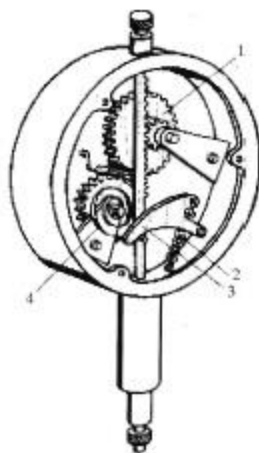
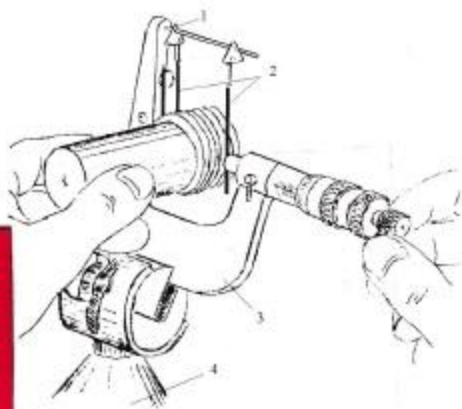


BELKACEM AMYAR

# METROLOGIE DIMENSIONNELLE

TOME 1

ELEMENTS DE BASE



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 *commodo incommodo*, 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) =

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

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'ISO, 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 ELEMENTS DE BASE

<b>Chapitre 1. Tolérances et ajustements</b>	13
1.1 Les étalons	13
1.2 Grandeurs mesurables, grandeurs repérables	14
1.3 Dépendance mutuelle de certaines grandeurs. Unités fondamentales	15
1.4 Assemblage, cote et dimension	19
1.5 Degrés de tolérance normalisés, tolérances et écarts	24
1.6 Symboles de tolérances et d'écarts, symboles d'ajustement	28
1.7 Tolérances générales	49
<b>Chapitre 2. Tolérances de forme et de position</b>	53
2.1 Précision de fabrication. Classification des défauts	53
2.2 Inscription des tolérances de forme et de position	61
2.3 Défauts de premier ordre	63
2.4 Tolérances de position	70
2.5 Principe du maximum de matière	83
2.6 Tolérances géométriques générales	86
<b>Chapitre 3. Etats de surface. Rugosité</b>	95
3.1 Définition, critères et classification des rugosités de surfaces usinées.	85
3.2 Définitions géométriques.	99
3.3 Définitions de paramètres.	111
3.4 Valeurs numériques de Ra et Rz	121
3.5 Méthode quantitative.	123
3.6 Indication des états de surface sur les dessins	125
3.7 Influence de la rugosité et des défauts de forme sur la longévité d'une pièce.	131

<b>Chapitre 4. Clavetage, cannelures et dentelures</b>	137
4.1 Clavetages longitudinaux	137
4.2 Cannelures	145
<b>Chapitre 5. Ajustements des roulements</b>	153
5.1 Généralités	153
5.2 Choix des types de roulements	154
5.3 Charge radiale dynamique équivalente	157
5.4 Estimation de la durée de vie et la capacité de charge d'un roulement	160
5.5 Durée	164
5.6 Ajustement des roulements sur les arbres et dans les logements	169
5.7 Montage, graissage et étanchéité des roulements	186
<b>Chapitre 6. Assemblages coniques lisses</b>	191
6.1 Assemblages lisses coniques (types d'assemblages)	191
6.2 Dimensions angulaires et assemblages coniques lisses	193
6.3 Paramètres des surfaces coniques	197
<b>Chapitre 7. Filetage</b>	211
7.1 Constitution du filetage	211
7.2 Filetages normalisés	214
7.3 Filetages métriques trapézoïdaux	236
7.4 Filetage à filet rond de mécanique générale	244
7.5 Filetage gaz avec ou sans étanchéité dans le filet	246
7.6 Filetages de tuyauterie pour raccordement avec étanchéité dans le filet	249
7.7 Filetages miniatures ISO	258
7.8 Filetages ISO en inches - Jeux et tolérances	266
7.9 Conversion des inches en millimètres	294
7.10 Conversion des millimètres en inches	295
<b>Chapitre 8. Engrenage et denture</b>	297
8.1 Eléments de base. Classification	297

8.2 Eléments généraux d'une roue dentée (denture droite) (denture droite)	305
8.3 Engrenage américain	316
8.4 Dentures de démarreurs	318
8.5 Grandeurs de référence et erreurs	319
8.6 Défauts et qualités d'engrenages	320
8.7 Eléments de référence	323
8.8 Erreurs relatives à la denture	323
8.9 Définitions relatives au contrôle de la denture	324
8.10 Base du système de précision des dentures	324
8.11 Contrôle	347
8.12 Écartss composés tangentiels	355
8.13 Erreur cyclique d'une roue dentée	355
8.14 symboles et abréviations	357
8.15 Engrenages cylindriques - système ISO de précision	378
8.16 Base du système de précision des dentures	380
8.17 Valeurs admissibles du faux-rond et tableaux des valeurs	385
8.18 Erreurs de division	392
8.19 Contrôle de la distorsion	400
8.20 Groupe de fonction de tolérances	403

<b>Bibliographie</b>	407
----------------------	-----