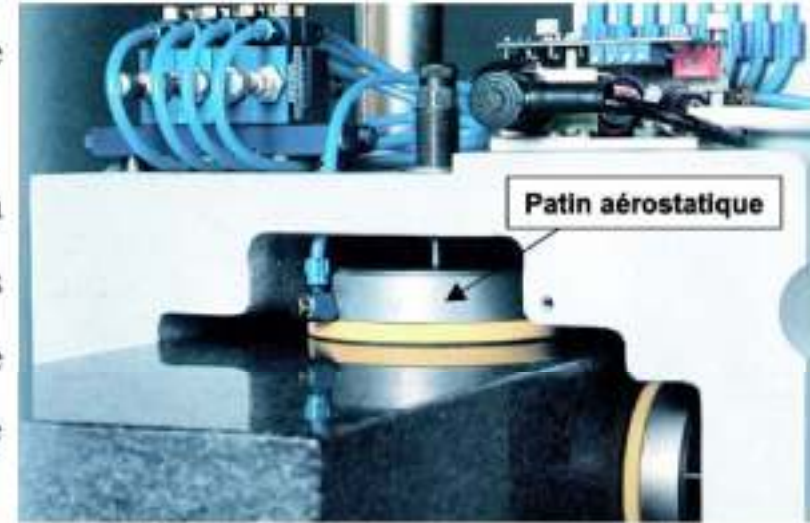
Système de lecture de déplacement

Technologie des palpeurs par contact

Guidage aérostatique

On voit clairement sur la figure que le patin sur la surface de granit poli réalise un appui plan.

On sait qu'un appui plan bloque la translation selon la normale au plan et deux rotations selon des directions orthogonales à cette normale. On monte le patin sur une rotule. La rotule bloque les trois translations mais laisse libre les trois rotations autour de son centre.



Globalement, la superposition de ces deux éléments forme un appui ponctuel. Cela signifie que l'ensemble constitué du patin et de la rotule se comporte comme un point posé sur la surface. Le grand avantage de cette construction soignée est l'absence de contact. Ce type de composant a, théoriquement, une durée de vie infinie.

La mesure tridimensionnelle

Introduction

Principe de base d'une MMT

Architecture de la partie mobile

Guidage aérostatique

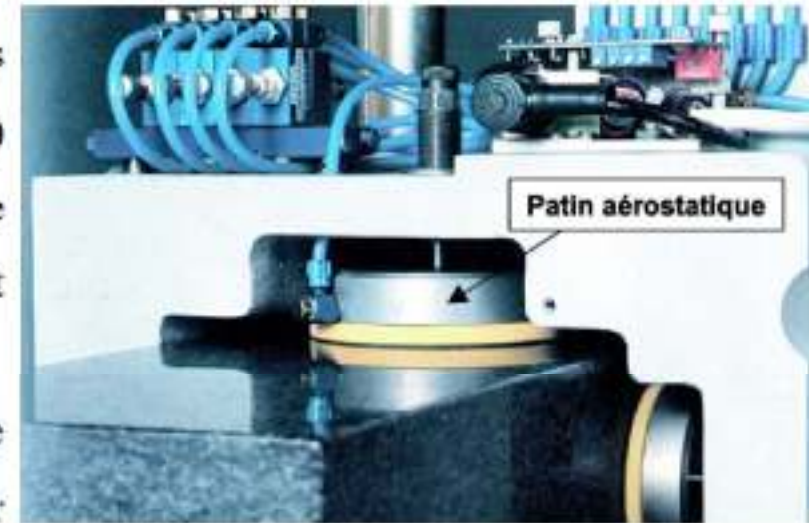
Système de lecture de déplacement

Technologie des palpeurs par contact

Guidage aérostatique

Pour réaliser un guidage complet, on place trois patins aérostatiques (c'est-à-dire l'équivalent de trois points) pour former un plan, et deux patins pour former une ligne ; on réalise ainsi un posage qui laisse libre le mouvement dans une direction.

Pour qu'un patin aérostatique fonctionne bien, il faut que la charge à laquelle il est soumis soit bien choisie pour obtenir la hauteur de vol décrite ci-dessus. C'est la raison pour laquelle on réalise une précontrainte des patins par l'intermédiaire de patins montés sur des ressorts souples.



La mesure tridimensionnelle

Introduction

Principe de base
d'une MMT

Architecture de la
partie mobile

Guidage aérostatique

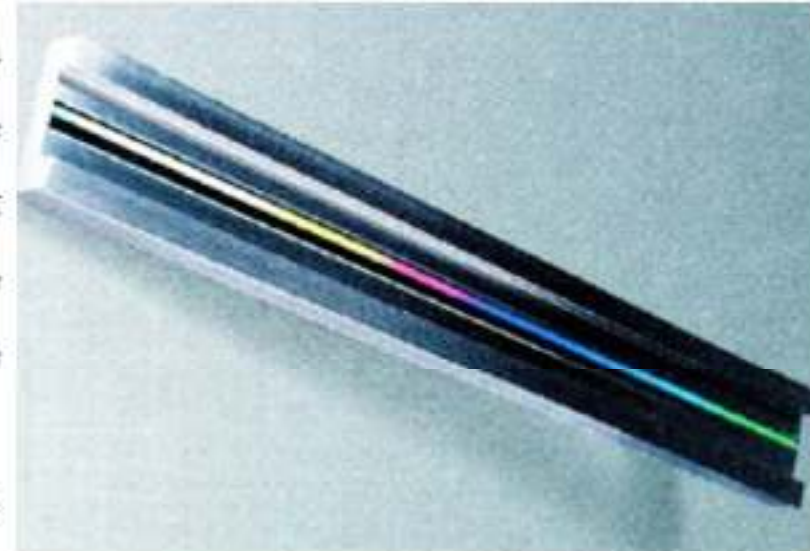
Système de lecture de
déplacement

Technologie des
palpeurs par contact

Système de lecture de déplacement : Capteurs de position

Chaque axe de déplacement de la MMT possède un capteur permettant de donner la position à l'instant t de l'élément mobile. Ces capteurs de position sont généralement des capteurs incrémentaux basés sur le principe de balayage photoélectrique. Les règles de lecture sont presque toujours de type optoélectronique.

