



## Atmosphère Type

(identique aux atmosphères standard de l'OACI et de l'OMM entre – 2 et 32 km)

*Standard Atmosphere*

*(identical with the ICAO and WMO Standard Atmospheres from – 2 to 32 km)*

*Стандартная атмосфера*

*(от – 2 до 32 км идентична стандартным атмосферам ИКАО и ВМО)*

**iTeh STANDARD PREVIEW**

**(standards.iteh.ai)**

Première édition – 1975-05-15

ISO 2533:1975

<https://standards.iteh.ai/catalog/standards/sist/02a8e2e4-d0de-4645-8216-79923f05d24e/iso-2533-1975>

## AVANT-PROPOS

L'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 2533 a été établie par le Comité Technique ISO/TC 20, *Aéronautique et espace*, et soumise aux Comités Membres en avril 1972. [Les tableaux de l'Atmosphère Type ISO provisoire (voir page (iii)), distribués séparément, comme Additif I, aux Comités Membres en août 1972, ont été maintenant incorporés dans le présent document.]

ISO 2533:1975

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

Afrique du Sud, Rép. d'*	Inde*	Royaume-Uni*
Allemagne*	Irlande*	Tchécoslovaquie*
Autriche*	Japon	Thaïlande*
Belgique*	Nouvelle-Zélande*	Turquie*
Brésil	Pays-Bas*	U.R.S.S.*
Égypte, Rép. arabe d'*	Portugal	U.S.A.*
France*	Roumanie*	

\* ont également approuvé l'Additif 1.

Aucun Comité Membre n'a désapprouvé le document.

NOTE — Les Organisations Internationales suivantes ont pris part aux discussions relatives à cette Norme Internationale aux divers stades de son développement :

Organisation de l'Aviation Civile Internationale (OACI),  
Organisation Météorologique Mondiale (OMM).

© Organisation Internationale de Normalisation, 1975 ●

Imprimé en Suisse

Les caractéristiques de l'Atmosphère Type ISO ont été calculées en fonction des altitudes géométriques et géopotentielle comprises entre – 2 000 et 50 000 m, sur la base des atmosphères standard de l'OACI 1964 et des Etats-Unis 1962, qui, pour ces altitudes, ont été reconnues comme les plus représentatives, ayant en vue la comparaison des normes nationales, internationales et des recommandations existantes pour l'atmosphère [1-4], [6-7] avec les résultats des recherches récentes.

Les données de ces recherches sont utilisées pour le calcul des caractéristiques de l'atmosphère pour les altitudes de 50 000 jusqu'à 80 000 m, représentant l'Atmosphère Type ISO provisoire.

## **iTeh STANDARD PREVIEW** **(standards.iteh.ai)**

[ISO 2533:1975](https://standards.iteh.ai/catalog/standards/sist/02a8e2e4-d0de-4645-8216-79923f05d24e/iso-2533-1975)

<https://standards.iteh.ai/catalog/standards/sist/02a8e2e4-d0de-4645-8216-79923f05d24e/iso-2533-1975>

## SOMMAIRE

	Page
<b>1 Objet et domaine d'application</b> . . . . .	1
<b>2 Hypothèses fondamentales et formules de calcul</b> . . . . .	1
2.1 Constantes et paramètres principaux . . . . .	1
2.2 Équation d'équilibre statique et loi des gaz parfaits . . . . .	2
2.3 Altitude géopotentielle et altitude géométrique; accélération de la pesanteur . . . . .	2
2.4 Composition de l'atmosphère et masse molaire . . . . .	2
2.5 Caractéristiques physiques de l'atmosphère au niveau moyen de la mer . . . . .	3
2.6 Température et gradient vertical de température . . . . .	3
2.7 Pression . . . . .	4
2.8 Masse volumique et poids spécifique . . . . .	4
2.9 Altitude en échelle barométrique . . . . .	4
2.10 Concentration des particules d'air . . . . .	4
2.11 Vitesse moyenne des particules d'air . . . . .	4
2.12 Libre parcours moyen des particules d'air . . . . .	4
2.13 Fréquence des chocs des particules d'air . . . . .	4
2.14 Vitesse du son . . . . .	4
2.15 Viscosité dynamique . . . . .	5
2.16 Viscosité cinématique . . . . .	5
2.17 Conductivité thermique . . . . .	5
<b>3 Tableaux de l'atmosphère type ISO</b> . . . . .	5

iTeh STANDARD PREVIEW

(standards.iteh.ai)

