

ROYAUME DU MAROC

مكتب التكوين المهني وإنعاش الشغل

**Office de la Formation Professionnelle et de la Promotion du Travail
DIRECTION RECHERCHE ET INGENIERIE DE FORMATION**

**RÉSUMÉ DE THÉORIE
&
GUIDE DES TRAVAUX PRATIQUES**

MODULE N°: 17	METHODES DE CONTROLE ET DE SUIVI DE PRODUCTION
--------------------------	---

SECTEUR : FABRICATION MECANIQUE

SPECIALITE : TFM

NIVEAU : T



PORTAIL DE LA FORMATION PROFESSIONNELLE AU MAROC

Télécharger tous les modules de toutes les filières de l'OFPPT sur le site dédié à la formation professionnelle au Maroc : www.marocetude.com

Pour cela visiter notre site www.marocetude.com et choisissez la rubrique :

[MODULES ISTA](#)



The image shows a screenshot of the website www.marocetude.com. The navigation bar at the top includes links for HOME, LIVRES, **MODULES ISTA**, ANNUAIRE ECOLES, DOCTORAT, LETTRE DE MOTIVATION, NOUS CONTACTER, and SE CONNECTER. The site's logo is "Maroc Etude.Com" with the tagline "Connaissance - Métier - Technique". Below the navigation bar are links for Annonces Google, Emploi Maroc, Messagerie, Telecharger Un Jeu, and Maroc Annonces. A search bar is located on the right side of the header.

The main content area features a central advertisement for MacKeeper, offering a 20% discount. The ad includes the text "Notre Bibliothèque que ...Livres à Télé charger Gratuitement", "MacKeeper -20%", "Complete your Purchase Now and save 20% Guaranteed with this Coupon Code", and a button "Apply Discount Automatically". Below the ad is the quote: "On ne jouit bien que de ce qu'on partage" [Madame de Genlis].

On the left side, there is a login section titled "Connexion" with fields for "Identifiant" (containing "sniper") and "Mot de passe", and a "Connexion" button. Above the login section, it says "Nous avons 14 invités en ligne". Below the login section are links for "Annonces Google", "Annonces Emploi Maroc", "Jeux Telecharger Gratuit", and "Jeux PC En Ligne".

On the right side, there is a sidebar with a search bar and a list of links under the heading "Annonces Google": "Jeu De Jeux", "Jeux Sur Internet", "Ecole Ingénieur", "Dépanner et configurer votre réseau à domicile (Outil de Diagnostic)", "Wi-Fi / Ethernet", "Console de jeu", "Imprimante", and "Messagerie".

Document élaboré par :

Nom et prénom

EL HAJJIOUI Hassan

EFP

ISTA GM

Direction

DRGC

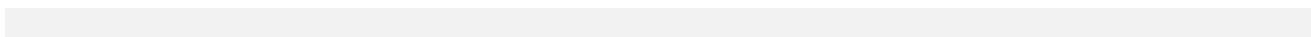
Révision linguistique

-
-
-

Validation

- ETTAIB Chouaïb

-
-



MODULE 17 : MÉTHODES DE CONTRÔLE ET DE SUIVI DE PRODUCTION

Code : Théorie : 41 %
Durée : 30 heures Travaux pratiques : 50 %
Responsabilité : D'établissement Évaluation : 9 %

OBJECTIF OPÉRATIONNEL DE PREMIER NIVEAU DE COMPORTEMENT

COMPETENCE

- **Déterminer une méthode de contrôle et de suivi de production en fabrication mécanique.**

PRESENTATION

Ce module de compétence générale est enseigné durant le deuxième semestre du programme de formation.

DESCRIPTION

L'objectif de ce module est de faire acquérir les connaissances relatives aux méthodes de contrôle statistiques permettant la maîtrise et la stabilisation des procédés. Ce module vise à sensibiliser les stagiaires aux aspects liés au contrôle statistique en générale et la mise en œuvre des cartes de contrôle. Il est essentiel que ces notions soient appliquées de façon quasi automatique par le stagiaire au moment de réalisation des activités d'apprentissage du programme d'études.

CONTEXTE D'ENSEIGNEMENT

- Présenter le contenu de façon dynamique.
- Accorder autant d'importance à ce module qu'à tout autre module à contenu technique.
- Utiliser des tableaux et des illustrations afin de favoriser l'application des méthodes étudiées, plusieurs affiches et graphes devraient être placées sur les murs des ateliers et dans les autres locaux fréquentés par les stagiaires.
- Faire réaliser des exercices permettant l'application des notions acquises.
- Les situations pédagogiques doivent approcher au maximum celles de production réelle à partir d'un dossier de fabrication.

CONDITIONS D'ÉVALUATION

- Travail individuel et de groupe

- A partir
 - Cahier des charges
 - De données chiffrées
 - De résultats de production
 - De simulation et d'étude de cas
 - De situations relatives aux compétences particulières

- A l'aide :
 - D'une documentation pertinente
 - D'une production
 - D'outils et d'appareillages de contrôle
 - D'une production aux caractéristiques connues

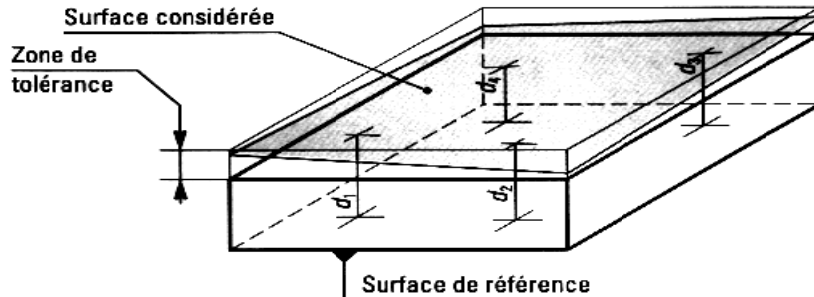
OBJECTIFS	ÉLÉMENTS DE CONTENU
<p>1. Maîtriser les unités de mesures</p> <p>2. Connaître et savoir utiliser les différents instruments de mesure et de contrôle</p> <p>A. Maîtriser les méthodes et les différentes technologies de contrôle :</p> <ul style="list-style-type: none"> • Dimensionnelle • Forme • Position <p>1. Savoir transcrire des résultats de mesure et de contrôle</p> <p>2. Savoir interpréter des tableaux, des diagrammes, des histogrammes, des courbes</p> <p>B. Maîtriser les outils graphiques de suivi d'indicateur de production.</p> <p>3. Savoir utiliser les outils de base mathématiques du contrôle par statistique</p> <p>4. Se soucier de la précision des renseignements transmis</p>	<ul style="list-style-type: none"> - Référence au module : Métrologie dimensionnelle et géométrique - Référence au module : Métrologie dimensionnelle et géométrique - Répétitivité - Étalon et raccordement - Instruments de contrôle par attribut - Instruments de contrôle à lecture directe. - Instrument de contrôle à lecture indirecte - Instrument de mesure de rugosité - Instrument de contrôle de forme - Machine à mesure tridimensionnelle - Notion d'échantillonnage - Prélèvement - Feuilles de relevés - Relevés et unité de mesure - Lecture des : <ul style="list-style-type: none"> • Tableaux • Diagrammes • Histogrammes (allure de la distribution des données normale, dissymétrique...) • Courbes - Histogramme : <ul style="list-style-type: none"> • Démarche de mise en œuvre • Unité de mesure • Étendu • Classe, - Tableau à 2 entrées - Représentation graphique - Suivi des indicateurs de mesure. - Notions de probabilité - Les statistiques : <ul style="list-style-type: none"> • moyenne, • écart-type, • variance - Capacité machine - Lois (normale,...) - L'importance des données dans la prise de décision

<p>C. Être sensibilisé aux outils de contrôle statistique.</p> <p>5. Se soucier de la pertinence des instructions</p> <p>6. Savoir déterminer des objectifs de contrôle</p> <p>7. Savoir distinguer entre analyse et mise en œuvre</p> <p>D. Déterminer une méthode de contrôle appropriée.</p> <p>10. Aptitude à la prise de décision</p> <p>E. Diagnostiquer et valider.</p>	<ul style="list-style-type: none"> - Démarche à suivre pour remplir une carte de contrôle par mesure. - Calcul des paramètres de position et de dispersion (moyenne, étendue) - Interprétation des cartes de contrôle <ul style="list-style-type: none"> • Limites de contrôle • Moyenne • Etendue • Allure du graphique - Traçabilité - Précisions - Objectivité - Stabilisation de processus - Définition : <ul style="list-style-type: none"> • Analyse • Mise en œuvre - Méthodes de contrôle : <ul style="list-style-type: none"> • A 100% • Par échantillonnage • Par attribut • De réception • Par prélèvement • Contrôle intégré, auto-contrôle - Décision la loi est normale ou non ; moyen de production sable ou non stable - Prendre les mesures adéquates débouchant sur des actions correctives puis préventives - Évaluation et comparaison des écarts par rapport à l'objectif - Discerner et déceler les causes des écarts - Sanctionner la nature des résultats
---	--

1	FICHE DE TECHNOLOGIE
	VÉRIFICATION DES SPÉCIFICATIONS DIMENSIONNELLES

1) MESURAGE ENTRE DEUX PLANS

a : Analyse de la spécification : $D \pm a$



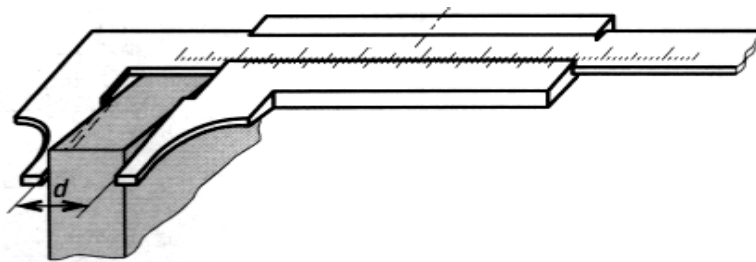
Dans l'exemple ci-dessus, il faudra mesurer les distances d_1 , d_2 , d_3 et d_4 pour vérifier si tous les points de l'élément considéré sont bien contenus dans la zone de tolérance.

Remarque : les défauts de forme des surfaces sont négligés.

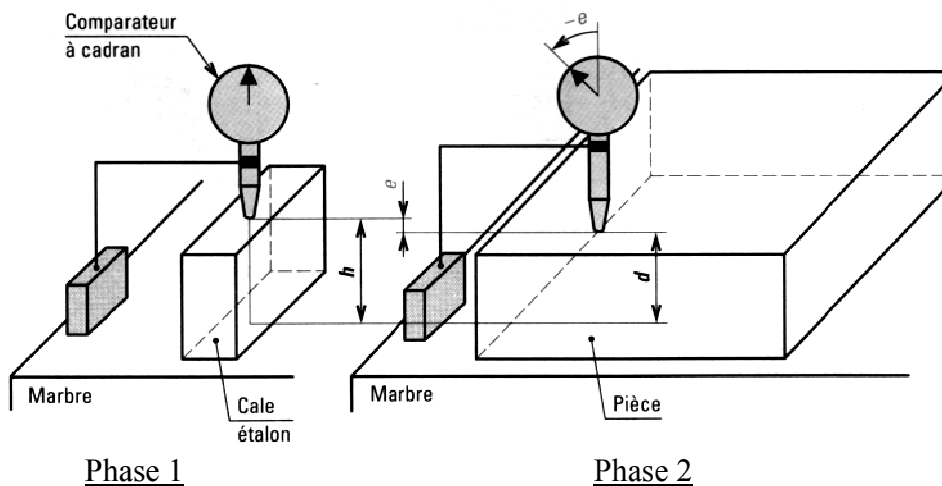
b : Mesurage par lecture directe

Principe

Mesure à l'aide d'un instrument à lecture directe des dimensions entre la surface de référence et la surface considérée.



c : Mesurage indirect par méthode différentielle



Principe

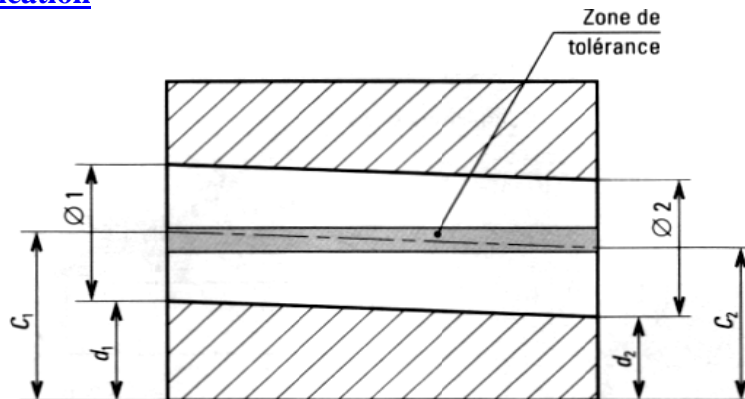
Phase 1 : le comparateur est étalonné (mise à zéro) sur une cale étalon de hauteur h déterminée en fonction de la spécification donnée par le dessin de définition.

Phase 2 : la pièce est ensuite mise à la place de la cale. L'écart entre les deux lectures permet de déterminer la dimension de la pièce : $d = h - e$



2) MESURAGE ENTRE UN AXE ET UN PLAN

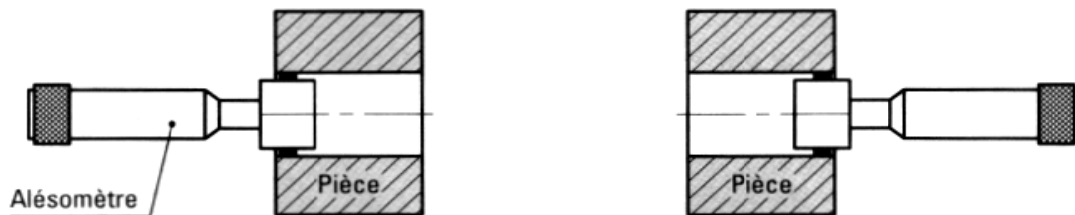
a : Analyse de la spécification



b : Méthode de mesure

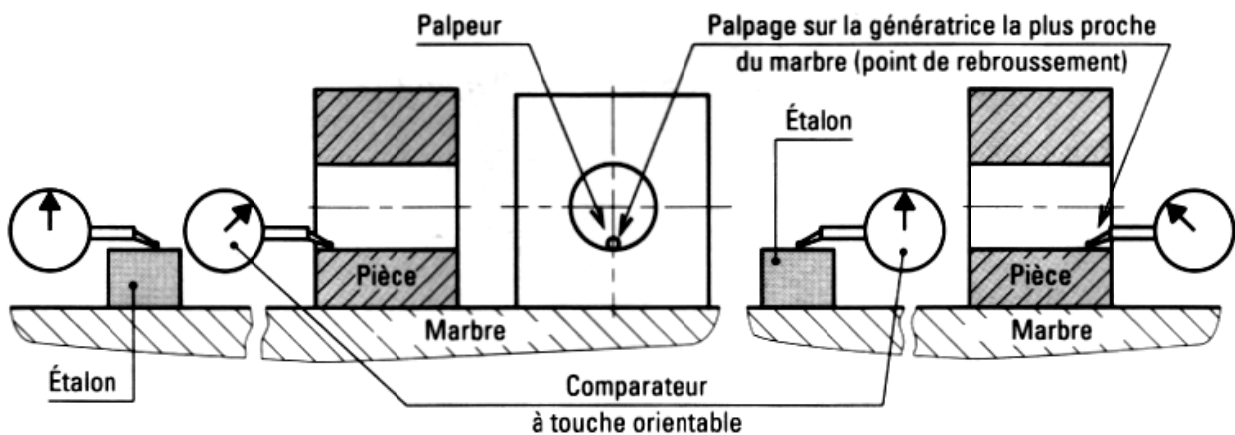
✓ Phase 1 : lecture directe

le diamètre est mesuré par lecture directe à l'aide d'un alésomètre, on détermine ainsi le rayon r .



✓ Phase 2 : méthode différentielle

Par mesurage indirect, à l'aide d'un comparateur à touche orientable, on détermine la distance de la génératrice la plus proche (point de rebroussement) au plan.



Phase 3 : calcul de la distance du plan à l'axe

$$C = r + d$$

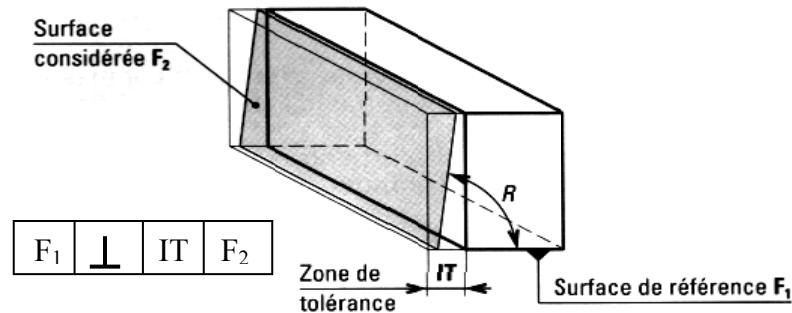
Ces opérations sont réalisées de chaque côté de la pièce.