Le principe consiste à concevoir une échelle gravée. Considérons un pas de $10\ \mu\text{m}$, par exemple ; les traits constituant une succession de lignes alternativement brillantes et mates (règle dite « par réflexion ») ou transparentes et opaques (règle dite « par transparence »).



La mesure tridimensionnelle

Introduction

Principe de base
d'une MMT

Architecture de la
partie mobile

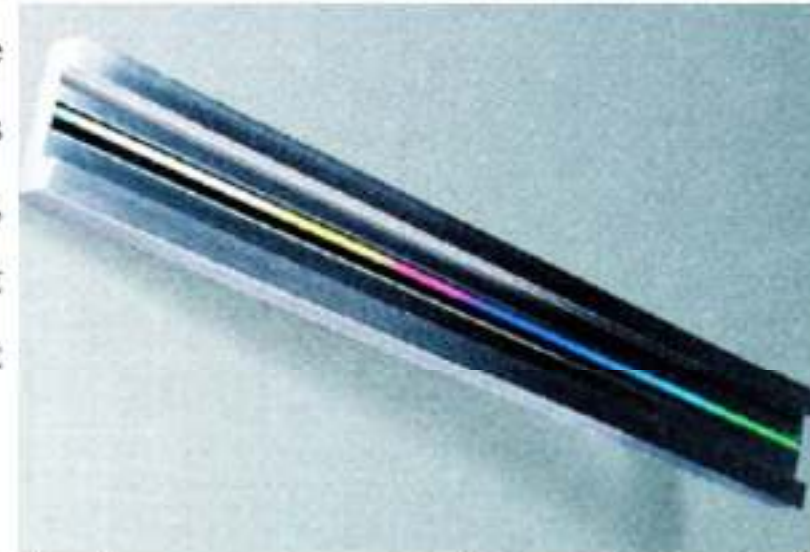
Guidage aérostatique

Système de lecture de
déplacement

Technologie des
palpeurs par contact

Système de lecture de déplacement : Capteurs de position

Un ensemble de capteurs photoélectriques se déplace devant ces règles générant des signaux électriques sinusoïdaux. Ces derniers, transformés en signaux carrés, permettent par comptage des fronts montants et descendants de repérer le déplacement de l'élément mobile.



La présence de plusieurs cellules photoélectriques déphasées les unes par rapport aux autres permet d'augmenter la résolution de la règle et de détecter le sens de déplacement. Une marque de référence et une diode photoélectrique supplémentaire permettent de définir une origine absolue sur la règle. On trouve les mêmes capteurs de position sur les machines-outils à commande numérique, la prise d'origine étant appelée POM (Prise Origine Machine).

