



Termes et symboles de la mécanique du vol — Partie I : mouvement de l'avion par rapport à l'air

Première édition — 1972-12-15

*révisé
voir*

2^{ème} édition

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 (précédemment projet N° 2117) a été établie par le Comité Technique ISO/TC 20, *Aéronautique et espace*.

Elle fut approuvée en avril 1971 par les Comités Membres des pays suivants :

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

Aucun Comité Membre n'a désapprouvé le document.

Cette Norme Internationale annule et remplace la Recommandation ISO/R 1151-1969.

© Organisation Internationale de Normalisation, 1972 •

Imprimé en Suisse

La Norme Internationale ISO 1151, *Termes et symboles de la mécanique du vol – Partie I : Mouvement de l'avion par rapport à l'air*, est la première 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 sera, dans l'avenir, encore prolongée, sont actuellement les suivantes :

ISO 1152, *Termes et symboles de la mécanique du vol – Partie II : Mouvements de l'avion et de l'atmosphère par rapport à la Terre.*¹⁾

ISO 1153, *Termes et symboles de la mécanique du vol – Partie III : Dérivées des forces, des moments et de leurs coefficients.*

ISO 2764, *Termes et symboles de la mécanique du vol – Partie IV : Paramètres utilisés dans les études de stabilité et de pilotage des avions.*²⁾

ISO 2765, *Termes et symboles de la mécanique du vol – Partie V : Grandeurs utilisées dans les mesures.*²⁾

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 .

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.

1) En cours de transformation en Norme Internationale. (Actuellement, ISO/R 1152.)

2) Actuellement au stade de projet.

TABLE DES MATIÈRES

	page
1.0 Introduction	1
1.1 Trièdres	2
1.2 Angles	3
1.3 Vitesses et vitesses angulaires	4
1.4 Caractéristiques massiques, géométriques et dynamiques de l'avion .	6
1.5 Forces, moments, coefficients et facteurs de charge	8
1.6 Poussée, force aérodynamique (du planeur) et leurs composantes . .	10
1.7 Coefficients des composantes de la force aérodynamique (du planeur)	12
1.8 Braquages des gouvernes	13
1.9 Moments de charnière	15
<hr/>	
Figure 1 – Position angulaire du vecteur vitesse-air par rapport au trièdre avion	16
Figure 2 – Position angulaire du trièdre avion par rapport au trièdre normal terrestre porté par l'avion	17
Figure 3 – Position angulaire du trièdre aérodynamique par rapport au trièdre normal terrestre porté par l'avion	18
Appendice – Symboles des composantes de la force aérodynamique (du planeur) et des coefficients sans dimensions de ces composantes, en usage ou devant être utilisés dans différents pays.	19

Termes et symboles de la mécanique du vol – Partie I : mouvement de l'avion par rapport à l'air

1.0 INTRODUCTION

La présente Norme Internationale traite du mouvement de l'avion dans l'air immobile ou animé d'une vitesse uniforme.

La prise en considération approfondie des effets de l'aéroélasticité et de la courbure de la Terre nécessiterait un examen plus détaillé de certains aspects des définitions données, bien qu'elles aient été établies dans le but de pouvoir être utilisées dans le cas général. Les définitions des axes s'appliquent lorsque la surface de la Terre est assimilée à un plan, c'est-à-dire lorsque le rayon terrestre est considéré comme infini et, en ce qui concerne les axes du trièdre avion, lorsque l'avion est considéré comme un solide indéformable.