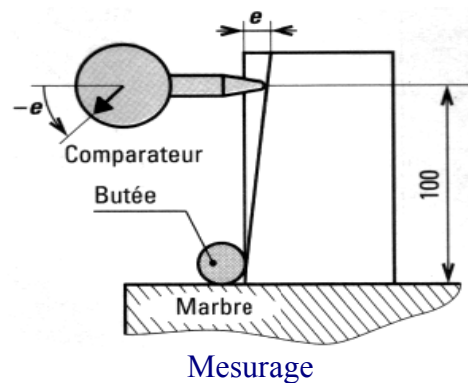
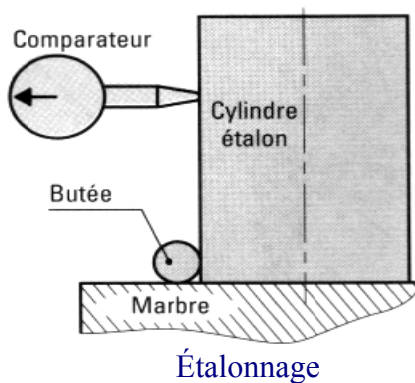
VÉRIFICATION DES SPÉCIFICATIONS GÉOMÉTRIQUES D'ORIENTATION

1 PERPENDICULARITÉ ENTRE DEUX PLANS

a : Analyse de la spécification



b : Méthode de mesure

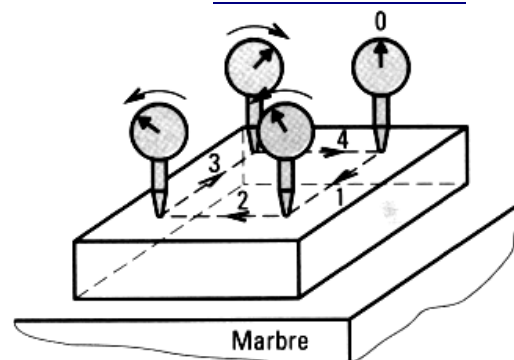
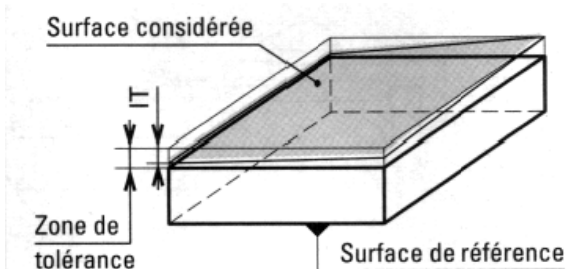


- **Phase d'étalonnage** : le comparateur est mis à zéro par palpage sur la génératrice d'un cylindre étalon en contact avec la butée (point de rebroussement).
- **Phase de mesurage** : la surface de référence de la pièce est posée sur le marbre, la surface considérée en contact avec la butée. La variation lue sur le comparateur permet de déterminer la valeur de 'e'.

2. PARALLÉLISME ENTRE DEUX PLANS

a : Analyse de la spécification

b : Méthode de mesure



Principe

On déplace le comparateur, après l'avoir étalonné sur un point de la surface considérée, selon les directions parallèles aux arêtes.

La variation lue sur le comparateur permet de déterminer la valeur de e : $e \leq IT$



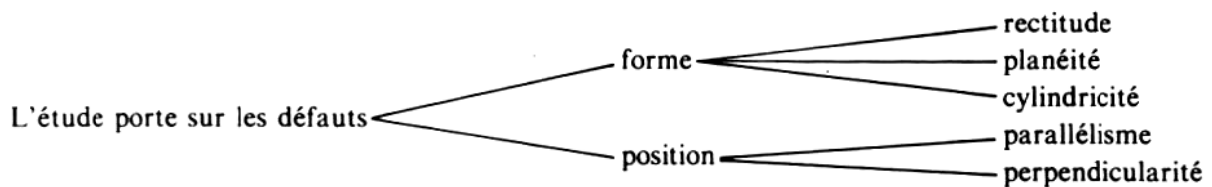
FICHE DE TECHNOLOGIE

CONTROLE DES FORMES SIMPLES, DU PARALLELISME ET DE LA PERPENDICULARITE

1. GENERALITE

Les activités de fabrications mécaniques se ramènent essentiellement à réaliser des surfaces planes et cylindriques. Les formes et les positions des surfaces engendrées sont toujours imparfaites, il est nécessaire, comme pour les dimensions, de donner une limite à la valeur des défauts acceptables.

Le contrôle a pour but de vérifier si les limites ne sont pas dépassées.

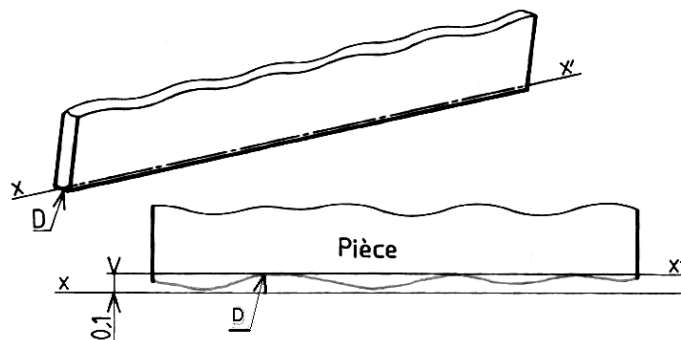


2 - RECTITUDE D'UNE DROITE. SYMBOLE :

Lorsque la largeur d'une surface est très faible devant sa longueur, on peut assimiler la surface à une droite D.

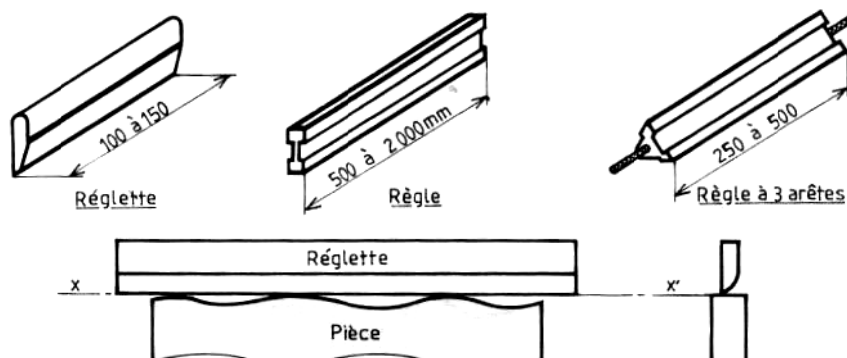
EXEMPLE :

La droite réelle doit être comprise entre deux droites théoriques parallèles distantes de 0,1 mm



2.1 Contrôle sans mesure

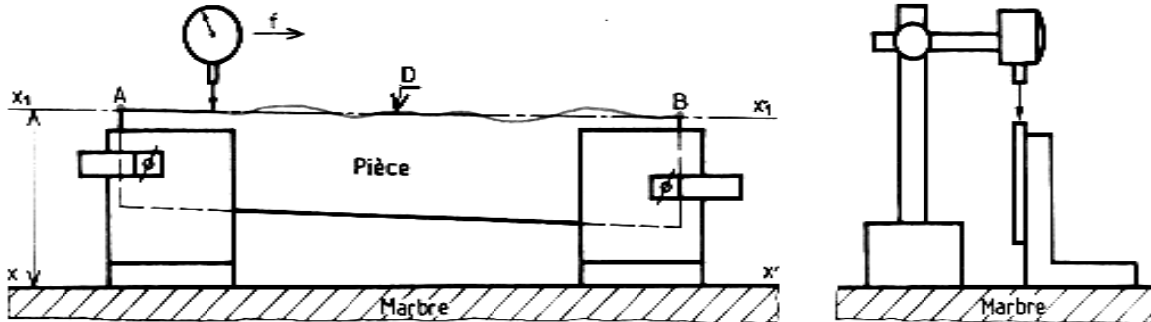
Comparaison par contact avec une réglette ou une règle étalon (droite théorique parfaite xx'). L'opérateur évalue à l'œil la valeur des défauts et retouche la pièce en conséquence.



2.2 Contrôle avec mesure au comparateur

EXEMPLE

Mesure de la rectitude d'une droite D d'un gabarit.

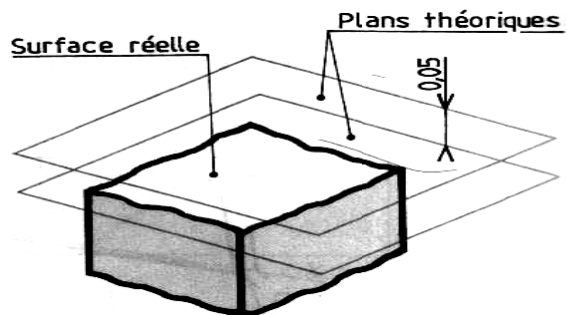


La pièce est fixée (par deux presses d'ajusteur) sur une ou deux équerres de façon que deux points A et B soient à la même altitude par rapport au plan du marbre. Le comparateur mesure les écarts entre la droite **D** et la droite x, x' , parallèle à x, x' .

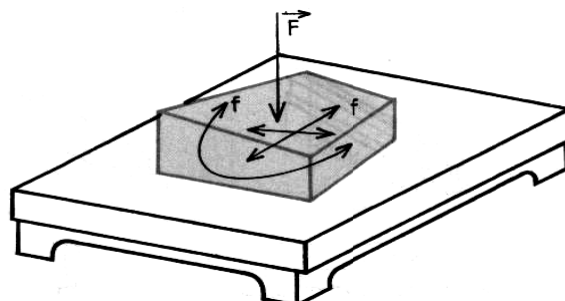
3 - PLANEITE SYMBOLE :

EXEMPLE :

La surface sera acceptable si elle est comprise entre deux plans théoriques parallèles distants de 0,05 mm



3.1 Contrôle au marbre

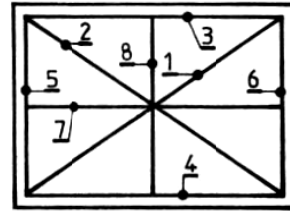
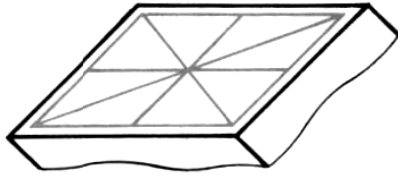


*F. effort sur ta pièce
f. déplacements de la
pièce*

C'est un contrôle par comparaison avec un plan étalon en fonte ou en granit appelé marbre. On enduit le marbre d'une mince couche de produit coloré gras sur lequel on pose et on frotte doucement le plan à contrôler. Les surfaces en relief (parties hautes) sont brillantes.

Cette méthode ne permet pas de chiffrer les écarts.

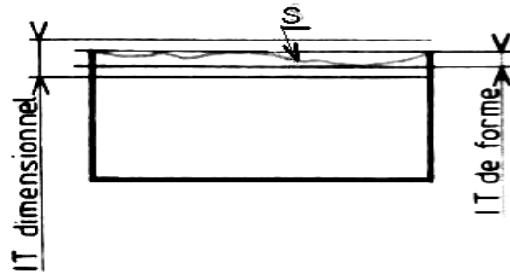
3.2 Contrôle par faisceau de droites à la réglette



Propriété : Une droite qui a deux points communs avec un plan doit être toute entière contenue dans ce plan. Le contrôle s'effectue par positions successives de la réglette.

Remarque

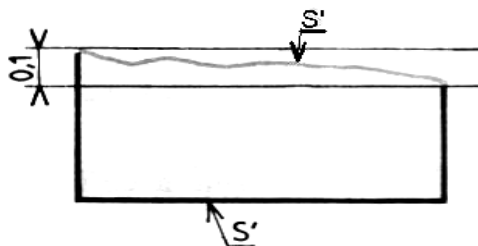
L'intervalle de tolérance de forme doit être inférieur à la tolérance dimensionnelle.



4 - TOLERANCES DE POSITION

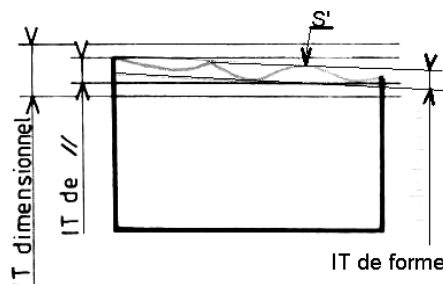
4.1 Parallélisme

EXEMPLE : $\parallel 0,1$



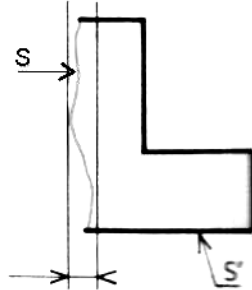
Tout point de la surface S doit être compris entre deux plans théoriques parallèles distants de 0,1 mm et parallèles à la surface S' choisie comme référence.

NOTA : La tolérance de parallélisme est inférieure à la tolérance dimensionnelle mais supérieure à la tolérance de forme.



4.2 Perpendicularité

EXEMPLE : \perp 0,1



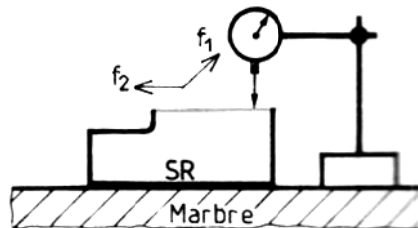
Tout point de la surface S doit être compris entre deux plans théoriques parallèles distants de 0,1 mm et perpendiculaires à la surface S' choisie comme référence.

Les contrôles portent essentiellement sur

la recherche des \perp ou \parallel entre :

- deux plans.
- un plan et un cylindre.
- deux cylindres.

4.3 Contrôle du parallélisme de deux plans



SR : surface de référence contrôle

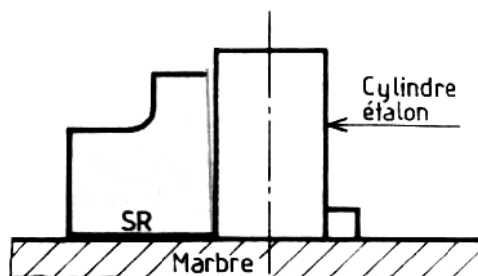
Le comparateur monté sur un support mobile indique les variations d'écartement.

Le contrôle se fait suivant deux directions non parallèles f_1 et f_2 .

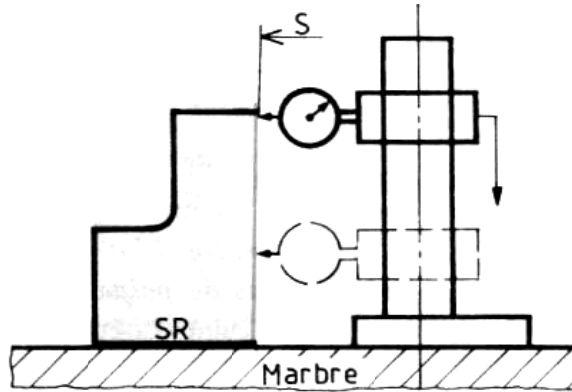
4.4 Contrôle de la perpendicularité de deux plans

A) Sans mesure

Équerre à 90°. Calibre. Cylindre étalon sur marbre.



B) Avec mesure



Utilisation du comparateur monté sur un support spécial ; le contrôle de la perpendicularité se ramène à celle d'un parallélisme entre la surface S et un cylindre étalon.

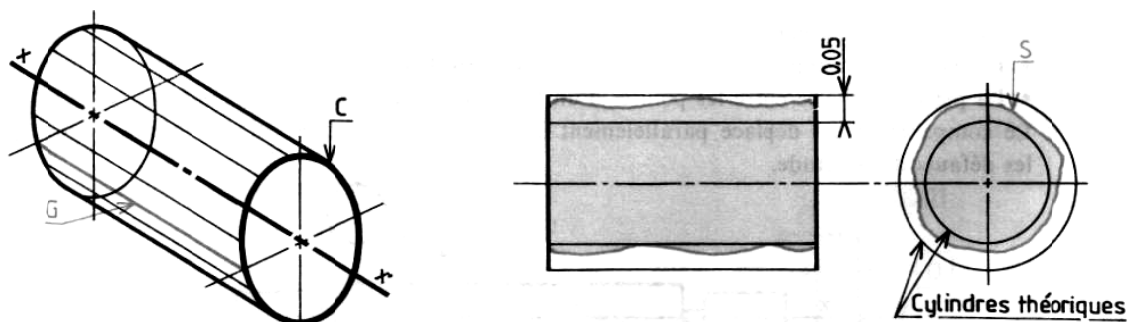
Remarque

Lorsque l'on veut déterminer les écarts de position de deux surfaces (ou deux lignes), l'appareil de mesure donne les lectures englobant automatiquement une partie des erreurs de forme. On posera comme principe que la vérification doit porter uniquement sur l'erreur totale (différence entre les valeurs extrêmes relevées au comparateur).

5. CYLINDRICITE




EXEMPLE : $\boxed{M} \boxed{0,05}$

Le défaut de cylindricité est caractérisé par l'écart qui existe entre la surface S d'une pièce et deux cylindres théoriques coaxiaux dont la différence de rayon est : 0,05.



Le cylindre est une surface engendrée par une droite G qui se déplace parallèlement à une direction fixe en s'appuyant sur un cercle C dont le plan est perpendiculaire à la direction donnée.

5.1 Le contrôle de la cylindricité se ramène à la mesure des défauts

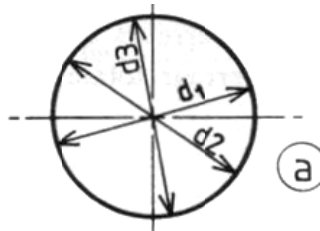
- De circularité  dans un plan perpendiculaire à l'axe du cylindre.
Elle représente l'erreur par rapport au cercle idéal.
 - De parallélisme  entre deux génératrices opposées ;
 - De rectitude  de génératrice.
- L'ensemble des trois groupes de mesures constitue la cylindricité.

$$\boxed{\text{○}} + \boxed{\text{//}} + \boxed{\text{—}} = \boxed{\text{Ⓢ}}$$

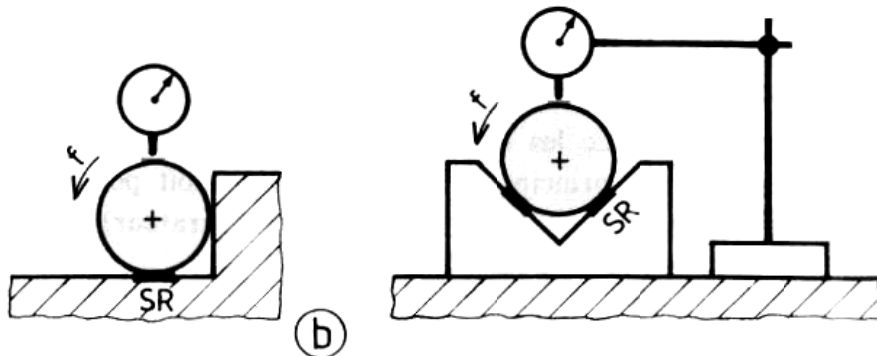
5.2 Les moyens de contrôle

A) Les défauts de circularité peuvent être relevés par :

- mesure directe au micromètre ou au pied à coulisse des diamètres d'une même section droite (2 ou 3 mesures fig. a),



- relevé des écarts de palpé : la pièce est posée sur un marbre ou dans un vé, la mesure est réalisée par un comparateur à touche plane (fig. b).