La mesure tridimensionnelle

Introduction

Principe de base d'une MMT

Architecture de la partie mobile

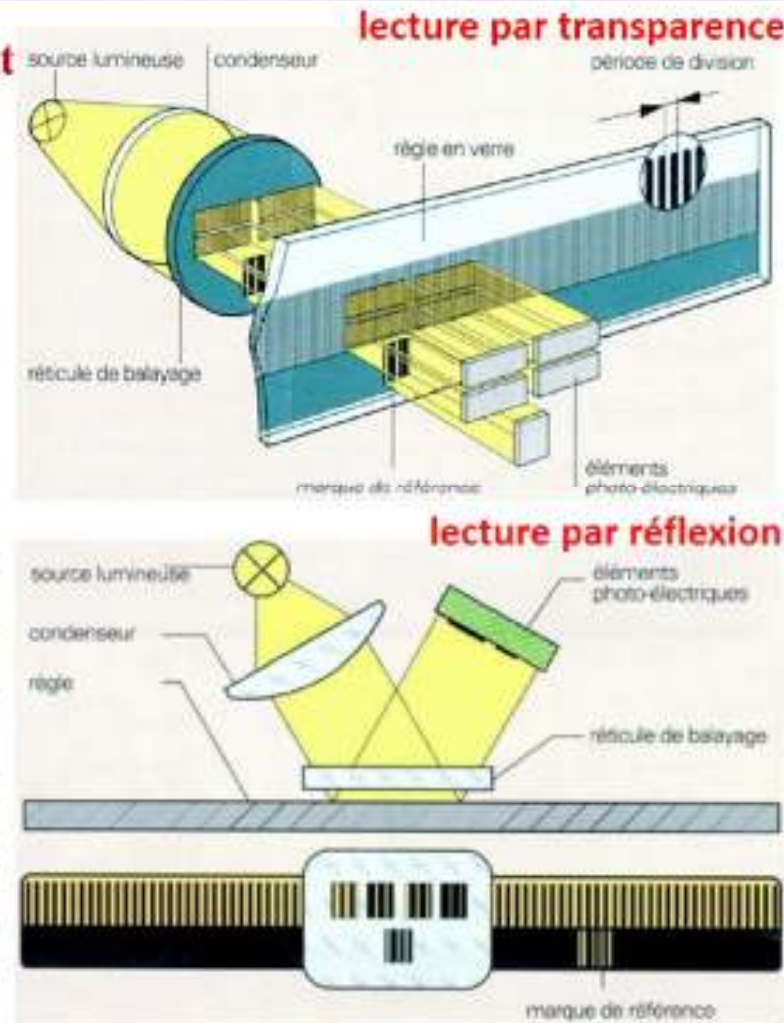
Guidage aérostatique

Système de lecture de déplacement

Technologie des palpeurs par contact

Système de lecture de déplacement : Fonctionnement

La tête de lecture présente une grille de même pas que la règle, que l'on peut qualifier de «réticule de balayage». Cette grille est constituée de traits transparents et de traits sombres. Une source lumineuse éclaire l'arrière de la grille. La lumière réfléchi (ou transmise) par la règle est donc maximale lorsque la grille est en phase avec les traits de la règle, et minimale lorsque la règle est en opposition de phase. La lumière est reçue par des cellules photosensibles et traduite en tension. Une seconde grille est mise en place sur la règle de manière à fonctionner de la même manière que la précédente, tout en fournissant une tension en quadrature par rapport à la précédente.



La mesure tridimensionnelle

Introduction

Principe de base d'une MMT

Architecture de la partie mobile

Guidage aérostatique

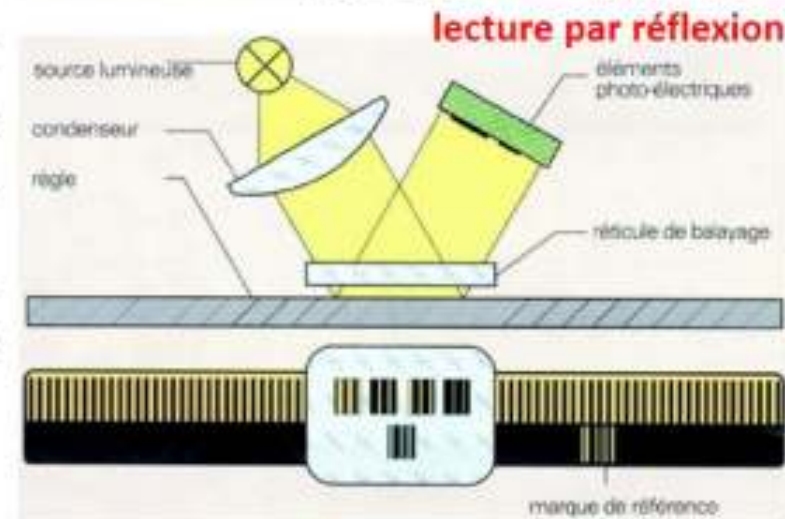
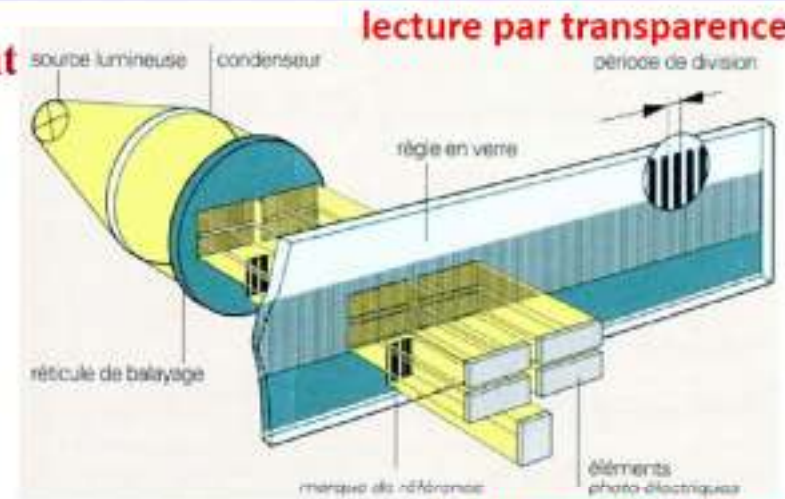
Système de lecture de déplacement

Technologie des palpeurs par contact

Système de lecture de déplacement : Fonctionnement

Il existe plusieurs méthodes pour générer l'information de déplacement. Présentons la méthode par déphasage : à partir d'un signal de type cosinus et d'un autre de type sinus, il est possible de mesurer ou de calculer le déphasage entre les signaux.

Une électronique de traitement compte le nombre entier de pas de gravure parcouru par la tête devant la règle comme le nombre de passage par 0 de la phase, et subdivise le pas fractionnaire de manière à affiner le comptage. En pratique, il est courant d'interpoler le pas d'un facteur 40 voire davantage.



