

Chapitre 4

Le langage GPS et GD&T



Résumé Ce chapitre se concentre sur les principales différences entre les normes ISO et ASME dans le domaine de la spécification géométrique des produits industriels, et il commence par des détails sur l'évolution historique des deux normes. Les grands principes des normes ISO GPS et ASME GD&T, tels que le principe d'indépendance et l'exigence d'enveloppe, sont illustrés. Il est recommandé aux concepteurs de toujours indiquer la norme de référence dans les dessins techniques des entreprises, car l'interprétation des spécifications des dessins et l'inspection relative peuvent conduire à deux résultats différents. Enfin, les principales nouveautés de la nouvelle norme ASME Y14.5:2018 et de la nouvelle norme ISO 22081 sur les tolérances générales sont présentées.

4.1 Évolution historique des normes ISO et ASME

La situation industrielle actuelle se caractérise de plus en plus par une évolution continue vers des modèles d'interaction de plus en plus dynamiques entre clients et fournisseurs qui mettent sous pression les méthodologies traditionnelles de communication technique.

Une exigence toujours croissante de précision dans la description et dans l'interprétation des exigences fonctionnelles, et par conséquent dans l'élaboration des conceptions et documents techniques dans le secteur de la sous-traitance mécanique, qui soient cohérents et complets et capables de supporter adéquatement la co-exigences de conception et d'externalisation d'une production, a été observée.

Pour cette raison, un effort remarquable est en cours pour développer un schéma de gestion cohérent et innovant des tolérances géométriques, afin d'obtenir une meilleure définition de la corrélation entre les exigences fonctionnelles, les spécifications géométriques et les procédures de contrôle relatives, qui peuvent être résumées comme suit : la Spécification Géométrique de Produit - GPS et les principes de Dimensionnement et Tolérancement Géométriques - GD&T, et qui, s'ils sont mis en œuvre correctement et de manière cohérente, permettent de surmonter les inconvénients des méthodologies actuelles et de révolutionner la communication intra et inter-entreprises.

Les méthodologies GPS et GD&T ont évolué selon deux approches fondamentalement différentes (Fig. 4.1). Une norme unique a été développée dans la norme ASME, à la fin des années 1960, pour définir les règles fondamentales de fonctionnement



Fig. 4.1 Évolution historique des normes ASME et ISO sur la tolérance géométrique

dimensionnement. L'objectif était de créer un système normatif clairement défini et cohérent, qui a donné naissance aux normes ASME Y14.5 de 1994 et 2009, et à la norme ASME Y14.5 de 2018.

4.1.1 La naissance des tolérances

La première norme de tolérance de limites et d'ajustements au monde utilisée par l'industrie a été publiée en 1902 au Royaume-Uni par la Newall Engineering Co.. En 1901, le Royaume-Uni a créé la première organisation de normalisation au monde, le Engineering Standards Committee (qui, en 1931, devenue la British Standards Institution, BSI) et qui a publié sa première norme sur les limites et les ajustements en 1906. Cette norme impliquait l'utilisation d'un arbre de taille standard avec différentes tailles de trous pour établir les différents types d'ajustement. La norme, qui n'était pas initialement considérée favorablement par l'industrie, car elle était basée sur une base d'arbre, a été révisée en 1924 sur la base des trous.

Aux États-Unis, cinq sociétés d'ingénierie et trois agences gouvernementales ont fondé l' American Engineering Standards Committee (AESC) en 1918, qui est ensuite devenu l' American Standards Association (ASA) en 1928 et qui a été réorganisé en United States of America Standards Institute (USASI) en 1966.

Enfin, l'USASI est devenu l' American National Standards Institute (ANSI) en 1969. La première norme sur les limites et les ajustements était l' American Tentative Standard Tolerances, Allowances, and Gages for Metal Fits, B4a-1925, qui contenait des tableaux répertoriant huit séries d'ajustements. entre les trous et les arbres, chaque ajustement étant spécifié par les limites de taille pour chacune des deux pièces d'accouplement.