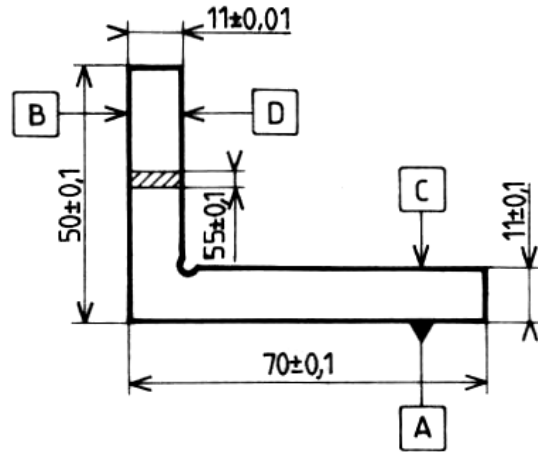
FICHE DE TECHNOLOGIE

CONTROLE DES FORMES SIMPLES,
DU PARALLELISME ET DE LA PERPENDICULARITE

EXERCICES

Contrôle de l'équerre

A	—	0,005	
D	//	B	0,01
C	//	A	0,01
B	⊥	A	0,01



1. Recenser les différents contrôles.
2. Préciser les moyens utilisés pour mesurer :
 - les parallélismes ;
 - la perpendicularité ;
 - la rectitude.

1 INTRODUCTION

On distingue les tolérances de

- Localisation :
- Concentricité ou Coaxialité :
- symétrie :

2 LOCALISATION

2.1 Écriture

On distingue deux écritures pour localiser l'axe d'un trou (fig. 1 a et 1 b).

Figure 1a : L'axe du trou doit être situé à l'intérieur d'un prisme de côté $t = 0,2$ mm dont les plans médians sont situés à 15 et 22 mm des surfaces de référence de définition du trou.

Écriture :

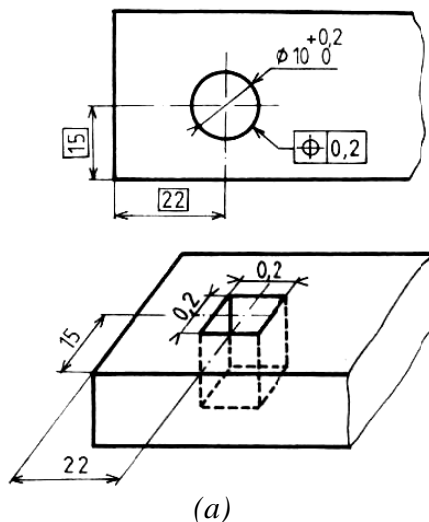
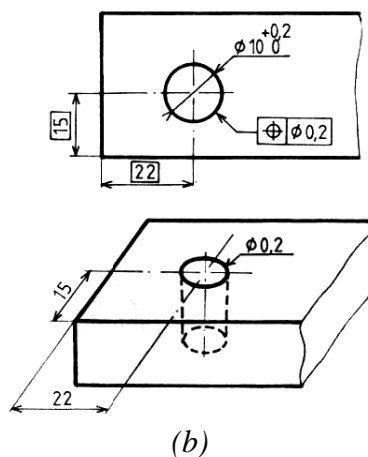


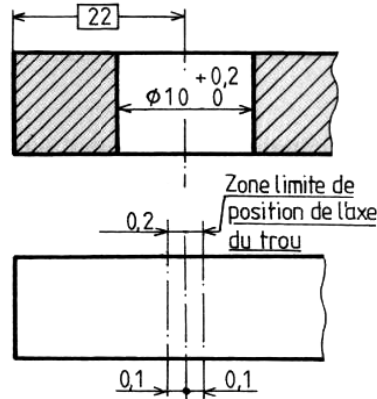
Figure 1b : L'axe du trou doit être situé dans une zone cylindrique de diamètre $t = 0,2$ mm dont l'axe est situé à 15 et 22 mm des surfaces de référence de définition du trou.

Écriture :



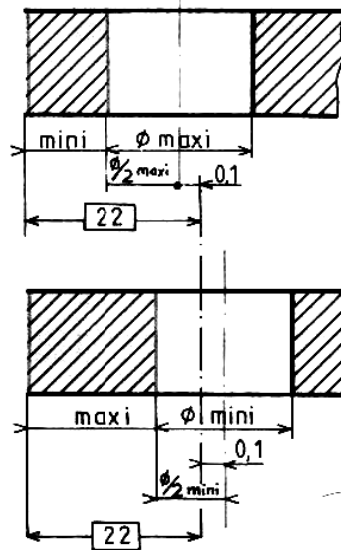
2.2 Contrôle

➤ **Mesure indirecte de l'écart.**



Il faut convertir la tolérance de localisation en tolérance dimensionnelle sur les cotes 15 et 22, pour cela on considère deux hypothèses

➤ **Calculs**



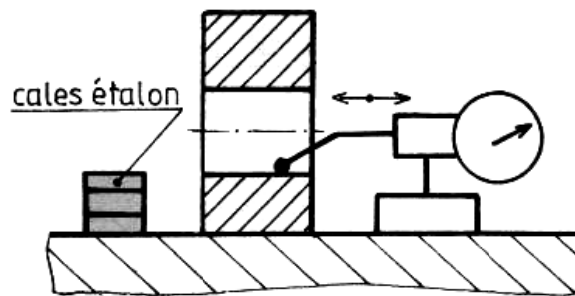
La pièce à son « minimum de matière » : le trou est à son diamètre maxi et l'axe décalé pour obtenir entre le trou et sa référence de définition le minimum de matière.

La pièce à son « maximum de matière » : le trou est à son diamètre mini et l'axe décalé pour obtenir entre le trou et sa référence de définition, le maximum de matière.

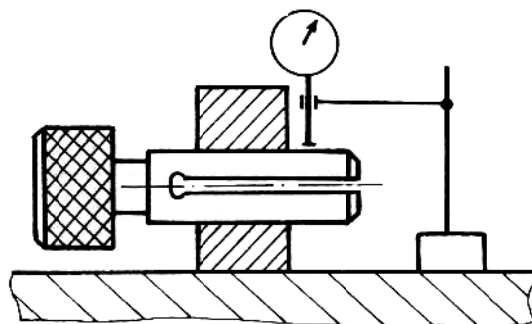
➤ **Appareils de mesure**

Le problème consiste à relever la dimension entre une génératrice et un plan.

1. Au pied à coulisse et au micromètre à touche fixe cylindrique.
2. Au comparateur à palpeur orientable.

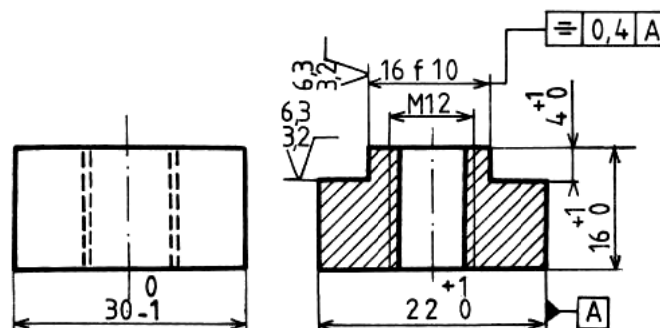


3. Au comparateur à touche plane ou couteau et cylindre expansible, dans ce cas la mesure doit s'effectuer le plus près possible du bord de la pièce.

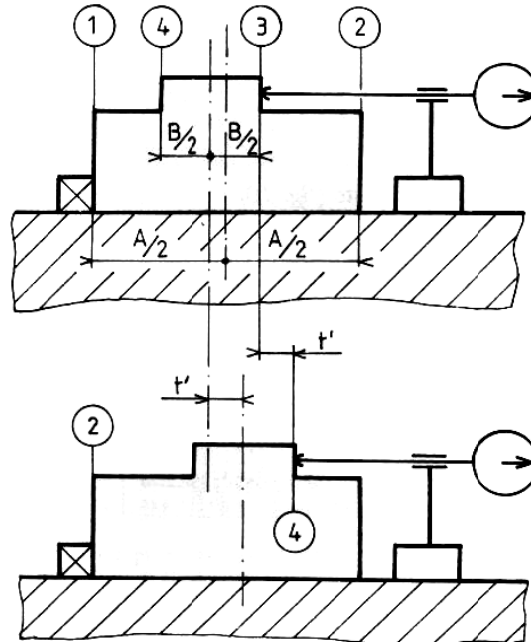


3 SYMETRIE

3.1 Écriture et signification de l'écart t



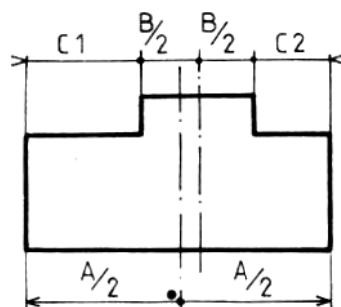
3.2 Contrôle



➤ **Mesure directe au comparateur**

- a) Pièce en appui sur la face 1 réglage du comparateur au zéro.
- b) Pièce en appui sur la face 2, relever l'écart t' . Pour que la pièce soit acceptable il faut $t' \leq t$.

➤ **Mesure indirecte de l'écart**



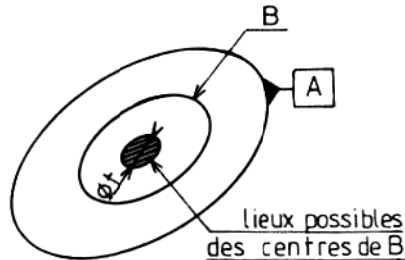
4. Mesurer les dimensions A et B.
5. Mesurer les dimensions C1, et C2.
6. Pour que la pièce soit acceptée il faut :

$$C1 - C2 \quad \text{ou} \quad C2 - C1 \leq t$$

4 CONCENTRICITE ET COAXIALITE

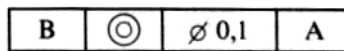
Le symbole  exprime deux spécifications.

➤ **La concentricité :**



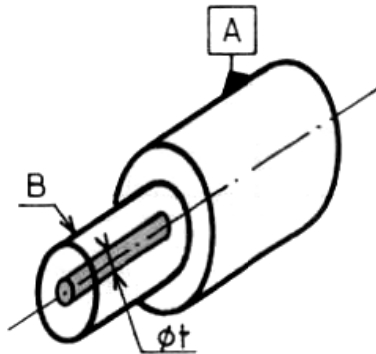
C'est la tolérance affectée à la position du centre d'un cercle B par rapport au centre d'un cercle A pris comme référence.

Écriture:



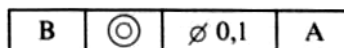
Le centre du cercle B doit être situé à l'intérieur d'un cercle de $\varnothing t = 0,1$ concentrique au centre du cercle A pris comme référence.

➤ **La coaxialité**



C'est la tolérance affectée à la position de l'axe d'un cylindre B par rapport à l'axe d'un cylindre A pris comme référence.

Écriture:



Règle : Le contrôle de la cylindricité des deux surfaces doit être pratiqué avant le contrôle de la coaxialité.

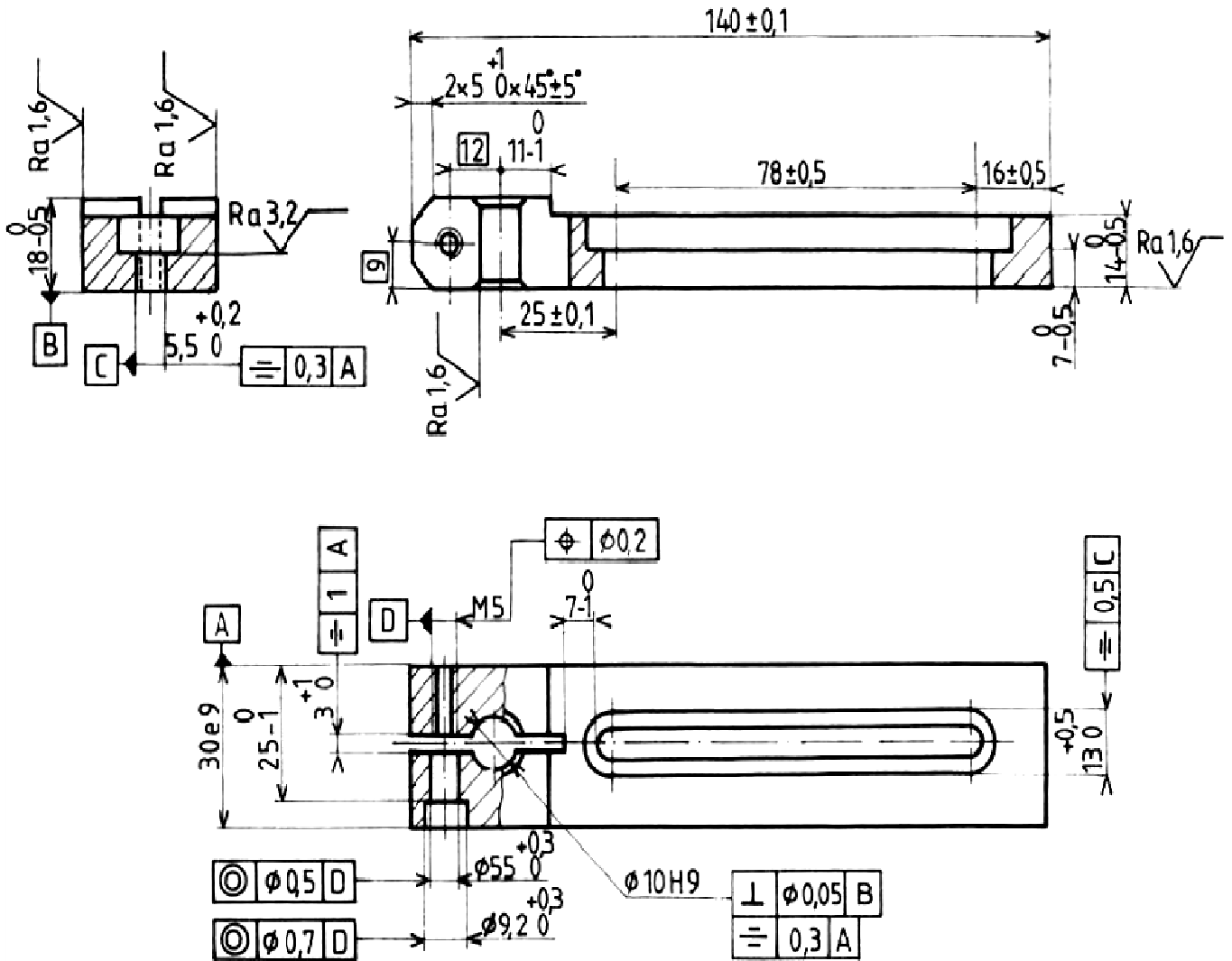


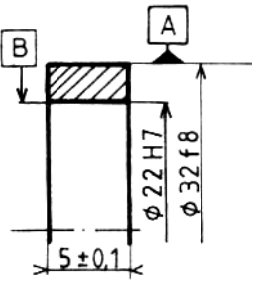
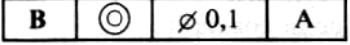
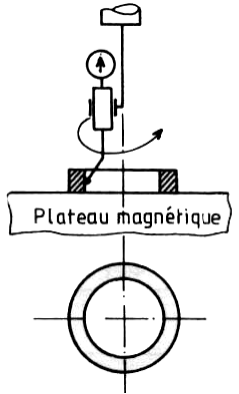
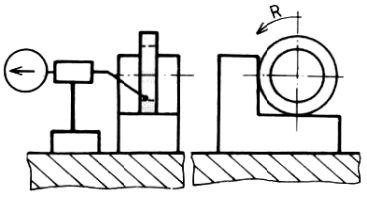
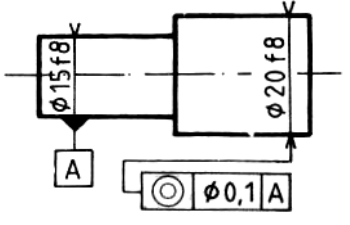
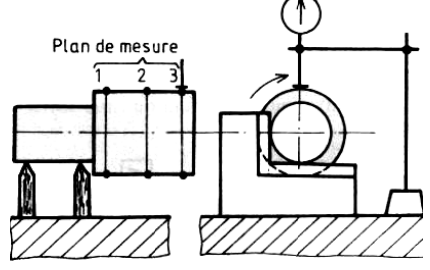
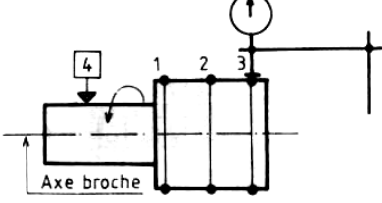
FICHE DE TECHNOLOGIE