ISO 2533:1975

[https://standards.iteh.ai/catalog/standards/sist/02a8e2e4-d0de-4645-8216-](https://standards.iteh.ai/catalog/standards/sist/02a8e2e4-d0de-4645-8216-79923f05d24e/iso-2533-1975)

[79923f05d24e/iso-2533-1975](https://standards.iteh.ai/catalog/standards/sist/02a8e2e4-d0de-4645-8216-79923f05d24e/iso-2533-1975)

# Atmosphère Type

(identique aux atmosphères standard de l'OACI et de l'OMM entre - 2 et 32 km)

## 1 OBJET ET DOMAINE D'APPLICATION

La présente Norme Internationale spécifie les caractéristiques d'une Atmosphère Type ISO et est prévue pour utilisation dans les calculs et l'étude de projets d'aéronefs, pour présenter, dans des conditions identiques, les résultats des essais des aéronefs et de leurs éléments, et permettre une unification dans le domaine de l'étude et de l'étalonnage des instruments. Son utilisation est également recommandée pour le traitement des résultats des observations géophysiques et météorologiques.

## 2 HYPOTHÈSES FONDAMENTALES ET FORMULES DE CALCUL

### 2.1 Constantes et paramètres principaux

Les tableaux de l'Atmosphère Type ISO ont été calculés dans l'hypothèse selon laquelle l'air est un gaz parfait, propre et sec; ils sont également basés sur les valeurs initiales conventionnelles pour la température, la pression et la masse volumique de l'air au niveau moyen de la mer. Les constantes et les caractéristiques de base suivantes sont utilisées dans les calculs, et leurs valeurs numériques sont données dans le tableau 1 :

$g_n$  — accélération normalisée due à la pesanteur. Elle correspond à la latitude  $\varphi = 45^\circ 32' 33''$  d'après l'équation de Lambert de l'accélération de la pesanteur en fonction de la latitude  $\varphi$  [5] :

$$g_\varphi = 9,806\ 16 (1 - 0,002\ 637\ 3 \cos 2\varphi + 0,000\ 005\ 9 \cos^2 2\varphi)$$

$M$  — masse molaire de l'air au niveau de la mer, obtenue à partir de l'équation d'état des gaz parfaits (2) lors de la substitution des valeurs admises  $\rho_n, \rho_n, T_n, R^*$  (voir tableau 1);

$N_A$  — constante d'Avogadro, calculée à partir de la valeur de la masse atomique du nuclide  $^{12}\text{C} = 12,000$ , adoptée en 1961 par le Congrès de l'Union Internationale de Chimie Pure et Appliquée comme l'unité de base de la masse atomique;

$\rho_n$  — pression normale de l'air;

$R^*$  — constante universelle des gaz;

$R$  — constante spécifique des gaz;

$S$  et  $\beta_s$  — coefficients empiriques de Sutherland dans l'équation de la viscosité dynamique;

$T_o$  — température thermodynamique du point de fusion de la glace au niveau moyen de la mer;

$T_n$  — température thermodynamique normale de l'air au niveau moyen de la mer;

$t_o$  — température Celsius de fusion de la glace au niveau moyen de la mer;

$t_n$  — température Celsius normale de l'air au niveau moyen de la mer;

$\kappa = \frac{c_p}{c_v}$  — indice adiabatique, rapport des chaleurs spécifiques de l'air à pression constante et à volume constant;

$\rho_n$  — masse volumique normale de l'air;

$\sigma$  — diamètre effectif des molécules d'air lors des chocs; supposé constant pour toutes les altitudes.

TABEAU 1 — Constantes et caractéristiques de base adoptées dans le calcul de l'Atmosphère Type ISO