1.1 TRIÈDRES

N°	Dénomination	Définition	Symbole
1.1.1	Trièdre terrestre	Trièdre dont l'origine O_0 et les axes sont liés à la Terre et choisis suivant les besoins.	$x_0 y_0 z_0$
1.1.2	Trièdre normal terrestre	Trièdre terrestre (1.1.1) dont l'axe z_0 est orienté suivant la verticale descendante.	$x_0 y_0 z_0$ mais $x_g y_g z_g$ sont également admis.
1.1.3	Trièdre terrestre porté par l'avion	Trièdre équipollent au trièdre terrestre, dont l'origine O est un point de référence de l'avion, usuellement le centre de gravité.	$x_0 y_0 z_0$
1.1.4	Trièdre normal terrestre porté par l'avion	Trièdre équipollent au trièdre normal terrestre, dont l'origine O est un point de référence de l'avion, usuellement le centre de gravité.	$x_0 y_0 z_0$ mais $x_g y_g z_g$ sont également admis.
1.1.5	<p>Trièdre avion</p> <p>Axe longitudinal</p> <p>Axe transversal</p> <p>Axe normal</p>	<p>Trièdre lié à l'avion, dont l'origine O est un point de référence de l'avion, usuellement le centre de gravité, et constitué par l'axe longitudinal, l'axe transversal et l'axe normal, définis comme suit :</p> <p>Axe dans le plan de symétrie ou, si l'origine est située en dehors de celui-ci, dans le plan parallèle au plan de symétrie passant par l'origine. Il est orienté conventionnellement vers l'avant.</p> <p>Axe normal au plan de symétrie et orienté positivement vers le côté droit de l'avion.</p> <p>Axe situé dans le plan de symétrie ou, si l'origine est en dehors de celui-ci, dans le plan parallèle au plan de symétrie passant par l'origine, normal à l'axe longitudinal et orienté positivement vers le ventre de l'avion (vu à partir de l'origine O).</p>	<p>$x y z$</p> <p>x</p> <p>y</p> <p>z</p>
1.1.6	<p>Trièdre aérodynamique</p> <p>Axe x_a (axe aérodynamique)</p> <p>Axe y_a</p> <p>Axe z_a</p>	<p>Trièdre dont l'origine O est un point de référence de l'avion, usuellement le centre de gravité, et constitué par les axes suivants :</p> <p>Axe de direction et de sens confondus avec le vecteur vitesse-air (1.3.1).</p> <p>Axe normal à l'axe aérodynamique et à l'axe z_a défini ci-dessous; orienté positivement vers le côté droit de l'avion.</p> <p>Axe situé dans le plan de symétrie ou, si l'origine est en dehors de celui-ci, dans le plan parallèle au plan de symétrie passant par l'origine et normal à l'axe aérodynamique. Dans des conditions normales de vol, il est en conséquence orienté vers le ventre de l'avion (vu à partir de l'origine O).</p>	<p>$x_a y_a z_a$</p> <p>x_a</p> <p>y_a</p> <p>z_a</p>

1.2 ANGLES

Position angulaire du vecteur vitesse-air par rapport au trièdre avion (voir Figure 1).

N°	Dénomination	Définition	Symbole
1.2.1	Dérapiage	Angle du vecteur vitesse-air (1.3.1) avec le plan de symétrie de l'avion. Il est positif lorsque la composante du vecteur vitesse-air suivant l'axe transversal (1.1.5) est positive. Par convention $-\frac{\pi}{2} \leq \beta \leq \frac{\pi}{2}$	β
1.2.2	Incidence (angle d'attaque)	Angle entre l'axe longitudinal (1.1.5) et la projection du vecteur vitesse-air (1.3.1) sur le plan de symétrie de l'avion. Il est positif lorsque la composante du vecteur vitesse-air suivant l'axe normal (1.1.5) est positive. Par convention $-\pi < \alpha \leq \pi$	α

Passage du trièdre normal terrestre porté par l'avion au trièdre avion par les rotations Ψ , θ , Φ , définies ci-dessous et effectuées dans cet ordre (voir Figure 2).

NOTE — Des angles analogues peuvent être définis à partir de tout trièdre terrestre porté par l'avion. Les mêmes symboles Ψ , θ , Φ , avec des indices appropriés si nécessaire, peuvent être alors utilisés. Par contre, les dénominations : azimut, assiette longitudinale et angle de gîte se rapportent seulement au cas particulier où l'axe z_o est vertical.

N°	Dénomination	Définition	Symbole
1.2.3	Azimut	Rotation (positive si effectuée dans le sens des aiguilles d'une montre), autour de l'axe z_o (z_g) pour amener l'axe x_o (x_g) en coïncidence avec la projection de l'axe longitudinal (1.1.5) sur le plan horizontal contenant l'origine O .	Ψ
1.2.4	Assiette longitudinale	Rotation dans un plan vertical, faisant suite à la rotation Ψ (1.2.3) qui amène l'axe déplacé x_o (x_g) en coïncidence avec l'axe longitudinal (1.1.5). Positive quand l'axe x se trouve au-dessus du plan horizontal passant par l'origine O . Par convention $-\frac{\pi}{2} \leq \theta \leq \frac{\pi}{2}$	θ
1.2.5	Angle de gîte	Rotation (positive si effectuée dans le sens des aiguilles d'une montre), autour de l'axe longitudinal (1.1.5) qui amène l'axe déplacé y_o (y_g) dans sa position finale y à partir de la position atteinte après la rotation Ψ (1.2.3).	Φ

Passage du trièdre normal terrestre porté par l'avion au trièdre aérodynamique par les rotations χ_a , γ_a et μ_a définies ci-dessous et effectuées dans cet ordre (voir Figure 3).