La mesure tridimensionnelle

Introduction

Principe de base d'une MMT

Architecture de la partie mobile

Guidage aérostatique

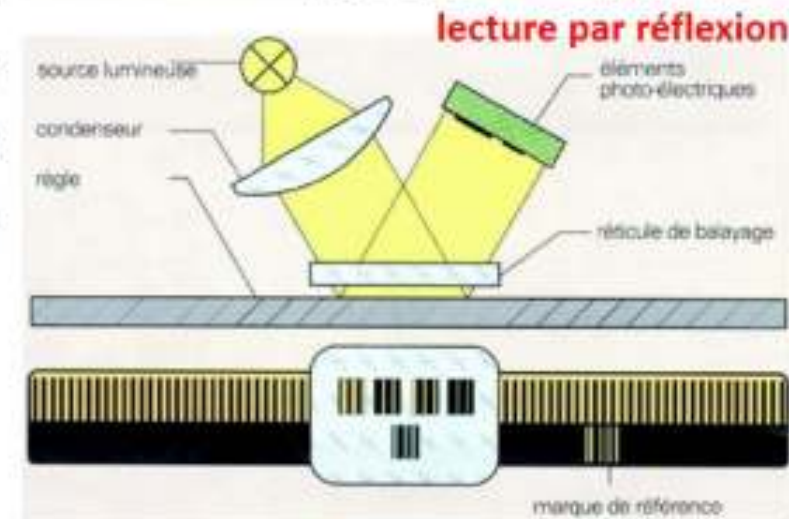
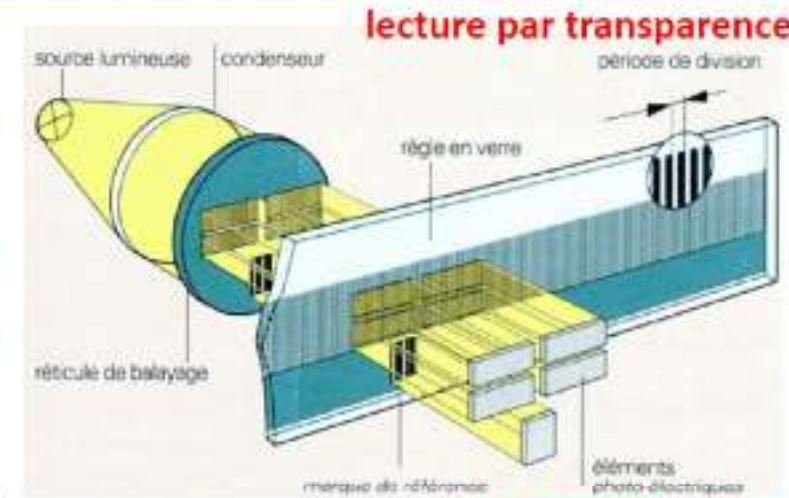
Système de lecture de déplacement

Technologie des palpeurs par contact

Système de lecture de déplacement : à retenir

L'important dans cette description est de comprendre que :

* Le comptage est de type incrémental, c'est-à-dire que cette technique fournit un déplacement relatif : nous n'avons pas de zéro. C'est la raison pour laquelle on ajoute une marque de référence. Cette marque de référence sera détectée dans une procédure particulière à la mise en route de la machine. Cette opération est indispensable pour les opérations de commande numérique et la correction informatique de la géométrie de la machine.



La mesure tridimensionnelle

Introduction

Principe de base d'une MMT

Architecture de la partie mobile

Guidage aérostatique

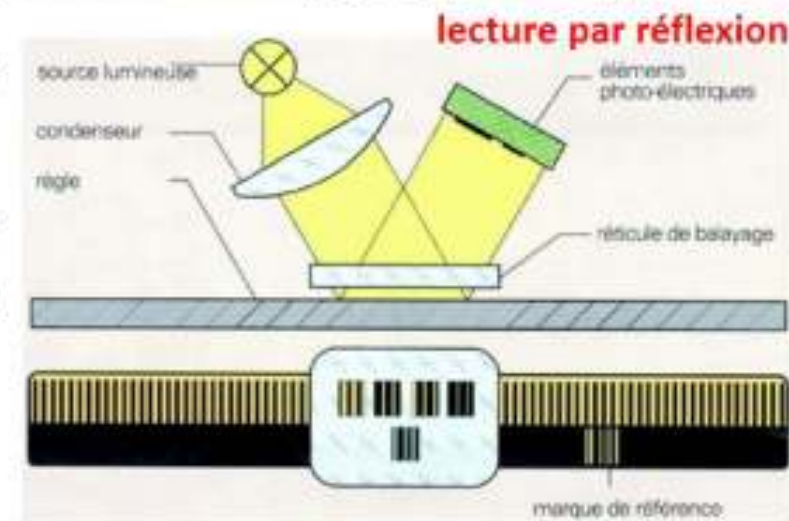
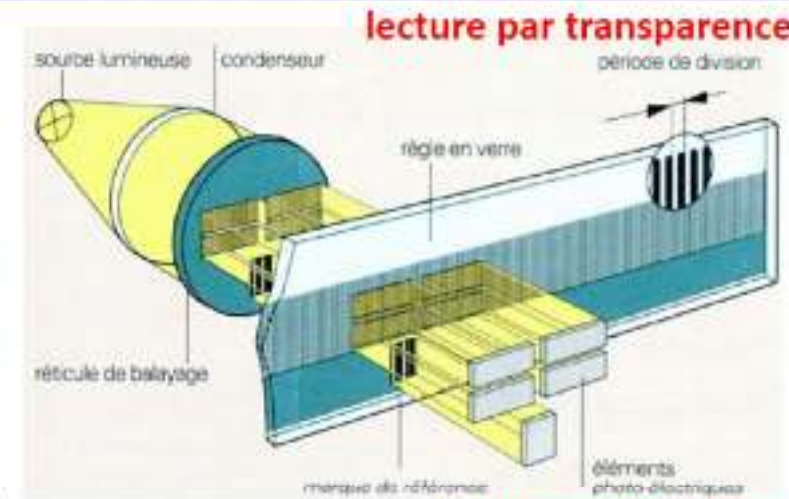
Système de lecture de déplacement

Technologie des palpeurs par contact

Système de lecture de déplacement : à retenir

L'important dans cette description est de comprendre que :

* On détecte l'évolution de la phase, donc on connaît le signe de sa dérivée qui fournit directement le sens de déplacement. Ce sens de déplacement peut être vu comme un vecteur, par exemple $(0, -1, 0)$ signifie que la machine avance dans le sens Y négatif. Ce vecteur sera appelé « le vecteur approche » et sera fondamental pour comprendre le mécanisme de détection du sens de la matière lors d'une mesure. En clair, il s'agira de répondre à la question: On mesure un cylindre, mais est-ce un arbre ou un alésage ?