Symbole	Valeur	Unité de mesure
$g_n$	9,806 65	$\text{m} \cdot \text{s}^{-2}$
$M$	28,964 420	$\text{kg} \cdot \text{kmol}^{-1}$
$N_A$	$602,257 \times 10^{24}$	$\text{kmol}^{-1}$
$\rho_n$	$101,325 \times 10^3$	Pa
	$1,013\ 250 \times 10^3$	mbar
	760	mmHg
$R^*$	8 314,32	$\text{J} \cdot \text{K}^{-1} \cdot \text{kmol}^{-1}$ ou $\text{kg} \cdot \text{m}^2 \cdot \text{s}^{-2} \cdot \text{K}^{-1} \cdot \text{kmol}^{-1}$
$R$	287,052 87	$\text{J} \cdot \text{K}^{-1} \cdot \text{kg}^{-1}$ ou $\text{m}^2 \cdot \text{K}^{-1} \cdot \text{s}^{-2}$
$S$	110,4	K
$T_o$	273,15	K
$T_n$	288,15	K
$t_o$	0,00	°C
$t_n$	15,00	°C
$\beta_s$	$1,458 \times 10^{-6}$	$\text{kg} \cdot \text{m}^{-1} \cdot \text{s}^{-1} \cdot \text{K}^{-1/2}$
$\kappa$	1,4	sans dimension
$\rho_n$	1,225	$\text{kg} \cdot \text{m}^{-3}$
$\sigma$	$0,365 \times 10^{-9}$	m

**2.2 Équation d'équilibre statique et loi des gaz parfaits**

L'atmosphère, immobile par rapport à la Terre, est soumise à la pesanteur. La condition d'équilibre statique de l'air est déterminée par l'équation d'équilibre statique de l'atmosphère suivante, liant la pression de l'air  $p$ , la masse volumique  $\rho$ , l'accélération de la pesanteur  $g$  et l'altitude  $h$  :

$$-dp = \rho g dh \quad \dots (1)$$

La loi des gaz parfaits lie la pression de l'air à la masse volumique et à la température comme suit :

$$p = \frac{\rho R^* T}{M} \quad \dots (2)$$

Pour les altitudes considérées dans la présente Norme Internationale,  $\frac{R^*}{M} = \text{constante} = R$ , d'où

$$p = \rho RT \quad \dots (3)$$

**2.3 Altitude géopotentielle et altitude géométrique; accélération de la pesanteur**

Dans l'étude de la répartition de la pression dans l'atmosphère, il est préférable d'introduire le potentiel de la force de la pesanteur ou le géopotential  $\Phi$  qui définit l'énergie potentielle d'une particule d'air située en un point donné.

Tout point des coordonnées  $x, y, z$  peut être caractérisé par une valeur unique de son potentiel de la force de la pesanteur  $\Phi(x, y, z)$ . La surface représentée par l'équation

$$\Phi(x, y, z) = \text{constante}$$

a un même potentiel dans tous les points et est appelée surface isopotentielle ou surface géopotentielle. Si l'on passe, suivant la normale extérieure d'un point situé sur la surface  $\Phi_1$ , à un point infiniment plus proche, dont la valeur de potentiel sera  $\Phi_2 = \Phi_1 + d\Phi$ , pour transférer l'unité de masse de la première surface à la seconde il est nécessaire d'effectuer un travail

$$d\Phi = g(h) dh \quad \dots (4)$$

d'où, en intégrant,

$$\Phi = \int_0^h g(h) dh \quad \dots (5)$$

Ayant divisé le géopotential  $\Phi$  par l'accélération normalisée due à la pesanteur  $g_n$ , la valeur, en prenant en considération la longueur, désignée par le symbole  $H$ , sera

$$H = \frac{\Phi}{g_n} = \frac{1}{g_n} \int_0^h g(h) dh \quad \dots (6)$$

Exprimée en mètres, la valeur  $H$  est, en valeur numérique, égale à l'altitude géopotentielle qui est mesurée, en météorologie, en mètres géopotentiels normaux<sup>1)</sup>; cette valeur sera donc dénommée «altitude géopotentielle». Le niveau moyen de la mer est pris comme référence pour les lectures des altitudes géopotentielle et géométrique.

L'équation (6) montre que, pour établir la correspondance existant entre l'altitude géopotentielle et l'altitude géométrique, il faut connaître la valeur de l'accélération de la pesanteur  $g$  en fonction de l'altitude géométrique  $h$ .

On sait que la force de la pesanteur est la somme vectorielle de la force d'attraction terrestre et de la force centrifuge due à la rotation de la Terre; elle est donc une fonction compliquée de la latitude et de la distance radiale au centre de la Terre, et l'expression de l'accélération de la pesanteur est généralement peu pratique à l'utilisation. Mais il est cependant possible, dans le cas particulier de l'atmosphère définie ici, d'obtenir avec une précision suffisante une valeur approchée de  $g$  en négligeant l'accélération centrifuge et en n'utilisant que l'accélération d'attraction newtonienne.

