

Outils de mesure et appareils de contrôle

Règlettes graduées

La règlette en acier inoxydable de longueur, largeur et épaisseur variables est connue. On dispose généralement de deux graduations sur la même face; une millimétrique et l'autre demi-millimétrique. On peut obtenir des règlettes de 50 mm de longueur, graduées par dixièmes de millimètre; la lecture se fait à la loupe. On trouve aussi sur le marché des règlettes avec divisions au pouce et divisions métriques. Leur dureté est celle des ressorts (HRC 55 environ).

Divers appareils de projection sont employés pour le contrôle des pièces. Des règles en verre incassable sont nécessaires pour mesurer les erreurs sur le dessin. La règle en verre est déjà indispensable pour l'exécution du dessin original reproduisant le contour de la pièce au grossissement 10, 20, 30, ou 50 fois. La règle en verre permet de pousser l'exactitude du dessin de 0,1 à 0,15 mm. Avec un grossissement de 30 fois, il en résulte un contrôle d'une précision de 0,003 à 0,005 mm.

Pieds à coulisse

Le pied à coulisse, aussi nommé **calibre à coulisse** ou simplement **calibre** est un outil qui permet de mesurer à différentes précisions, suivant le vernier adopté.

Le vernier

Le vernier se trouve sur la partie coulissante, il permet de mesurer les fractions de mm. Sur le vernier du bas et sur la perche sont gravées les divisions millimétriques.

Sur le vernier du haut se trouvent les divisions anglaises en pouces ($1'' = 25,4 \text{ mm}$).

Les verniers en mm sont au $\frac{1}{10} = 0,1 \text{ mm}$

Les verniers en mm sont au $\frac{1}{20} = 0,05 \text{ mm}$

Les verniers en mm sont au $\frac{1}{50} = 0,02 \text{ mm}$

Les verniers aux pouces sont

au $\frac{1}{64}$; $\frac{1}{128}$ ou $\frac{1}{1000}$.

Le dernier donne 0,0254 mm seulement.

Vernier millimétrique

Le vernier au $\frac{1}{10}$ est divisé en **10 parties**

sur **9 mm**, donc la distance entre deux traits du vernier est de 0,9 mm. Il peut aussi être divisé en **10 parties** sur **19 mm**.

Le vernier au $\frac{1}{20}$ est divisé en **20 parties**

sur **19 mm** de long, ou en **20 parties** sur **39 mm**.

Entre deux traits, il y a 0,95 mm, donnant une précision de lecture de 0,05 mm.

Le vernier au $\frac{1}{50}$ est divisé en **50 parties**

sur **49 mm**, précision de lecture 0,02 mm. Pour mesurer une pièce, l'on mesure d'abord les millimètres donnés par le 0 du vernier, puis l'on cherche un trait du vernier correspondant à la perche. Le nombre d'intervalles à partir du zéro donnera soit des dixièmes, des vingtièmes ou des cinquantièmes, (0,1, 0,05, 0,02).

L'outil sera observé bien en face pour éviter les défauts de parallaxe.

Les exemples suivants permettent de s'exercer à ces différentes mesures.

De plus en plus, on donne la préférence au pied à coulisse en acier inoxydable (fig. 335).

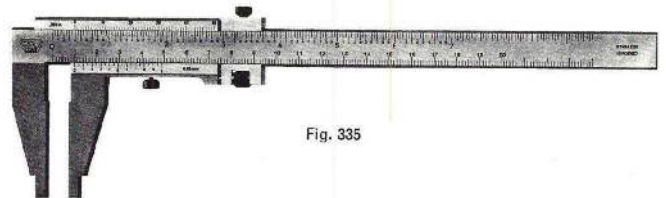
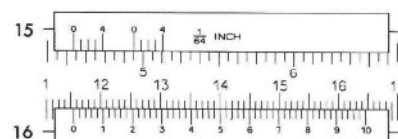
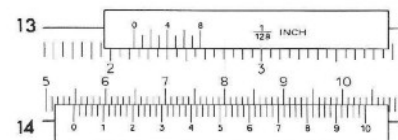
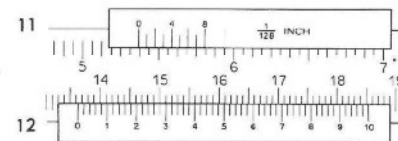
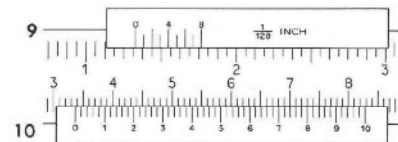
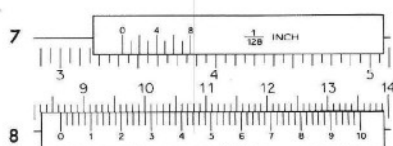
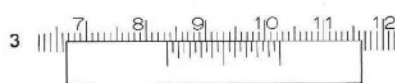
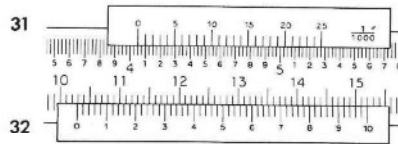
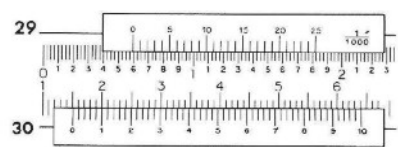
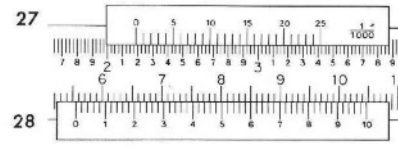
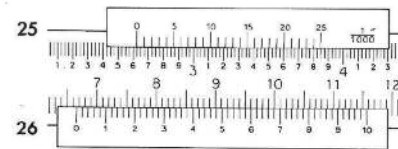
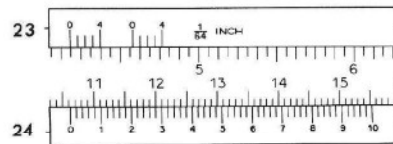
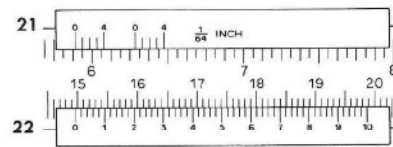
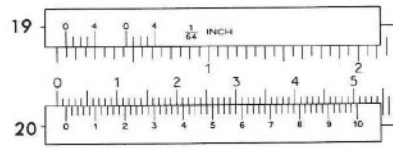
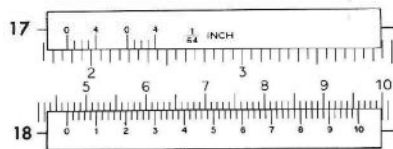


Fig. 335

Exercices de lecture pour pieds à coulisse





199

200

Les parties sujettes à usure, la perche et les becs, sont trempées.

Les becs ont chacun 5 mm et l'extérieur est rectifié bombé. Cette construction permet une mesure des alésages ou des rainures à partir de 10 mm. Elle permet également la mesure de l'entre-axe de trous et la distance d'un trou avec un bord de pièce (fig. 336).

La qualité de la division du calibre dépend de plusieurs facteurs.

Un trait de bonne qualité doit être droit et ses bords doivent être nets. La largeur du trait ne doit pas varier. Les traits de la perche et du vernier doivent être de la même largeur.

Suivant l'emploi auquel ils sont destinés, les becs des pieds à coulisse présentent des formes particulières (fig. 337 et 338).

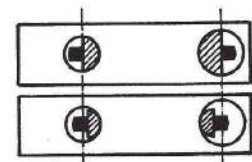
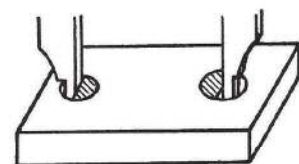
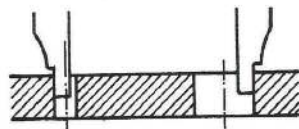
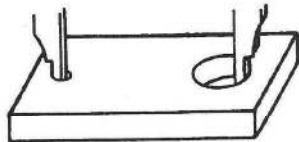


Fig. 336

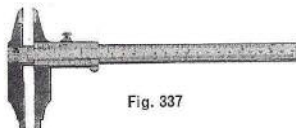


Fig. 337

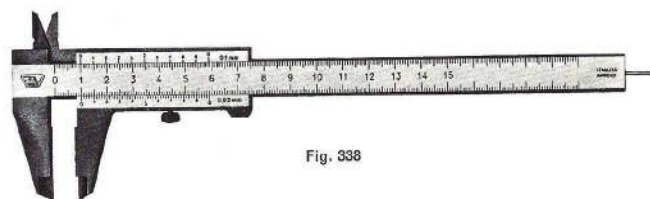


Fig. 338



Fig. 339

Pied à coulisse de profondeur (fig. 339)

Cet outil est basé sur le même principe que le précédent. Il sert à mesurer, au cinquantième de millimètre, la distance de deux plans en profondeur.

Micromètres (fig. 340)

Le micromètre, appelé aussi « Palmer » est un outil de mesure à vis, permettant de mesurer rapidement le centième de millimètre et d'estimer le quart de centième, dans certains cas le millième de millimètre.

Un excellent micromètre doit satisfaire aux conditions suivantes:

- précision de la vis, de l'écrou, des graduations
- parallélisme et plan des touches
- facilité de lecture des divisions
- régularité de la friction ou du rochet
- blocage énergique de la touche mobile, tout en maintenant exact l'alignement
- réglage facile au zéro
- rattrapage aisé du jeu, par suite d'usure vis-écrou
- grande résistance à l'usure des touches.

La précision d'un bon micromètre doit se tenir à ± 3 microns, mais il est courant actuellement d'obtenir ± 2 microns.

La mâchoire ou étrier est dimensionnée pour que, sous la pression de mesure d'un kg, communiquée par la friction, on ait une flexion de 1 micron.

Pour éviter les effets néfastes de la dilatation due à un échauffement par une tenue en mains, les fabricants de ces outils de mesure vernissent la fourche avec un verni craquelé isolant et y fixent encore des plaquettes isothermiques.

Le parallélisme et le plan des touches de mesure doivent être exacts à $1,5 \mu$,



Fig. 340

ce qui représente, par le contrôle optique, cinq franges d'interférence au maximum (voir contrôle par interférence).

Les mesures sur pièces rectifiées usent les touches d'une manière particulièrement forte. Cette usure est diminuée si les touches sont munies de plaquettes en métal dur. Si l'on ne dispose pas d'outillage spécial, il est de beaucoup préférable de s'adresser au fabricant pour la remise en état des touches de micromètres.

Pour obtenir le maximum de précision d'un micromètre, il faut tenir compte des facteurs qui influencent cette précision et qui sont:

Le manque de propreté, la pression de mesure, les variations de température. Pour des raisons de commodité et de précision, les micromètres ont une capacité de mesure de 25 mm. On aura donc la gamme 0-25, 25-50, 50-75, 75-100, etc.

Entretien du micromètre

Un micromètre est un instrument de mesure de précision qui, sans être délicat, exige certains soins si l'on veut qu'il conserve longtemps ses qualités initiales. Les faces de mesure, l'écran et la vis micrométrique, sont les parties essentielles les plus exposées à l'usure.

Micromaster «Tesa» (fig. 341)

évitent les erreurs de lecture ($\frac{1}{2}$ mm) faites avec le micromètre ordinaire. Certains micromètres ont une vis au pas de 1 mm qui évite également les erreurs.

Micromètres de profondeur (fig. 342)

Au travers d'un pont en acier allié, trempé, dont la face d'appui est rectifiée puis rodée, passe une touche. Celle-ci vient s'appuyer contre l'écrou. La

touche est trempée-rectifiée; la face de mesure est rodée. On ne retrouve le même principe d'avance micrométrique qu'au micromètre. Un jeu de trois tiges interchangeable donne à cet outil une capacité de mesure de 75 mm. Le réglage et la mise à zéro sont du même principe qu'au micromètre.

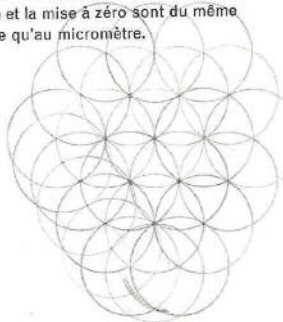


Fig. 341



Fig. 342

203



Fig. 343

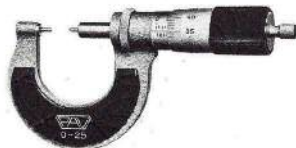


Fig. 344



Fig. 345



Fig. 346

204

Butée micrométrique (fig. 343)

La butée micrométrique s'adapte à tous genres de mesures de précision et peut facilement être combinée avec des outils de contrôle, outillage ou machine-outils. Toutes ses parties sont construites sur les mêmes principes et avec la même précision que les micromètres normaux.

Micromètres spéciaux

Micromètres avec petites touches de mesure = 2 mm (fig. 344).

Micromètres pour mesurer les engrenages (fig. 345).

Micromètre à prisme

Pour la mesure des objets qui n'ont pas de points de mesure directement opposés, comme par exemple les alésoirs, tarauds, arbres cannelés, engrenages et autres profils spéciaux à nombre impair de lèvres, de rainures ou de dents il convient de se servir d'un outilmètre (fig. 346) avec lequel les mesures s'effectuent aussi simplement et facilement qu'avec des micromètres normaux. Contrairement à ces derniers, les outilmètres sont munis de deux touches fixes, formant un V dont l'angle dépend de la répartition des points de mesure.

Micromètre avec comparateur «ROCH»

L'avantage de ce micromètre réside dans le fait qu'il peut être employé pendant que les pièces sont en rotation. Pour permettre ce genre de contrôle, les touches sont en métal dur. Une des touches est réglable par vis micrométrique jusqu'à obtenir, au moyen de tampons ou de cales-étalons, la position zéro de l'aiguille de l'amplificateur pour la cote voulue. La seconde touche agit sur le système amplificateur. Les pièces intérieures sont protégées contre toute infiltration de poussière ou de lubrifiant.