La mesure tridimensionnelle

Introduction

Principe de base d'une MMT

Architecture de la partie mobile

Guidage aérostatique

Système de lecture de déplacement

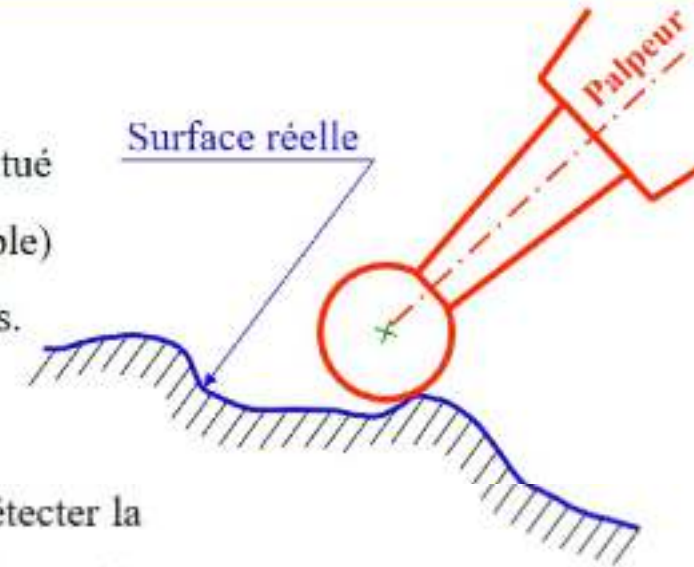
Technologie des palpeurs par contact

Palpage par contact

Pour assurer le palpage, la MMT est équipée d'un palpeur constitué d'une partie détection (déclenchement lors du contact par exemple) et de l'équipement de mesure de la position des différents mobiles.

Concept :

L'idée du palpage universel par contact est simple: il s'agit de détecter la mise en contact d'une bille sur la pièce pour repérer un point sur la surface. Le choix de la valeur de l'effort de contact résulte d'un compromis entre un effort suffisamment important pour garantir la réalité du contact et un effort suffisamment faible pour éviter des déformations excessives. Les valeurs pratiques se situent entre 0,1N et quelques 0,1N. Le diamètre des billes couramment utilisées est situé entre 1 et 8 mm.



La mesure tridimensionnelle

Introduction

Principe de base d'une MMT

Architecture de la partie mobile

Guidage aérostatique

Système de lecture de déplacement

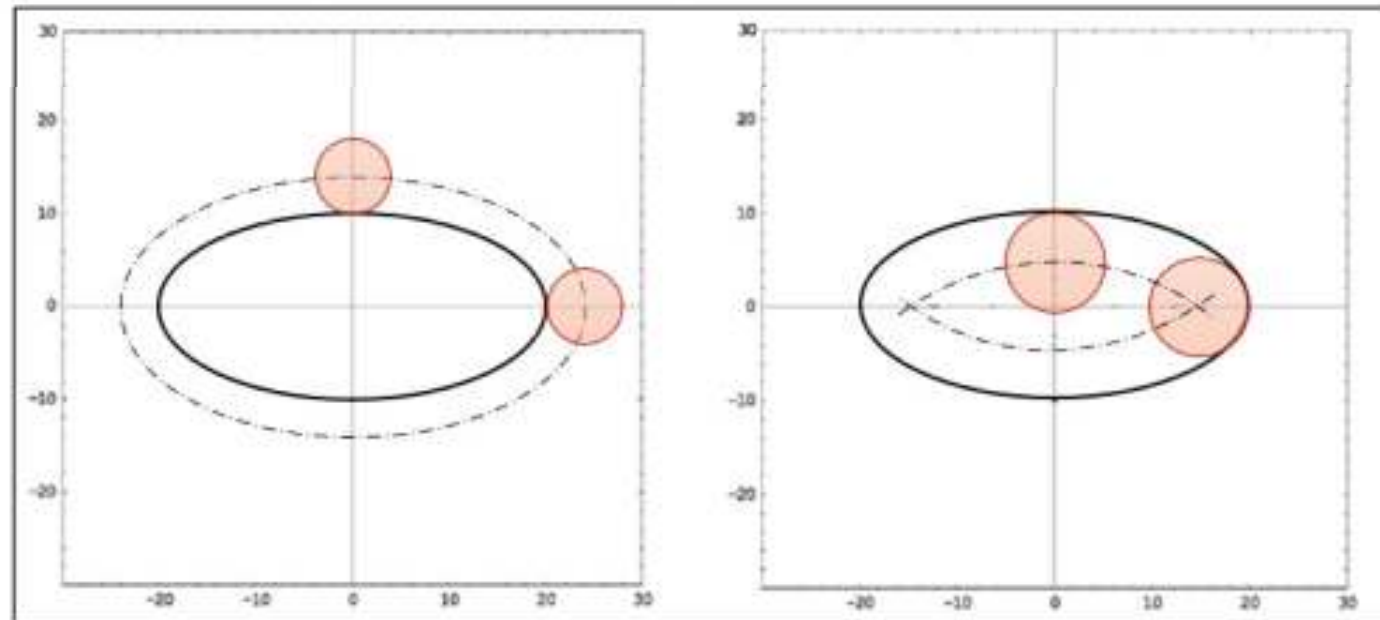
Technologie des palpeurs par contact

Palpage par contact

Surface parallèle :