Dans ce cas,

$$g = g_n \left( \frac{r}{r+h} \right)^2 \quad \dots (7)$$

où  $r = 6\,356\,766$  m est le rayon terrestre fictif [5] pour lequel l'accélération de la pesanteur et son gradient vertical, au niveau moyen de la mer, sont les plus rapprochés des valeurs réelles pour la latitude  $45^\circ 32' 33''$ .

La valeur de  $g$  déduite de l'équation simplifiée (7) avec  $g_n = 9,806\,65 \text{ m}\cdot\text{s}^{-2}$ , pour les altitudes de 60 000 m, ne diffère au plus que de 0,001 % des valeurs calculées suivant l'équation plus précise [6].

De l'intégration de l'équation (6), après substitution de la valeur de  $g$  donnée par l'équation (7), résultent les relations suivantes entre l'altitude géopotentielle et l'altitude géométrique :

$$H = \frac{rh}{r+h} \quad \dots (8)$$

$$h = \frac{rH}{r-H} \quad \dots (9)$$

**2.4 Composition de l'atmosphère et masse molaire de l'air**

L'atmosphère terrestre est un mélange de gaz, de vapeur d'eau et d'une certaine quantité d'aérosols. Mais les quantités de vapeur d'eau, d'anhydrique carbonique, d'ozone et de quelques autres constituants de l'air, dont le titre molaire est insignifiant, changent dans des conditions déterminées. C'est la teneur en vapeur d'eau qui est la plus

1) Le mètre géopotential normal ( $m'$ ), qui équivaut à  $9,806\,65 \text{ m}^2\cdot\text{s}^{-2}$ , est adopté par l'Organisation Météorologique Mondiale (voir Technical Regulations, WMO, No. 49, vol. 1, ed. 1971 — Appendix C) et, depuis le 1<sup>er</sup> juillet 1972, remplace le «mètre géopotential», employé jusqu'à présent. La valeur de ce dernier était  $1 \text{ gpm} = 9,8 \text{ m}^2\cdot\text{s}^{-2}$ .

variable de toutes; sa concentration à la surface de la Terre, en présence de fortes températures, peut atteindre 4 %, et diminuer rapidement lorsque l'altitude augmente et lorsque la température diminue. La composition de l'air propre et sec figurant au tableau 2 [6] demeure pratiquement constante jusqu'aux altitudes voisines de 90 à 95 km.

La masse molaire de l'air est déterminée en remplaçant, dans l'équation des gaz parfaits (2), la pression  $p_n$ , la masse volumique  $\rho_n$ , la température  $T_n$  au niveau moyen de la mer et la constante universelle des gaz  $R^*$ , par leurs valeurs normalisées.

TABLEAU 2 – Composition de l'air propre et sec à proximité du niveau de la mer

Gaz	Titre molaire %	Masse molaire $M$ , kg·kmol <sup>-1</sup>
Azote (N <sub>2</sub> )	78,084	28,013 4
Oxygène (O <sub>2</sub> )	20,947 6	31,998 8
Argon (Ar)	0,934	39,948
Dioxyde de carbone (CO <sub>2</sub> )	0,031 4*	44,009 95
Néon (Ne)	1,818 × 10 <sup>-3</sup>	20,183
Hélium (He)	524,0 × 10 <sup>-6</sup>	4,002 6
Krypton (Kr)	114,0 × 10 <sup>-6</sup>	83,80
Xénon (Xe)	8,7 × 10 <sup>-6</sup>	131,30
Hydrogène (H <sub>2</sub> )	50,0 × 10 <sup>-6</sup>	2,015 94
Hémioxyde d'azote (N <sub>2</sub> O)	50,0 × 10 <sup>-6</sup> *	44,012 8
Méthane (CH <sub>4</sub> )	0,2 × 10 <sup>-3</sup>	16,043 03
Ozone (O <sub>3</sub> ) en été	jusqu'à 7,0 × 10 <sup>-6</sup> *	47,998 2
en hiver	jusqu'à 2,0 × 10 <sup>-6</sup> *	47,998 2
Dioxyde de soufre (SO <sub>2</sub> )	jusqu'à 0,1 × 10 <sup>-3</sup> *	64,062 8
Dioxyde d'azote (NO <sub>2</sub> )	jusqu'à 2,0 × 10 <sup>-6</sup> *	46,005 5
Iode (I <sub>2</sub> )	jusqu'à 1,0 × 10 <sup>-6</sup> *	253,808 8
Air	100	28,964 420**

\* La concentration des gaz peut varier dans des proportions notables, selon le temps et le lieu.