Fig. 347

Micromètre pour le contrôle des filetages

En plus de l'exactitude du pas et de l'angle du filet, la précision d'un filetage réside dans le respect de la cote du diamètre sur les flancs. Cette dernière cote décide de l'ajustement de la vis dans l'écrou. Les micromètres spéciaux ou les micromètres ordinaires avec accessoires ad hoc contrôlent le diamètre sur flancs. Deux systèmes de



Fig. 348

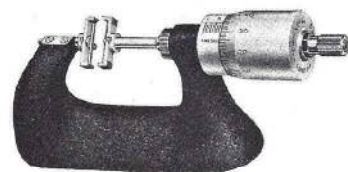
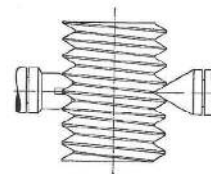
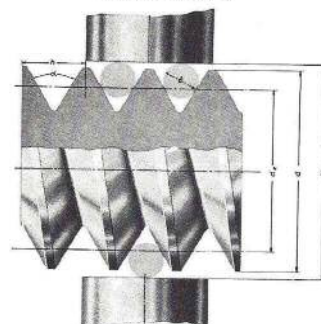


Fig. 349

Mesure sur flancs



$$M = d_2 - \frac{h}{2 \cdot \operatorname{tg} \frac{\alpha}{2}} + \delta + \frac{\delta}{\sin \frac{\alpha}{2}}$$

touches sont utilisés. Dans le premier système, les touches sont prismatiques (fig. 348). Un jeu de six touches permet les contrôles pour les pas de 0,4 à 7,5 mm.

En adaptant des touches spéciales on peut, avec un tel micromètre, contrôler tous les filetages sur flancs, ainsi que des pièces diverses. Par exemple l'épaisseur de l'âme des mâches hélicoïdales ou bagues de roulements et de butées à billes.

Dans le second système, les touches sont des piges cylindriques, maintenues suivant le principe de la fig. 349. Pour chaque pas, un jeu de trois piges est nécessaire. Le diamètre des piges est, en moyenne de $0,6 \times$ pas.

Les valeurs concernant la lecture au micromètre sont théoriques, il faudra tenir compte de l'ajustement désiré (fin, moyen, grossier). Les deux dispositifs de contrôle de filetage par mesure sur flancs sont intéressants, parce qu'ils permettent un contrôle sur la machine, sans aucun démontage.

Pour des contrôles en série, à l'établi, le micromètre à main est maintenu par un support (fig. 350).

205

206

Micromètres pour alésages (fig. 351)
 Les qualités d'usinage s'étant perfectionnées, les moyens de contrôle ont dû également se développer. S'il est relativement facile d'effectuer des mesures externes (diamètre d'un axe, longueur d'une tige, distance entre deux faces, etc.), il est moins aisé de faire des mesures internes (diamètre d'un alésage, contrôle du cylindrique, largeur d'une rainure, etc.).



Fig. 350

Si les tampons déjà cités garantissent un certain contrôle dans les limites existant entre le tampon « passe » et celui « ne passe pas », ils ne donnent par contre aucune indication concernant le cylindrique et éventuellement l'ovalisation de l'alésage. De plus, quand la tolérance est serrée, le mécanicien n'a pas la cote d'approche et n'a pas la possibilité de régler le cylindrique. Le micromètre breveté pour alésage vient combler ces lacunes.

Ce micromètre supprime l'emploi des tampons; il permet de travailler à n'importe quelle cote; par exemple 35,87. Le micromètre d'alésage doit sa grande précision à sa construction simple et rationnelle.

Un cône fileté, rectifié avec précision, sert d'unique organe de mesure. Sur ce cône reposent trois touches, réparties à égales distances sur la circonférence. En tournant le cône par l'intermédiaire du rochet, on pousse les touches, qui viennent buter contre la paroi de l'alésage à mesurer.

La disposition des touches et les vibrations produites par la manœuvre du rochet, centrent le micromètre. La pression de mesure est constante. Quelques mesures répétées, à la même position de l'alésage, donnent la même valeur. La mise à zéro se fait d'après une bague étalon.

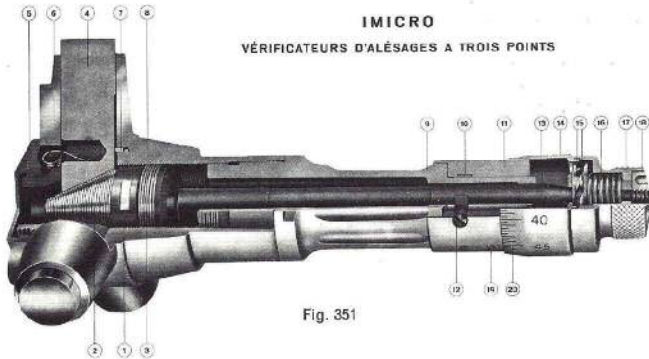


Fig. 351

- | | |
|-------------------------|---------------------------------------------------------------------|
| 1 Tourillon | 14 Tambour divisé |
| 2 Cône fileté de mesure | 15 Cliquets |
| 3 Vis de guidage | 16 Ressort du rochet |
| 4 Touche de mesure | 17 Douille du rochet |
| 5 Couvercle | 18 Ecrou |
| 6 Ressort de rappel | 19 Division des millimètres et des demi-millimètres (.05" et .025") |
| 7 Goupille de guidage | 20 Division des 0,005 mm (.0002") |
| 8 Tête de mesure | |
| 9 Poignée | |
| 10 Bague de blocage | |
| 11 Douille divisée | |
| 12 Vis de réglage | |
| 13 Tige | |

Instrument pour mesures internes spéciales

La particularité de cet instrument (fig. A) réside dans l'interchangeabilité des touches de mesure, qui permet à l'instrument de base d'être adapté facilement aux différents problèmes de mesure. Les touches normales servent à mesurer des alésages lisses et des



Fig. A

trous borgnes, les touches de filetage des filetages intérieurs, les touches spéciales des dégagements, rainures, saignées pour circlips, chemins de roulements, alésages cannelés, etc. (fig. B).

La fig. C démontre le principe de fonctionnement. Le cône de mesure (1) est

indépendant de la vis micrométrique (2). Le tourillon (4) est entraîné par le tambour (3) et pousse le cône (1) contre le plan incliné des trois touches de mesure (5). Celles-ci se déplacent alors radialement à l'axe de la tête de mesure, l'extrémité des touches arrivant à fleur de la partie frontale de la tête.

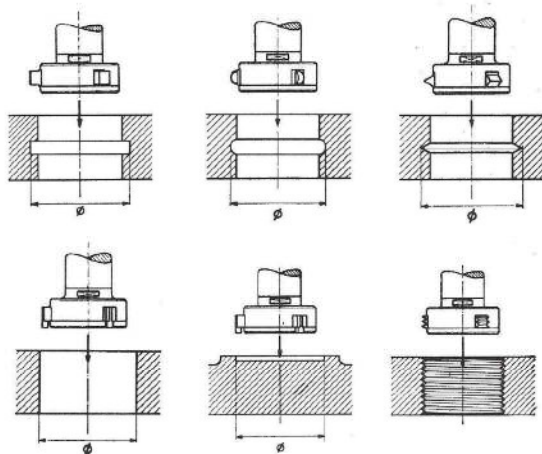


Fig. B

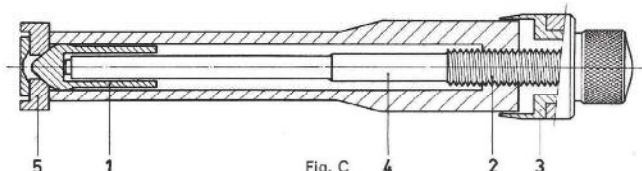


Fig. C

La difficulté de transmission correcte du mouvement de la vis micrométrique aux touches de mesure a été résolue par la position du point d'appui tourillon/cône, situé exactement au centre de la partie extérieure sphérique du cône et qui sert de guidage à ce dernier. Ainsi, le cône peut prendre appui sur les touches de mesure dans les meilleures conditions, sans influencer la précision de la mesure.

Instruments de mesure pour grandes dimensions

Pour la mesure de grandes dimensions les instruments suivants sont à la disposition de l'utilisateur:

Instrument pour mesures intérieures de 200-1400 mm (fig. D).



Fig. D

Dans ce cas, l'élément de base est une tête de mesure dans laquelle sont incorporés une vis micrométrique avec une course de 25 mm et un comparateur.

Règle de contrôle (règle filament)

La règle de contrôle s'emploie pour une vérification précise: (fig. 352):

- a) de la planéité des faces
 - b) de la profondeur des rainures
 - c) de l'usinage d'embases internes
 - d) de l'alignement de faces de mesures
- Les sections (fig. 353), sont:
- a) triangulaires-évidées
 - b) carrées-évidées
 - c) rectangulaires-biseautées

Après vérification des faces, les arêtes sont terminées par rodage, et par l'exécution d'un très faible arrondi (0,1 r à l'état de neuf). Le contact sur les faces à vérifier se donne sur un filament; d'où l'appellation de « règle filament » aussi souvent donnée à cet outil. Pour assurer aux règles filament la stabilité indispensable, il est nécessaire de les tenir par des manches ou des plaques isothermiques.

La précision des règles filament est normalisée.

La règle filament de section triangulaire-évidée offre une stabilité maximum, c'est la raison pour laquelle les fabricants peuvent même en garantir une précision supérieure à celle des normes. Le contrôle du plan avec la règle filament est possible jusque dans une inclinaison de 40° de chaque côté de la verticale.

Par l'observation « du trait de lumière », la précision du contrôle à la règle filament est de l'ordre du millièbre de millimètre. Cette précision est doublée par l'observation du touché.

Il va de soi qu'un outil d'une telle précision exige des soins minutieux, aussi bien dans son emploi que dans son entretien.

Les règles filament ne se construisent normalement qu'à partir de 40 mm et jusqu'à 250 mm.

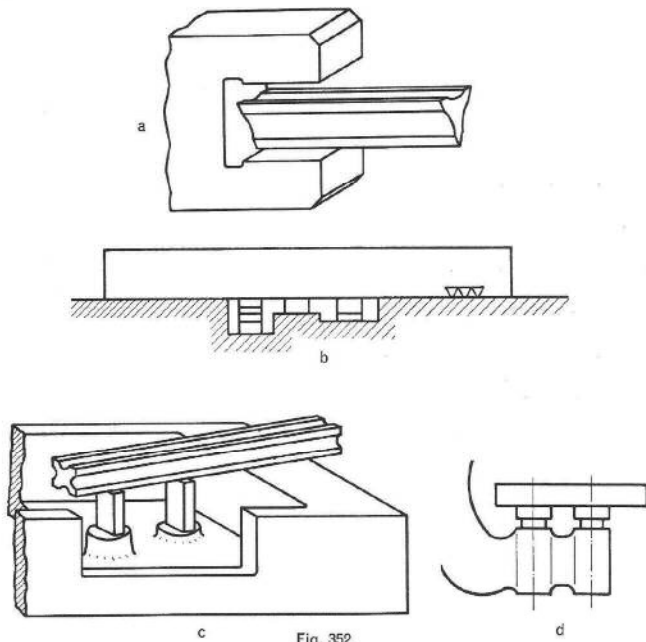


Fig. 352



Fig. 353

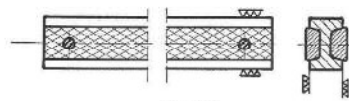


Fig. 354



Fig. 355

Les becs de mesure compris dans les boîtes d'accessoires des cales-étalons, peuvent être utilisés pour la vérification des règles filament jusqu'à 200 mm de longueur. Pour le contrôle des règles filament de longueur courante, on peut recommander de confectionner des becs avec plaques isothermiques (fig. 354).

Marbres de contrôle

Les marbres sont employés pour le contrôle: des surfaces terminées par grattage, pour l'assise de pièces à tracer (voir chap. traçage), ainsi que pour tout contrôle ou réglage nécessitant une base sûre.

Les marbres se construisent en fonte douce à grain fin: ils doivent être recuits afin de garantir une excellente stabilité. Pour les rendre plus légers, sans toutefois diminuer leur résistance aux déformations, la partie inférieure est évidée et nervurée judicieusement. Pour assurer leur stabilité, ils reposent sur trois points. La planitude de la surface d'un marbre se contrôle automatiquement lorsqu'on dispose de trois marbres.

Certains marbres plus modernes sont en granit noir « Diabas ».

Cette manière de faire s'appelle le **procédé par génération**.

La fig. 355 représente un marbre « Tesa » en granit noir.

Ce minéral est connu en géologie sous le nom de **Diabas** ou **Granit noir**. Il fit son apparition au cours de la première période de l'évolution terrestre, et son vieillissement naturel, pendant des millions d'années, garantit sa stabilité ainsi que l'exemption de toutes tensions internes.

A sa grande stabilité s'ajoute encore l'avantage important que, même sou-

211

212

mis à de fortes charges, les tables à dresser en granit « Tesa » ne subissent jamais la moindre déformation, durable, ce qui est souvent le cas pour les tables de fonte, si soigneusement vieillies soient-elles.

Corrosion et autres propriétés

Les tables à dresser de granit « Tesa » offrent une **résistance absolue à la corrosion**. Elles n'ont pas besoin d'être graissées après usage. Au contraire, il faut que leur surface soit aussi exempte d'huile et de graisse que possible. Cette recommandation est tout particulièrement importante pour les régions humides et tropicales. En plus, ce granit est **insensible à l'action des acides (acide fluorhydrique excepté) et des alcalis**. Le « Diabas » est **non magnétique et pratiquement non conducteur d'électricité**.