Lorsque la bille de palpation glisse sur la pièce, sa trajectoire est celle d'une surface dite «surface parallèle», qui est le lieu des positions successives du centre de la bille. Sur la Figure suivante, on peut voir (dans le plan) une ellipse (trait fort) et une bille qui glisse sur cette ellipse.

mouvement de la bille de palpation



La mesure tridimensionnelle

Introduction

Principe de base d'une MMT

Architecture de la partie mobile

Guidage aérostatique

Système de lecture de déplacement

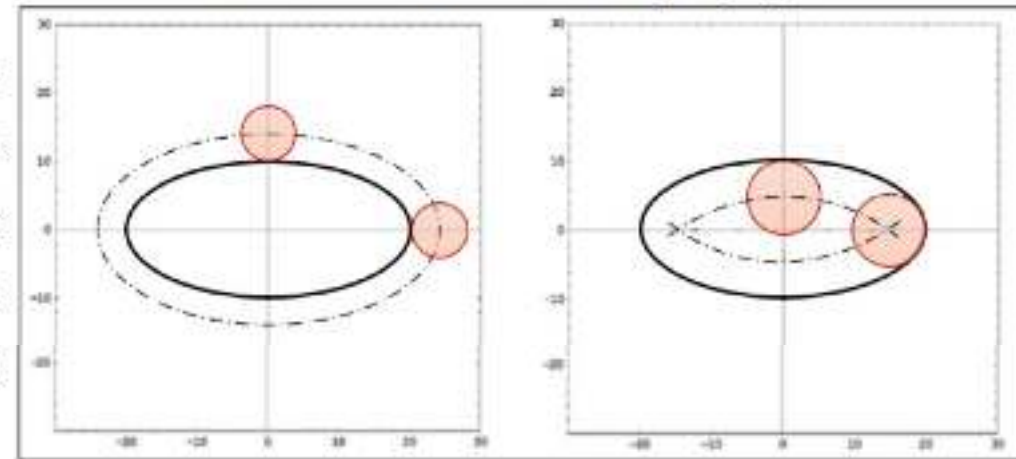
Technologie des palpeurs par contact

Palpage par contact

Surface parallèle :

On a représenté en trait fin la position du centre et deux positions de la bille respectivement sur l'extrémité du grand axe et sur l'extrémité du petit axe. Sans faire de calcul, il est délicat de dire quelle est la nature géométrique de la ligne parallèle à l'ellipse.

mouvement de la bille de palpation



Sur la figure de droite, on a fait la même chose mais pour une bille de plus fort diamètre et à l'intérieur, il est très clair que la ligne parallèle n'est pas une ellipse. En règle générale, la surface parallèle n'a pas la même nature géométrique que la surface de départ. On connaît pourtant de nombreux contre-exemples : le plan, le cylindre, la sphère, le cône, le tore par exemple. Ces éléments sont très importants car ils constituent les bases des mécanismes (montage de roulements, guidages etc.)

La mesure tridimensionnelle

Introduction

Principe de base
d'une MMT

Architecture de la
partie mobile

Guidage aérostatique

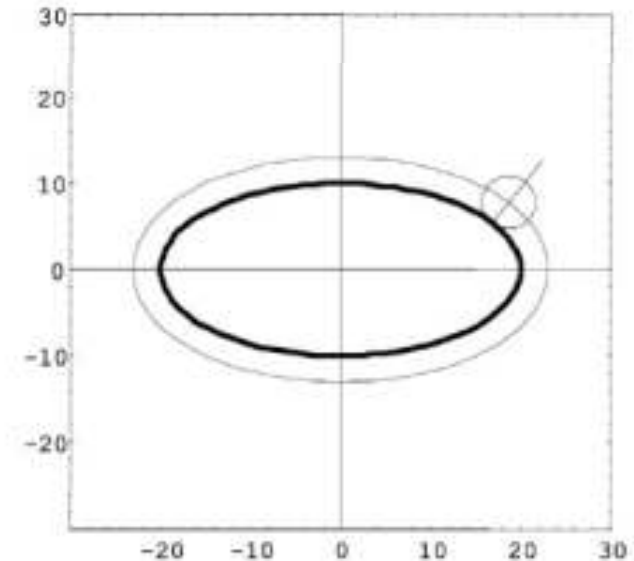
Système de lecture de
déplacement

Technologie des
palpeurs par contact

Palpage par contact

Normale de contact :

Considérons un point M_i sur l'ellipse, en ce point l'ellipse présente une normale \vec{n}_i choisie sortante à la matière et unitaire c'est-à-dire que $\|\vec{n}_i\| = 1$. Le centre de la bille est noté ω_i et son rayon est noté r . On a alors la relation $\overrightarrow{M_i\omega_i} = r \vec{n}_i$. La détermination de la normale est une opération fondamentale qui permet de classer les différents type de logiciels.



La mesure tridimensionnelle

Introduction

Principe de base d'une MMT

Architecture de la partie mobile

Guidage aérostatique

Système de lecture de déplacement

Technologie des palpeurs par contact

Palpage par contact

Morphologie du système de palpage par contact :

La morphologie du système de palpage comprend :