\*\* La valeur est obtenue d'après l'équation de l'état d'un gaz parfait.

2.5 Caractéristiques physiques de l'atmosphère au niveau moyen de la mer

Dans les calculs de l'Atmosphère Type ISO, le niveau moyen de la mer est défini comme étant l'altitude zéro à laquelle les caractéristiques initiales,  $g_n$ ,  $p_n$ ,  $\rho_n$  et  $T_n$ , données dans le tableau 1, sont applicables. Les autres caractéristiques, calculées d'après les caractéristiques initiales, sont présentées dans le tableau 3 :

- $a_n$  – vitesse du son;
- $H_{p_n}$  – altitude en échelle barométrique;
- $l_n$  – libre parcours moyen des particules d'air;

- $n_n$  – concentration des particules d'air;
- $\bar{v}_n$  – vitesse moyenne des particules d'air;
- $\gamma_n$  – poids spécifique;
- $\nu_n$  – viscosité cinématique;
- $\lambda_n$  – conductibilité thermique;
- $\mu_n$  – viscosité dynamique;
- $\omega_n$  – fréquence des chocs des particules d'air.

TABLEAU 3 – Caractéristiques physiques de l'atmosphère au niveau moyen de la mer

Symbole	Valeur	Unité de mesure
$a_n$	340,294	m · s <sup>-1</sup>
$H_{p_n}$	8 434,5	m
$l_n$	66,328 × 10 <sup>-9</sup>	m
$n_n$	25,471 × 10 <sup>24</sup>	m <sup>-3</sup>
$\bar{v}_n$	458,94	m · s <sup>-1</sup>
$\gamma_n$	12,013	N · m <sup>-3</sup>
$\rho_n$	14,607 × 10 <sup>-6</sup>	m <sup>2</sup> · s <sup>-1</sup>
$\lambda_n$	25,343 × 10 <sup>-3</sup>	W · m <sup>-1</sup> · K <sup>-1</sup>
$\mu_n$	17,894 × 10 <sup>-6</sup>	Pa · s
$\omega_n$	6,919 3 × 10 <sup>9</sup>	s <sup>-1</sup>

2.6 Température et gradient vertical de température

On admet que la température thermodynamique de fusion de la glace à la pression de 101 325,0 Pa est égale à  $T_o = 273,15$  K. La température thermodynamique (en kelvins, K) est égale à :

$$T = T_o + t \quad \dots (10)$$

où  $t$  est la température Celsius.

Selon la variation de la température en fonction de l'altitude, l'atmosphère est divisée en plusieurs régions : la troposphère, la stratosphère et la mésosphère; les zones de transition d'une région à l'autre s'appellent dans l'ordre : tropopause, stratopause et mésopause.

Pour le calcul de l'atmosphère type, on admet que la température de chaque région est une fonction linéaire de l'altitude géopotentielle, soit

$$T = T_b + \beta(H - H_b) \quad \dots (11)$$

où  $T_b$  et  $H_b$  sont respectivement la température et l'altitude géopotentielle de la limite inférieure de la couche

considérée, et  $\beta = \frac{dT}{dH}$  le gradient vertical de température.

Les valeurs des températures et des gradients verticaux de température adoptées pour l'Atmosphère Type ISO sont données dans le tableau 4.

TABLEAU 4 -- Températures et gradients verticaux de température

Altitude géopotentielle $H$ , km	Température $T$ , K	Gradient de température $\beta$ , K·km <sup>-1</sup>
-2,00	301,15	
0,00	288,15	-6,50
11,00	216,65	-6,50
20,00	216,65	0,00
32,00	228,65	+1,00
47,00	270,65	+2,80
51,00	270,65	0,00
71,00	214,65	-2,80
80,00	196,65	-2,00

**2.7 Pression**

La résolution du système d'équations (1) et (2) donne, en admettant un gradient linéaire de température en fonction de l'altitude géopotentielle, les expressions suivantes pour la pression :

$$\ln p = \ln p_b - \frac{g_n}{\beta R} \ln \frac{T_b + \beta(H - H_b)}{T_b}$$

ou  $p = p_b \left[ 1 + \frac{\beta}{T_b} (H - H_b) \right]^{-g_n/\beta R}$  pour  $\beta \neq 0$  ... (12)

et  $\ln p = \ln p_b - \frac{g_n}{RT} (H - H_b)$

ou  $p = p_b \exp \left[ -\frac{g_n}{RT} (H - H_b) \right]$  pour  $\beta = 0$  ... (13)

L'indice «b» désigne les valeurs des caractéristiques correspondant à la limite inférieure de la couche considérée.