Retouche de tables usées

La retouche, aussi bien des tables que des règles, n'offre aucune difficulté. Le coût représente environ le 10 % de la valeur du matériel neuf, à moins évidemment qu'il ne s'agisse de réparations graves. Par contre, le coût de la retouche (grattage) d'une table de

fonte grise s'élève à environ 50 - 80 % de la valeur du matériel neuf, selon la qualité.

La fig. 356 représente un marbre « Tesa » étroit et long; c'est également une règle-marbre en granit noir.

La fig. 35, chap. 1, est un marbre « Diabas » sur pieds pour les grandes dimensions.

Marbres en matière abrasive

L'industrie des meules a mis à la disposition du mécanicien de nouveaux marbres à base de corindon aggloméré par un liant céramique extrêmement dur. Les propriétés remarquables de ces marbres sont:

- extrême résistance à l'usure
- surface plane et lisse
- résistance totale aux agents chimiques
- grande stabilité
- dureté beaucoup plus élevée que celle des marbres en fonte

Autre avantage, vu leur grande dureté et leur surface polie, les pièces en contact avec ces marbres ne s'usent pas. Le contrôle à la sanguine ou au bleu s'effectue très aisément; le film de pâte s'étend facilement et adhère bien.

Le marbre céramique n'est pas magnétique, les pièces ne « collent » pas. La planéité garantie est de 2,5 microns. A part le procédé par génération, le contrôle du plan d'un marbre peut bien se faire avec une règle filament qu'il suffit de présenter sur les côtés et les diagonales et d'examiner à la lumière ou à la touche.

Le contrôle à la règle filament ne donne malheureusement pas la valeur de l'écart; il doit être estimé.

Le procédé suivant permet le contrôle de la planitude et du même coup de mesurer l'écart éventuel.

Une règle de contrôle rodée supporte un comparateur au millième de millimètre. On déplace le comparateur tout le long de la règle qui repose sur le marbre par l'intermédiaire d'étalons. On fait la mise à zéro du comparateur à l'une des extrémités de la règle, tandis que sa touche repose sur un second étalon. A chaque déplacement on note l'écart éventuel. Les mesures seront relevées sur les diagonales du marbre. L'utilisation de l'étalon est logique puisque nous avons une surface grattée à vérifier, l'étalon ne porte que sur les points de touche du grattage. Par contre, l'emploi d'un palpeur ponctuel seul serait illusoire puisqu'il pourrait reposer aussi bien sur une touche du grattage que dans un évidement.



Fig. 356

213

214

Table avec règle à dresser « Tesa » et instrument pour le contrôle des surfaces (Dr Schmaltz).

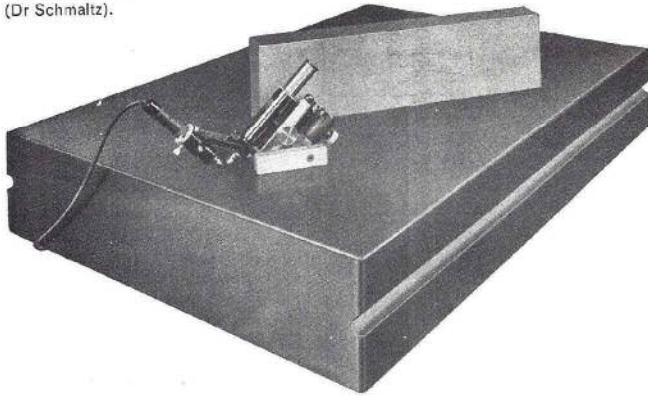


Fig. 357

Jauges normales, tampon et bague

Les jauges normales, (fig. 358), ne sont presque plus utilisées. Si l'on veut contrôler un axe avec une bague, il est nécessaire d'enlever la pièce de la machine. La qualité de l'ajustage (glissant, tournant, tournant libre), etc. doit être appréciée par l'ouvrier. On comprend aisément qu'une telle méthode n'est plus d'actualité. Pour jauger un axe il faudrait deux bagues, l'une ayant la cote « passe », l'autre la cote « ne passe pas ». La vérification de la jauge bague peut se faire avec une machine à mesurer, avec un comparateur aux intérieurs étalonné, avec un micromètre aux intérieurs ou avec un tampon contrôlé qui passera à l'ajustement gras.



Fig. 358

Jauge plate pour alésage (fig. 363)

Cette jauge est en acier matricé. Elle permet, comme la jauge tampon, un contrôle des alésages, avec la possibilité supplémentaire du contrôle des entrées, rainures. La jauge plate est utilisée pour des cotes de 10 à 100 mm. Seule la zone des surfaces de contrôle est trempée.



Fig. 363

Jauge tampon réglable

La fig. 364 montre le principe de construction. Ce type se construit à partir de 36 mm. Deux tampons sont nécessaires pour le contrôle.

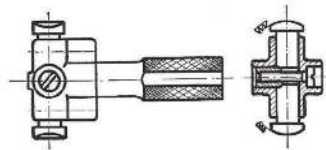


Fig. 364

Jauge tampon sphérique (fig. 365)

Le diamètre du sphérique est le côté « passe ». Une pastille de métal dur donne un diamètre de sphère côté « ne passe pas ». En tenant la poignée, horizontalement, on introduit le tampon dans l'alésage sans aucune difficulté

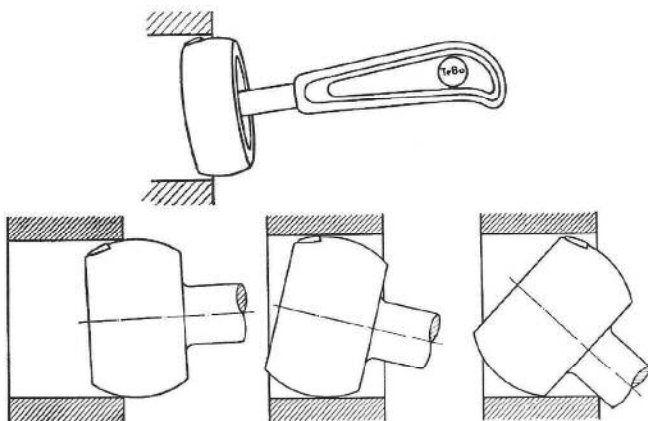


Fig. 365



Fig. 359

Jauge tampon

Pour les diamètres jusqu'à 30 mm les tampons sont rapportés sur un manche (fig. 359).

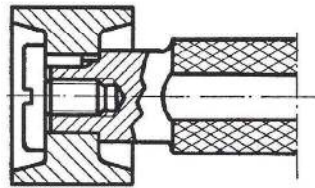


Fig. 360

Pour les dimensions de 30 à 100 mm on adopte la disposition de la fig. 360. Les normes ISO indiquent les écarts de fabrication et d'usure de ces tampons. La vérification des tampons se fait à la machine à mesurer ou avec un comparateur monté sur un support à colonne réglé avec des cales-étalons.

Le côté « passe » du tampon doit pouvoir s'engager sans effort dans l'alésage (fig. 361). Le côté « ne passe pas » ne doit pas pouvoir se loger dans l'alésage; il pourra tout au plus pincer. La couleur distinctive, le marquage, les longueurs des parties jaugeantes sont les mêmes que pour les calibres-mâchoires.

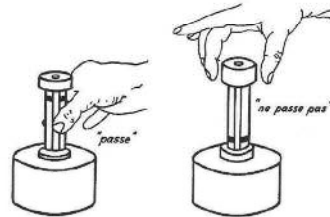


Fig. 361

Tampon pilote (fig. 362)

On facilite la vérification des alésages (dès 30 mm) en pratiquant une gorge à l'entrée du tampon. Il ne peut donc se coincer. La base entre facilement et guide automatiquement le tampon dans l'axe de l'alésage.

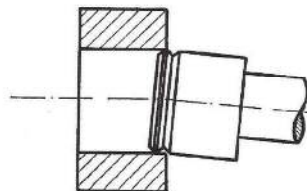


Fig. 362

et avec un maximum de rapidité. Si, après avoir lâché la poignée, elle bascule, c'est que le côté « ne passe pas » de la jauge passe dans l'alésage; celui-ci est donc hors tolérance.

Broches sphériques (fig. 366)

Pour la vérification des grands alésages, on utilise la broche à bouts sphériques. Les extrémités sont façonnées exactement au rayon de l'alésage. Cela permet un contrôle rigoureux, quelle que soit l'inclinaison éventuelle de la broche dans l'alésage, car elle épouse la surface à mesurer. Deux broches sont indispensables pour le contrôle. Une broche « passe » et une « ne passe pas », dont la différence des longueurs est la tolérance. Il est recommandé de se servir de broches sphériques munies de poignées spéciales isothermiques. Dans certains cas, il est utile de maintenir les deux broches sur le même manche.

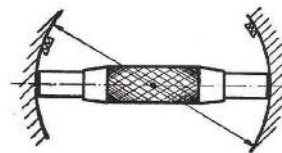


Fig. 366

Broches étalons

Le réglage des divers outils de mesure et des comparateurs employés dans les ateliers, se fait à l'aide de cales-étalons ou de combinaisons de cales, réalisant la cote désirée. Si l'emploi des cales-étalons est recommandé pour les longueurs jusqu'à 200 mm, il est préférable, pour des dimensions plus grandes, d'employer les broches-étalons. Ces broches (fig. 367) de diamètre de 20 mm, sont rectifiées sur toute leur longueur. Elles sont échelonnées souvent par 25 mm, ce qui permet le contrôle des micromètres. Les extrémités sont chanfreinées; le diamètre des faces de contrôle a 9 mm. La tolérance d'exécution des broches-étalons est voisine de celle des cales-étalons. Il est nécessaire de munir les broches étalons de fourreaux pour les isoler de la chaleur de la main.



Fig. 367

Jauges de forme ou gabarits de forme

Pour la fabrication et le contrôle de pièces dont le profil du contour ne peut pas être mesuré avec les outils de mesure habituels, il est nécessaire d'utiliser les jauges de forme. Dans de nombreux cas, il faut exécuter deux jauges de forme conjuguées: la jauge et la contre-jauge (fig. 368).

L'industrie de la machine-outil a simplifié et amélioré la fabrication des jauges de forme.

La fabrication du gabarit de forme ou de profils de précision peut se faire à l'aide de la machine à pointer, en perçant une série de trous rapprochés ou en utilisant une machine à rectifier les profils.

Dans les jauges de forme (fig. 369) citons:

- a) pour les arrondis convexes ou concaves
- b) pour les burins à fileter, (55° ou 60°)
- c) pour les burins trapézoïdaux
- d) pour les engrenages
- e) pour entrée ou carré intérieur

Jauges pour filetage

La vérification des filetages est plus complexe que celle des ajustements lisses, car, dans un filetage, les éléments suivants interviennent (fig. 370):

1. Diamètre sur flancs d_2 .
2. Pas h .
3. Angle du filet α et symétrie $\frac{\alpha}{2}$.
4. Diamètre extérieur d .
5. Diamètre du noyau d_1 .
6. Arrondi du filet r .

Les trois premiers éléments sont les plus importants.

Le principe du contrôle des filetages reste le même que celui du contrôle des

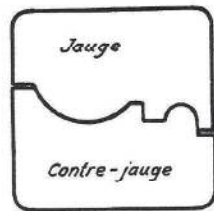


Fig. 368

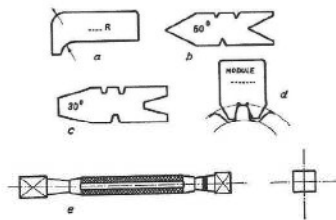


Fig. 369

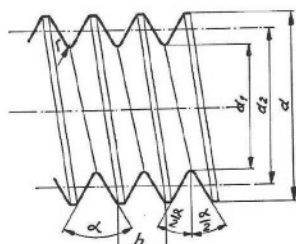


Fig. 370

219

ajustements cylindriques. On donne à la jauge le profil conjugué du filet. Un côté de la jauge doit s'engager sur la vis, l'autre côté de la jauge ne doit pas passer. L'écart de dimensions entre ces deux côtés est donc la tolérance.

La jauge normale se compose d'un tampon (fig. 371) et d'une bague (fig. 372).

Le tampon dispose à l'une de ses extrémités d'un filetage et à l'autre extrémité, d'un tampon de diamètre égal à celui du noyau de l'écrou.

Pour le filetage, la bague correspond à un écrou parfait. Les deux jauges, tampon et bague, sont exécutées avec de petits écarts tolérés.

On doit remarquer que, même si les jauges normales sont d'exécution soignée, elles ne garantissent pas un contrôle rationnel. En effet, les erreurs d'angle et de symétrie du filet, de pas, ne peuvent pas être décelées.

Les normes VSM prévoient trois qualités d'ajustage:

- l'ajustement fin pour travaux particulièrement soignés
- l'ajustement moyen pour visserie courante
- l'ajustement grossier pour boulonnerie à grande tolérance.

C'est la vis qui donne la qualité d'ajustage et non l'écrou. Les écrous des trois qualités peuvent donc être taillés avec le même taraud.

Tampons de filetage à tolérances

(fig. 373-377)

Le principe de construction de ces tampons est le même que celui des tampons d'alésage. Un côté « passe » peut se visser dans l'écrou; un côté « ne passe pas » ne doit pas pouvoir se visser. La tolérance est l'écart de grandeur entre les deux côtés. Le côté « passe » corres-



Fig. 371

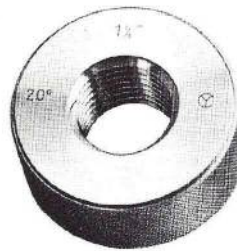


Fig. 372



Fig. 373

220

pond à la plus petite dimension du filetage; cette cote est la même pour les trois qualités d'ajustement (fin, moyen, grossier).