CONTROLE DES TOLERANCES DE POSITION

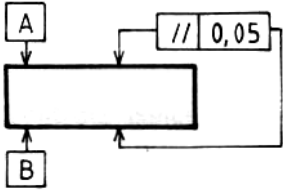
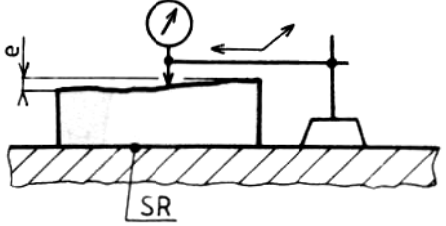
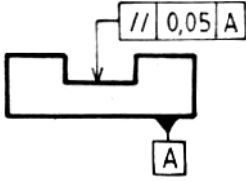
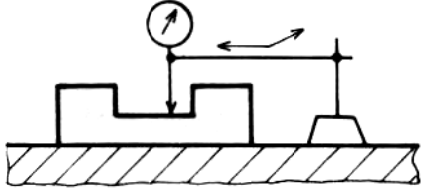
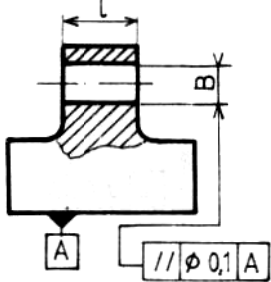
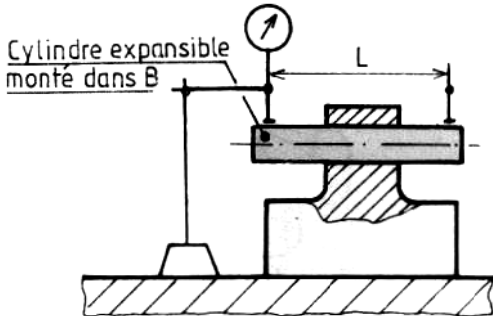
EXERCICE

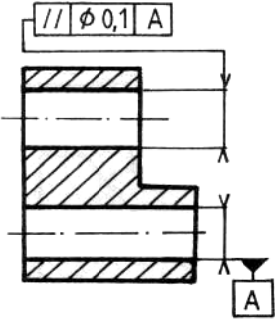
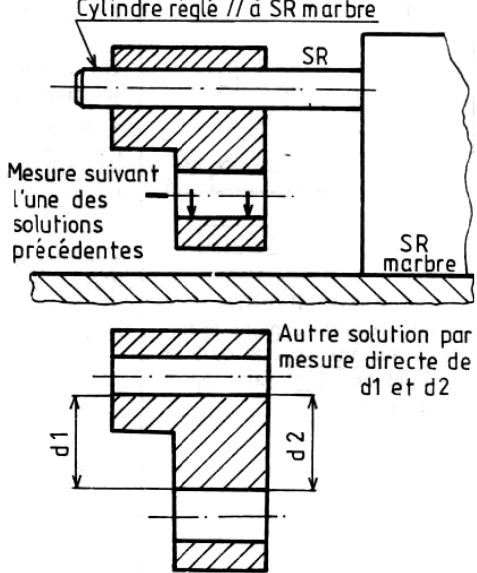
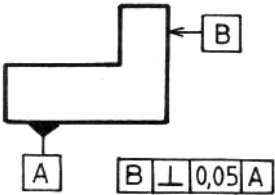
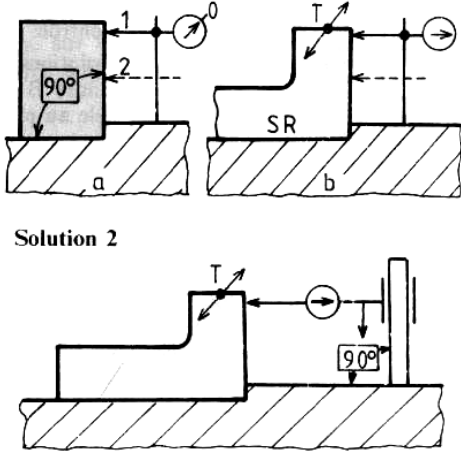
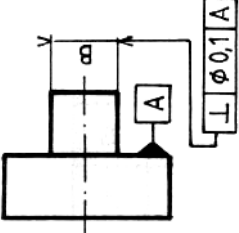
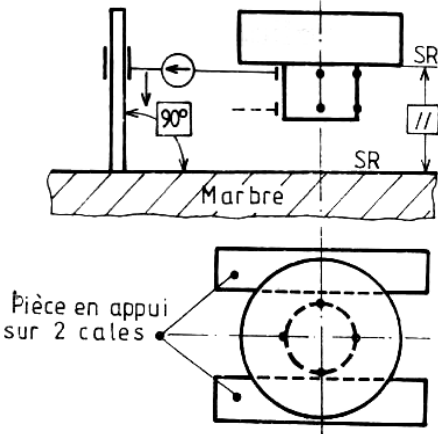
Décrire avec précision les processus de contrôle de symétrie, de coaxialité et de localisation de la pièce dans le cas d'un travail unitaire.



SPECIFICATIONS A CONTROLER	OBSERVATIONS	SOLUTIONS TECHNIQUES PROPOSEES
  <p>L'axe du cylindre B doit être situé à l'intérieur d'un cylindre de $\varnothing t = 0,1$ coaxial à l'axe du cylindre A.</p>	<p>Le cercle A est pris comme référence de mesure. Vu la faible largeur de la bague, le contrôle se limite à vérifier la concentricité du centre d'un cercle B par rapport au centre d'un cercle A.</p>	<p>I) Contrôle avec une broche de précision</p> <ul style="list-style-type: none"> ➤ assurer la coaxialité de l'axe de A avec l'axe broche. ➤ vérifier la concentricité avec B.  <p>II) Contrôle avec support à 90°</p> 
 <p>L'axe du cylindre $\varnothing 20 f 8$ doit être compris dans une zone cylindrique de $\varnothing 0,1$ coaxiale à l'axe du cylindre A.</p>	<p>Le cylindre A est pris comme S.R. de mesure. Il est nécessaire, suivant la longueur du cylindre $\varnothing 20 f 8$, de répéter la mesure sur plusieurs sections. Pour chaque mesure le centre de la section doit être situé à l'intérieur d'un cercle de $\varnothing t = 0,1$ concentrique au $\varnothing A$.</p>	<p>I) Contrôle sur support à 90° à portées réduites</p>  <p>II) Contrôle sur banc de mesure</p>  <p>Serrage de la pièce en pince, l'axe broche, l'axe pince et l'axe A sont coaxiaux.</p>

Les solutions techniques sont fonctions de la précision et du nombre de pièces à contrôler.
 Les solutions indiquées sont valables pour un contrôle à l'unité ou en petite série.

SPECIFICATIONS A CONTROLER	OBSERVATIONS	SOLUTIONS TECHNIQUES PROPOSEES
	<p>Le choix de la S.R. de contrôle est indifférent. En prenant alternativement A, puis B comme S.R., les surfaces sont déclarées parallèles si l'écart maxi enregistré $e < 0,05$.</p>	
	<p>La surface de référence de contrôle est imposée par le d.d.p.</p>	
 <p>L'axe du cylindre B doit être compris dans une zone cylindrique de $\phi 0,1$ parallèle à la surface de référence.</p>	<p>Le plan A est S.R. de contrôle Le contrôle consiste à vérifier si une génératrice du cylindre B est parallèle au plan A</p>	

SPECIFICATIONS A CONTROLER	OBSERVATIONS	SOLUTIONS TECHNIQUES PROPOSEES
 <p>L'axe du cylindre B doit être compris dans une zone cylindrique de $\varnothing 0,1$ parallèle à la référence A.</p>	<p>Le plan A est S.R. de contrôle imposé par le d.d.p.</p> <p>Le contrôle consiste à vérifier si les génératrices du cylindre B sont perpendiculaires au plan A. Mesure suivant 2 ou 4 génératrices.</p>	 <p>Cylindre réglé // à SR marbre</p> <p>Mesure suivant l'une des solutions précédentes</p> <p>Autre solution par mesure directe de d_1 et d_2</p>
 <p>Le plan B doit être compris entre 2 plans parallèles distants de t et perpendiculaires au plan A.</p>	<p>Le plan A est S.R. de contrôle imposé par le d.d.p.</p> <p>Solution 1</p> <p>a Étalonnage du comparateur au cylindre étalon.</p> <p>B Mesure de l'écart pour différentes positions de la pièce (T).</p> <p>Solution 2</p> <p>Elle est plus pratique mais nécessite un support de comparateur spécial</p>	 <p>Solution 1</p> <p>Solution 2</p>
 <p>L'axe du cylindre B doit être compris dans une zone cylindrique de $\varnothing 0,1$ perpendiculaire au plan A (voir fig. 2 a).</p>	<p>Le plan A est S.R. de contrôle imposé par le d.d.p.</p> <p>Le contrôle consiste à vérifier si les génératrices du cylindre B sont perpendiculaires au plan A. Mesure suivant 2 ou 4 génératrices.</p>	 <p>Pièce en appui sur 2 cales</p>

1. DÉFINITIONS

Grandeur: caractéristique d'une pièce pouvant être désignée (nommée) et évaluée (quantifiée).

Valeur: expression d'une grandeur par un nombre et une unité de mesure.

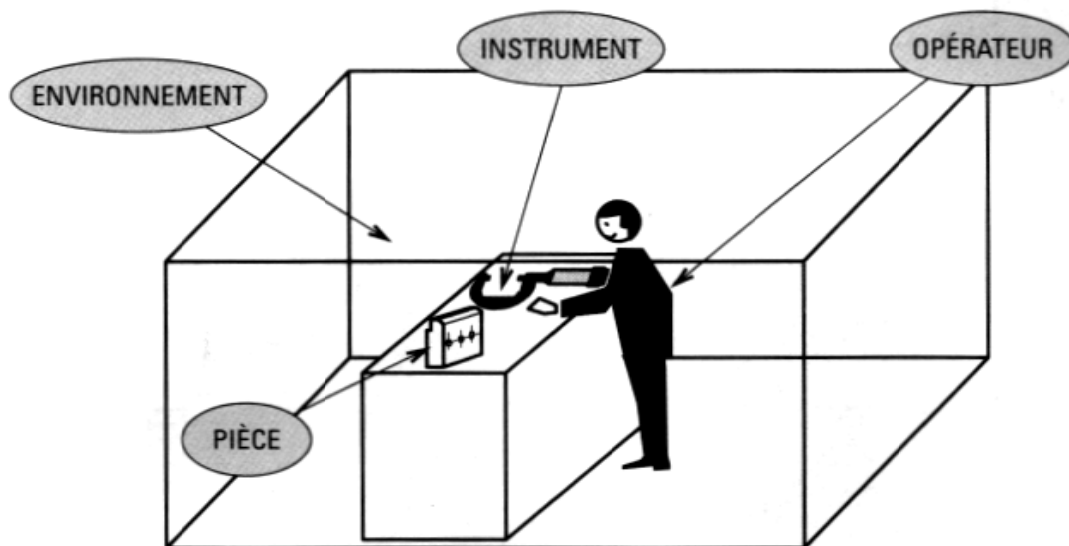
Valeur vraie: c'est la valeur exacte (ou réelle) d'une grandeur. C'est une notion idéale car, en général, la valeur vraie ne peut être connue exactement.

Valeur conventionnellement vraie: c'est la valeur mesurée la plus proche de la valeur vraie. Elle est considérée comme la valeur exacte de la grandeur.

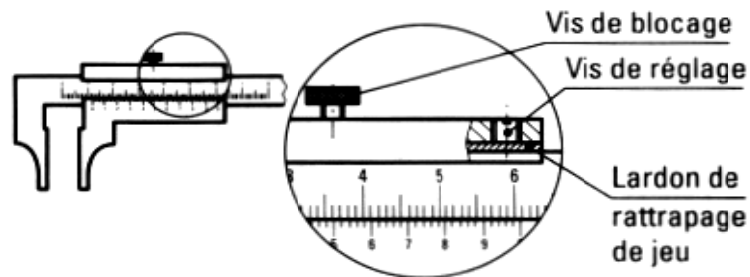
Erreur de mesure : c'est l'écart entre le résultat d'un mesurage et la valeur conventionnellement vraie de la grandeur mesurée.

2. ORIGINES DES ERREURS DE MESURE

□ Origines possibles



❑ Erreurs dues à l'instrument



Elles proviennent:

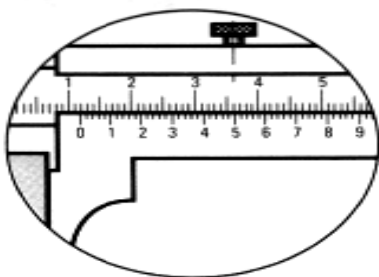
- de sa mauvaise qualité;
- d'un mauvais fonctionnement : jeu, frottement... Par exemple, un serrage trop fort de la vis de réglage peut provoquer un frottement source d'erreur. A l'inverse, son desserrage ou l'usure du lardon peuvent entraîner un jeu trop important;
- d'un mauvais entretien de l'instrument : déformation des becs ou des palpeurs, usure, graduations illisibles...

3. ORIGINES DES ERREURS DE MESURE

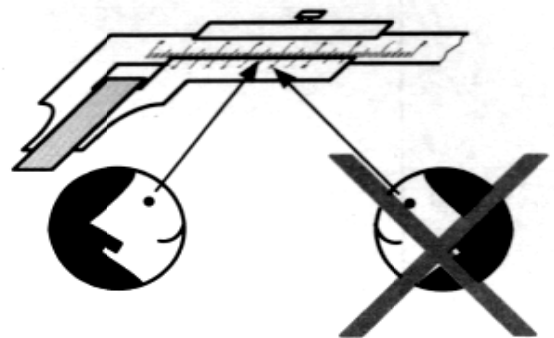
❑ Erreurs dues à l'opérateur

Elles proviennent :

1. d'une mauvaise lecture des indications données par l'instrument de mesure;

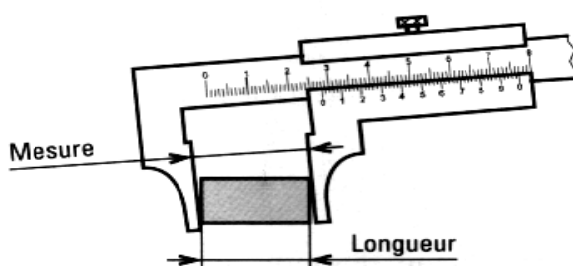


Difficulté de lecture: erreur de concordance

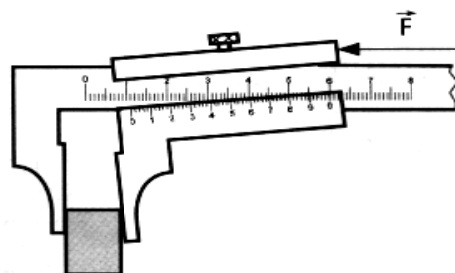


Erreur de parallaxe

2. d'une manipulation incorrecte.



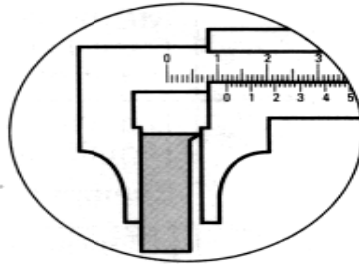
Conséquence du non-respect du principe d'Abbé:
mesure > longueur



Pression d'utilisation trop élevée
et utilisation du bout des becs



□ Erreurs dues à la pièce



Elles proviennent essentiellement de la présence d'éléments parasites entre la surface mesurée et la touche de l'instrument de mesure : bavures, copeaux...

□ Erreurs dues à l'environnement

Elles proviennent en particulier:

- ☞ de la température ambiante (20 °C),
- ☞ du champ magnétique,
- ☞ du taux d'humidité (hygrométrie),
- ☞ de la pression..

IMPORTANT: La mesure de la pièce sur le poste de travail s'inscrit dans une démarche « qualité » et peut avoir des conséquences importantes sur le processus de fabrication

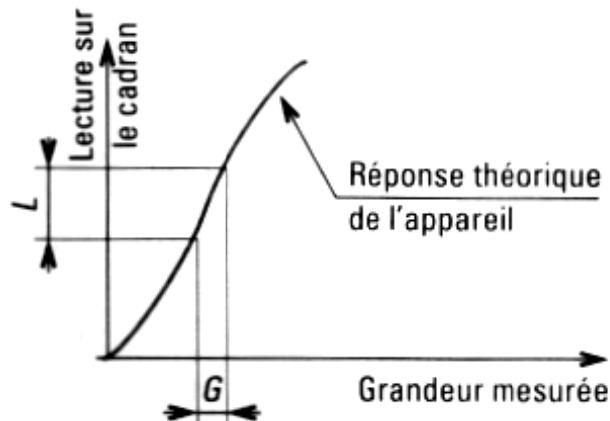
4. QUALITÉS MÉTROLOGIQUES DES APPAREILS DE MESURE

□ Sensibilité

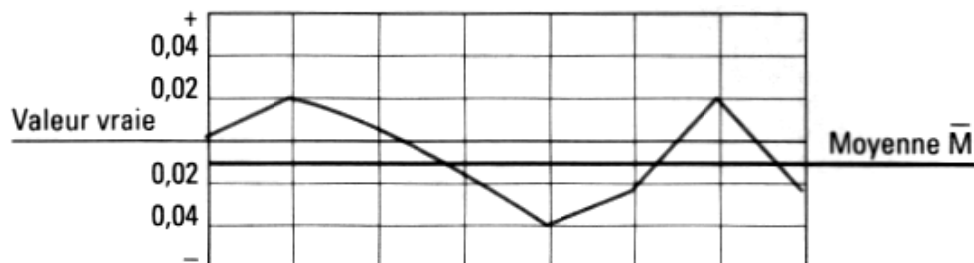
C'est l'aptitude d'un appareil à indiquer une variation importante du signal de lecture sur le cadran lorsque la variation de la grandeur mesurée est faible.

□ Fidélité

C'est l'aptitude d'un appareil de mesure à donner, pour une même valeur de la grandeur mesurée et dans des conditions d'utilisation définies, des indications concordantes entre elles.



Graphes d'une expérimentation de mesurages d'une cale étalon au pied à coulisse



C'est l'aptitude d'un instrument à donner des indications exemptes d'erreurs. La justesse dépend de la qualité de fabrication de l'instrument, - du soin apporté lors de l'étalonnage.

□ Exactitude.

C'est l'aptitude d'un instrument à donner des indications proches de la valeur conventionnellement vraie.