N°	Dénomination	Définition	Symbole
1.2.6	Azimut aérodynamique	Rotation (positive si effectuée dans le sens des aiguilles d'une montre), autour de l'axe z_o (z_g) pour amener l'axe x_o (x_g) en coïncidence avec la projection de l'axe x_a du trièdre aérodynamique (1.1.6) sur le plan horizontal passant par l'origine O .	χ_a
1.2.7	Pente aérodynamique	Rotation dans un plan vertical, faisant suite à la rotation χ_a (1.2.6) qui amène l'axe déplacé x_o (x_g) en coïncidence avec l'axe x_a du trièdre aérodynamique (1.1.6). Elle est positive quand l'axe x_a se trouve au-dessus du plan horizontal passant par l'origine O . Par convention $-\frac{\pi}{2} \leq \gamma_a \leq \frac{\pi}{2}$	γ_a
1.2.8	Angle de gîte aérodynamique	Rotation (positive si effectuée dans le sens des aiguilles d'une montre), autour de l'axe x_a du trièdre aérodynamique (1.1.6) qui amène l'axe déplacé y_o (y_g) dans sa position finale y_a à partir de la position atteinte après la rotation χ_a (1.2.6).	μ_a

1.3 VITESSES ET VITESSES ANGULAIRES

N°	Dénomination	Définition	Symbole
1.3.1	Vitesse-air	Vecteur vitesse (module de ce vecteur) de l'origine O du trièdre avion (1.1.5) (usuellement le centre de gravité), par rapport à l'air non influencé par le champ aérodynamique de l'avion.	\vec{V} (V)
1.3.2	Célérité du son	Vitesse de propagation d'une onde sonore dans l'air ambiant non influencé par le champ aérodynamique de l'avion.	a
1.3.3	Nombre de Mach	Rapport du module de la vitesse-air (1.3.1) à la célérité du son (1.3.2). Il est égal à V/a	Symbole recommandé M . Toutefois, les symboles Ma et \mathcal{M} peuvent être utilisés s'il y a risque de confusion.

N°	Dénomination	Définition	Symbole
1.3.4	Composantes du vecteur vitesse-air	<p>Composantes du vecteur vitesse \vec{V} dans les différents trièdres utilisés.</p> <p>Dans les trièdres 1.1.1 à 1.1.4 :</p> <p>composante suivant l'axe x_0</p> <p>composante suivant l'axe y_0</p> <p>composante suivant l'axe z_0</p> <p>Dans le trièdre avion (1.1.5) :</p> <p>composante suivant l'axe longitudinal</p> <p>composante suivant l'axe transversal</p> <p>composante suivant l'axe normal</p> <p>NOTE – Dans le trièdre aérodynamique (1.1.6) la composante suivant l'axe x_a est $u_a = V$.</p>	<p>u_0</p> <p>v_0</p> <p>w_0</p> <p>u</p> <p>v</p> <p>w</p> <p>Pour certains calculs, les composantes du vecteur vitesse-air peuvent être notées V_i où i est un indice muet.</p>
1.3.5	Rotation instantanée	Vecteur rotation instantanée (module de ce vecteur) du trièdre avion (1.1.5) par rapport à la Terre.	$\vec{\Omega} (\Omega)$
1.3.6	<p>Composantes de la rotation instantanée</p> <p>Vitesse de roulis</p> <p>Vitesse de tangage</p> <p>Vitesse de lacet</p>	<p>Composantes du vecteur rotation instantanée $\vec{\Omega}$ dans les différents trièdres utilisés.</p> <p>Dans les trièdres 1.1.1 à 1.1.4 :</p> <p>composante suivant l'axe x_0</p> <p>composante suivant l'axe y_0</p> <p>composante suivant l'axe z_0</p> <p>Dans le trièdre avion (1.1.5) :</p> <p>composante suivant l'axe longitudinal</p> <p>composante suivant l'axe transversal</p> <p>composante suivant l'axe normal</p>	<p>p_0</p> <p>q_0</p> <p>r_0</p> <p>p</p> <p>q</p> <p>r</p> <p>Pour certains calculs, les composantes de la rotation instantanée peuvent être notées Ω_i où i est un indice muet.</p>

N°	Dénomination	Définition	Symbole
1.3.7	Vitesses angulaires réduites	Formes sans dimension des composantes du vecteur rotation instantanée (1.3.5), définies de la façon suivante :	
	Vitesse réduite de roulis	Dans le trièdre avion (1.1.5) : $\frac{pl}{V}$	ρ^*
	Vitesse réduite de tangage	$\frac{ql}{V}$	q^*
	Vitesse réduite de lacet	$\frac{rl}{V}$	r^*
		où l est la longueur de référence (1.4.6). Des grandeurs réduites similaires peuvent être définies de façon analogue pour les autres systèmes d'axes.	Des grandeurs analogues peuvent être définies à partir d'une vitesse de référence constante et non de V (1.3.1). Elles nécessitent des symboles différents.