Le profil du côté « passe » du tampon correspond au profil d'une vis parfaite. Le profil du côté « ne passe pas » du tampon est spécial; il est conçu (fig. 374), pour ne porter que dans la zone du diamètre sur flancs. Son centrage est facilité par une partie cylindrique contrôlant le diamètre du noyau de l'écrou. Ce côté du tampon, ne doit pas pouvoir se visser dans la pièce.

On retrouve parfois des tampons qui possèdent, sur le côté « passe », une rainure de nettoyage (fig. 375), dans laquelle viennent se loger toutes les matières qui peuvent fausser le contrôle.

Calibre mâchoire à tolérances pour filetages

Ces jauges ont une mâchoire côté « passe » et côté « ne passe pas » (fig. 376).

Les axes portant les galets sont excentrés; ils permettent donc un réglage de l'écartement de plusieurs dixièmes de millimètres. Le réglage de cet écartement se fait à l'aide de deux jauges simples d'ajustage, ou de jauges doubles, ou encore avec un tampon de filetage à tolérance.

Les galets des calibres mâchoires ne possèdent pas de filetage; ils sont simplement rainurés. La paire de galets côté « passe » a le profil complet sur toute la longueur, tandis que les galets côté « ne passe pas » ont un profil tronqué et n'ont que deux rainures. Cette disposition permet de contrôler rapidement et sûrement les filetages longs ou placés près d'épaulements; elle évite l'enlèvement de la pièce de

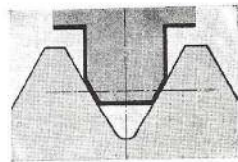


Fig. 374



Fig. 375

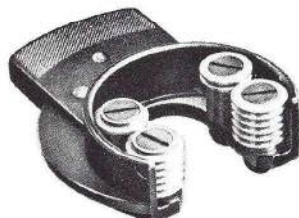


Fig. 376



Fig. 377

la machine sur laquelle elle peut se trouver. Les filets (rainures) des rouleaux étant parallèles, on peut vérifier les filetages à droite et à gauche. Autre avantage: en contrôlant, les galets produisent un frottement de roulement et non de glissement, entre la pièce et le galot; l'usure est ainsi diminuée. Lorsque le réglage est terminé, les axes sont plombés.

Puisque les axes sont excentrés, les rouleaux peuvent être rectifiés de nouveau après usure; ils peuvent être chromés dur et réemployés pour les mêmes jauges.

Le calibre mâchoire pour filetage est construit de manière à permettre une vue libre sur toute la longueur des rouleaux pour le contrôle du pas et de la forme du filet. La jauge mâchoire à tolérances, en raison de tous ces avantages, a remplacé la jauge bague.

Jauge de position

La jauge de position est utilisée lorsque le contrôle n'est pas réalisable directement avec un appareil de mesure. On peut aussi placer dans cette catégorie les jauges utilisées pour la vérification de concentricité, de symétrie, d'équidistances angulaires ou linéaires. La forme et la construction de la jauge de position sont évidemment dictées par la pièce à contrôler. Si une très grande résistance à l'usure doit être garantie, on fera les parties jaugeantes avec pièces de métal dur rapportées. Chaque pièce assemblée de la jauge de position sera fixée par vis et goupilles cylindriques trempées et rectifiées. Toutes les faces jaugeantes d'une telle jauge seront rectifiées, et ce qui sera encore mieux, rodées. On sait que le rodage en augmentant la surface portante, diminue l'usure.

La fig. 378 représente un gabarit de forme qui fait fonction aussi de jauge simple de position pour le contrôle de l'emplacement du plat sur la tige d'un poinçon.

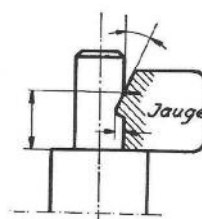


Fig. 378

221

222

La jauge (fig. 379), permet un contrôle de symétrie, en même temps qu'une vérification des cotes de la rainure à T. La tolérance de concentricité de la pièce fig. 380 sera vérifiée à l'aide de la jauge de position.

Le contrôle de l'équidistance angulaire et du centrage des oreilles de la pièce (fig. 381), se fait avec la jauge de position.

La position et l'équidistance des alésages de la pièce (fig. 382) seront vérifiés à l'aide de la jauge de position.

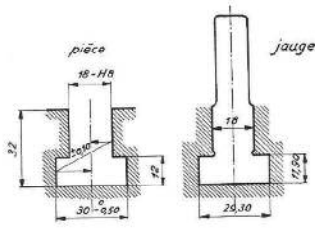


Fig. 379

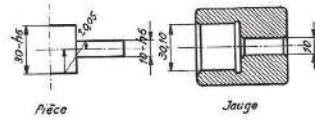


Fig. 380

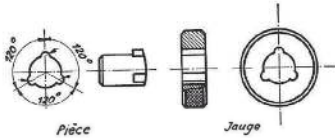


Fig. 381

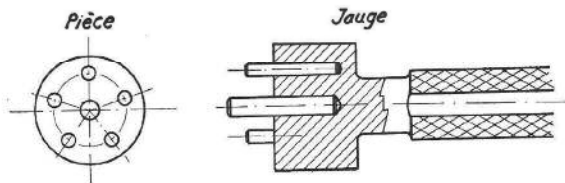


Fig. 382

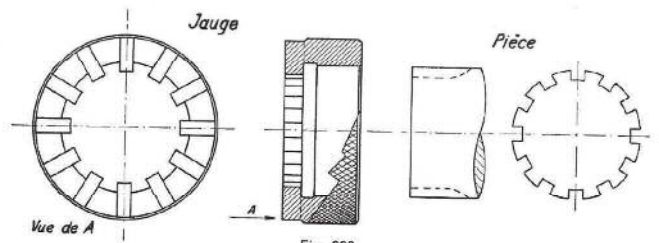


Fig. 383

La jauge de position (fig. 383) permet un contrôle rapide du taillage d'un encliquetage sur un axe.

Le fraisage frontal évite un mortaisage plus délicat. De plus, la rectification après trempe se fait sur un diviseur.

Jauges pour cônes (Morse, métrique, etc.)

Ces jauges sont utilisées pour le contrôle du nez des broches de machines-outils, des queues coniques des mandrins et des outils (fraises, forets, alésoirs, etc.). Les aciers convenant pour la confection de ces jauges sont des aciers trempables à l'huile, offrant le maximum de garantie d'indéformabilité. La normalisation ISO prévoit deux groupes de cônes.

Les cônes du premier groupe sont plus précis que les cônes du second groupe. Ces derniers sont plus spécialement réservés pour les machines de production.

Les jauges pour cônes avec tenon (fig. 384) permettent un contrôle complet, ce qui n'est pas le cas des jauges sans tenon. Dans ce cas le tenon devra être contrôlé par un autre moyen.

Les cotes essentielles des jauges pour cônes sont: la conicité, le trait repère



Fig. 384

pour diamètre D, la longueur L₁ et L₂ et l'épaisseur du tenon b.

Rappelons que les tenons n'assurent pas l'effort de rotation; ils permettent le décollément des cônes par l'intermédiaire du chasso-cône (fig. 385).

Tolérances de fabrication des jauges pour cônes

Les cotes théoriques ne peuvent pas être respectées parfaitement. La tolérance d'exécution des jauges garantit une interchangeabilité aux pièces, si elles sont conformes aux jauges.

Jauges pour cônes des mandrins de perçage

L'emmanchement des mandrins doit être exact sinon ceux-ci se déchassent par les vibrations à l'usinage. Le tampon doit pénétrer dans le mandrin jusqu'entre les repères; il doit prendre sa position sans jeu (fig. 386).

La jauge bague (fig. 387), correspond au tampon. Une face de la bague est étagée, la hauteur de l'étagé correspond aux variations de pénétration produites par les tolérances des diamètres du porte-mandrin.

La conicité des mandrins de perçage est très voisine de 1:20.

Jauges coniques pour alésages 1:50

Une jauge bague (fig. 388), permet la vérification de la conicité de l'alésoir. La jauge tampon (fig. 389), sert au contrôle de la jauge bague.

Le contrôle avec les jauges coniques, tampons et bagues, exige une propreté extrême, ce qui n'est évidemment pas aisé et rapide.

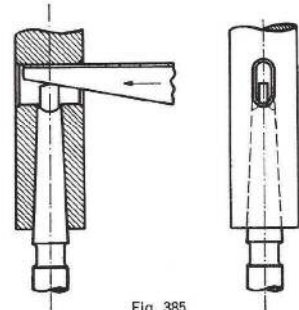


Fig. 385

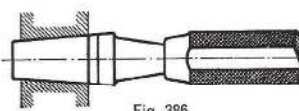


Fig. 386



Fig. 387



Fig. 388



Fig. 389

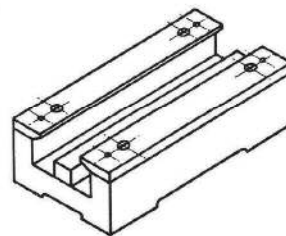


Fig. 390

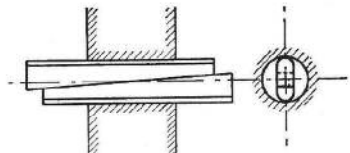


Fig. 391

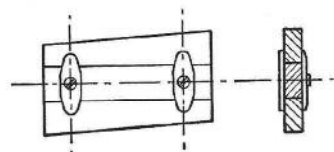


Fig. 392

La jauge assemblée, selon fig. 390, est constituée par deux règles de contrôle et par une règle d'appui, montées sur une base évidée. Les trois règles sont trempées, rectifiées, rodées (éventuellement rodées), rendent service.

Jauges double cône pour le contrôle d'alésages (fig. 391)

A défaut de jauges tampons ou de micromètres pour les intérieurs, les cales trempées et rectifiées (éventuellement rodées), rendent service.

Deux cales de conicité identique sont placées alternées. Les génératrices extérieures sont parallèles et sont constituées par des parties de cylindres. La combinaison de 10 cales, réparties en trois groupes, permet des mesures d'alésages de 6,5 à 25,5 mm. Pour effectuer la mesure de l'alésage, on fait glisser les cales entre-elles jusqu'à avoir le contact nécessaire pour une mesure exacte. A l'aide du micromètre on mesure sur les génératrices des cales, en se rappelant que seule la cote maximale est juste.

Jauge double cône pour le contrôle d'entrées ou rainures

Ces cales sont identiques à celles de la fig. 391, mais les faces de mesure sont planes. On augmente la capacité de mesure en interposant entre les cales coniques une troisième cale parallèle. Le montage (fig. 392), facilite la mesure; il peut également être employé avec les cales pour contrôle d'alésages. Le parallélisme de l'assemblage doit être rigoureux.

Jauges d'angles à combinaison

Les jauges d'angles à combinaison reposent sur le même principe que la jauge étalon. Des blocs d'une épaisseur

de 2 mm sont chanfreinés, soit aux quatre angles, soit à deux angles, à des valeurs très exactes. La combinaison des quatre angles différents pour chaque jauge et le nombre de jauges, permettent des variations d'angles par 1 minute ou par 5 minutes, suivant le jeu choisi. L'assemblage de deux jauges se fait dans un étrier (fig. 393).

La précision d'angle par jauge est de: $\pm 12''$ (secondes = $\pm 6 \mu$ sur 100 mm). Par combinaison de deux jauges, l'écart maximum est donc de $24''$.

L'utilisation de ces jauges d'angles est courante dans la construction de jauges diverses et la fabrication de l'outillage. (Voir sous « Règle sinus » le dispositif permettant aussi l'exécution et le contrôle de pièces d'angles.)

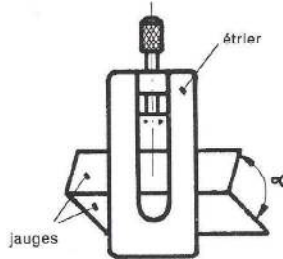


Fig. 393

Calibres mâchoires

Les calibres mâchoires, aussi nommés **jauges à fourches**, sont utilisés pour le contrôle d'axes ou de pièces similaires qui, s'ils sont exécutés dans les limites imposées, permettront un montage sans retouche.

Les jauges permettent de garantir et de maintenir l'interchangeabilité en tout temps (fig. 394).

Pour obtenir l'interchangeabilité dans une qualité d'ajustage bien déterminée, des tolérances d'exécution des pièces ont été fixées.

La différence d'écartement des mâchoires de la jauge, entre le côté « passe » et le côté « ne passe pas » se nomme la **tolérance**.

La valeur de ces tolérances est donnée par les normes ISO.

Les faces de l'ouverture de la jauge sont planes et parallèles. Elles sont rodées. L'écartement doit être respecté dans les limites fixées par les normes ISO. A l'usage, le côté « passe » de la jauge

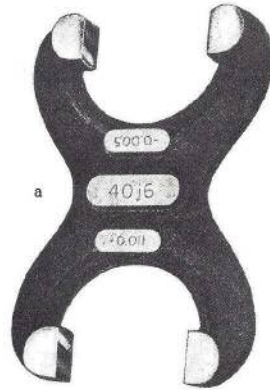


Fig. 394

s'use. Cette usure est prévue par les normes ISO. La jauge à fourche a donc des écarts de fabrication et d'usage normalisés.

Exemple:

pour un calibre mâchoire $\varnothing 40-h 6$ les valeurs en microns données par ISO sont:

côté « ne passe pas » 40^{-14}_{-16} (pas d'usure, puisque ne s'engage pas).

côté « passe » $40^{+1,5}_{+3}$ (de fabrication usé)

alors que les cotes absolues sont $40 - 16$ ne passe pas

L'usure maximum de ce calibre mâchoire côté « passe » serait la différence entre $+3$ et $-1,5$ soit $4,5 \mu$; l'usure minimum aurait pour valeur la différence entre $+3$ et $-1,5$ soit $4,5 \mu$.