□ Dérive

La dérive est la lente variation au cours du temps d'une caractéristique métrologique d'un instrument de mesure.

□ Mobilité

C'est l'aptitude d'un instrument à répondre aux petites variations de la grandeur mesurée.



5. CLASSIFICATION DES ERREURS

a. Erreur systématique

L'erreur de mesure est dite systématique lorsqu'elle reste constante ou qu'elle varie de façon connue lors de plusieurs mesurages.

Exemples

- Erreur de justesse : les espacements entre les graduations d'un pied à coulisse ne sont pas réguliers.
- Erreur d'étalonnage: lorsque les graduations « zéro » ne coïncident pas sur les touches fixe et mobile d'un micromètre d'extérieur à vernier.

b. Erreur aléatoire (ou accidentelle)

L'erreur de mesure est dite aléatoire ou accidentelle lorsqu'elle varie de façon imprévisible quand on effectue un grand nombre de mesures identiques dans des conditions semblables.

Exemples

- Erreur de fidélité : la tige d'un comparateur est grippée et ne revient pas toujours dans la même position.
- Erreur de lecture: l'opérateur fait une mauvaise interprétation de la lecture de la mesure (erreur de parallaxe).

c. Erreur parasite

L'erreur est dite parasite lorsqu'elle est la conséquence d'une erreur grossière de l'opérateur au cours d'une opération de mesurage.

Exemples

- Erreur de lecture au micromètre: l'opérateur oublie la rotation d'un tour de vernier (0,5 mm).
- Erreur de manipulation : lors de la mesure de diamètre d'un cylindre, les touches de l'appareil de mesure ne sont pas sur les génératrices opposées.

5. RÔLE DE L'OPÉRATEUR

L'opérateur joue un rôle essentiel dans le bon déroulement d'une opération de mesurage.

Il doit être attentif

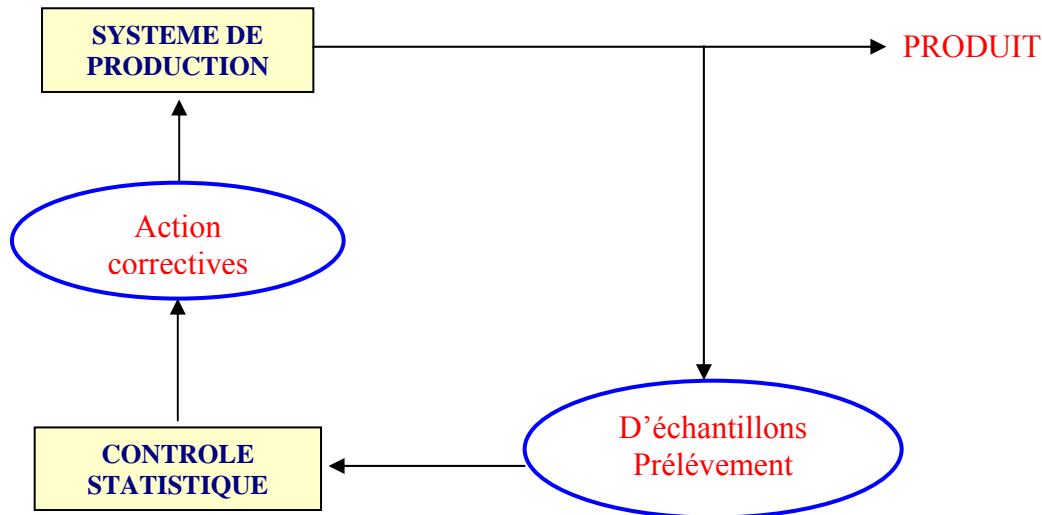
- ☞ au choix et à la qualité des appareils de mesure,
- ☞ à la manipulation de ces appareils,
- ☞ à la lecture des informations recueillies et à leur transcription.



1. SUIVI STATISTIQUE DE LA PRODUCTION

Principe

Le suivi de production a pour objectif de prévenir l'apparition de défauts.



Le suivi statistique est basé sur l'interprétation de résultats relevés sur le poste de travail par l'opérateur.

Les données seront interprétées par un technicien du service « Qualité » qui pourra en déduire

- La « capacité » du processus. Le processus de fabrication est capable de produire les pièces bonnes;
- La « capacité » de la machine. La machine est capable de produire les tolérances exigées.

La maîtrise statistique du procédé (S PC: Statistical Process Control) part de l'analyse des « 5 m » responsables de la non-qualité (main-d'œuvre, matière, moyen, méthodes, milieu).

Elle doit permettre :

- D'intervenir sur le procédé avant de produire de la non-qualité,
- De mesurer la capacité d'un procédé à fabriquer ce qu'on lui demande,
- D'agir sur les variations pour assurer la stabilité dans le temps du procédé.

L'opérateur dispose d'un document d'aide à la décision permettant d'enregistrer des résultats de contrôle par échantillonnage collectés au poste de travail : **la carte de contrôle**.

Ce document doit s'accompagner

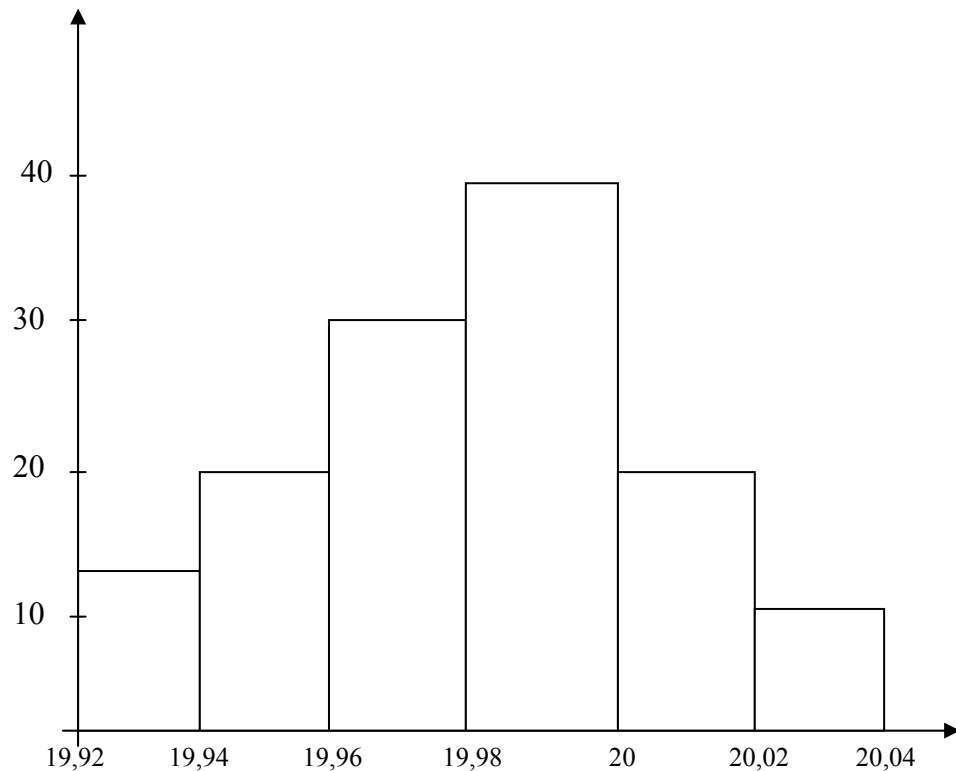
- D'une fiche d'instruction de contrôle,
- D'une fiche d'interprétation des résultats,
- D'une fiche de suivi du procédé.

L'opérateur, pour garder la mémoire de tous les événements qui parviennent au cours du déroulement de la fabrication, les inscrit sur un **journal de bord**

**DEFINITION**

L'histogramme est un diagramme qui représente la fréquence des données sous la forme de colonnes. Il aide à identifier les changements ou variations dans les processus en cours de modification et indique de quelle façon les différentes mesures d'un processus ou d'un produit peuvent être utiles quand des normes sont établies.

Exemple: dimensions des pièces produites.





FICHE DE TECHNOLOGIE

JOURNAL DE BORD

DÉFINITION

Ce journal permet de noter tous les événements survenant au cours d'une production.

Il est de plus en plus souvent remplacé par un terminal informatique piloté par l'opérateur.

EXEMPLE

JOURNAL DE BORD	Poste :		Pièce
	Opérateur:	Jour	Heure
Début de la production			
Fin de la production			
Réglages effectués			
Changements d'outils			
Incidents /Pannes			
Changements de bruts			



1. GENERALITE

C'est un procédé de contrôle en cours de fabrication basé sur l'analyse statistique

2. CONNAISSANCES MINIMALES DE L'OUTIL STATISTIQUE.

Le terme "**variable**" est généralement utilisé pour désigner un caractère quantitatif.

Un caractère peut être qualitatif (attribut) ou quantitatif.

Caractère : Propriété servant à distinguer les individus d'une population.

Individu : Ce peut être

- a) un objet concret ou conventionnel sur lequel un ou plusieurs caractères peuvent être observés.
- b) une quantité définie de matière sur laquelle un ou plusieurs caractères peuvent être observés qualitativement.
- c) une valeur observée d'un caractère quantitatif ou une modalité observée d'un caractère être observés.

Echantillon :

Un ou plusieurs individus prélevés dans une population et destinés à fournir une information sur la population.

Population :

Ensemble des individus pris en considération.

Effectif :

Nombre d'individus de l'ensemble ou d'un sous-ensemble auquel on s'intéresse.

Valeur observée :

Valeur d'un caractère quantitatif résultant d'une observation ou d'un essai

Etendue :

Ecart entre la plus petite et la plus grande des valeurs observées.

Classe :

Dans le cas d'un caractère quantitatif, on opère souvent un groupement des observations, en partageant l'intervalle total de variation en intervalles partiels joints appelés "classes".

Toutes les observations se situant dans une même classe sont ensuite considérées comme ayant la même valeur.

**Limites de classe :**

Valeurs qui définissent les bornes supérieures et inférieures d'une classe.

Variance :

Moyenne arithmétique des carrées des différences entre les observations et leur moyenne arithmétique.

Ecart type :

Racine carrée positive de la variance

Estimation :

- a) Opération, ayant pour but, à partir des observations obtenues sur un ou plusieurs échantillons d'attribuer des valeurs numériques aux paramètres de la population dont ce ou ces échantillons sont issus ou de la loi de probabilité considérée comme représentant de cette population.
- b) Résultat de cette opération.

Moyenne (arithmétique) :

Quotient de la somme des observations par leur nombre.



FICHE DE TECHNOLOGIE

Maîtrise statistique du procédé

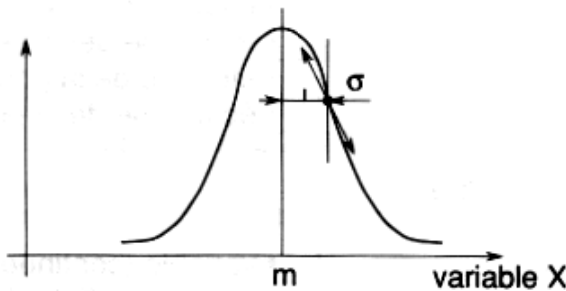
<p><u>Valeurs vraies</u></p> <p>N m w σ</p>	<ul style="list-style-type: none"> <input type="checkbox"/> effectif de la population mère <input type="checkbox"/> moyenne des valeurs constituant la population mère <input type="checkbox"/> étendue de la population mère <input type="checkbox"/> écart type de la population mère
<p><u>Variables</u></p> <p>$x; x_i$</p>	<ul style="list-style-type: none"> <input type="checkbox"/> variable (continue généralement); valeur spécifique de la variable: $x_1, x_2, \dots, x_i, \dots, x_n,$
<p><u>Estimation</u></p> <p>S \bar{R} De $\hat{\sigma}$</p>	<ul style="list-style-type: none"> <input type="checkbox"/> écart type estimé de la population à partir d'un échantillon <input type="checkbox"/> valeur moyenne des étendues de plusieurs échantillons <input type="checkbox"/> dispersion estimée à partir de S <input type="checkbox"/> estimation de a à partir d'un ensemble d'échantillons de taille réduite
<p><u>Echantillonnage</u></p> <p>n ; f $\bar{X}; \bar{\bar{X}}$</p> <p>R ; \bar{R}</p>	<ul style="list-style-type: none"> <input type="checkbox"/> effectif de l'échantillon ; fréquence <input type="checkbox"/> valeur de la moyenne des valeurs d'un échantillon, valeur de la moyenne des moyennes <input type="checkbox"/> étendue d'un échantillon, valeur de la moyenne des étendues
<p><u>Contrôle</u></p> <p>IT Ts Ti LCI ou LIC LCS ou LSC LSI ou LIS</p> <p>A_2, D_3, D_4 A_3, B_3, B_4</p> <p>Cm; Cmk Cp ; Cpk LC dn , cn, bn</p>	<ul style="list-style-type: none"> <input type="checkbox"/> intervalle de tolérance ($IT = Ts - Ti$) <input type="checkbox"/> tolérance supérieure <input type="checkbox"/> tolérance inférieure <input type="checkbox"/> limite de contrôle inférieure ou limite inférieure de contrôle <input type="checkbox"/> limite de contrôle supérieure ou limite supérieure de contrôle <input type="checkbox"/> limite de surveillance inférieure ou limite inférieure de surveillance <input type="checkbox"/> constantes dans le calcul des limites de contrôle <input type="checkbox"/> indice de "capabilité machine" <input type="checkbox"/> indice de "capabilité procédé" <input type="checkbox"/> limite centrale (c'est x ou R ou S) <input type="checkbox"/> constantes pour le calcul de $\hat{\sigma}$



3. LOI NORMALE OU LOI DE LAPLACE-GAUSS

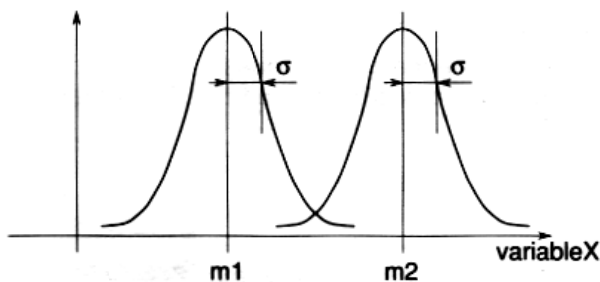
- C'est la loi de distribution ou loi de probabilité qui régit habituellement les variables aléatoires continues (x) que l'on peut mesurer.
- La répartition des individus s'effectue sous forme d'une "cloche".
- Les effectifs sont maximum aux alentours de la moyenne et décroissent symétriquement de chaque côté. La courbe est convexe au milieu et concave de chaque côté.
- Le point de rencontre de ces deux portions de courbe est un point d'inflexion repéré **I**.
- Le trait central qui partage symétriquement la courbe en cloche est la moyenne m .
- La distance qui sépare le point i du trait m a pour mesure σ ; c'est l'écart type de la population.

Exemple

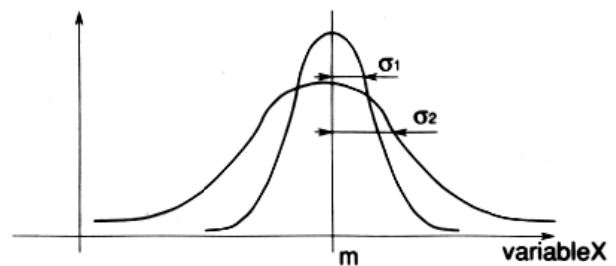


$$m = \frac{x_1 + x_2 + \dots + x_N}{N}$$

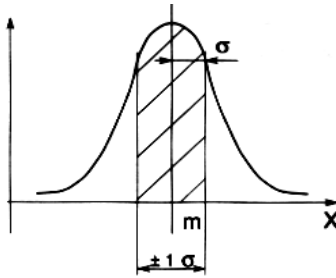
$$\sigma = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^N (x_i - m)^2}{N - 1}}$$



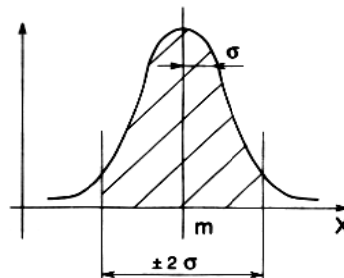
Moyennes différentes
Dispersion identique



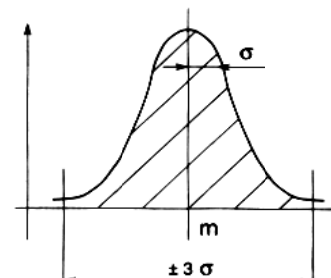
Moyenne identique
Dispersion différentes

**Nota**

Environ 68 % des individus
 $m \pm 1\sigma$
 sont compris dans l'intervalle



environ 95 % des
 individus sont compris
 dans l'intervalle $m \pm 2\sigma$



Environ 99,8 % des
 individus sont compris
 dans l'intervalle $m \pm 3\sigma$

4. NOTION DE CAPABILITE MACHINE

- ☞ La capabilité machine est la mesure établissant le rapport entre la performance réelle d'une machine et la performance demandée.
- ☞ La capabilité machine concerne le moyen de production non influencé par son environnement immédiat.
- ☞ Elle s'évalue à partir de deux valeurs appelées : indices de capabilité machine notés C_m et C_{mk} en
- ☞ tenant compte des limites de tolérance et de la dispersion de la machine.



4. 1 Démarche graphique d'étude de la capabilité machine (droite de Henry)

Données

Echantillon de 50 pièces produites sur une machine stabilisée (aucun réglage ni aucune intervention de l'opérateur ne sont effectués pendant l'essai). Le tableau des valeurs mesurées du paramètre est choisi pour cette étude.

Besoin

Connaître les valeurs des indices de capabilité machine pour estimer la variabilité de la machine analysée. La connaissance de ces indices permet de vérifier la faisabilité d'une opération de production.

