
NORME INTERNATIONALE 1151/V

INTERNATIONAL ORGANIZATION FOR STANDARDIZATION • МЕЖДУНАРОДНАЯ ОРГАНИЗАЦИЯ ПО СТАНДАРТИЗАЦИИ • ORGANISATION INTERNATIONALE DE NORMALISATION

Termes et symboles de la mécanique du vol — Partie V : Grandeurs utilisées dans les mesures

Terms and symbols for flight dynamics — Part V : Quantities used in measurements

Première édition — 1974-02-15

N° de référence modifié 1976-08-15

CDU 629.7.015 : 003.62

Réf. n° : ISO 1151/V-1974 (F)

Descripteurs : vol, caractéristique de vol, altitude, unité de mesure, symbole, vocabulaire.

Prix basé sur 7 pages

AVANT-PROPOS

ISO (Organisation Internationale de Normalisation) est une fédération mondiale d'organismes nationaux de normalisation (Comités Membres ISO). L'élaboration de Normes Internationales est confiée aux Comités Techniques ISO. 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.

La Norme Internationale ISO 1151/V (précédemment ISO 2765) a été établie par le Comité Technique ISO/TC 20, *Aéronautique et espace*, et soumise aux Comités Membres en juillet 1972.

Elle a été approuvée par les Comités Membres des pays suivants :

Afrique du Sud, Rép. d'	Inde	Royaume-Uni
Allemagne	Italie	Tchécoslovaquie
Autriche	Japon	Thaïlande
Belgique	Mexique	Turquie
Brésil	Nouvelle-Zélande	U.R.S.S.
Egypte, Rép. arabe d'	Pays-Bas	
France	Roumanie	

Aucun Comité Membre n'a désapprouvé le document.

© Organisation Internationale de Normalisation, 1974 •

Imprimé en Suisse

La Norme Internationale ISO 1151/V, *Termes et symboles de la mécanique du vol – Partie V : Grandeurs utilisées dans les mesures*, est la cinquième d'une série de Normes Internationales dont l'objet est de définir les principaux termes utilisés en mécanique du vol et de déterminer les symboles correspondants.

Les autres Normes Internationales de cette série qui, dans l'avenir, sera encore prolongée, sont actuellement les suivantes :

ISO 1151/I, *Termes et symboles de la mécanique du vol – Partie I : Mouvement de l'avion par rapport à l'air*.

ISO 1151/II, *Termes et symboles de la mécanique du vol – Partie II : Mouvements de l'avion et de l'atmosphère par rapport à la Terre*.

ISO 1151/III, *Termes et symboles de la mécanique du vol – Partie III : Dérivées des forces, des moments et de leurs coefficients*.

ISO 1151/IV, *Termes et symboles de la mécanique du vol – Partie IV : Paramètres utilisés dans l'étude de la stabilité et du pilotage des avions*.

ISO 1151/VI, *Termes et symboles de la mécanique du vol – Partie VI : Géométrie de l'avion*.

Dans ces Normes Internationales, le terme « avion » désigne un aérodyne possédant un plan de symétrie « avant-arrière ». Ce plan est déterminé par les caractéristiques géométriques de l'avion. Lorsqu'il y a plus d'un plan de symétrie « avant-arrière », le plan de symétrie de référence est arbitraire, et il est nécessaire d'en préciser le choix.

Les angles de rotation, les vitesses angulaires et les moments autour d'un axe sont positifs dans le sens d'horloge, pour un observateur regardant dans la direction positive de cet axe.

Tous les trièdres utilisés sont trirectangles et directs, c'est-à-dire qu'une rotation dans le sens d'horloge (positive) de $\pi/2$ autour de l'axe x amène l'axe y dans la position précédemment occupée par l'axe z .

La surface de la Terre est assimilée à un plan.

Numérotation des chapitres et paragraphes

Chacune de ces Normes Internationales constitue une partie de l'ensemble de l'étude des termes et symboles de la mécanique du vol.

Dans le but de faciliter l'indication des références d'un chapitre ou d'un paragraphe d'une partie à une autre, il a été adopté une numérotation décimale commençant, dans chaque Norme Internationale, par le numéro de la partie qu'elle constitue.