1.4 CARACTÉRISTIQUES MASSIQUES, GÉOMÉTRIQUES ET DYNAMIQUES DE L'AVION

N°	Dénomination	Définition	Symbole
1.4.1	Masse de l'avion	Masse instantanée de l'avion	m
1.4.2	Moments d'inertie	Moments d'inertie de l'avion par rapport aux axes du trièdre avion $x y z$ (1.1.5). Moment d'inertie par rapport à l'axe longitudinal : $\int (y^2 + z^2) dm$ Moment d'inertie par rapport à l'axe transversal : $\int (z^2 + x^2) dm$ Moment d'inertie par rapport à l'axe normal : $\int (x^2 + y^2) dm$	I_x I_y I_z (A, B, C sont également admis).
1.4.3	Produits d'inertie	Produits d'inertie de l'avion par rapport aux axes du trièdre avion $x y z$ (1.1.5). Soit : $\int yz dm$ $\int zx dm$ $\int xy dm$	I_{yz} I_{zx} I_{xy} (D, E, F sont également admis).
1.4.4	Rayons de giration	Racine carrée du quotient du moment d'inertie par la masse de l'avion (1.4.1) : pour l'axe longitudinal (1.1.5) $\sqrt{I_x/m}$ pour l'axe transversal (1.1.5) $\sqrt{I_y/m}$ pour l'axe normal (1.1.5) $\sqrt{I_z/m}$	r_x r_y r_z

N°	Dénomination	Définition	Symbole
1.4.5	Surface de référence	<p>Surface conventionnellement choisie pour définir différentes grandeurs non dimensionnelles; généralement pour un avion : surface de l'aile prolongée à l'intérieur du fuselage et des fuseaux.</p> <p>NOTE — Les coefficients de moments de charnière ne sont pas usuellement définis en utilisant cette surface de référence.</p>	S
1.4.6	Longueur de référence	<p>Longueur conventionnellement choisie pour définir des coefficients non dimensionnels de moments aérodynamiques et différentes grandeurs réduites. Dans un document donné, cette longueur a une valeur constante bien définie. Si l'on n'adopte pas une longueur ayant une signification aérodynamique, la longueur choisie doit avoir une définition géométrique simple et doit pouvoir être matérialisée facilement.</p> <p>NOTE — Les coefficients de moments de charnière ne sont pas usuellement définis en utilisant cette longueur de référence.</p>	l
1.4.7	Envergure de l'aile	Distance comprise entre les deux plans parallèles au plan de symétrie tangents aux extrémités de l'aile.	b
1.4.8	Masse réduite	<p>Coefficient sans dimension, défini de la façon suivante :</p> $\frac{m}{\frac{1}{2} \rho_e S l}$ <p>où</p> <p><i>m</i> est la masse de l'avion (1.4.1);</p> <p>ρ_e est une masse volumique de référence (de l'air) (3.3.2);</p> <p><i>S</i> est la surface de référence (1.4.5);</p> <p><i>l</i> est la longueur de référence (1.4.6).</p>	$\mu (m^*)$
1.4.9	Temps dynamique unitaire	<p>Grandeur définie de la façon suivante :</p> $\frac{m}{\frac{1}{2} \rho_e V_e S} = \frac{\mu l}{V_e}$ <p>où</p> <p><i>m</i> est la masse de l'avion (1.4.1);</p> <p>ρ_e est une masse volumique de référence (de l'air) (3.3.2);</p> <p>V_e est une vitesse de référence (3.3.1);</p> <p><i>S</i> est la surface de référence (1.4.5);</p> <p><i>l</i> est la longueur de référence (1.4.6);</p> <p>μ est la masse réduite (1.4.8).</p>	τ
1.4.10	Temps aérodynamique unitaire	<p>Grandeur définie de la façon suivante :</p> $\frac{l}{V_e}$ <p>où</p> <p><i>l</i> est la longueur de référence (1.4.6);</p> <p>V_e est une vitesse de référence (3.3.1).</p>	τ_A