**2.8 Masse volumique et poids spécifique**

La masse volumique,  $\rho$ , se calcule en fonction de la pression et de la température à l'aide de la loi des gaz parfaits :

$$\rho = \frac{p}{RT} \quad \dots (14)$$

Le poids spécifique,  $\gamma$ , est le poids par unité de volume de l'air, c'est-à-dire

$$\gamma = \rho g \quad \dots (15)$$

**2.9 Altitude en échelle barométrique**

L'altitude en échelle barométrique,  $H_p$ , est déterminée par l'équation

$$H_p = \frac{R^* T}{M g} = \frac{RT}{g} \quad \dots (16)$$

**2.10 Concentration des particules d'air**

La concentration des particules d'air,  $n$ , c'est-à-dire le nombre de particules d'air neutres contenues dans l'unité de volume, est déterminée par l'équation

$$n = \frac{N_A p}{R^* T} \quad \dots (17)$$

**2.11 Vitesse moyenne des particules d'air**

La vitesse moyenne des particules d'air,  $\bar{v}$ , est la moyenne arithmétique des vitesses des particules d'air obtenue à partir de la distribution de Maxwell pour les vitesses des molécules d'un gaz parfait monoatomique dans les conditions d'équilibre thermodynamique et en absence de forces extérieures, d'où

$$\bar{v} = \left( \frac{8}{\pi} RT \right)^{1/2} = 1,595\,769 \sqrt{RT} \quad \dots (18)$$

**2.12 Libre parcours moyen des particules d'air**

Entre deux chocs successifs, la particule d'air effectue un mouvement rectiligne uniforme, en se déplaçant d'une certaine distance moyenne,  $l$ , appelée libre parcours moyen des particules d'air. Compte tenu de la distribution des vitesses relatives des particules subissant des chocs, ce libre parcours moyen s'exprime par l'expression suivante :

$$l = \frac{R^* T}{\sqrt{2} \pi N_A \sigma^2 p} = \frac{1}{\sqrt{2} \pi \sigma^2 n} \quad \dots (19)$$

**2.13 Fréquence des chocs des particules d'air**

La fréquence des chocs des particules d'air,  $\omega$ , est égale au rapport de la vitesse moyenne des particules d'air au libre parcours moyen des particules d'air à la même altitude, c'est-à-dire  $\omega = \frac{\bar{v}}{l}$ , d'où, d'après les équations (18) et (19)

$$\omega = 4\sigma^2 N_A \left( \frac{\pi}{R^* M} \right)^{1/2} \cdot \frac{p}{T^{1/2}} = 0,944\,407 \times 10^{-18} n \sqrt{RT} \quad \dots (20)$$

**2.14 Vitesse du son**

La vitesse du son,  $a$ , est donnée par la formule

$$a = (\kappa RT)^{1/2} = 20,046\,796 \sqrt{T} \quad \dots (21)$$

où  $\kappa = \frac{c_p}{c_v} = 1,4$ .

L'équation (21) désigne la vitesse de propagation d'une perturbation infiniment petite de gaz. Mais cette formule ne convient pas pour le calcul des ondes de choc lors d'une détonation ou d'une explosion, et des mouvements de corps dans l'air aux vitesses supersoniques, etc.



La notion de vitesse du son perd tout son sens en présence de l'extinction des vibrations sonores extrêmement intenses qui ont lieu en dehors des limites des altitudes considérées pour l'Atmosphère Type ISO.