Analyse

- ❑ Remplir l'en-tête du document.
- ❑ Dresser l'histogramme (reportez-vous à l'outil n°2 pour sa construction).
- ❑ Réaliser le décompte des valeurs de la fréquence de f en partant du bas de l'histogramme et inscrire ces résultats dans la colonne $\sum f$. Ensuite calculer le pourcentage correspondant par rapport à l'effectif de votre échantillon, vous devez arriver en haut de la colonne $\sum f \%$ à 100 %.
- ❑ Porter les points correspondant aux pourcentages sur le graphique à partir de l'échelle inférieure (sauf le 100%).
Attention! les points sont situés sur les lignes tracées en face des flèches.
- ❑ Tracer la droite de Henry qui passe au milieu des points.
- ❑ Tracer les limites de tolérance de la spécification en trait gras.
- ❑ Evaluer visuellement la moyenne \bar{X} .
- ❑ Estimer la capabilité $8s$ (distance entre les intersections de la droite de Henry et les limites de l'échelle inférieure notées $-4s$ et $+4s$).

Calcul

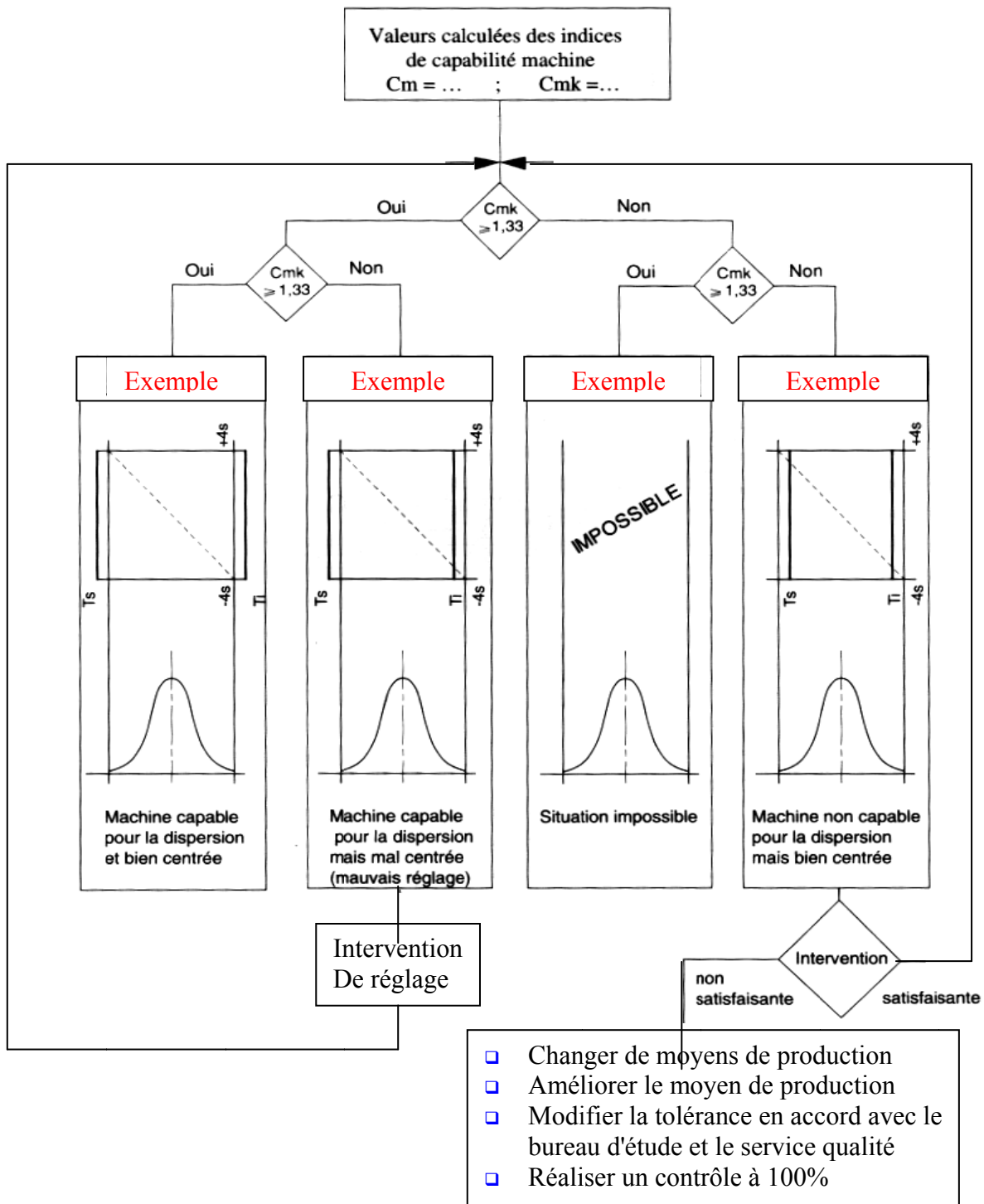
- ❑ En déduire s et calculer les indices de capabilité
- $$C_m = \frac{T_s - T_i}{6s} \quad C_{mk} = \min(C_{mki}, C_{mks})$$
- $$\text{avec } C_{mki} = \frac{\bar{X} - T_i}{3s} ; C_{mks} = \frac{T_s - \bar{X}}{3s}$$

Résultat

- ❑ Interpréter les résultats (se reporter au graphe de décision).
- ❑ Déclarer, vis à vis de la tolérance de la spécification, si la machine est capable ou non capable.



4.2 Graphe de décision dans l'étude de la capacité machine



Remarques :

Il est nécessaire de faire une corrélation entre les représentations graphiques et les événements consignés dans le journal de bord pour trouver des solutions d'amélioration.

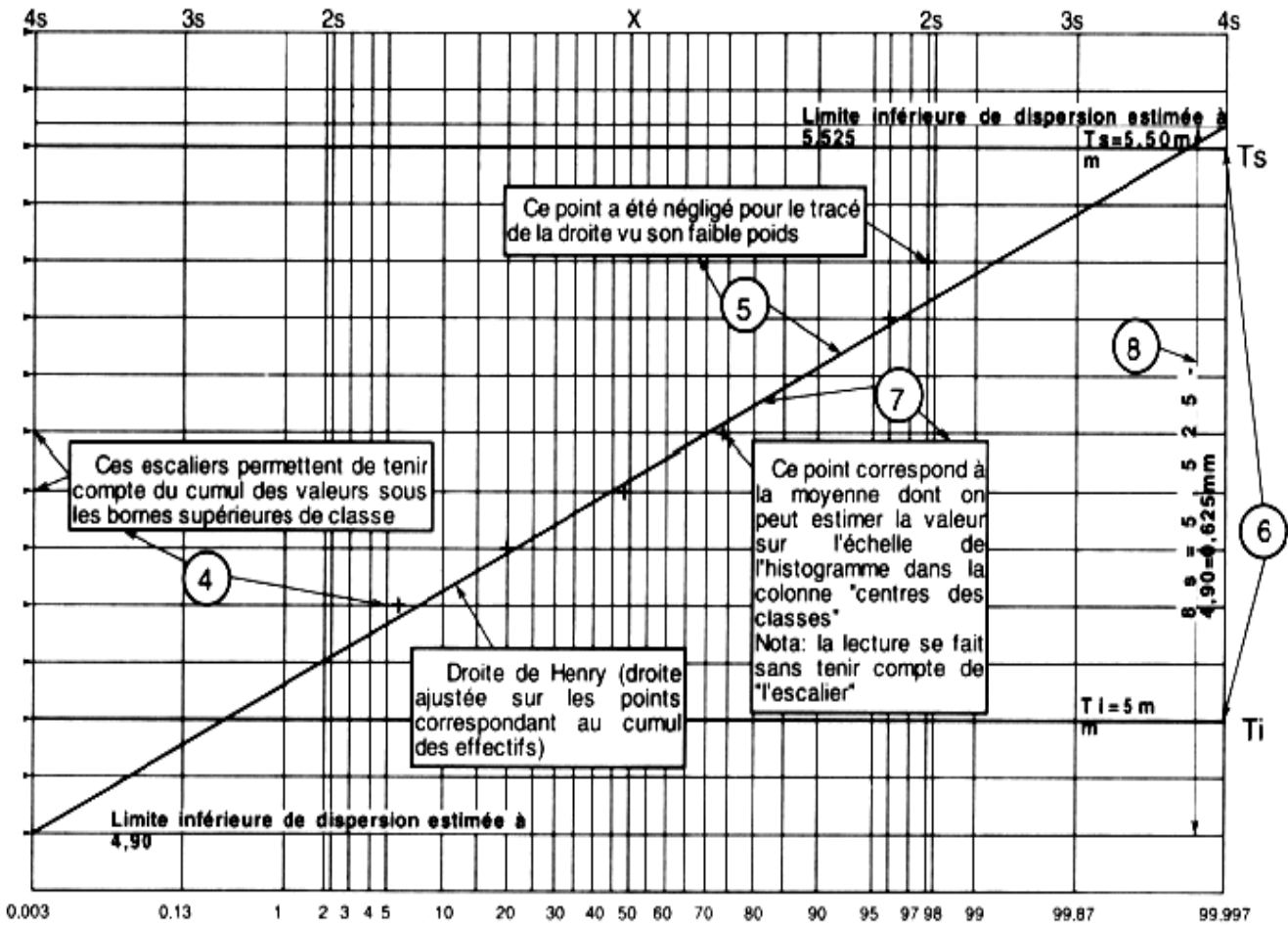
L'indice 1.33 constitue l'exigence minimale dans la construction automobile. Certains constructeurs exigent déjà des indices $>$ à 1,67 et l'on s'oriente vers une exigence de 2.



Etude de la capabilité machine (loi normale)		Machine : scie 1025	Effectuée par :
Caractéristique : épaisseur masque	Dimension : $5_0^{+0.5}$	Opération : sciage débit	Identification de la pièce : flasque 45 j 10

Relevé des valeurs

5,40	5,25	5,20	5,15	5,20	5,10	5,10	5,15	5,20	5,10
5,20	5,30	5,35	5,15	5,05	5,15	5,25	5,15	5,25	5,20
5,25	5,20	5,15	5,10	5,20	5,10	5,15	5,30	5,20	5,25
5,20	5,10	5,20	5,30	5,10	5,25	5,15	5,20	5,25	5,15
5,15	5,05	5,15	5,20	5,10	5,15	5,20	5,30	5,20	5,05



Résultats

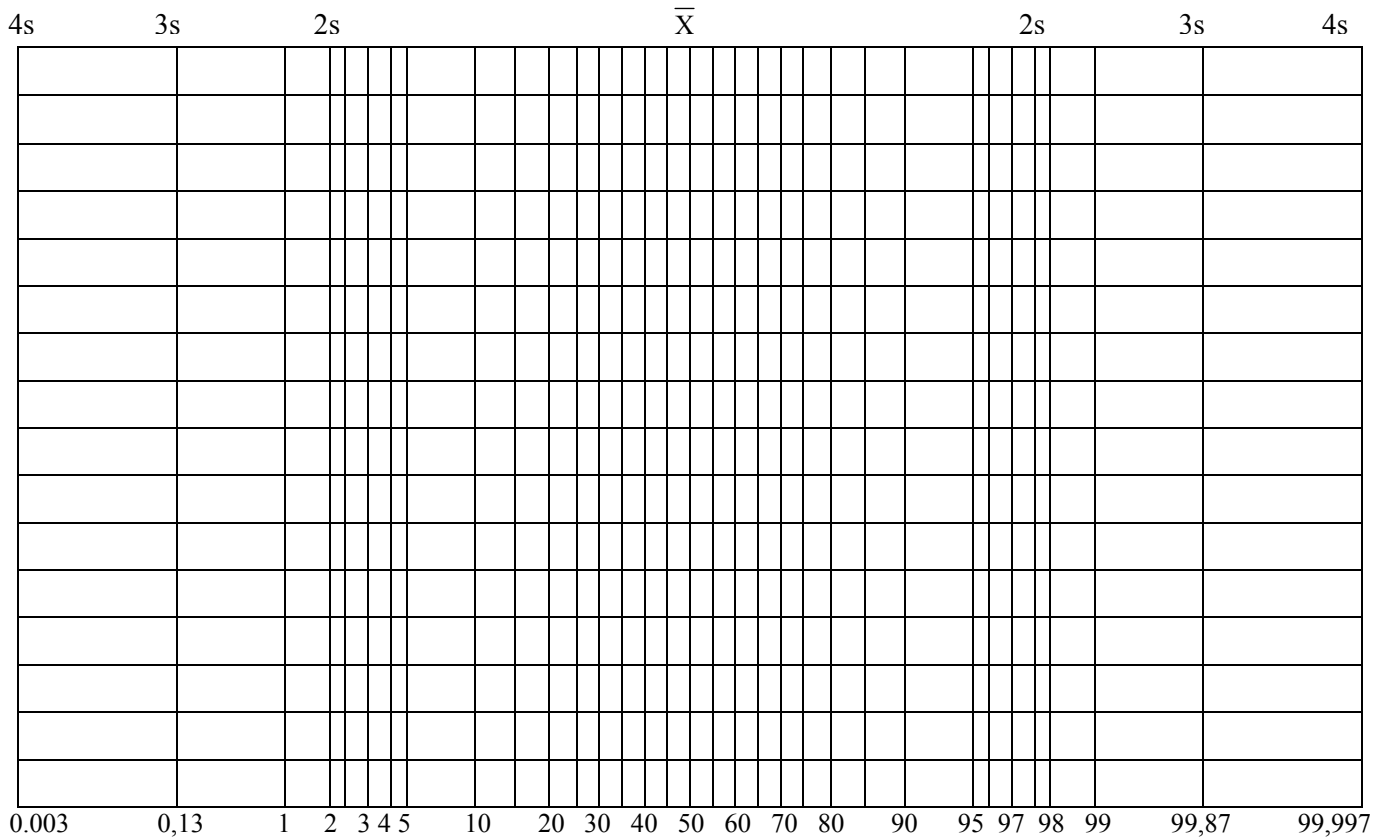
Estimation des défectueux maxi = 0 % mini = 0,3 %	Spécification. $5_0^{+0.5}$	Observation : machine non capable Nota : la limite d'acceptation est choisie à 1,33 pour C_m et C_{mk}
	Capabilité estimée $8s = 0,625 \text{ mm}$ Moyenne estimée = 5,22 mm	
Indice de capabilité $C_m = 1,07$ $C_{mks} = 1,19$ $C_{mki} = 0,94$		
Date		



FICHE DE TECHNOLOGIE

Maîtrise statistique du procédé

ETUDE DE LA CAPACITE MACHINE (Loi normal)	Effectuer par :		Date :	OFPPT / ISTA-GM
	Caractéristique :		Dimension :	Machine :
	N° pièce :	Désignation de la pièce :	Opération :	



Estimation des Défectueux :	Spécification	Moyenne estimé : \bar{X} =
Maxi : %	Capacité estimé (8s)	Ecart type (s) :
Mini : %		
Indices de capabilité machine :		
Cm =		
Cmki =		
Cmks =		
Cmk =		

Observation :



FICHE DE TECHNOLOGIE

CARTE DE CONTROLE

ZONE 4: Calculs effectués par le service méthode

ZONE 3: Graphiques avec limites de décision

ZONE 1: Identification

CARTE DE CONTRÔLE		ATELIER :			SECTION :			N° CARTE :				
NOM MACHINE :		N° :			DESIGNATION DE LA PIECE :							
CARACTERISTIQUE CONTROLEE :		SPECIFICATION :			FREQUENCE :							
MOYENNE: \bar{X}												RESULTATS
												\bar{X}
												\bar{R}
												S
												Cp
												Cpks
												Cpki
												LCS \bar{X}
												LCI \bar{X}
												LCS _R
ETENDUE: R												
												Echantillon
												Ac
												Dc1
												Dc2
												2
											3	
											4	
											5	
											6	
R												
\bar{X}												
Xi												
Opérateur												
Date												
Heure												

ZONE 2: Tableau de relevés des valeurs des caractéristiques mesurées sur les pièces



1. DÉFINITIONS

- Moyenne \bar{X} : c'est la moyenne arithmétique des valeurs mesurées. On l'obtient en divisant la somme des valeurs observées par le nombre d'observations : i .

$$\bar{X} = \frac{\sum X}{i}$$

- Étendue R : c'est l'écart entre la plus grande et la plus petite valeur de l'échantillon.

$$R = X_{\text{Max}} - X_{\text{mini}}$$

- Limites de contrôle de la moyenne (Sup.et inf.): $LCS_{\bar{X}}$ et $LCI_{\bar{X}}$.

- Limites de contrôle de l'étendue (Sup.et inf.): LCS_R et LCI_R .

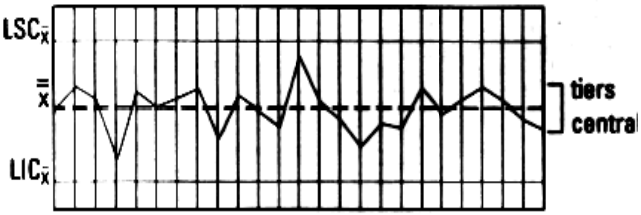
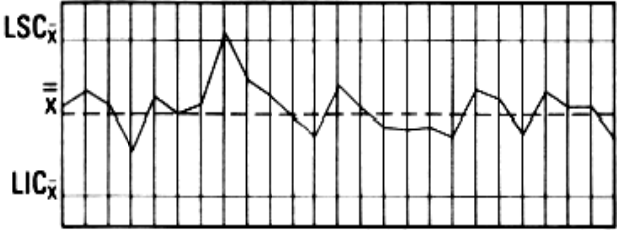
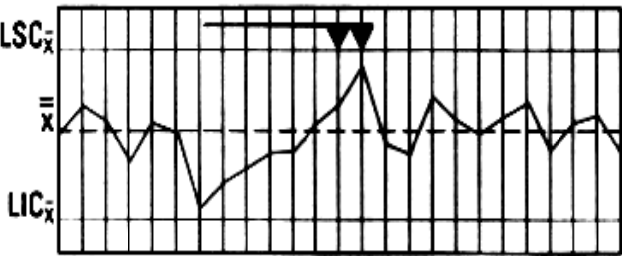
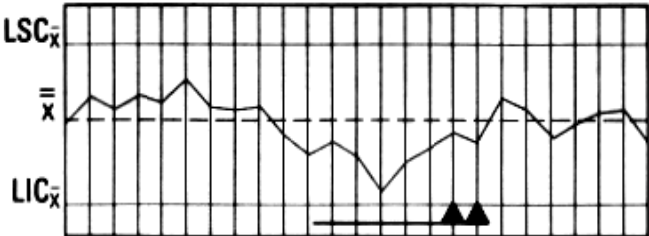
Ce sont les limites supérieures et inférieures dans lesquelles doivent s'inscrire le: résultats des calculs effectués à partir des valeurs mesurées.