TABLE DES MATIÈRES

	Page
5.0 Introduction	1
5.1 Caractéristiques fondamentales de l'atmosphère	1
5.2 Altitudes géométrique et géopotentielle	2
5.3 Altitudes conventionnelles liées à une atmosphère type	2
5.4 Grandeurs théoriques	3
5.5 Grandeurs mesurées liées au mouvement de l'avion dans l'atmosphère . . .	4
5.6 Vitesses et nombres de Mach	4
Appendice – <u>Dénominations utilisées pour les différences de pressions dans certains pays</u>	7

Termes et symboles de la mécanique du vol – Partie V : Grandeurs utilisées dans les mesures

5.0 INTRODUCTION

La présente Norme Internationale traite des grandeurs utilisées dans les mesures en vol, comme suit :

- a) les grandeurs caractérisant l'atmosphère (5.1);
- b) les altitudes fondamentales (5.2);
- c) les altitudes dépendant des valeurs locales des paramètres atmosphériques (5.3);
- d) les grandeurs théoriques nécessaires à la détermination de la vitesse de l'avion (5.4);
- e) les valeurs de certaines grandeurs de 5.4 relevées à la sortie de la chaîne de mesure (5.5);
- f) les vitesses et nombres de Mach (5.6).

5.1 CARACTÉRISTIQUES FONDAMENTALES DE L'ATMOSPHÈRE

Parmi les paramètres physiques qui caractérisent l'atmosphère en un point donné, les plus importants sont les suivants.

N°	Dénomination	Définition	Symbole
5.1.1	Pression (de l'air)	Pression de l'air en un point donné de l'atmosphère, mesurée par un instrument parfait, immobile par rapport à l'air.	p
5.1.2	Température (de l'air)	Température thermodynamique de l'air en un point donné de l'atmosphère, mesurée par un instrument parfait, immobile par rapport à l'air.	T
5.1.3	Masse volumique (de l'air)	Masse de l'unité de volume de l'air en un point donné de l'atmosphère.	ρ
5.1.4	Densité (de l'air)	Rapport de la masse volumique (de l'air) (5.1.3), en un point donné de l'atmosphère, à une masse volumique de référence. Généralement, cette masse volumique de référence est la masse volumique de l'air au niveau de la mer dans l'atmosphère type choisie. En utilisant l'Atmosphère Type ISO ¹⁾ : $\sigma = \frac{\rho}{\rho_n} \text{ avec } \rho_n = 1,225 \text{ kg}\cdot\text{m}^{-3}$	σ ou ρ^*

1) Voir ISO 2533.

5.2 ALTITUDES GÉOMÉTRIQUE ET GÉOPOTENTIELLE

N°	Dénomination	Définition	Symbole
5.2.1	Altitude géométrique	Distance d'un point donné au plan horizontal du niveau moyen de la mer. Positive pour des points situés au-dessus du niveau moyen de la mer.	h ou Z_g NOTE – Lorsqu'il n'y a pas de confusion possible avec Z (1.5.2), l'indice g peut être supprimé.
5.2.2	Altitude géopotentielle	L'altitude géopotentielle d'un point P, d'altitude géométrique $h(P)$ (5.2.1) est donnée par la relation : $H = \frac{1}{g_n} \int_0^{h(P)} g(h) dh$ où $g(h)$ est l'accélération de la pesanteur définie dans l'atmosphère type utilisée (ISO 2533) en fonction de l'altitude géométrique h (5.2.1); g_n est l'accélération normalisée de la pesanteur, l'intégrale étant calculée le long de la verticale passant par le point P. $(g_n = 9,806\ 65\ \text{m}\cdot\text{s}^{-2}$ d'après l'ISO 2533.) NOTE – S'il y a un risque de confusion avec les altitudes définies en géodésie, il peut être nécessaire d'ajouter un qualificatif à la dénomination.	H

5.3 ALTITUDES CONVENTIONNELLES LIÉES À UNE ATMOSPHÈRE TYPE

La définition d'un certain nombre de grandeurs intéressant les mesures en vol repose sur la notion d'une atmosphère type. Une telle atmosphère est supposée être constituée d'un gaz parfait, de masse molaire connue, en équilibre aérostatique.

Les lois de variation de la température et de la composition du gaz avec l'altitude géopotentielle (5.2.2) étant choisies conventionnellement, les lois de variation avec l'altitude géopotentielle des différents paramètres physiques qui caractérisent l'atmosphère type, s'en déduisent.

Le choix de l'atmosphère type n'entre pas dans le cadre de la présente Norme Internationale.

Les définitions qui suivent sont indépendantes de l'atmosphère type adoptée.

N°	Dénomination	Définition	Symbole
5.3.1	Altitude-pression	Altitude géopotentielle (5.2.2) où, dans l'atmosphère type choisie, la pression est égale à la pression (de l'air) (5.1.1) au point considéré.	H_p
5.3.2	Altitude-température	Altitude géopotentielle (5.2.2) où, dans l'atmosphère type choisie, la température est égale à la température (de l'air) (5.1.2) au point considéré.	H_T
5.3.3	Altitude-masse volumique	Altitude géopotentielle (5.2.2) où, dans l'atmosphère type choisie, la masse volumique est égale à la masse volumique (de l'air) (5.1.3) au point considéré.	H_ρ

NOTE – Des définitions analogues peuvent être données à partir de l'altitude géométrique. Les symboles correspondants sont : h_p , h_T , h_ρ

5.4 GRANDEURS THÉORIQUES

La détermination de la vitesse et de l'altitude de l'avion exige la définition de grandeurs théoriques relatives au mouvement d'un point dans l'atmosphère.