D'après le système ISO, la cote d'un calibre mâchoires est celle qui lui permet de passer sur un disque de référence (de contrôle) par son propre poids, en partant de l'état de repos. Le disque est très légèrement graissé.

Le système ISO préconise l'emploi des disques de référence suivants:

1. Pour le côté « ne passe pas » un disque établi à la cote minimale d'exécution du calibre mâchoire et sur lequel celui-ci doit passer.
2. Pour le côté « passe » (sujet à usure):
 - a) un disque à la cote minimale d'exécution du calibre mâchoire sur lequel celui-ci doit passer
 - b) un disque à la cote limite d'usure du calibre mâchoire sur lequel il ne doit pas passer tant qu'il n'est pas usé.

Avant ce dernier contrôle, les faces de la jauge mâchoire seront égalisées au rodoir plan.

Pour un service de contrôle, il est avantageux de disposer de collections de disques sur lesquels la présentation des calibres à fourche est aisée et rapide (fig. 395).

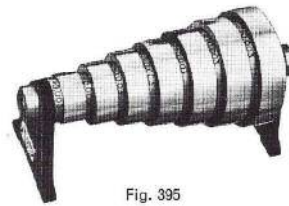


Fig. 395

La présentation du calibre mâchoire sur les trois disques de référence permet de s'assurer:

1. Que le côté « ne passe pas » n'a pas été faussé à l'usage.
2. Que le côté « passe » n'a pas été détérioré et qu'il n'est pas usé au-delà de la limite. Si le calibre passe sur le disque de limite d'usure, il est éliminé.

En plus de sa valeur numérique marquée sur la jauge, le côté « ne passe pas » est verni en rouge, dans une zone bien visible.

Le côté « passe » a une surface de contrôle plus grande que le côté « ne passe pas ».

La fig. 396 représente une **jauge à fourche réglable**. Les mâchoires « passe » et « ne passe pas » se font suite, ce qui accélère le contrôle. Les mâchoires peuvent être garnies de plaquettes en métal dur. Le réglage de l'écartement se fait par les vis à pas fin (pos. 1), tandis que les vis (pos. 2) immobilisent les touches. Toutes ces vis sont noyées assez profondément, cela permet de les sceller à la cire. La plaquette en aluminium, interchangeable, permet d'y frapper la cote de base avec tolérance.

Exemple: $29-96$ ou $28-20$

Le support est en fonte malléable. Le réglage de l'écartement peut se faire d'après étalons, pièce modèle, disque de référence, machine à mesurer, comparateur réglé sur ensemble étalons-étrier-règle.

Les rondelles isothermiques (4) garantissent une cote régulière, par un contact manuel prolongé.

La jauge à fourche réglable permet de nombreux réajustages après usure.

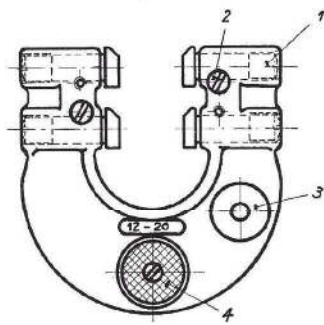


Fig. 396

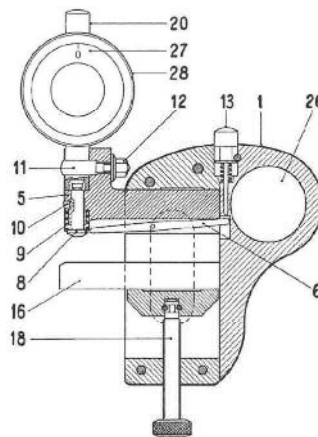


Fig. 398

Calibre-mâchoire avec cales-étalon « Compac » (fig. 398) 1-25 mm.

Deux becs bloqués sur un ou plusieurs étalons sont maintenus dans une monture. Le bec porte un comparateur au 0,002 mm. La mise à zéro est faite avec une pièce modèle ou au moyen d'une jauge, puis les index des tolérances sur cadran sont placés.

Le calibre mâchoire donne la cote d'approche de la pièce, en cours d'usinage, ce qui dans bien des cas, est avantageux.

Au-delà de 300 mm, le calibre mâchoire présente de sérieux inconvénients.

Le calibre mâchoire de grande capacité, réglable, avec comparateur, supprime les défauts de tolérances (fig. 399). Le réglage se fait au moyen de cales étalons. La touche fixe du calibre-mâchoire est plane tandis que la touche du comparateur est sphérique. Ce calibre mâchoire permet le contrôle du cylindrique à l'usinage, ce qui est un avantage.

Pour de petites dimensions, le calibre mâchoire est exécuté selon fig. 400. Pour permettre un réajustement, la jauge (fig. 401) est intéressante. Sa fabrication et son contrôle sont facilités

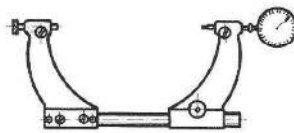


Fig. 399

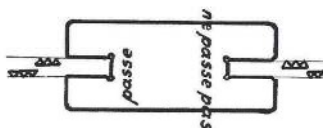


Fig. 400

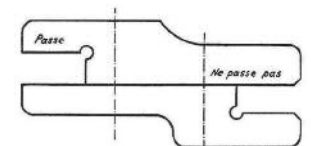


Fig. 401

Calibre mâchoire « Tebo » (SKF)

Les calibres mâchoires utilisés par SKF sont d'une construction spécialement étudiée pour obtenir une grande stabilité et une grande légèreté (fig. 397).

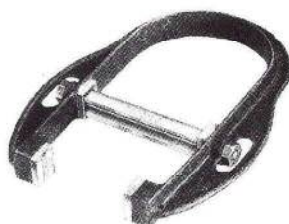


Fig. 397

par l'emploi des étalons et de la règle filament (fig. 402), éventuellement du verre d'interférence.

Banc de jaugeage (fig. 403)

Pour le contrôle des pièces nécessitant l'emploi de plusieurs jauges, on diminue la manutention en exécutant le jaugeage complet de la pièce et en supprimant le jaugeage après chaque opération.

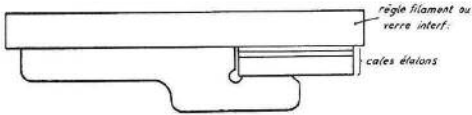


Fig. 402

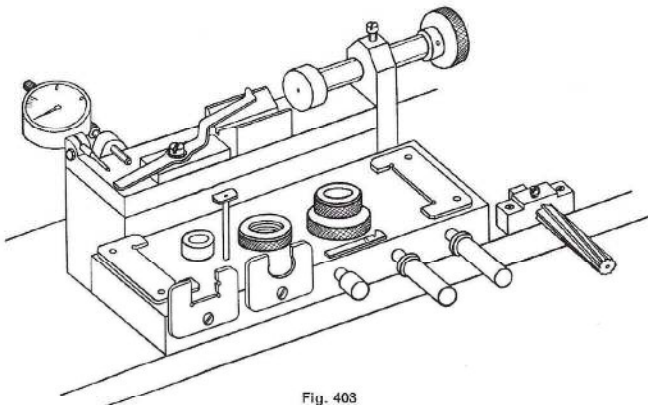


Fig. 403

Toutes les jauges sont fixées, suivant l'ordre établi, sur une même base, c'est un **banc de jaugeage**. La base peut être métallique ou en bois dur. Les jauges sont fixées dans la position la plus favorable au contrôle. Le banc de jaugeage convient pour des pièces dont le poids n'est pas supérieur à celui de la jauge puisque, dans un contrôle, la jauge doit, par son propre poids, passer sur la pièce.

Comparateurs à cadrans

Les comparateurs à cadrans sont des instruments de contrôle ayant un système amplificateur. L'amplification est réalisée par un système de leviers (fig. 404), ou, ce qui est généralement le cas, par un système crémaillère et engrenages (fig. 405).

Les comparateurs sont d'un emploi très courant. Ils permettent le contrôle de pièces détachées, d'outillage et d'organes de machines.

Les comparateurs à cadrans se construisent avec lectures au centième, cinq centième, millième de millimètre. Le principe antichoc garantit des mesures très rapides et très précises; il supprime les risques de détérioration dus à des manipulations brutales.

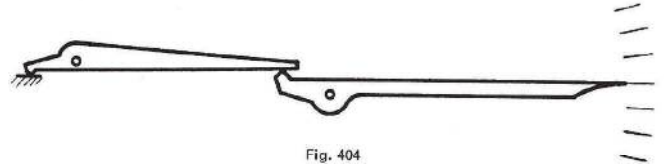


Fig. 404

231

232

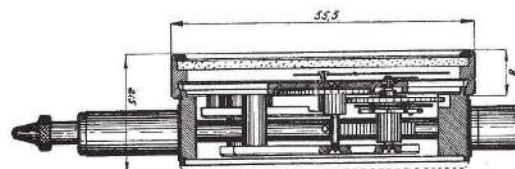
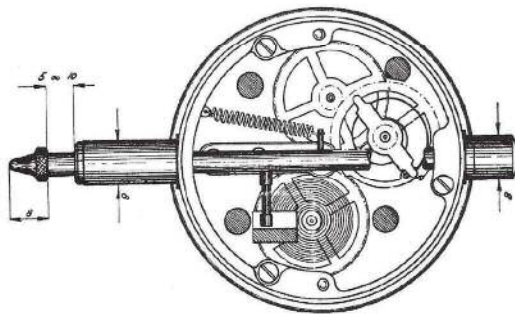
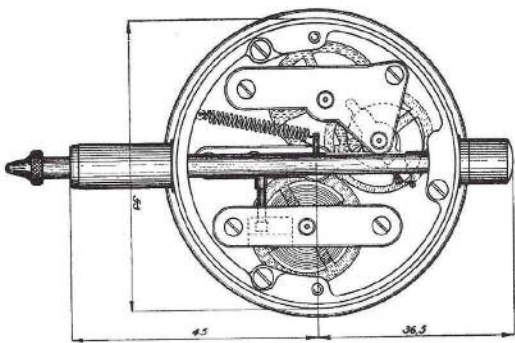


Fig. 405

233



Fig. 406

Des index mobiles déterminent la tolérance. La mise à zéro se fait par la rotation du cadran. La pression de mesure est minimale. La fixation du comparateur sur des montages, etc. se fait au moyen d'un œillet placé sous le boîtier (fig. 406). La fig. 407 représente un comparateur au millième de millimètre.



Fig. 407

Le comparateur à palpeur oscillant (fig. 408)

est d'un usage très pratique pour l'atelier, vu son faible encombrement et ses multiples combinaisons. Sa lecture est au centième ou au cinq centième de millimètre, sa capacité de mesure de 1,6 mm dans les deux sens. Le palpeur est mobile de 90°. La pression de mesure est de 25 gr au maximum.

Sur fig. 409 un léger mouvement oscillant permet de chercher la cote minimale, qui seule est la cote exacte.

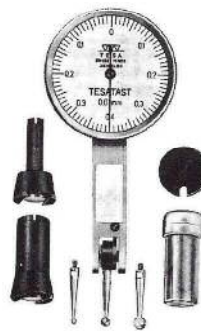


Fig. 408

234



Fig. 409

Comparateurs pour alésages

Cet instrument de mesure par comparaison permet de contrôler les alésages à tous les points de vues. L'appareil peut être réglé au zéro à l'aide:

- a) d'un micromètre
- b) d'un calibre mâchoire constitué par l'assemblage de cales étalons et de becs dans un étrier
- c) d'une machine à mesurer
- d) d'une jauge bague (fig. 410)

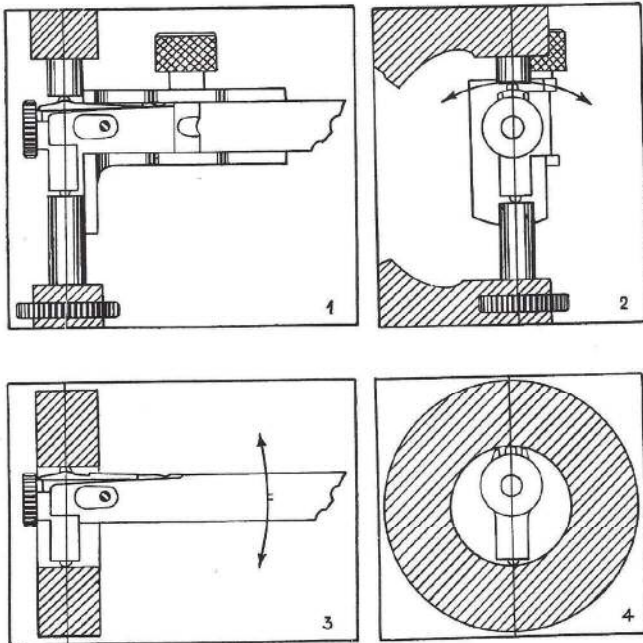


Fig. 410

235



Fig. 411

236



Fig. 412

Microcomparateur CARY MC-8 (fig. 411)

Le microcomparateur CARY MC-8 se caractérise par une très haute précision et une pression de mesure faible. Il se présente sous une forme compacte et moderne, permettant les applications les plus variées. Le mouvement est de forme parallépipédique creuse, d'une seule pièce, avec la tige de fixation de \varnothing 8 à 30 mm. Cette conception originale assure à l'ensemble une grande rigidité et une excellente protection contre les infiltrations.

L'amplification mécanique est obtenue en trois paliers: le premier est un levier dont le bras primaire est réglable au moyen d'un système ingénieux à grande sensibilité, breveté; le deuxième palier est caractérisé par un secteur à dents fines en développante de cercle engrenant avec un pignon sur l'axe duquel est fixée l'aiguille indicatrice. Cette dernière, se déplaçant en regard d'un cadran divisé avec précision, constitue le troisième palier de l'amplification (fig. 412). Le secteur denté et l'aiguille indicatrice étant équilibrés, il en résulte une sensibilité et une précision de fonctionnement égales quelle que soit la position de l'appareil dans l'espace.