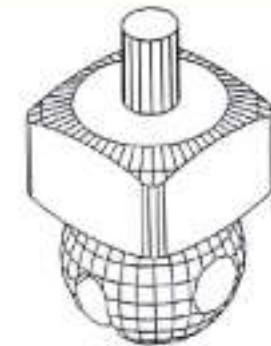
- la tête motorisée RENISHAW PH9 ; elle permet de déplacer tous les éléments qui lui sont rapportés suivant 2 axes perpendiculaires :

$$\text{Axe horizontal } 0 \leq A \leq +105^\circ$$

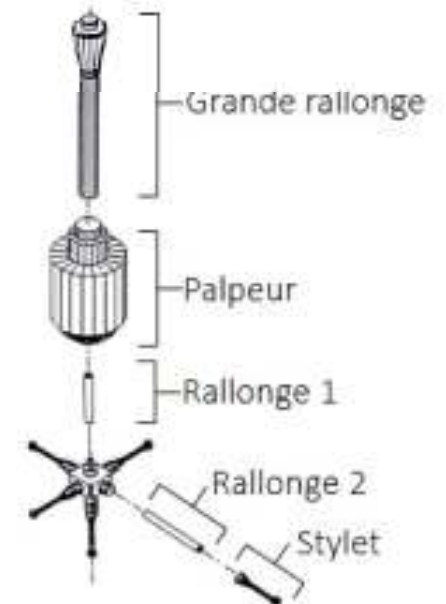
$$\text{Axe vertical } -180 \leq B \leq +180^\circ$$

- éventuellement une grande rallonge $l=100$ mm maxi
- le palpeur à déclenchement RENISHAW TP2-5 sens de palpage permettant l'utilisation de stylets montés en étoile.
- éventuellement les rallonges puis les stylets.

L'intérêt d'une tête motorisée réside dans le fait qu'elle permet l'accès à 5 faces d'un cube posé sur le marbre.



Tête motorisée
RENISHAW PH9



La mesure tridimensionnelle

Introduction

Principe de base
d'une MMT

Architecture de la
partie mobile

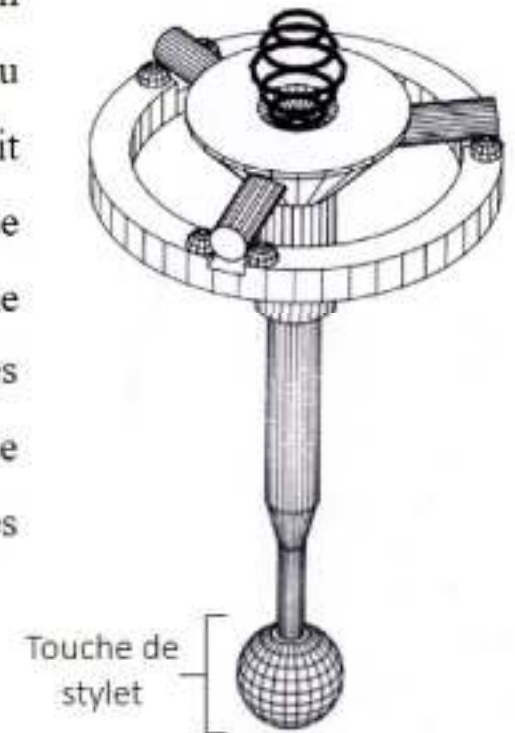
Guidage aérostatique

Système de lecture de
déplacement

Technologie des
palpeurs par contact

Palpeur par contact dynamique (Type interrupteur : Tête Renishaw)

La mesure à la volée consiste à faire fonctionner le palpeur comme un interrupteur basculant au moment précis où la touche de stylet vient au contact de la pièce. Pendant cette phase de travail, la machine doit présenter une vitesse de déplacement constante qui peut être de l'ordre de 0.5 à 1 mètre par minute. Une vitesse constante correspond à une accélération nulle et donc normalement à des effets nuls des inerties des mobiles. La MMT se trouve donc, théoriquement, dans le même état de déformation qu'à l'arrêt. En pratique, les problèmes sont plus complexes (vibrations, effets des entraînements).



La mesure tridimensionnelle

Introduction

Principe de base
d'une MMT

Architecture de la
partie mobile

Guidage aérostatique

Système de lecture de
déplacement

Technologie des
palpeurs par contact

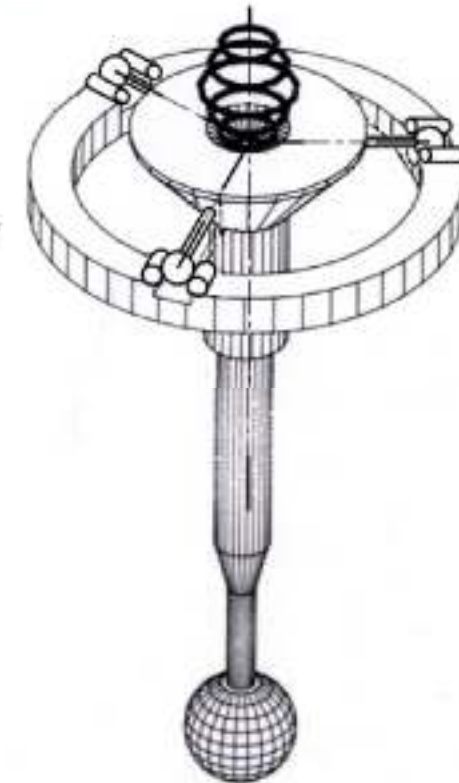
Palpeur par contact dynamique (Type interrupteur : Tête Renishaw)

Du point de vue technologique, le palpeur le plus simple est dit « à déclenchement » et il est basé sur le principe d'un tripode (liaison de Boys), qui est une réalisation axisymétrique d'un positionnement isostatique basée sur six appuis ponctuels regroupés par deux.

Le système (liaison de Boys), terminé par 3 sphères, en équilibre isostatique sur un ensemble de 6 cylindres d'axes concourants au centre du capteur. Les 3 sphères sont reliées entre elles par 3 tiges métalliques et une quatrième reçoit le système de palpation.