N°	Dénomination	Définition	Symbole
5.4.1	Pression statique. NOTE — Si aucune ambiguïté n'est à craindre, le qualificatif «statique» peut être supprimé.	Pression (de l'air) (5.1.1) en un point de l'atmosphère coïncidant avec la position instantanée du point mobile.	p_s NOTE — Si aucune ambiguïté n'est à craindre, l'indice «s» peut être supprimé.
5.4.2	Température statique NOTE — Si aucune ambiguïté n'est à craindre, le qualificatif «statique» peut être supprimé.	Température (de l'air) (5.1.2) en un point de l'atmosphère coïncidant avec la position instantanée du point mobile.	T_s NOTE — Si aucune ambiguïté n'est à craindre, l'indice «s» peut être supprimé.
5.4.3	Pression génératrice ou Pression d'arrêt isentropique	Pression de l'air amené à vitesse nulle par rapport au point mobile par un processus isentropique (adiabatique et réversible).	p_i ou p_t
5.4.4	Pression génératrice derrière choc normal ou Pression d'arrêt isentropique derrière choc normal	Pression de l'air amené à vitesse nulle par rapport au point mobile en aval d'un choc normal par un processus isentropique (adiabatique et réversible).	p'_i ou p'_t
5.4.5	Pression d'arrêt	Pression de l'air amené à vitesse nulle par rapport au point mobile : — par un processus isentropique lorsque l'écoulement est subsonique, — par un processus isentropique en aval d'un choc normal lorsque l'écoulement est supersonique. NOTE — En subsonique : $p_p = p_i = p_t$ En supersonique : $p_p = p'_i = p'_t$	p_p
5.4.6	Température génératrice ou Température d'arrêt	Température thermodynamique de l'air amené à vitesse nulle par rapport au point mobile par un processus adiabatique.	T_i ou T_t
5.4.7	Pression cinétique	Quantité ayant les dimensions d'une pression, égale au demi-produit de la masse volumique (de l'air) (5.1.3) par le carré de la vitesse du point.	q

NOTE — Dans certains pays, des dénominations sont utilisées pour les différences suivantes :

$$p_i - p_s \text{ ou } p_t - p_s$$

$$p_p - p_s$$

(voir le tableau en appendice).

5.5 GRANDEURS MESURÉES LIÉES AU MOUVEMENT DE L'AVION DANS L'ATMOSPHERE

A partir des mesures de pression et de température obtenues à bord de l'avion, on peut déterminer les grandeurs définies en 5.4.

Le passage des «grandeurs mesurées» relevées à la sortie de la chaîne de mesure aux «grandeurs théoriques» correspondantes définies en 5.4 nécessite généralement deux types de corrections pour éliminer des erreurs de nature physique différente, à savoir :

- 1) les erreurs du système de mesure (capteur, transducteur, transmission, erreurs de lecture, etc.);
- 2) les erreurs aérodynamiques (dues au champ aérodynamique de l'avion, dues à l'orientation du capteur, etc.).

En conséquence, il est commode d'introduire des grandeurs intermédiaires entre les grandeurs mesurées et les grandeurs théoriques définies en 5.4 de façon à pouvoir effectuer successivement ces deux types de corrections. Les grandeurs intermédiaires sont désignées par les symboles p_{sb} , p_{pb} , T_{ib} ou T_{tb} ; les grandeurs mesurées sont désignées par les symboles p_{si} , p_{pi} , T_{ii} ou T_{ti} avec les définitions qui suivent.

N°	Dénomination	Définition	Symbole
5.5.1	Pression statique mesurée	Pression mesurée à la sortie de la chaîne de mesure de pression statique.	p_{si}
5.5.2	Pression d'arrêt mesurée	Pression mesurée à la sortie de la chaîne de mesure de pression d'arrêt.	p_{pi}
5.5.3	Température génératrice mesurée ou Température d'arrêt mesurée	Température thermodynamique mesurée à la sortie de la chaîne de mesure de température d'arrêt.	T_{ii} ou T_{ti}

5.6 VITESSES ET NOMBRES DE MACH

A partir des mesures de pression et de température obtenues à bord de l'avion (5.5) et des grandeurs définies en 5.4, on peut déterminer les grandeurs définies en 5.6.

Le passage de la vitesse (conventionnelle) indiquée (5.6.2) à la vitesse conventionnelle (5.6.1) et du nombre de Mach indiqué (5.6.4) au nombre de Mach (1.3.3) nécessite généralement deux types de corrections pour éliminer des erreurs de nature physique différente, à savoir :

- 1) les erreurs du système de mesure (capteur, transducteur, transmission, erreurs de lecture, etc.).
- 2) les erreurs aérodynamiques (dues au champ aérodynamique de l'avion, dues à l'orientation du capteur, etc.).