L'axe du secteur denté et l'axe du pignon sont maintenus par des coussinets garnis de rubis synthétique. Cette matière est également utilisée comme appui du couteau en carbure de tungstène monté dans l'axe du palpeur. Cette disposition assure une résistance à l'usure exceptionnellement élevée.

En outre, un ressort spiral assure un contact permanent de la denture du pignon contre celle du secteur. Cette disposition engendre le rattrapage automatique du jeu.

Comparateur CARY KMC (fig. 413)
L'appareil CARY KMC comprend trois éléments qui sont:

- 1° le comparateur incorporé relié à la butée mobile
- 2° la vis micrométrique assure les déplacements de la butée fixe
- 3° le diviseur solidaire de la vis micrométrique destiné à bloquer cette dernière à la cote choisie

Une grande variété de touches de mesure et de table permettent de résoudre la plupart des problèmes.

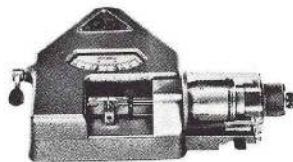


Fig. 413

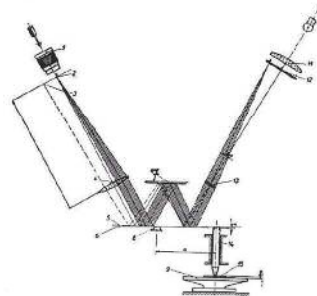


Fig. 415

Ultra-optimètre « Zeiss »

Cet appareil, de conception optique, permet des contrôles à 0,2 micron; l'image d'une plaque graduée, éclairée par une source lumineuse, est projetée deux fois sur un miroir pivotant, puis réfléchi deux fois également par ce miroir (fig. 415).

Toute la partie optique est logée dans un boîtier (fig. 416) qui peut se déplacer le long d'une colonne massive. La mise à zéro se fait au moyen de cales étalons.

Tête de mesure universelle CARY TMU (fig. 414)

La disposition des éléments de cette tête de mesure dans un ensemble compact permet une multitude d'applications dans toutes les positions. La figure 414a montre l'instrument en position verticale, et horizontale dans la figure 414b.

Ces appareils de mesure permettent une lecture aisée du micron (0,001 mm). Il existe également des têtes de mesure avec incorporation du palpeur électronique.

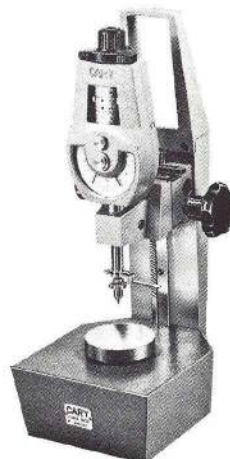


Fig. 414a

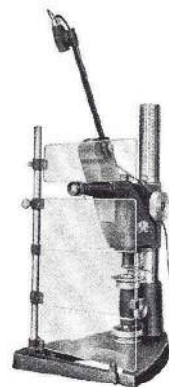


Fig. 416

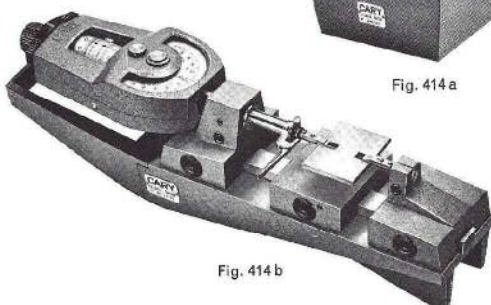


Fig. 414b

237

238

Appareils de mesure électroniques «Tesa»

Les appareils de mesure et de commande électroniques offrent un grand nombre d'avantages qui leur procurent une place dominante dans la technique de la mesure :

1. Il est possible d'amplifier un signal, provenant par exemple d'une différence de longueur, dans une mesure presque illimitée; des coefficients d'amplification de 1 000 000: 1 peuvent être obtenus sans difficulté.
2. Séparation de la mesure et de la lecture: des palpeurs relativement petits peuvent être placés à des endroits difficilement accessibles, alors que les organes indicateurs peuvent être disposés au gré de l'opérateur.
3. Le coefficient d'amplification est facilement commutable. L'opérateur choisira donc la capacité la mieux appropriée pour la mesure à effectuer.
4. Un des avantages essentiels est la possibilité de mesurer des différences ou des sommes; des problèmes compliqués sont ainsi aisément résolus.

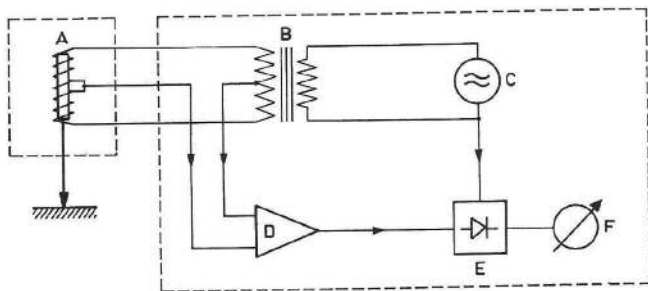


Fig. 417

239

5. Les impulsions fournies par l'instrument peuvent être utilisées à des fins de signalisation et de commande.
6. Grâce aux éléments modernes de construction utilisés, les instruments sont de dimension réduite, légers et facilement transportables.
7. Une grande stabilité et une haute précision peuvent être obtenues grâce à une conception judicieuse des circuits.

Une installation de mesure électronique est composée en général des éléments suivants :

- a) lecteur (palpeur)
- b) amplificateur
- c) indicateur

Le rôle du lecteur (palpeur) consiste à transformer une différence de longueur en une valeur électrique analogue. Ceci peut être obtenu de différentes manières. Les palpeurs électroniques utilisent l'effet inductif qui convient particulièrement aux systèmes à palpeur, puisque la valeur du signal produite est très élevée et linéaire sur une capacité de mesure relativement grande.

Les palpeurs contiennent deux bobines partielles qui font partie d'un pont de

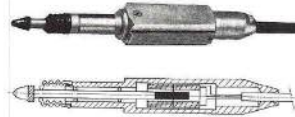


Fig. 418

mesure et leur inductivité est modifiée par le déplacement du noyau de ferrite intérieur (fig. 417).

Si le noyau se trouve au milieu, l'inductivité des deux bobines est la même. Si sa position varie, l'inductivité augmente dans l'une des bobines et diminue dans l'autre. La différence de tension du pont sera amplifiée et transmise à l'instrument indicateur.

L'exécution mécanique du palpeur a une très grande importance. Le point de rebroussement par exemple dépend en large mesure des frictions mécaniques dans le palpeur. Il est donc indispensable que le noyau soit guidé avec un minimum de friction.

Les figures suivantes montrent quelques exemples d'exécutions de palpeurs.

Palpeur avec palier à billes

Les pressions latérales agissant sur la touche du palpeur sont amorties par un palier à billes. La friction du système et l'usure sont réduites au minimum.

Une protection à soufflet empêche l'infiltration de poussières, d'eau, etc., et protège les coussinets et les organes électriques.

La fixation du palpeur peut s'effectuer sur la tige cylindrique et par queues d'aigle (fig. 418).

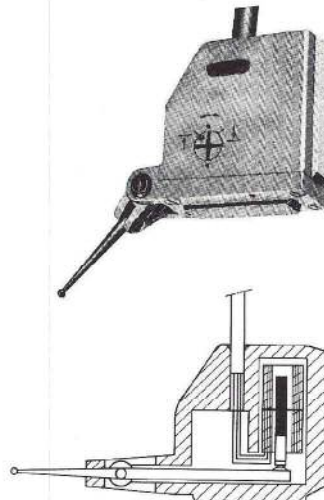


Fig. 419

240

Palpeur à levier Fig. 419

Ce palpeur universel comporte un levier articulé sur roulement à billes et actionne un noyau guidé par ressorts. Il est orientable sur 180° et possède une protection contre les chocs latéraux. Le sens de mesure est réversible.

La fixation du palpeur est assurée par queues d'aigle.

La stabilité et la précision de l'indication

dépendent de l'amplificateur. Les éléments actifs sont des semi-conducteurs dont on connaît les avantages par rapport aux lampes: ils n'utilisent pas de chauffage et ne peuvent donc pas « brûler »; en outre, ils n'ont pas besoin de temps de chauffage et durent plus longtemps. L'inconvénient des semi-conducteurs — leur sensibilité aux variations de température — peut être corrigé en reportant une partie de l'énergie amplifiée à l'entrée de l'amplificateur.

A la sortie de l'amplificateur, on dispose d'un courant continu correspondant à la valeur de mesure dont l'indication se fait sur un instrument à cadre mobile.

Au moyen d'un commutateur, la valeur de l'amplification peut être diminuée graduellement, ce qui permet de choisir différentes capacités de mesure sans influencer l'amplificateur.

Normalement, l'amplificateur et l'instrument indicateur sont réunis dans un boîtier (fig. 420).

Dans la plupart des cas, l'alimentation de l'instrument s'effectue par le réseau. Les appareils alimentés par batterie sont indépendants de sources d'énergie extérieures, mais il est nécessaire que leur batterie soit rechargée périodiquement.

Si le dépassement de valeurs limites doit être signalé lors de la mesure, l'instrument indicateur peut être pourvu de marques de tolérances réglables qui dépendent toutes d'un système photo-électrique actionné par la position de l'aiguille.

Des impulsions de commande peuvent ainsi être transmises parallèlement pour alimenter des lampes de signalisation, des relais de commande, etc.

Etant donné que la position des mar-

ques de tolérances correspond à la commande des contacts, le réglage de ces tolérances est très facile.

L'exécution pratique d'un instrument électronique avec signalisation des tolérances est montrée par la figure suivante (fig. 421).

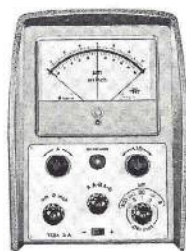


Fig. 420



Fig. 421

241

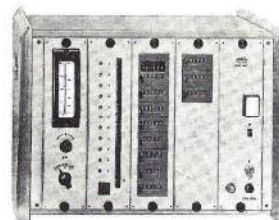


Fig. 422

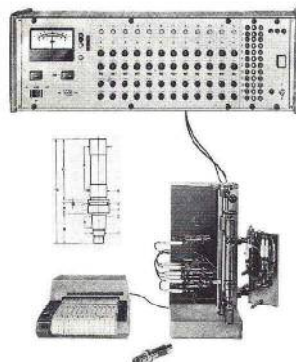


Fig. 423

Lors de la construction d'ensembles pour mesures multiples, il y a lieu de grouper les unités de mesure. Ces dernières seront de forme et de conception différentes et la partie électronique correspondra aux problèmes de mesure à résoudre (fig. 422).

L'illustration ci-après (fig. 423) montre un dispositif de mesures multiples pour la mesure des douze cotes principales d'un arbre à cône à l'aide d'un assemblage d'éléments de fixation, d'un appareil électronique de mesure à douze canaux avec unité de mémorisation incorporée et d'un enregistreur pour l'enregistrement des résultats de mesure.

Comparateur pneumatique «Solex»

La méthode de mesure pneumatique «Solex» consiste essentiellement à transformer les variations de cote d'une pièce en variations de débit d'air. Ces variations de débit provoquent des variations de pression facilement visibles sur un manomètre.

L'installation comporte :

- un régulateur de pression
- un manomètre de lecture à eau
- un calibre de mesure

242

Les deux premiers éléments sont groupés en un seul appareil; c'est le **micro-mesureur** (fig. 424), que l'on retrouve dans toutes les applications de la méthode « Solex ».

La forme du troisième élément, c'est-à-dire le **calibrage de mesure** (fig. 425), dépendra de la mesure à effectuer (tampons pour les alésages, fourches pour axes, comparateurs, etc.).

Dans le procédé pneumatique, l'amplification de quinze mille fois est courante, elle est obtenue de la façon suivante:

Deux orifices G et S (fig. 426) alimentés par un courant d'air comprimé, sont placés en série. Si la pression initiale H de l'air est constante, la pression h qui règne entre G et S ne dépend que du rapport des sections de ces orifices.

Le premier (G) étant fixe, le manomètre utilisé pour connaître la valeur de H enregistre fidèlement les variations de section de S.

Si le gicleur S est fixe, les variations de distance (d), entre le gicleur de sortie et la pièce à mesurer, ne peuvent provenir que des variations de cote de cette dernière. C'est ce qu'enregistre la pression h qui permet ainsi de connaître les diverses dimensions que peut prendre la pièce à mesurer.

Le gicleur de sortie S peut être fractionné en deux ou plusieurs éléments. Les débits de ces deux gicleurs s'ajoutent constamment. Si on les introduit

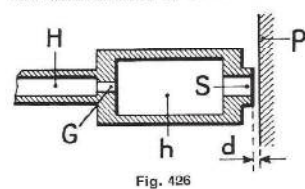


Fig. 426

dans un cylindre, le débit global $S_1 + S_2$ varie selon que le cylindre est plus ou moins serré autour des deux gicleurs S_1 et S_2 . On peut ainsi mesurer les variations du diamètre d'un cylindre (fig. 427).