La Fédération internationale des associations nationales de normalisation (ou Association internationale de normalisation, ISA) a été créée en 1926 et l'un des premiers projets a été le développement d'un système international de limites et d'ajustements, qui a été publié en 1941 sous le nom de "Système de tolérance ISA". " avec toutes les données en unités métriques. Plusieurs pays européens ont adopté ce système comme base de leurs normes nationales.

Après la fin de la Seconde Guerre mondiale, une nouvelle organisation, le Comité de coordination des normes des Nations Unies (UNSCC), a été créée par les États-Unis, la Grande-Bretagne et le Canada pour étendre les avantages de la normalisation au travail de reconstruction. En octobre 1946, les délégués de l'ISA et de l'UNSCC de 25 pays se sont réunis à Londres et ont convenu d'unir leurs forces pour créer la nouvelle Organisation internationale de normalisation (ISO). La nouvelle organisation, l'ISO, a officiellement commencé ses activités en février 1947 avec son premier bureau à Genève, en Suisse.

Au cours de la même période, aux États-Unis, le langage des tolérances géométriques a commencé comme une norme militaire, connue sous le nom de US Army 30-1-7, datée du 15 avril 1946, et a ensuite été mise à jour sous le nom de Mil-Std-8 en 1949.

L'American Society of Mechanical Engineers (ASME), une organisation à but non lucratif fondée en 1880, est l'une des plus anciennes organisations d'élaboration de normes en Amérique. En 1957, l'ASME a publié la première norme de dimensionnement et de tolérance, c'est-à-dire Y14.5–1957 pour l'ASA. Les révisions ultérieures de la norme Y14.5 ont été publiées sous les noms USASI (Y14.5–1966) et ANSI (Y14.5–1973 et Y14.5–1982).

La version révisée ASME Y14.5 M-1994 ("M" car les unités métriques étaient incluses) a été approuvée en tant que norme ASME et, après quinze ans, a été suivie par ASME Y14.5–2009. La version actuelle est ASME Y14.5–2018, et elle a été publiée en février 2019. Les objectifs de chaque version ont été de corriger les éventuelles incohérences de l'édition précédente par le biais de comités de travail composés de bénévoles du milieu universitaire et de l'industrie.

Depuis sa création, l'ISO a développé de nombreuses normes dans le domaine des tolérances géométriques telles que la norme ISO 8015 en 1985 (principe d'indépendance) et la norme ISO 1101 en 1969 (tolérances de forme et de position).

Dans l'ambiance ISO des années 1990, partant du constat que 50% des normes nécessaires au dimensionnement GD&T n'étaient pas disponibles ou étaient même en contradiction avec les autres normes existantes, la communauté scientifique technique internationale a été stimulée à la recherche d'une nouvelle, plus langage général et plus riche, construit sur la base d'hypothèses mathématiques rigoureuses, c'est-à-dire le GPS susmentionné.

En 1993, l'ISO a créé le Groupe conjoint d'harmonisation (ISO/TC 3-10-57/JHG), dans lequel les comités techniques préexistants, c'est-à-dire ISO/TC3 (état de surface), ISO/TC10 (dimensionnement et tolérancement) et ISO/TC57 (Mesure) ont été réunis afin de préparer une nouvelle norme. Entre 1993 et 1996, le Joint Harmonization Group a développé la philosophie végétale du nouveau langage et, en 1995, le document ISO/TR 14638:1995 "Masterplan" a été publié, qui contient, entre autres, la proposition d'un nouveau paradigme pour la classement de la

normes existantes et futures, en partant du constat que 50% des normes nécessaires au dimensionnement GD&T ne sont pas disponibles ou qu'elles contredisent d'autres normes existantes.

En 1996, le Groupe mixte d'harmonisation est dissous à Paris et le Comité technique ISO/TC 213 est créé. Des représentants américains du comité ASME Y14.5 ont participé aux réunions du comité ISO jusqu'en 1999, après quoi ils ont cessé d'y assister en raison de controverses liées à la définition de certains concepts géométriques dans les deux systèmes normatifs, qui adoptent des approches très différentes, malgré certaines analogies apparentes.