En conséquence, il est commode d'introduire des grandeurs intermédiaires permettant d'effectuer successivement ces deux types de corrections. Ces grandeurs intermédiaires sont désignées par les symboles V_{cb} (ou V_b) et M_b ; elles seraient lues respectivement sur un indicateur de vitesse et un machmètre si les pressions intermédiaires symbolisées par p_{pb} et p_{sb} leur étaient appliquées.

N°	Dénomination	Définition	Symbole
5.6.1	Vitesse conventionnelle	<p>Vitesse définie à partir de la différence entre la pression d'arrêt (5.4.5) et la pression statique (5.4.1), par l'une ou l'autre des relations théoriques suivantes :</p> $p_p - p_s = p_n \left[\left(1 + \frac{\gamma - 1}{2} \frac{V_c^2}{\gamma R T_n} \right)^{\gamma/(\gamma - 1)} - 1 \right]$ <p>si $V_c \leq \sqrt{\gamma R T_n} = a_n = 340,294 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$</p> $p_p - p_s = p_n \left\{ \left(\frac{\gamma + 1}{2} \frac{V_c^2}{\gamma R T_n} \right)^{\gamma/(\gamma - 1)} \left[1 + \frac{2\gamma}{\gamma + 1} \left(\frac{V_c^2}{\gamma R T_n} - 1 \right) \right]^{1/(1 - \gamma)} - 1 \right\}$ <p>si $V_c > \sqrt{\gamma R T_n} = a_n = 340,294 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$</p> <p>avec, par convention :</p> <p>γ (quelquefois désigné par κ) = 1,400</p> <p>$R = 287,052 \text{ 87 J}\cdot\text{K}^{-1}\cdot\text{kg}^{-1}$</p> <p>$p_n = 101 \text{ 325 N}\cdot\text{m}^{-2}$</p> <p>$T_n = 288,15 \text{ K}$</p> <p>Ces formules sont utilisées pour la graduation des indicateurs de vitesse. En conséquence, la vitesse conventionnelle est égale à la vitesse-air (1.3.1) si l'air se comporte comme un gaz parfait pour lequel les valeurs réelles de γ (rapport des chaleurs massiques) et de R (constante des gaz pour l'air) correspondent aux valeurs introduites ci-dessus, et si</p> $p_s = p_n$ <p>et $T_s = T_n$</p> <p>NOTE — a_n, p_n et T_n sont respectivement les valeurs normalisées de la célérité du son, de la pression, et de la température thermodynamique, au niveau de la mer.</p>	V_c
5.6.2	Vitesse (conventionnelle) indiquée NOTE — Si aucune ambiguïté n'est à craindre, le qualificatif «conventionnelle» peut être supprimé.	Vitesse lue sur un indicateur de vitesse utilisant la pression d'arrêt mesurée p_{pi} (5.5.2) et la pression statique mesurée p_{si} (5.5.1) et gradué suivant les relations théoriques données en 5.6.1.	V_{ci} NOTE — Si aucune ambiguïté n'est à craindre, l'indice «c» peut être supprimé.
5.6.3	Équivalent de vitesse	Produit de la vitesse-air (1.3.1) par la racine carrée de la densité (de l'air) (5.1.4) soit $V_e = V\sqrt{\sigma}$	V_e NOTE — S'il y a risque de confusion avec le symbole de la vitesse de référence (3.3.1), un autre symbole sera utilisé.

NOTE — S'il y a risque de confusion entre les différentes vitesses définies ci-dessus et la vitesse-air définie en 1.3.1, le terme «true airspeed» peut être utilisé en anglais au lieu de «airspeed».

N°	Dénomination	Définition	Symbole
5.6.4	Nombre de Mach indiqué	<p>Nombre de Mach lu sur un machmètre utilisant la pression d'arrêt mesurée p_{Pi} (5.5.2) et la pression statique mesurée p_{Si} (5.5.1) et gradué suivant les relations théoriques suivantes :</p> <p>a) $M \leq 1$</p> $\frac{p_P}{p_s} = \left[1 + \frac{\gamma - 1}{2} M^2 \right]^{\gamma/(\gamma - 1)}$ <p>b) $M > 1$</p> $\frac{p_P}{p_s} = \left(\frac{\gamma + 1}{2} M^2 \right)^{\gamma/(\gamma - 1)} \left[1 + \frac{2\gamma}{\gamma + 1} (M^2 - 1) \right]^{1/(1 - \gamma)}$ <p>avec γ (quelquefois désigné par κ) = 1,400</p>	M_i