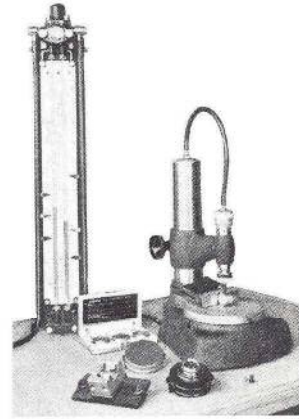


Fig. 424 et 425

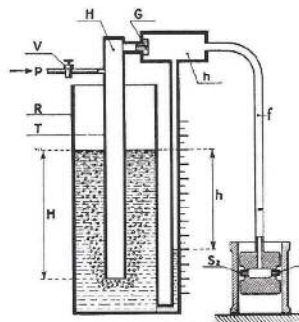


Fig. 427

243

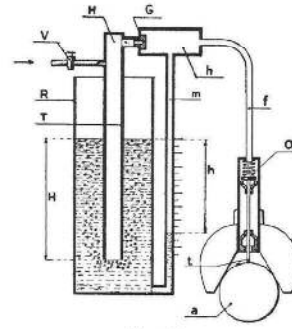


Fig. 428

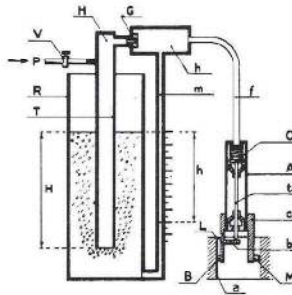


Fig. 429

244

la mesure des cales étalons, le contrôle du parallélisme et de la planité des faces, ainsi que la comparaison simultanée de plusieurs étalons.

Au point de vue construction (fig. 430) le comparateur par interférences a quelque analogie avec le comparateur mécanique ou électrique, monté sur support vertical. L'étalon à contrôler est placé sur un verre plan, fixé au support réglable. Le système interférentiel avec ses différents éclairages par la lumière polarisée coulisse sur la colonne.

Les franges d'interférences sont dans un plan horizontal et excessivement rapprochées les unes des autres. Elles constituent donc des plans parfaits et absolument parallèles. Chaque frange a une couleur déterminée. Entre franges de même couleur on a un spectre de franges. L'écartement entre franges de même couleur équivaut à une demi-longueur d'onde et a, par exemple, une valeur pratique de 0,25 micron pour l'hélium vert (valeur théorique 0,25 078 527 micron). Les franges relient les points correspondant à la même distance entre le verre plan et l'étalon à vérifier. On peut donc les considérer comme des courbes de niveau, exactement comme les courbes de niveau d'une carte topographique représentent le relief du terrain.

Si l'on veut que le comparateur par interférences permette le contrôle à une telle précision, il est nécessaire que le technicien en métrologie prenne de grandes précautions.

Plaques de verre, plan parallèle
Ces verres plan parallèle servent à vérifier la planitude des surfaces de mesure polies des cales étalons, des calibres mâchoires, des touches de micromètres et d'autres instruments de

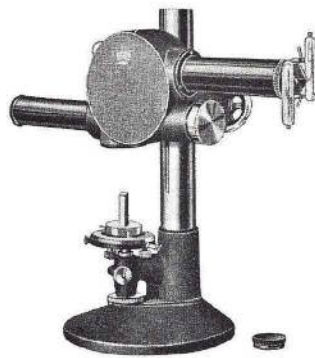


Fig. 430

mesure pour lesquels une grande précision est exigée. Cette vérification se fait d'après le principe des interférences lumineuses.

Ces plaques en verre optique ont une planitude et un parallélisme dans deux qualités; 0,1 et 0,2 micron.

Si l'on place le verre plan (I) sur la pièce à vérifier (II), il se forme entre les deux surfaces une mince couche d'air (III) (fig. 431). Le rayon lumineux J peut atteindre l'œil par deux chemins différents. La lumière se propageant par ondulations, des ondes peuvent s'annuler ou s'additionner. Il se forme des points sombres et des points clairs qui constituent des lignes qui renseignent sur la planité de la pièce. Ces lignes peuvent être considérées comme des lignes de niveau; on les interprète comme dans le cas du comparateur à

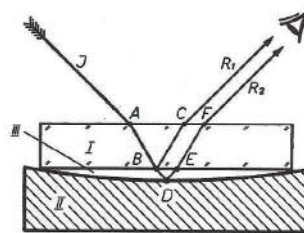


Fig. 431

Le principe de mesure n'est valable qu'à la condition de disposer d'une source d'air comprimé permettant d'obtenir une pression initiale H constante.

Applications du comparateur pneumatique « Solex »

Fig. 428. Vé destiné à la mesure des diamètres extérieurs, pour des pièces en cours d'usinage sur machine et pour des pièces finies.

Fig. 429. Compas d'intérieur pour mesurer un diamètre intérieur ou la distance entre deux faces parallèles.

Comparateur par interférences fig. 430
L'industrie exigeant une précision toujours plus grande, le mécanicien a été amené à demander aide au physicien qui lui a indiqué la mesure par interférences lumineuses.

Les mesures par interférences sont des mesures purement optiques, utilisant, comme étalons de dimensions, les longueurs d'ondes de radiations connues et constantes. La précision de mesure atteinte est de 0,01 micron = 0,0001 mm ($1/100$ de micron).

Cette méthode élimine les erreurs dues aux variations possibles des étalons en acier, les défauts des instruments de mesure mécanique (défauts de parallélisme et de planitude des touches), déformations par flexion, pénétration des surfaces en contact par suite de la pression de mesure, défauts des vis, irrégularités des graduations, inertie des organes, jeux des articulations, etc. Dans la mesure par interférences, la touche est un rayon lumineux dont la pression de mesure est nulle. Elle est cependant d'une rigidité absolue.

Le comparateur par interférences a été construit pour utiliser ces phénomènes et les mettre à la portée des laboratoires de métrologie. Son emploi principal est

interférences. Toutefois, dans notre cas, le verre plan est posé directement sur la pièce. Si la couche d'air est très mince (erreur de planité inférieure à deux microns) les franges d'interférences sont visibles, même à la lumière du jour. Mais, comme la lumière blanche est composée de longueurs d'ondes diverses, les franges sont colorées. Entre les franges de même couleur on a un spectre de franges colorées. La différence de hauteur entre les franges de même couleur correspond à 0,3 micron pour l'observation à la lumière du jour (fig. 432).

Pour diminuer le temps de contrôle et augmenter la précision, on se sert avantageusement d'une lampe jaune au sodium. On n'a pas besoin alors de nettoyer minutieusement le verre plan et la pièce, car, en posant le verre plan sur la pièce, on voit sans autre se former des franges d'interférences très précises. Ce mode de contrôle est donc plus simple. D'autre part, étant donné qu'on supprime l'aspiration entre la plaque de verre et la pièce à vérifier, on supprime la déformation des deux pièces en question, ce qui accroît la précision de contrôle.

Les franges avec l'éclairage à la lampe au sodium ne sont plus colorées; elles sont noires sur fond clair. Dans cet éclairage on se base aussi sur 0,3 micron par frange.



Fig. 432

245

246

Appareil optique pour le contrôle des surfaces planes et de la rectitude des guidages

La firme Wild à Heerbrugg (Suisse) construit un appareil optique pour le contrôle des surfaces planes qui est constitué par une lunette autocollimatrice (fig. 433), et par un miroir plan.

A l'extrémité de la pièce à examiner (marbre, banc de tour, coulisse de machine, etc.), on dispose la lunette (fig. 434) dont on peut éclairer le réticule. Celui-ci est placé dans le plan focal de l'objectif de la lunette. Si l'on pose en face de l'objectif un miroir plan perpendiculaire à l'axe optique de la lunette, les rayons lumineux émanant du réticule éclairé et traversant l'objectif, seront exactement renvoyés par le miroir sur le réticule.

Cette coïncidence de l'image du réticule avec le réticule lui-même s'appelle **autocollimation**. Si, au contraire, le miroir est incliné par rapport à l'axe optique du système, l'image réfléchie est déplacée. Si l'inclinaison ne varie pas, ce déplacement est constant quelle que soit la distance du miroir à l'objectif. C'est en mesurant ce déplacement ou la variation de ce déplacement, que l'on vérifie la rectitude de la surface à contrôler.

Pendant le travail de contrôle, la lunette reste constamment à l'une des extrémités de la pièce à vérifier. Le miroir plan sur son support sera déplacé sur la pièce.

On peut mesurer les déviations dans le plan vertical et les déviations transversales.

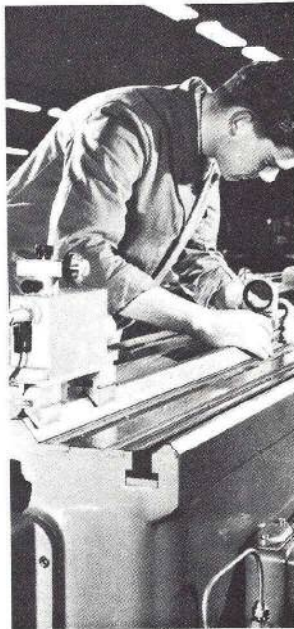


Fig. 433

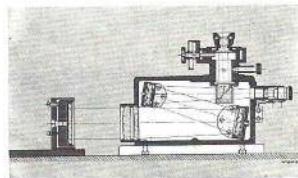


Fig. 434

247

Par une représentation graphique on a le profil de la pièce à contrôler (fig. 435). L'emploi de cette méthode de contrôle de haute précision a fait réaliser de grands progrès dans la construction de la machine-outil. La vérification des grands marbres ou règles marbres y trouve aussi son avantage; il n'est plus nécessaire de disposer de jeux comme indiqué pour le contrôle par génération.



Fig. 435

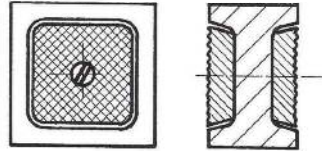


Fig. 436

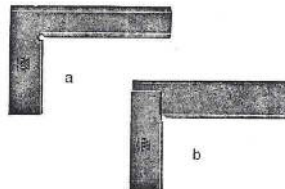


Fig. 437

248

L'équerre à chapeau biseauté (fig. 438), permet de déplacer la règle sur toute sa longueur. Un écrou moleté bloque la règle à la position voulue.

L'équerre d'outilleur (fig. 439) est de très haute précision. C'est l'assemblage d'une règle filament de section carrée évidée sur une base en V. Cet outil est plus spécialement réservé pour les contrôles dans la fabrication de jauges et de gabarits.

La forte épaisseur de la base permet également l'ajustage de l'angle droit dans toutes les positions.

La règle filament doit être parallèle. Citons encore deux modèles d'équerres, plus spécialement conçues pour la fabrication des étampes. L'équerre avec son col de cygne (fig. 440) permet le contrôle des entrées et des matrices depuis l'arrière.

On vérifie cette équerre spéciale sur l'équerre étalon, par la méthode de la touche.

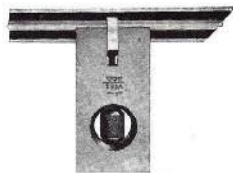
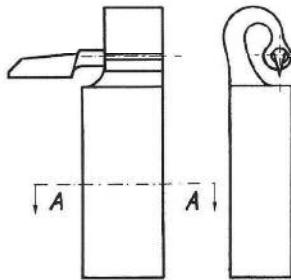


Fig. 438



Coupe A-A



Fig. 440

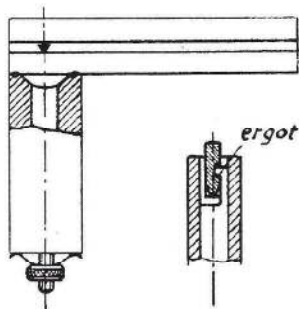


Fig. 438

249

Équerres de précision

Pour faciliter et améliorer le contrôle avec les équerres de précision on adopte le type à chapeau, qui assure un meilleur appui. La lame est à contact filant. La lame et le chapeau sont trempés-rectifiés et rodés. La dureté est normale entre 60-62 HRC.

Les normes DIN N° 875 indiquent les écarts pour les différentes équerres. Une équerre de précision ne doit pas être employée pour le traçage.

Le contrôle des équerres est indiqué au chapitre «Outils de traçage». Pour le contrôle des équerres filant d'outillage, donc de dimensions moyennes, la méthode consistant à employer un marbre et une règle mobile (voir outils de traçage), quoique rationnelle et précise, n'est pas toujours suffisante.

L'équerre étalon, selon fig. 436 permet un contrôle précis et rapide. Cette équerre étalon sera exécutée en acier trempé à l'huile, qualité pour jauge. Ces équerres sont trempées, revenues, rectifiées, stabilisées, rodées. La précision sera respectée au micron. Les quatre angles étant identiques, sont des angles droits. La planéité des faces se vérifie par le verre d'interférence.

Pour contrôler une équerre filant, on observe le jour ou la touche sur l'équerre étalon. Ce dernier contrôle est rapide et d'une haute précision (0,5 micron).

Les équerres de précision (fig. 437) sont en acier trempé et stabilisé, les deux parties sont rectifiées et terminées par rodage.

- a) équerre biseautée (filament)
- b) équerre à chapeau biseauté (filament)

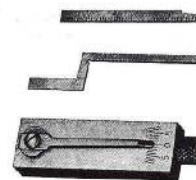


Fig. 441

L'équerre de la fig. 441 est réglable de 5° dans les deux sens. La règle est pivotante. Une règle coudée permet un contrôle partiel par l'arrière. Cette équerre est surtout indiquée pour la vérification de l'angle de dégagement aux matrices.

Règle sinus

On appelle sinus (fig. 442) de l'angle a , la valeur AB pour un rayon R égal à un. Des tables trigonométriques donnent directement toutes les valeurs des sinus pour les angles 0 à 90°, par 5 minutes.

Exemple: pour $a = 23^\circ 15'$ on a $\sin. 23^\circ 15' = 0,39474$.