2. FICHE D'INSTRUCTIONS DE CONTRÔLE

1. Remplir l'en-tête de la carte.
2. Reporter les valeurs des mesures en indiquant le nom et l'heure.
3. Calculer, pour chaque échantillon, la moyenne et l'étendue.
4. Calculer la moyenne des moyennes et la moyenne des étendues. Choisir les échelles et tracer le graphe des deux valeurs obtenues.
5. Reporter les points représentant les moyennes et les étendues pour chaque échantillon et les relier par des segments.
6. Calculer les limites LCI (limite de contrôle inférieure) et LCS (limite de contrôle supérieure) pour les moyennes et les étendues, et les tracer.
7. Interpréter.

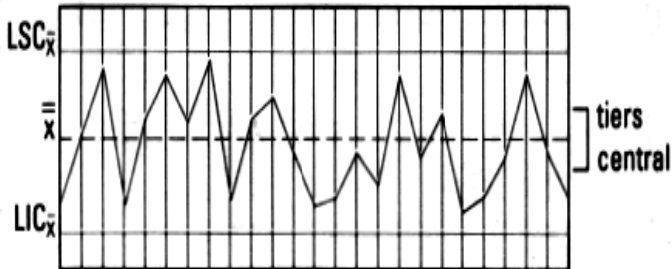


2.1 Règles de décision : analyse du graphique des moyennes

Analyse du graphique k: allure du graphique	Interprétation
<p style="text-align: center;">Procédé sous contrôle</p> 	<p>Le procédé est sous contrôle statistique Le graphique est normal.</p> <p>Règle :</p> <ul style="list-style-type: none"> ➤ 2/3 des points sont situés dans le tiers central, ➤ 1/3 des points sont situés dans les 2/3 extérieurs.
<p style="text-align: center;">Procédé non sous contrôle (un point au-delà des limites de contrôle)</p> 	<p>La présence d'un ou plusieurs points au-delà de l'une ou l'autre des limites de contrôle constitue une preuve de la présence de causes assignables en ce ou ces points. C'est le signal déclenchant une analyse immédiate.</p> <p>On peut l'interpréter ainsi :</p> <ul style="list-style-type: none"> ☞ la CL ou le point est faux; ☞ le procédé « a glissé » (incident isolé); ☞ le système de mesure a changé (voir journal de bord).
<p style="text-align: center;">Procédé non sous contrôle (longues séries en augmentation)</p> 	<p>La présence de tendances inhabituelles peut constituer une preuve de changement de capacité.</p> <p>Lorsque l'on observe :</p> <ul style="list-style-type: none"> ☞ 7 points consécutifs d'un même côté de la moyenne, ☞ 7 intervalles consécutifs en augmentation ou diminution régulière, <p>c'est le signe qu'une dérive ou une tendance a commencé dans le procédé.</p>
<p style="text-align: center;">Procédé non sous contrôle (longues séries au-dessus et au-dessous de la moyenne)</p> 	<p>On marquera le point déclenchant la décision. Il est parfois utile de souligner la série depuis son début jusqu'au point de décision</p> <p>On l'interprète ainsi</p> <ul style="list-style-type: none"> ☞ la moyenne du procédé a changé et peut être encore en cours de changement; ☞ le système de mesure a changé (voir journal de bord).



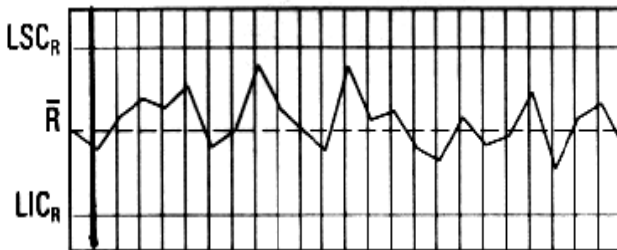
Procédé non sous contrôle
(points trop rapprochés des limites de contrôle)



Répartition inhabituelle de points:

- ☞ Moins des 2/3 des points sont dans le tiers central, on vérifiera :
 1. Qu'il n'y a pas d'erreurs de calcul dans les CL ou dans le tracé;
 2. L'absence de plusieurs méthodes d'échantillonnage;
- ☞ Plus de 2/3 des points sont dans le tiers central (points très rapprochés de \bar{X}), on vérifiera :
 1. qu'il n'y a pas d'erreurs de calcul ou de tracé;
 2. l'absence de plusieurs méthodes d'échantillonnage;
 3. que les données ont été corrigées ou modifiées.

Procédé sous contrôle

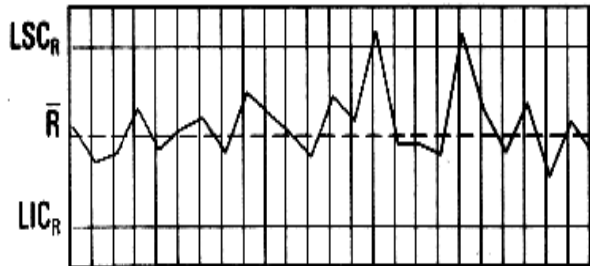


Procédé sous contrôle statistique

Le graphique est normal.



**Procédé non sous contrôle
(un point au-delà des limites de contrôle)**

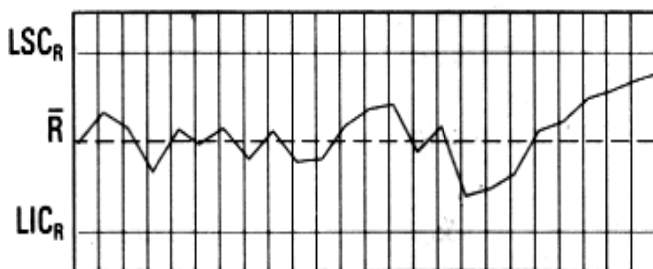


La présence d'un ou plusieurs points au-delà de l'une ou l'autre des limites de contrôle constitue une preuve évidente d'absence de contrôle en ce ou ces points. D'autre part, une cause assignable est responsable de la valeur extrême observée et ceci doit déclencher le signal d'analyse immédiate de l'opération pour rechercher cette cause. Cela conduit à une action corrective.

On interprète de la façon suivante :

- ☞ Un point au-dessus de LÉS (ou LÉS) indique :
 1. une erreur de calcul ou de tracé;
 2. une variabilité pièce par pièce, ce peut être une augmentation de R de la population ou une aggravation;
- ☞ Un point en dessous de LÉO (ou LIÉ) indique :
 1. Une erreur de calcul ou de tracé;
 2. Une diminution de R de la population (amélioration);
 3. Un changement du système de mesure.

**Procédé non sous contrôle
(longues séries montantes)**



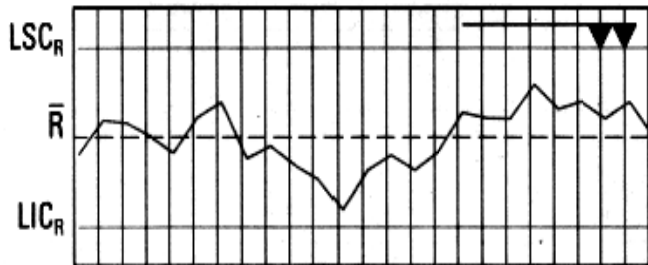
La présence de tendances inhabituelles peut constituer une preuve de contrôle ou de changement dans la dispersion du procédé. Cela peut constituer le premier avertissement de conditions défavorables qu'il faudra corriger rapidement.

Lorsque l'on observe:

- ☞ des points consécutifs d'un même côté de la moyenne,
- ☞ des intervalles consécutifs en augmentation ou diminution régulière, c'est le signe qu'un glissement ou une tendance commence.



**Procédé non sous contrôle
(longues séries au-dessus et en dessous
de l'étendue moyenne)**



On marquera le point déclenchant la décision.

Il est parfois utile de souligner la série depuis son début jusqu'au point de décision

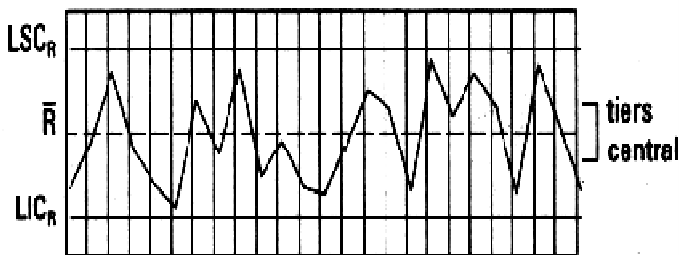
On interprète ainsi :

une série supérieure à R ou croissante :

- ☞ mauvais fonctionnement du matériel;
- lot de matière moins uniforme;
- changement du système de mesure;

- ☞ une série en dessous de R ou décroissante :
- dispersion plus faible (condition favorable);
- changement du système de mesure.

**Procédé non sous contrôle
(points trop rapprochés des limites de contrôle)**



Interpréter ?

2.2 Dérives possibles

Les causes des dérives possibles peuvent provenir

- de la main-d'œuvre

Exemple: erreur de calcul ou erreur de report;

- de la méthode

Exemple : processus mal adapté;

- du matériel

Exemple: usure ou bris d'outil, mauvaise fixation de la pièce... ;

- de la matière

Exemple: changement ou défaut de matière;

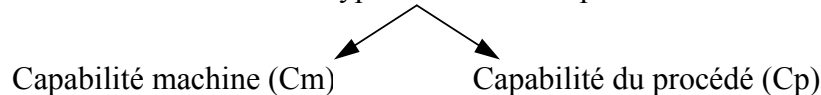
- du milieu

Exemple: température, hygrométrie...

Définition : La capacité est le rapport entre la performance demandée et la performance réelle.

$$C = \frac{IT}{D} = \frac{\text{Performance demandé}}{\text{Dispersion réelle}}$$

Il existe deux types d'indice de capacité.



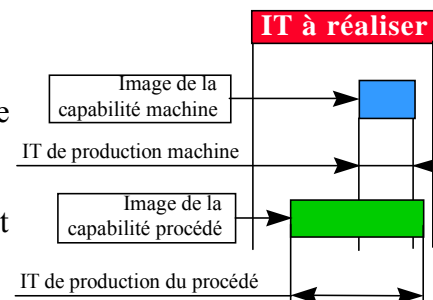
Capabilité du procédé (Cp) et indice de dérèglement du procédé (Cpk)

Capabilité machine (Cm) et indice de dérèglement machine (Cmk)

Comparaison entre Cm et Cp

Cm : représente l'aptitude de la machine à produire l'usinage considéré.

Cp : est l'image de la qualité des pièces livrées chez le client



2ème phase : SURVEILLANCE DU PROCESSUS PAR L'INTERMEDIAIR DES CARTES DE CONTROLE.

1- OBJECTIFS :

Le suivi et la maîtrise des dispersions disposent d'un outil : les cartes de contrôle. Elles permettent d'avoir une image du déroulement du processus de fabrication et d'intervenir rapidement et à bon escient sur celui-ci.

2- PRINCIPE DE FONCTIONNEMENT :

Nous supposons que la distribution de la spécification à contrôler suit une loi normale (ou sensiblement normale).

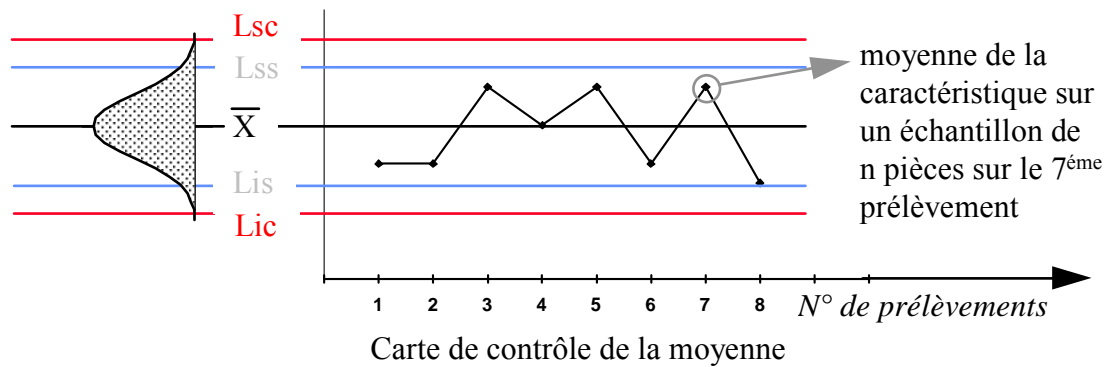
Pour suivre l'évolution du procédé, des prélèvements d'échantillons sont effectués régulièrement (par exemple : 5 pièces toutes les heures).

Pour chaque échantillon la **moyenne et l'étendue** (ou d'autres paramètres) sont calculées sur la caractéristique à surveiller. Ces valeurs sont portées sur un graphique.

Au fur et à mesure qu'elle se remplit, la carte de contrôle permet la visualisation de l'évolution du processus.

A partir de la ligne moyenne, sont définis les différentes limites :

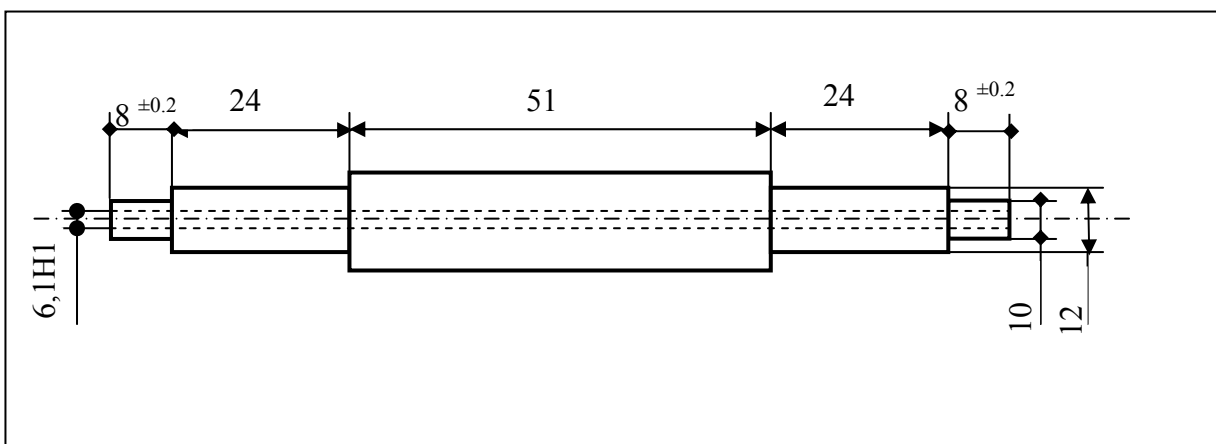
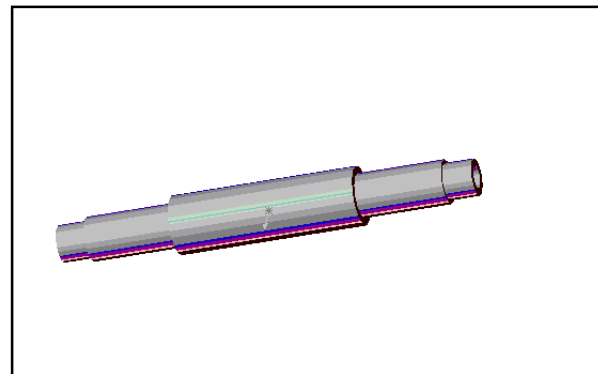
- ~ les limites supérieures et inférieures de contrôles L_{sc} , L_{ic} ,
- ~ les limites supérieures et inférieures de surveillances L_{ss} , L_{is} .



Une intervention sur le processus de fabrication pourra être décidée suivant la position des points reportés (exemple : un point entre les lignes L_S et L_C entraîne un prélèvement plus rapproché).

3- PRINCIPE D'ELABORATION DES CARTES DE CONTROLE:

Pendant l'usinage de l'axe de VTT, l'opérateur mesure par échantillonnage (5 pièces toutes les 60 min.), la dimension réalisée $\phi 6.1 \text{ H12} (6.1 +0.15/0)$, afin d'établir les limites provisoires de la carte de contrôle de la moyenne et de l'étendue.



A chaque heure, il est important de noter les événements qui sont intervenus :

C'EST LA CONSTRUCTION DU JOURNAL DE BORD DE LA FABRICATION.

Sans ce journal de bord, aucune analyse de la production ne sera possible.