4.2 Le modèle matriciel GPS

L'objectif du nouveau langage était d'exprimer et de transmettre, de manière formelle rigoureuse, toutes les exigences fonctionnelles des produits, afin de garantir fonctionnalité, fiabilité, vérifiabilité et interchangeabilité. Le GPS est considéré comme un langage partagé entre des mondes souvent séparés que sont le monde de la conception, de la production et du contrôle et, pour la première fois dans l'histoire des normes, il confronte les concepteurs aux métrologues. Le document de plan directeur ISO/TR 14638:1995, qui a été publié en 1995 en tant que résumé des travaux du groupe conjoint d'harmonisation, a été rédigé pour définir les lignes directrices de l'ISO/TC 213. En fait, le plan directeur, qui a été ultérieurement approuvé en tant que norme GPS mondiale, ratifie le nouveau paradigme de classification des normes GPS. L'ensemble du système est connu sous le nom de «GPS Matrix Model», et il assume le rôle de «contenant» des normes GPS en agissant comme une matrice dans laquelle les lignes se réfèrent aux propriétés géométriques du produit (par exemple, le forme ou lieu), tandis que les colonnes représentent les liens ou, en d'autres termes, un domaine d'application spécifique des normes dans le cadre du cycle de développement d'un produit, de sa conception à son contrôle final (Fig. 4.2) .

Un tableau est formé en croisant ces dimensions : la matrice GPS, dans laquelle chaque norme est caractérisée par 2 coordonnées (les propriétés et l'étape de fabrication). Une norme peut souvent faire référence à plusieurs propriétés ou à différentes étapes du processus de production ; il peut donc occuper une zone de la matrice et pas seulement une cellule. Chaque étalon du système comprend une pièce jointe finale avec l'emplacement exact de l'étalon dans la matrice, qui est indiqué par un point plein (Fig. 4.3).

Dans le nouveau plan directeur décrit dans la norme ISO 14638 de 2015, les normes GPS sont classées comme suit :

1. Fondamentaux, c'est-à-dire des normes qui définissent les règles et principes qui s'appliquent à toutes les catégories et qui occupent tous les segments de la matrice (ISO 8015, ISO 14638).
2. Générales, c'est-à-dire les normes ISO GPS qui s'appliquent à une ou plusieurs catégories de propriétés géométriques, et à un ou plusieurs maillons de chaîne, mais qui sont fondamentales (ISO 1101, ISO 5459).

Table 1 — ISO GPS Standards matrix model

	Chain links						
	A	B	C	D	E	F	G
	Symbols and indications	Feature requirements	Feature properties	Conformance and non-conformance	Measurement	Measurement equipment	Calibrations
Size	Geometrical features			Comparison			
Distance							
Form							
Orientation							
Location							
Run-out	Specification						Verification
Profile surface texture							
Areal surface texture							
Surface imperfections							

Fig. 4.2 Modèle matriciel GPS de la norme ISO 14638:2015 où les lignes font référence à une caractéristique géométrique spécifique du produit, tandis que les colonnes représentent les environnements d'application des normes dans le contexte du cycle de développement du produit

	Chain links						
	A	B	C	D	E	F	G
	Symbols and indications	Feature requirements	Feature properties	Conformance and non-conformance	Measurement	Measurement equipment	Calibration
Size							
Distance							
Form	●	●	●				
Orientation	●	●	●				
Location	●	●	●				
Run-out	●	●	●				
Profile surface texture							
Areal surface texture							
Surface imperfections							

Fig. 4.3 Chaque norme est caractérisée par 2 coordonnées dans la matrice, mais peut souvent faire référence à plus d'une propriété, ou à différentes étapes du processus de production, et peut donc occuper une zone de la matrice plutôt qu'un seul compartiment, comme c'est le cas le cas de l'ISO 1101 de 2017

3. Complémentaires, c'est-à-dire les normes ISO GPS qui font référence à des processus de fabrication spécifiques (par exemple, le tournage) ou à des éléments de machine spécifiques (par exemple, des boulons).

La hiérarchie d'applicabilité a été conçue de manière à ce que les normes les plus élevées (générales) s'appliquent également aux normes les plus basses (spécifiques). Par exemple, il n'est pas nécessaire de spécifier la température de référence dans la norme ISO 1101 (tolérance géométrique générale) car la norme UNI ISO 1 (fondamentale) est valide.