La règle sinus (fig. 443), employée pour l'exécution précise de pièces comportant des parties à angle déterminé, est basée sur le principe cité ci-dessus. Deux cylindres (1) et (2) de mêmes diamètres, sont fixés dans les angles d'une règle (3). La distance d'axe en axe des cylindres est égale à 100 mm. La face (4) est parallèle avec l'axe passant par les deux cylindres. La règle a une épaisseur d'environ 25 mm, et les cylindres sont trempés-rectifiés-rodés.

Sur la règle, quelques percages permettent le passage de vis de fixation pour bloquer la règle sinus contre une équerre de montage à l'inclinaison voulue.

La distance des cylindres étant de 100 mm, la valeur du sinus, donnée par les tables habituelles, doit être multipliée par cent.

La fig. 444 montre l'application de la règle sinus. La pièce à rectifier (1) est

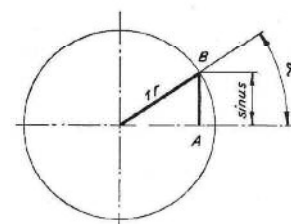


Fig. 442

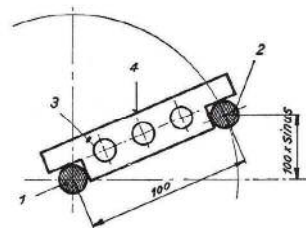


Fig. 443

250

appuyée sur la règle sinus. Celle-ci est fixée contre l'équerre de montage (2). Il s'agit de meuler un angle de 27° 30'. La distance H est égale à cent fois le sinus de 27° 30' soit $100 \times 0,46175 = 46,175$ mm. Cette distance est matérialisée par une combinaison de cales étalons.

Le réglage se fait sur un marbre; une fois terminé, on enlève les étalons. Cette méthode donne la précision maximum, réalisable pratiquement.

La règle sinus ne permet que des travaux légers. Pour des efforts plus importants, on emploie la table sinus (fig. 445) basée sur le même principe de réglage. La table en équerre est pivotante sur l'axe; elle se bloque par les deux boulons. Un cylindre sous une des faces de la table permet le réglage de l'angle voulu. Les étalons se posent sur l'assise. La distance H est celle de l'assemblage. Une face de l'équerre convient pour les inclinaisons jusqu'à 45°. Au-delà de cette valeur on emploie l'autre face.

Le rapporteur d'angles sinus

comme la règle sinus et la table sinus, est plutôt destiné aux services d'outillage et de contrôle (fig. 446).

Le rapporteur sinus est exécuté en acier inoxydable, traité, rectifié et rodé. Le corps (1) possède quatre angles droits; il constitue une équerre étalon. La règle (2) peut coulisser entre les parois du corps; elle est réversible et comporte une extrémité à 45° et l'autre à 60°. Par le bouton moleté (3) on bloque la règle à n'importe quel emplacement. Par le bouton (4) on immobilise le rapporteur (5). Le support auxiliaire (6), réversible, coulisse sur le côté A et se bloque par sa vis, engagée dans une rainure à T du corps.

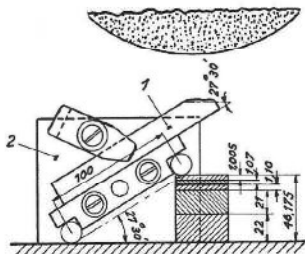


Fig. 444

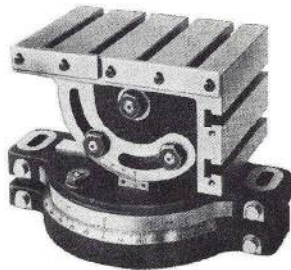


Fig. 445

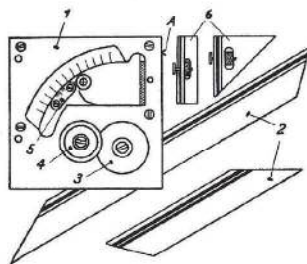


Fig. 446

251

A titre d'exemple, les écarts sont, pour une cale de 40 mm: qualité **EXTRA**

$$\pm \left(0,0002 \text{ mm} + \frac{\text{longueur cale}}{200\,000} \right)$$

$$\pm \left(0,0002 \text{ mm} + \frac{40}{200\,000} \right)$$

$$\pm (0,0002 \text{ mm} + 0,0002)$$

$$\pm (0,0004 \text{ mm} \text{ soit } 0,4 \mu)$$

qualité **SUPER**

$$\pm \left(0,0001 \text{ mm} + \frac{\text{longueur cale}}{500\,000} \right) \text{ soit } 0,18 \mu$$

qualité **LUX**

$$\pm \left(0,00005 \text{ mm} + \frac{\text{longueur cale}}{1\,000\,000} \right) \text{ soit } 0,09 \mu$$

Les cales étalons sont à combinaison, c'est-à-dire qu'elles peuvent être assemblées l'une à l'autre pour former la cote désirée avec la plus grande précision possible.

Le fait que les étalons tiennent bien entre eux constitue déjà une certitude d'un assemblage normal; l'exactitude de la cote est réalisée.

Industriellement, il est nécessaire de disposer de plusieurs jeux de cales étalons. Un de ces jeux reste au contrôle, il est employé uniquement pour des contrôles et réglages d'outils de mesure. Les autres jeux seront utilisés dans les ateliers, soit pour des contrôles ou pour des réglages de machines, suivant la qualité des cales étalons.

Il existe diverses séries d'assortiments de cales étalons.

A l'aide d'étriers et de règles rodées (fig. 449 et 450) on peut constituer des instruments de contrôle ou de réglage. Le cas de la fig. 451 est celui utilisé pour le finissage des jauges à fourches sur



Fig. 449

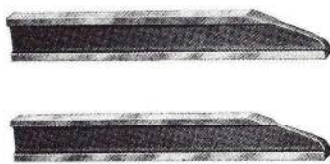


Fig. 450

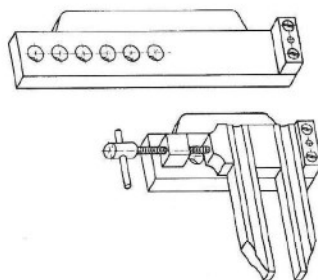


Fig. 451

253

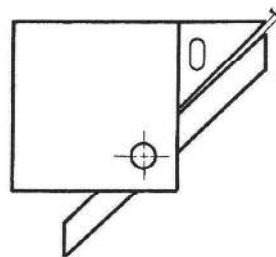


Fig. 447



Fig. 448

Jeu de cales étalons « Cary »

252

Le rapporteur gradué permet les mesures de 0° à 45°, mais les mesures peuvent être effectuées entre 0° et 135° à l'aide du support auxiliaire ainsi que le montre la fig. 447.

Cales étalons

Les cales étalons forment la base indispensable et sûre de tous les travaux de mécanique. Les calibres étalons ont été inventés à la fin de l'année 1890 par le maître armurier suédois C.-E. Johansson. Le premier jeu de calibres étalons à combinaison, pour établissements industriels parfaitement mis au point, fut vendu en 1907. Aujourd'hui, la Suisse a acquis une place importante sur le marché international pour cet article (fig. 448).

La température de mesure

normalisée est de 20° centigrades.

Les cales étalons sont des blocs rectangulaires dont deux faces sont pratiquement planes et parallèles; elles sont polies. Les sections de ces cales sont normalisées et mesurent:

- jusqu'à 10 mm, 30 × 9 mm
- en dessus de 10 mm, 35 × 9 mm

Les cales étalons sont fabriquées en acier allié.

Des cales étalons de protection, de deux millimètres, en métal dur (carbure de tungstène) sont fabriquées; elles résistent particulièrement bien à l'usure. Ces étalons conviennent pour des réglages, essais d'ajustages, pour lesquels il n'est pas possible, en atelier, de réaliser le contrôle avec toute la propreté voulue.

On peut obtenir ces assortiments de cales étalons en trois qualités chez « Cary ».

machine où la mesure se fait par comparaison.

Les cales étalons peuvent être contrôlées à une précision du centième de micron 0,00001 mm, d'après une longueur d'onde lumineuse connue, par le comparateur à interférences. Plusieurs établissements de Suisse possèdent cet instrument.

Des jeux spéciaux de cales étalons rendent de grands services aux ateliers construisant des jauges de tolérances. Ces jeux diminuent le nombre d'étalons par assemblage; ils améliorent ainsi la précision.

Pour conserver aux cales-étalons leur poli et leur adhérence, donc leur précision, et aussi pour éviter une usure anormale, il est expressément recommandé:

- de se servir des étalons avec des mains propres et sèches
- de les dégraisser soigneusement à l'aide d'un chiffon doux ou d'une peau de daim
- d'enlever les poussières avec un pinceau
- de ne les laisser assemblés que le temps nécessaire
- de nettoyer très minutieusement les pièces à mesurer
- de ne jamais forcer les cales-étalons dans la pièce à vérifier
- la cote juste doit être prise à frottement gras et sans effort
- d'éviter les chutes et chocs violents; ils provoquent des aspérités ou raient les surfaces au détriment de la précision
- de prendre toutes les précautions nécessaires d'isothermie, pour éviter les efforts de la dilatation
- de graisser les cales étalons après emploi, exclusivement à l'aide d'un produit neutre (vaseline pure, par exemple)
- de tenir les cales dans un endroit sec, de laisser la boîte entrouverte, si elle n'est pas munie de trous d'aération, pour éviter les effets de la condensation.

Lunette de pointage pour alésouses horizontales

Cet instrument permet d'effectuer optiquement les contrôles suivants :

- réglage de la lunette à la même hauteur que la broche principale
- rectitude des guidages horizontaux et verticaux du montant de lunette
- parallélisme du guidage vertical de la lunette à celui du montant de poupée
- faux-rond de la broche principale et du palier de lunette

D'un grossissement de cinquante fois, la lunette sert à faire une visée d'une croix réticulaire sur le centre d'une marque circulaire dans l'axe du palier de la lunette (fig. 452).

La distance de visée est réglable sur une longueur comprise entre un et six mètres.

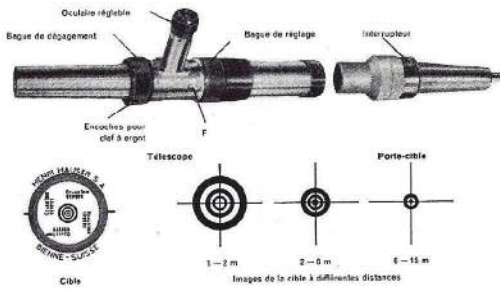


Fig. 452

Résultats des exercices

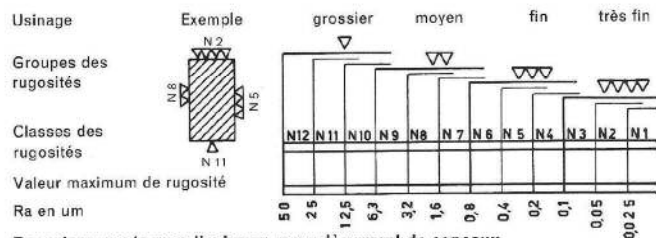
de mesure pour pieds à coulisses, pages: 197, 198, 199, 200.

Exemple N°	∅ extérieur	∅ intérieur
1	49,8 mm	
2	19,1 mm	
3	83,50 mm	
4	114,05 mm	
5	90,25 mm	
6	7,55 mm	
7	3 ²¹ / ₁₂₈ "	
8	86,32 mm	
9	1 ²¹ / ₆₄ "	
10	33,76 mm	
11	5 ²⁷ / ₁₂₈ "	
12	136,34 mm	
13	2 ⁵ / ₃₂ "	
14	54,78 à 54,80 mm	
15	4 ²⁹ / ₆₄ "	4 ¹³ / ₁₆ " à 4 ³¹ / ₆₄ "
16	115,50 mm	
17	1 ²⁷ / ₃₂ "	2 ¹⁵ / ₆₄ " à 2 ¹ / ₄ "
18	46,84 mm	
19	3 ¹ / ₆₄ " à 1 ¹ / ₁₆ "	2 ⁹ / ₆₄ "
20	1,52 mm	
21	5 ²⁷ / ₆₄ "	6 ⁹ / ₃₂ " à 6 ¹⁰ / ₆₄ "
22	149,66 mm	
23	4 ¹¹ / ₆₄ " à 4 ³ / ₁₆ "	4 ²⁷ / ₆₄ "
24	106,28 mm	
25	2,623 "	
26	66,62 mm	
27	2,189 "	
28	55,60 mm	
29	.595 "	
30	15,10 mm	
31	4,050 "	
32	102,90 mm	

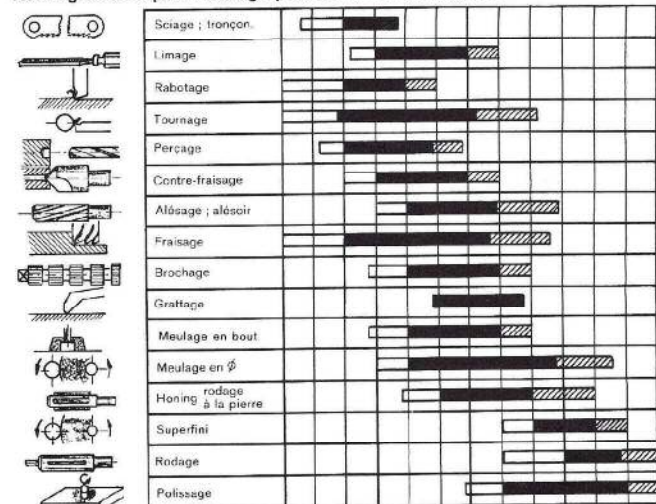
255

256

Table des signes d'usinage ISO



Renseignements pour l'usinage par enlèvement de copeaux



- Rugosité obtenue en pratique normale d'atelier
 - ▨ Rugosité obtenue par des soins particuliers ou par des méthodes spéciales
 - Limite supérieure de rugosité pour l'ébauchage
- Ra = valeur moyenne arithmétique