Liaison de Boys



*Capteur dynamique pour
MMT Manuelle*

La mesure tridimensionnelle

Introduction

Principe de base
d'une MMT

Architecture de la
partie mobile

Guidage aérostatique

Système de lecture de
déplacement

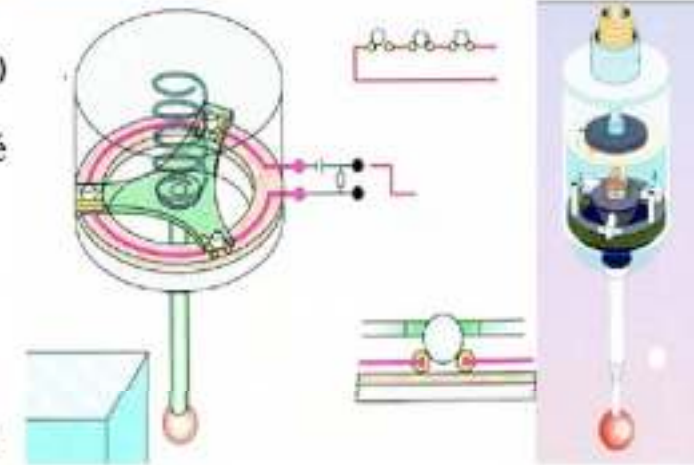
Technologie des
palpeurs par contact

Palpeur par contact dynamique (Type interrupteur : Tête Renishaw)

Les groupes de deux appuis sont disposés sur un cercle et à 120 degrés les uns des autres. Le solide mis en position est constitué d'une étoile à trois branches à 120 degrés posée sur les six appuis. Le stylet est fixé à l'étoile à 120 degrés. L'ensemble constitue un solide posé sur les six points de contact. Au moment du contact entre la pièce et la touche, on passe brutalement d'une situation isostatique à une situation hyperstatique à sept points de contact.

L'étoile à trois branches tend à se déplacer et l'un au moins des six points de contact de la liaison de Boys tend à décoller.

Pour détecter ce décollement, une solution simple consiste à placer en série électrique les six points de contact. Au moment du contact, la résistance du circuit augmente brutalement. Une électronique à seuil déclenche pour une valeur de résistance choisie à l'avance.



La mesure tridimensionnelle

Introduction

Principe de base d'une MMT

Architecture de la partie mobile

Guidage aérostatique

Système de lecture de déplacement

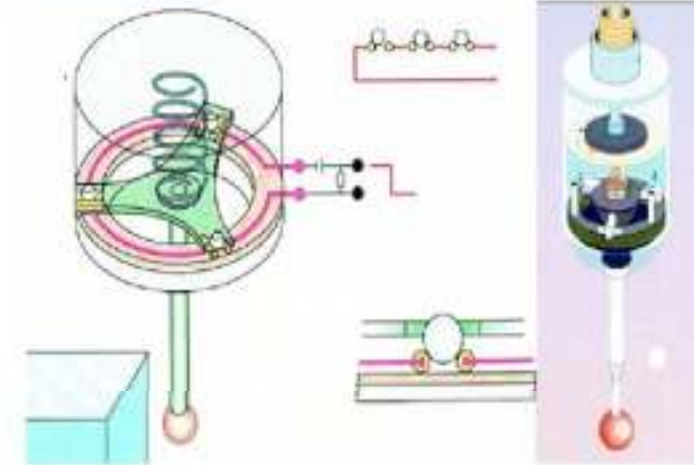
Technologie des palpeurs par contact

Palpeur par contact dynamique (Type interrupteur : Tête Renishaw)

Le système décrit précédemment n'est pas viable sans un ressort exerçant sur l'étoile à trois branches un effort constant pour garantir un bon comportement des contacts électriques.

Il faut également maîtriser l'effort au contact entre la touche et la pièce, et que les accélérations nécessaires pour déplacer la machine entre deux points de mesure ne provoquent pas de déclenchements intempestifs. Ce ressort est tarable en fonction de la géométrie du stylet mis en place.

Le réglage est réalisé en accostant un capteur d'effort pour mesurer l'effort de contact dans une direction perpendiculaire à la direction du stylet.



La mesure tridimensionnelle

Introduction

Principe de base
d'une MMT

Architecture de la
partie mobile

Guidage aérostatique

Système de lecture de
déplacement

Technologie des
palpeurs par contact

Palpeur par contact statique

Dans le cas du palpéage statique, la bille est posée sur la pièce et la machine à mesurer s'arrête.

En l'absence de frottement (en première approximation), l'effort au contact bille-pièce est normal à la matière. Il s'agit de contrôler cet effort (ordre de grandeur pratique entre 0.1N et 0.4N environ) tout en mesurant la position de la tête avec une incertitude de l'ordre de 0,1 μm .



La mesure tridimensionnelle

Introduction

Principe de base
d'une MMT

Architecture de la
partie mobile

Guidage aérostatique

Système de lecture de
déplacement

Technologie des
palpeurs par contact

Palpeur par contact statique

Un parallélogramme flexible réalise, pour de faibles déflexions, un guidage linéaire sans jeu et sans frottement. Un système de lecture de déplacement (transformateur différentiel ou petite règle) mesure le déplacement du guidage. Un système de génération actif (électroaimant) ou passif (ressort) d'effort génère la composante de l'effort de contact parallèle à la direction du guidage. Cet ensemble constitue un palpeur unidirectionnel.

Il « suffit » de superposer trois palpeurs unidimensionnels pour constituer une véritable petite machine à mesurer.

La course de travail de ces palpeurs est de l'ordre de 100 à 300 micromètres. La course de sécurité est de l'ordre de ± 3 millimètres à ± 5 millimètres en fonction des constructeurs.