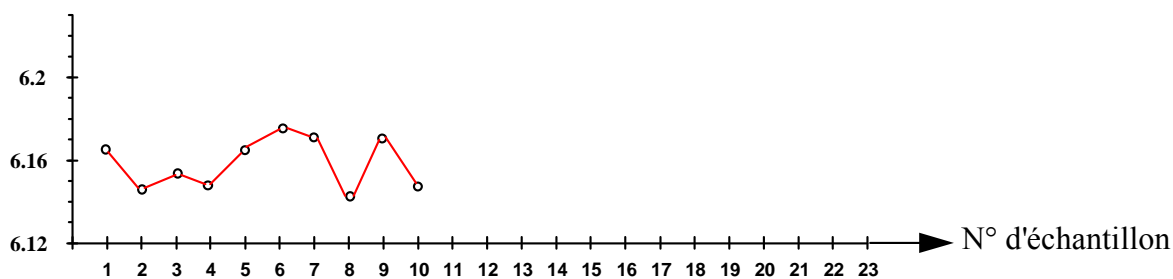
- Il faut y signaler :
- . l'heure de prélèvement,
 - . l'heure des pauses et arrêts,
 - . les réglages,
 - . les pannes et incidents,
 - . les changements d'outils,
 - . les changements de lots de matière première,
 - . Les changements d'opérateurs

La production du support d'axe étant stabilisée, à 8h30 on effectue le premier prélèvement:

numéro (i) échantillon	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
pièce n°1	6.15	6.21	6.14	6.15	6.18	6.18	6.19	6.12	6.18	6.18
pièce n°2	6.14	6.15	6.16	6.13	6.13	6.17	6.19	6.15	6.17	6.14
pièce n°3	6.21	6.13	6.18	6.10	6.14	6.14	6.17	6.15	6.2	6.15
pièce n°4	6.20	6.14	6.10	6.19	6.18	6.18	6.17	6.14	6.2	6.12
pièce n°5	6.13	6.10	6.18	6.17	6.20	6.17	6.13	6.15	6.1	6.14
moyenne (\bar{X}_i) d'échantillon	6.166	6.146	6.152	6.148	6.166	6.178	6.17	6.142	6.17	6.146
Etendue (Wi) d'échantillon	0.08	0.11	0.08	0.09	0.07	0.02	0.06	0.03	0.1	0.06
heure du prélèvement	8h30	9h30	10h30	11h30	12h00	13h00	14h00	15h00	16h00	17h00
jour	lundi	lundi	lundi	lundi	lundi	lundi	lundi	lundi	lundi	lundi
événement					pause de midi					

A partir du premier échantillon, il est possible de commencer la construction des cartes de contrôle :

☞ Carte de contrôle des moyennes : \bar{X}

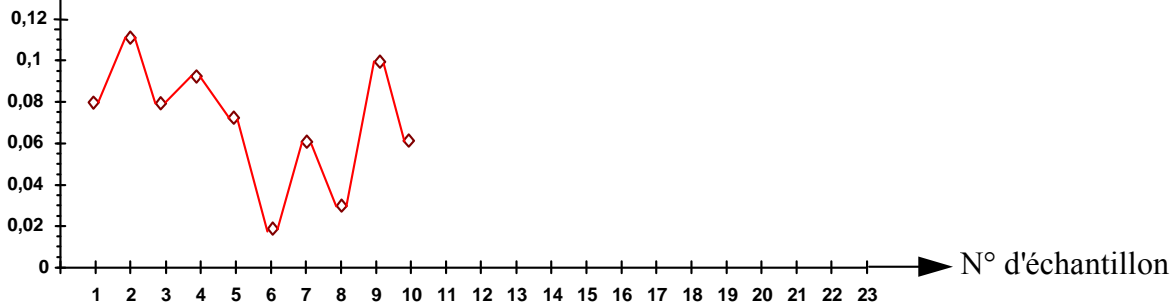


Chaque point est la représentation graphique de la valeur moyenne de l'échantillon.

C'est l'indicateur de la tendance centrale de la dimension.

Cette carte détecte tout **DEREGLEMENT DU MOYEN** par la variation de la moyenne.

☞ Carte de contrôle des étendues : W



Chaque point est la représentation graphique de la valeur l'étendue de l'échantillon.

C'est l'indicateur de la variabilité de la dimension.

Cette carte surveille la **PRECISION DU MOYEN**.

4- CALCUL DES LIMITES DE CONTROLE :

4-1 pour tracer ces limites, on à besoin :

- de la valeur moyenne de la production représentée dans la carte par la moyenne des moyennes des X_i .

$$\bar{\bar{X}} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n \bar{X}_i \quad \text{avec } n = \text{nombre d'échantillons.}$$

- de l'écart type du processus seul. (sans dérèglement ni cause assignable).

Dans la carte de contrôle, c'est la moyenne des étendues qui est le reflet de cette dispersion.

$$\bar{W} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n W_i \quad \text{avec } n = \text{nombre d'échantillons.}$$

4-2 Calcul des limites pour la carte de contrôle de la moyenne :

- **Limites de contrôle.**

supérieure $LSC \bar{X} = \bar{\bar{X}} + K\bar{W}$

inférieure $LIC \bar{X} = \bar{\bar{X}} - K\bar{W}$

- **Limites de surveillance.**

supérieure $LSS \bar{X} = \bar{\bar{X}} + \frac{2}{3} K\bar{W}$

inférieure $LIS \bar{X} = \bar{\bar{X}} - \frac{2}{3} K\bar{W}$

4-3 Calcul des limites pour la carte de contrôle de l'étendue :

- **Limite de contrôle.**

supérieure $LSCW = A\bar{W}$

inférieure

$$LICW = B\bar{W}$$

• **Limites de surveillance.**

supérieure $LSSW = \bar{W} + \frac{2}{3}(A\bar{W} - \bar{W})$

inférieure $LISW = \bar{W} + \frac{2}{3}(B\bar{W} - \bar{W})$

Les coefficients A, B et K sont fonction de la taille de l'échantillon.

Effectif de chaque échantillon	3	4	5	6	7	8
A	2,574	2,282	2,114	2,004	1,924	1,864
B	0	0	0	0	0,076	0,136
K	1,023	0,729	0,577	0,483	0,419	0,373

Application à notre exemple :

☞ Choix des coefficients A, B et K : $A = 2,114$ $B = 0$ $K = 0,577$

☞ Calcul de \bar{X} et \bar{W} : $\bar{X} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n \bar{X}_i = 6.1584 \text{ mm}$

$$\bar{W} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n W_i = 0.07 \text{ mm}$$

☞ Calculs des limites de contrôle et de surveillance :

$$LSC\bar{X} = \bar{X} + K\bar{W} = 6.1584 + 0.577 \cdot 0.07 = 6.199 \text{ mm}$$

$$LIC\bar{X} = \bar{X} - K\bar{W} = 6.1584 - 0.577 \cdot 0.07 = 6.118 \text{ mm}$$

$$LSS\bar{X} = \bar{X} + \frac{2}{3}K\bar{W} = 6.1584 + \frac{2}{3}(0.577 \cdot 0.07) = 6.185 \text{ mm}$$

$$LIS\bar{X} = \bar{X} - \frac{2}{3}K\bar{W} = 6.1584 - \frac{2}{3}(0.577 \cdot 0.07) = 6.131 \text{ mm}$$

$$LSCW = A\bar{W} = 2,114 \cdot 0,07 = 0,148 \text{ mm}$$

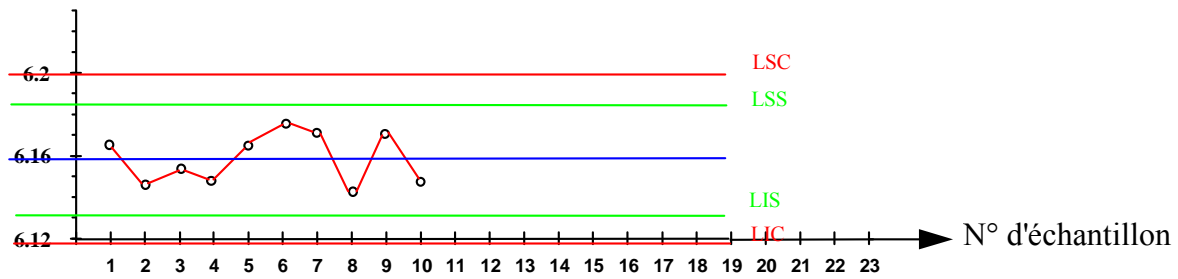
$$LICW = B\bar{W} = 0 \cdot 0,07 = 0 \text{ mm}$$

$$LSSW = \bar{W} + \frac{2}{3}(A\bar{W} - \bar{W}) = 0.07 + \frac{2}{3}(2.114 \cdot 0.07 - 0.07) = 0.121 \text{ mm}$$

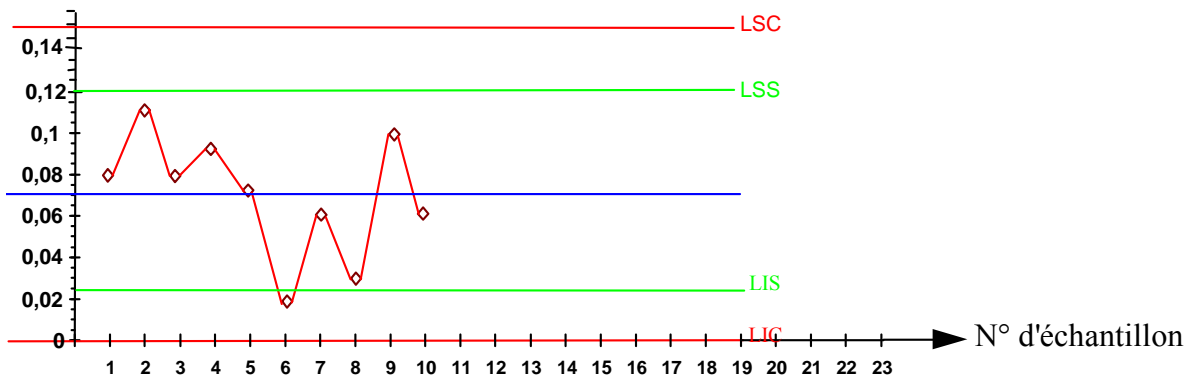
$$LISW = \bar{W} + \frac{2}{3}(B\bar{W} - \bar{W}) = 0.07 + \frac{2}{3}(0 \cdot 0.07 - 0.07) = 0.023 \text{ mm}$$

☞ Tracer ces valeurs sur les deux cartes de contrôle.

- Carte de contrôle des moyennes : \bar{X}



• Carte de contrôle des étendues : W



Application 1 : Compléter la carte de contrôle d'après les relevés de mesures indiqués sur Le tableau ci-dessous.

Xi	10,01	10,03	10,01	10,03	9,93	9,95	10,01	10,03	10,03	10,01	9,99	9,97	10,03	10,05	9,93	9,99
	10,01	9,95	9,97	9,99	10,07	10,01	9,99	9,99	9,99	9,99	9,97	9,95	10,01	9,97	9,97	9,97
	10,05	10,01	9,97	9,93	9,99	10,01	9,99	9,99	9,97	10,03	10,01	10,01	10,05	9,99	10,01	9,99
	9,99	9,99	10,03	10,03	9,99	9,95	9,99	10,01	10,01	10,01	10,05	10,01	9,97	10,01	9,99	10,01
	9,98	10,05	9,99	10,03	9,95	9,99	9,99	10,01	9,98	10,01	10,05	10,03	9,99	9,99	10,01	10,05
OPERATEUR																
DATE																
HEURE	7h	8h	9h	10h	11h	12h	14h	15h	16h	17h	18h	19h	20h	22h	23h	24h

CARTE DE CONTRÔLE			ATELIER :			SECTION :			N° CARTE :						
NOM MACHINE :				N° :			DESIGNATION DE LA PIECE :								
CARACTERISTIQUE CONTROLEE :				SPECIFICATION :				FREQUENCE :							
MOYENNE: \bar{X}												RESULTATS			
												$\bar{\bar{X}}$			
												\bar{R}			
												S			
												Cp			
												Cpks			
												Cpki			
												LCS \bar{X}			
												LCL \bar{X}			
												LCS _R			
												LCL _R			
ETENDUE: R															
												Echantillon	Ac	Dc1	Dc2
												2	1,93	0	4,12
												3	1,05	0	2,99
												4	0,75	0	2,5
												5	0,59	0	2,38
												6	0,49	0	2,22
R												OBSERVATION :			
\bar{X}															
Xi															
Opérateur															
Date															
Heure															

CORRIGE

Les stagiaires vont relever des cotes sur une série de pièces, puis ils vont calculer :

- *La moyenne*
- *L'étendue*
- *Les limites de contrôles de la moyenne*
- *Les limites de contrôles de l'étendue*

CARTE DE CONTRÔLE				ATELIER : D2				SECTION : TPU				N° CARTE :							
NOM MACHINE : Fraiseuse								N° :				DESIGNATION DE LA PIECE : Mors mobile							
CARACTERISTIQUE CONTROLEE : Longueur								SPECIFICATION : 10+ / -0,05				FREQUENCE : 5 chaque heure							
MOYENNE: X	RESULTATS																		
	\bar{X}		9,999																
	\bar{R}		0,072																
	S		0,031																
	Cp		0,431																
	Cpks		0,44																
	Cpki		0,419																
	LCS \bar{x}		10,04																
	LCI \bar{x}		9,957																
LCS _R		0,152																	
LCI _R		0																	
ETENDUE: R																			
	Echantillon		Ac		Dc1		Dc2												
	2		1,93		0		4,12												
	3		1,05		0		2,99												
	4		0,75		0		2,5												
	5		0,59		0		2,38												
	6		0,49		0		2,22												
OBSERVATION :																			
Procédé non capable																			
	0,07	0,1	0,06	0,1	0,14	0,05	0,02	0,04	0,06	0,04	0,08	0,08	0,06	0,08	0,08	0,08			
	10,008	10,006	9,994	10,002	9,986	9,982	9,994	10,006	9,996	10,01	10,014	9,994	10,01	10,002	9,982	10,002			
	10,01	10,03	10,01	10,03	9,93	9,95	10,01	10,03	10,03	10,01	9,99	9,97	10,03	10,05	9,93	9,99			
	10,01	9,95	9,97	9,99	10,07	10,01	9,99	9,99	9,99	9,99	9,97	9,95	10,01	9,97	9,97	9,97			
	10,05	10,01	9,97	9,93	9,99	10,01	9,99	9,99	9,97	10,03	10,01	10,01	10,05	9,99	10,01	9,99			
	9,99	9,99	10,03	10,03	9,99	9,95	9,99	10,01	10,01	10,01	10,05	10,01	9,97	10,01	9,99	10,01			
	9,98	10,05	9,99	10,03	9,95	9,99	9,99	10,01	9,98	10,01	10,05	10,03	9,99	9,99	10,01	10,05			
OPERATEUR																			
DATE	25/06	25/06	25/06	25/06	25/06	25/06	25/06	25/06	25/06	25/06	25/06	25/06	25/06	25/06	25/06	25/06			
HEURE	7 H	8 H	9 H	10 H	11 H	12 H	14 H	15 H	16 H	17 H	18 H	19 H	20 H	22 H	23 H	24 H			



FICHE DE TECHNOLOGIE

ETUDES DE LA CAPABILITÉ

A large empty rectangular box with a black border, intended for writing or drawing.

Application 2 : Soit à contrôler un diamètre de $40 \pm 0,2$.

Compléter la carte de contrôle d'après les relevés de mesures indiqués sur Le tableau ci-dessous.

Xi	40,1	40,18	40,1	40,18	39,8	39,82	40,1	40,18	40,18	40,1	39,88	39,84	40,18	40,2	39,8	39,88
	40,1	39,82	39,84	40	40,24	40,1	39,88	39,88	39,88	39,88	39,84	39,82	40,1	39,86	39,86	39,86
	40,2	40,1	39,84	39,8	39,88	40,1	39,88	39,88	39,84	40,2	40,1	40,1	40,2	40	40,1	39,88
	39,88	39,88	40,18	40,18	39,88	39,82	39,88	40,1	40,1	40,1	40,2	40,1	39,84	40,14	39,88	40,1
	40	40,2	40	40,18	39,82	39,88	39,88	40,1	39,84	40,1	40,2	40,18	39,88	39,88	40,1	40,2
OPÉRATEUR																
DATE																
HEURE	7h	8h	9h	10h	11h	12h	14h	15h	16h	17h	18h	19h	20h	22h	23h	24h

CARTE DE CONTRÔLE				ATELIER :				SECTION :				N° CARTE :								
NOM MACHINE :				N° :				DESIGNATION DE LA PIECE :												
CARACTERISTIQUE CONTROLEE :				SPECIFICATION :				FREQUENCE :												
MOYENNE: X																	RESULTATS			
																	X			
																	R			
																	S			
																	Cp			
																	Cpks			
																	Cpki			
																	LCS _x			
																	LCI _x			
																	LCS _R			
																LCI _R				
ETENDUE: R																				
																	Echantillon	Ac	Dc1	Dc2
																	2	1,93	0	4,12
																	3	1,05	0	2,99
																	4	0,75	0	2,5
																	5	0,59	0	2,38
R																6	0,49	0	2,22	
X																OBSERVATION :				
Xi																				
Opérateur																				
Date																				
Heure																				

Calculer :

- La moyenne
- L'étendue
- Les limites de contrôles de la moyenne
- Les limites de contrôles de l'étendue

OPERATEUR																
DATE	25/06	25/06	25/06	25/06	25/06	25/06	25/06	25/06	25/06	25/06	25/06	25/06	25/06	25/06	25/06	25/06
HEURE	7H	8H	9H	10H	11H	12H	14H	15H	16H	17H	18H	19H	20H	22H	23H	24H

CARTE DE CONTRÔLE	ATELIER : D2	SECTION : TPU	N° CARTE :
--------------------------	---------------------	----------------------	-------------------

NOM MACHINE : Fraiseuse	N° :	DESIGNATION DE LA PIECE : Mors mobile
-------------------------	------	---------------------------------------

CARACTERISTIQUE CONTROLEE : Longueur	SPECIFICATION : 10+/- 0,05	FREQUENCE : 5 chaque heure
--------------------------------------	----------------------------	----------------------------

MOYENNE: \bar{X}																	RESULTATS		
																	\bar{X}		
																	R		

ETENDUE: R																				
																	Echantillon	A	B	Dc
																	2	1,93	0	4,12
																	3	1,05	0	2,99
																	4	0,75	0	2,5
																	5	0,59	0	2,38
																	6	0,49	0	2,22

R																	OBSERVATION :
\bar{X}																	
Xi																Procédé non capable	
Opérateur																	
Date																	
Heure																	