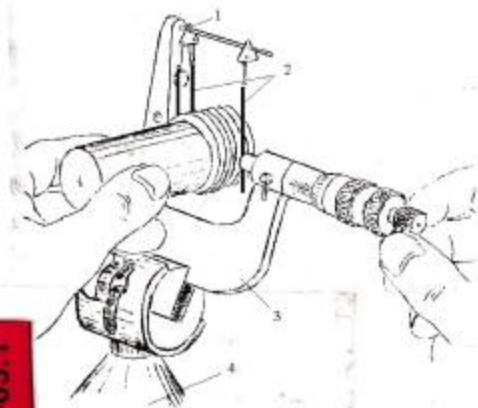


BELKACEM AMYAR

# METROLOGIE DIMENSIONNELLE

TOME 3

INSTRUMENTS DE MESURE



530.7-03.1

OFFICE DES PUBLICATIONS UNIVERSITAIRES



## AVANT-PROPOS

L'étudiant se trouve confronté à un grand désarroi lors du traitement d'un travail expérimental, par manque de documentation spécialisée et de références fiables.

Pour mener correctement son travail, il a besoin d'abord d'un protocole de mesure, c'est-à-dire une **description précise des conditions et du déroulement d'une expérience, d'un test, d'une mesure ou d'un contrôle.**

Le choix de l'appareillage, des instruments de mesures, des conditions de mesures, etc., se feront sur la base de formules, de propositions ou d'hypothèses dont la validité est vérifiée.

Pour cela, l'expérimentateur obtient des valeurs tirées de ces expériences, vérifie si ces mesures ne sont pas entachées d'erreurs, pour éliminer celles obtenues par inadvertance et «traiter» ces données empiriques, c'est-à-dire les soumettre à un programme pour aboutir au résultat qu'il cherche.

Pour cela, il a deux méthodes : graphique et analytique. L'avantage de la **méthode graphique** est la rapidité de l'obtention du résultat et la détermination de la tendance générale. Son inconvénient reste **l'approximation des valeurs** et la fiabilité limitée du résultat.

A l'inverse, la méthode analytique permet d'obtenir des équations décrivant le phénomène avec plus de rigueur et l'obtention de résultats plus fiables. En contrepartie, c'est une méthode plus difficile à mettre en œuvre et qui nécessite un outil mathématique plus performant et plus rigoureux.

L'objectif de ce travail est de mettre à la disposition de l'étudiant un moyen relativement aisé pour entamer un travail exaltant, de comprendre la problématique, et d'utiliser, le cas échéant, des références plus pointues et spécialisés.

Le souci majeur du concepteur d'un produit commence par «*le premier trait du crayon*» et se termine par la «*satisfaction de l'utilisateur*».

Durant tout son cheminement, le produit passe par une étude technico-économique, une sorte d'enquête commode inconcommode, pour juger de l'opportunité de son lancement sur le marché, avec des caractéristiques sommaires définies par le marché.

Une fois la décision de son lancement prise, des instructions sous forme d'un dossier comprenant une fiche technique sommaire avec des esquisses ou schémas pour matérialiser l'idée, sont envoyés au bureau d'étude, qui, à son tour, formalise le dossier en procédant à une étude poussée du produit du point de vue process et dimensionnement en tenant compte de ce qui existe dans l'entreprise et dans son environnement, afin de faciliter la réalisation.

Un document technique est élaboré en fonction de règles strictes, et cela pour des raisons telles que : sécurité maximale, prix de revient minimal, fiabilité, etc.

Le produit doit remplir les conditions suivantes: être simple (du point de vue technologique) pour un matériau donné, fabriqué en masse et disponible. Ce sont des considérations de ce genre qui ont poussé différents pays à créer un organisme national (p. ex DIN pour l'Allemagne, GOST pour la Russie, AFNOR pour la France, etc.) qui a pour tâche de coordonner les travaux de plusieurs comités techniques spécialisés dans différents domaines (travaux publics, mécaniques, électricité, textiles, informatiques, etc.). Le travail d'un comité technique spécialisé dans une branche consiste à élaborer des règles strictes concernant les dimensions, les modes d'élaboration, mesures, contrôles, vocabulaire, etc. Ce travail est appelé *norme* du pays en question (p. ex. norme DIN, norme ASME, etc.).

La **normalisation** consiste à définir, en considération de catégories déterminées de besoins, des gammes de produits ou de méthodes propres à satisfaire ces besoins en éliminant les complications et les variétés superflues. Elles comprennent les avantages techniques et économiques; elle permet d'améliorer la coopération internationale.

La **normalisation** est aussi l'établissement de normes homologuées faisant force de loi, qui déterminent impérativement les types, paramètres (dimensions, notamment), caractéristiques qualitatives de produits. La normalisation réduit donc le nombre de types, dimensions, etc., de la

production correspondante à un certain nombre de prototypes. Dans cette définition, il convient de distinguer deux termes:

- a) l'élaboration des prototypes, c'est-à-dire l'établissement des propriétés que doit posséder l'objet considéré;
- b) la limitation du nombre de ces objets, processus, et procédés à un minimum rationnel.

La notion de normalisation est intimement liée à celle de *standardisation* et d'*unification*.

La *standardisation* est une normalisation réalisée à l'échelle d'une branche industrielle ou d'une entreprise.

L'*unification* est la réduction du nombre excessif des dimensions types et des nuances des produits (ainsi que de leurs caractéristiques et méthodes d'essai), et l'utilisation dans les constructions nouvelles de pièces et d'ensembles appartenant à des machines déjà étudiées ayant fait leurs preuves. Les produits unifiés ainsi utilisés ne réclament aucune modification. L'unification peut s'appliquer aux objets normalisés ou non.

Pour apprécier le niveau de normalisation de telle ou telle construction, les bureaux d'étude recourent en pratiques aux indices suivants :

Niveau de normalisation (standardisation) =

$$= \frac{\text{nombre de dénominations des pièces (ensembles) standardisées (normalisées)}}{\text{nombre de dénominations des pièces (ensembles) de la machine considérée}} \cdot 100\%$$

Niveau d'unification =

$$= \frac{\text{nombre de dénominations des pièces (ensembles) empruntées à d'autres machines}}{\text{nombre de dénominations des pièces (ensembles) de la machine considérée}} \cdot 100\%$$

L'élaboration des normes internationales est confiée aux comités techniques de l'I.S.O. Chaque comité membre intéressé par une étude a le droit de faire partie du comité technique correspondant. Les organisations internationales, gouvernementales et non gouvernementales, en liaison avec l'I.S.O., participent également aux travaux.

Les projets de normes internationales adoptés par les comités techniques sont soumis aux comités membres pour approbation, avant leur acceptation comme normes internationales par le conseil de l'ISO.

L'une des branches ayant reçu un soin particulier de l'ISO est la métrologie (en particulier la métrologie dimensionnelle) en raison de son implication dans différents domaines.

Dans le domaine du génie mécanique, comme d'autres domaines d'ailleurs, il est impératif d'associer les opérations de démontage, réparation et montage aux mesurages et contrôles dimensionnels.

Dans ce manuel j'ai voulu mettre à la disposition du personnel concerné (maîtrise, cadres, etc.), ainsi que l'étudiant, les outils indispensables pour mener à bien ces tâches. Le manuel est composé de trois parties :

**Partie I.** Elle comprend les définitions de normes, règles et méthodes de calcul des intervalles de tolérances.

**Partie II.** Application partie I. Calcul et choix des ajustements avec jeu, calcul et choix des ajustements avec serrage et calcul et choix des ajustements incertains, cotation fonctionnelle.

**Partie III.** Précision d'usinage et de montage, caractéristiques métrologiques des instruments de mesure.

## Table des matières

### MESURE ET INSTRUMENTS DE MESURE

<b>Chapitre 11. Principaux instruments de métrologie dimensionnelle</b>	13
11.1 Cales-étalons. Calibres à limites	13
11.2 Calibres à limites pour surfaces lisses	17
11.3 Instruments de mesure et de contrôle à lecture directe	25
11.4 Appareils et instruments pour le contrôle des angles	34
11.5 Contrôle des surfaces planes	42
11.6 Appareils à amplification mécanique	49
11.7 Amplificateurs à leviers optique	57
11.8 Mesureurs universels	64
11.9 Projecteurs	65
11.10 Interféromètre (mesureur interférentiel)	74
11.11 Amplificateurs pneumatiques	76
11.12 Appareils de contrôle de la rugosité des surfaces	81
11.13 Appareils de contrôle adaptés aux travaux de série	104
<b>Chapitre 12. Contrôle en mécanique</b>	111
12.1 Eléments généraux	111
12.2 Organisation du contrôle	113
12.3 Gamme de contrôle	117
12.4 Choix de la méthode et du matériel	123
12.5 Contrôle d'un palmer	136
12.6 Contrôle d'un comparateur au 0,01 mm	142
12.7 Contrôle de spécification entaille en V	152

<b>Chapitre 13</b>	<b>Contrôle des défauts de forme et de position</b>	159	16.4	Erreurs et instruments de mesure	321
13.1	Rectitude	159	16.5	Erreurs fortuites (aléatoires)	327
13.2	Planéité	165	16.6	Valeurs (qualités) métrologiques des instruments de mesure	332
13.3	Parallélisme	176	16.7	Caractéristiques de précision	335
13.4	Perpendicularité	180	16.8	Sensibilité	348
13.5	Symétrie	183	16.9	Estimation des pourcentages de défectueux	350
13.6	Concentricité	188			
13.7	Circularité	192			
13.8	Cylindricité	196			
13.9	Inclinaison	200			
<b>Chapitre 14.</b>	<b>Contrôle des alésages et des arbres</b>	211	<b>Bibliographie</b>		355
14.1	Alésage	211			
14.2	Contrôle des pièces cylindriques	217			
14.3	Contrôle des spécifications - Pièce cylindrique	225			
<b>Chapitre 15</b>	<b>Contrôle type</b>	231			
15.1	Filetages	231			
15.2	Engrenages	266			
15.3	Pied à denture	276			
15.4	Vé à coulisse	279			
15.5	Micromètre à plateau	280			
15.6	Erreur totale de profil	281			
15.7	Mesure de la rugosité	285			
15.8	Contrôle d'un roulement	296			
<b>Chapitre 16</b>	<b>Analyse des mesures</b>	303			
16.1	Éléments de base	303			
16.2	Incertitudes sur les mesures directes	310			
16.3	Incertitudes sur les mesures indirectes	312			