### 2.15 Viscosité dynamique

La viscosité dynamique,  $\mu$ , est déterminée par la valeur du frottement interne entre deux couches d'air voisines, se déplaçant à des vitesses différentes. Pour le calcul des tableaux, on utilise l'expression suivante, basée sur la théorie cinétique, mais avec les constantes obtenues expérimentalement :

$$\mu = \frac{\beta_s T^{3/2}}{T + S} \quad \dots (22)$$

Dans cette équation,  $\beta_s$  et  $S$  sont les coefficients empiriques de Sutherland (voir tableau 1)

L'équation (22) n'est pas applicable aux très hautes ou aux très basses températures, ainsi que dans les conditions rencontrées au-dessus de 90 km.

### 2.16 Viscosité cinématique

Par définition, la viscosité cinématique,  $\nu$ , est le rapport de la viscosité dynamique de l'air à sa masse volumique, soit :

$$\nu = \frac{\mu}{\rho} \quad \dots (23)$$

L'emploi de cette équation appelle les mêmes réserves que celles formulées pour l'équation de la viscosité dynamique.

### 2.17 Conductibilité thermique

La conductibilité thermique,  $\lambda$ , se calcule d'après la formule empirique :

$$\lambda = \frac{2,648\ 151 \times 10^{-3} \cdot T^{3/2}}{T + [245,4 \times 10^{-(12/T)}]} \quad \dots (24)$$

où  $\lambda$  est exprimé en  $\text{W}\cdot\text{m}^{-1}\cdot\text{K}^{-1}$ , et  $T$  en kelvins.

## 3 TABLEAUX DE L'ATMOSPHÈRE TYPE ISO

Les tableaux figurant dans ce chapitre ont été calculés à l'aide des constantes, des coefficients et des équations figurant dans le chapitre 2.

Les calculs ont été effectués à l'aide d'une calculatrice numérique Minsk-22 et les calculs de certains points de contrôle ont été effectués sur d'autres calculatrices. Les tableaux ont été directement obtenus sur une imprimante reliée à la calculatrice et reproduits sur des machines de reproduction afin de réduire les risques d'erreurs au minimum.

Les tableaux ne sont donnés que dans le système SI, à l'exception des données du tableau 5, dans lequel la température est présentée en degrés Celsius et la pression en millibars et millimètres de mercure.

NOTE — Un nombre de un ou de deux chiffres (précédé du signe + ou -), placé à la suite de la première valeur d'un groupe, indique la puissance de 10 qui doit multiplier toutes les valeurs de ce groupe. Lorsque cette puissance change à partir d'une certaine valeur, la nouvelle puissance est indiquée à la suite de cette valeur.

TABLE 5 — Temperature ( $T$  and  $t$ ), Pressure ( $p$ ), Density ( $\rho$ ) and Acceleration of free fall ( $g$ ) in terms of geometrical altitude ( $h$ ) and geopotential altitude ( $H$ )

ISO 2533-1975 (E/F/R)  
ICO 2533-1975 (A/Ф/P)

TABLEAU 5 — Température ( $T$  et  $t$ ), Pression ( $p$ ), Masse volumique ( $\rho$ ) et Accélération due à la pesanteur ( $g$ ) en fonction de l'altitude géométrique ( $h$ ) et de l'altitude géopotentielle ( $H$ )

ТАБЛИЦА 5 — Температура ( $T$  и  $t$ ), давление ( $p$ ), плотность ( $\rho$ ) и ускорение свободного падения ( $g$ ) в функции геометрической ( $h$ ) и геопотенциальной ( $H$ ) высот

Values in terms of geometrical altitude. Valeurs en fonction de l'altitude géométrique.  
Значения величин в функции геометрической высоты.

$h$ , m	$H$ , m	$T$ , K	$t$ , °C	$p$ , mbar	$p$ , mm Hg	$\rho$ , kg·m <sup>-3</sup>	$g$ , m·s <sup>-2</sup>
-2000	-2001	301,154	28,004	1,27783	9,58450	1,47816	9,8128
-1950	-1951	300,829	27,679	1,27059	9,53023	1,47138	9,8127
-1900	-1901	300,504	27,354	1,26339	9,47621	1,46462	9,8125
-1850	-1851	300,179	27,029	1,25622	9,42243	1,45789	9,8124
-1800	-1801	299,853	26,703	1,24908	9,36891	1,45118	9,8122
-1750	-1750	299,528	26,378	1,24198	9,31563	1,44449	9,8121
-1700	-1700	299,203	26,053	1,23491	9,26260	1,43783	9,8119
-1650	-1650	298,878	25,728	1,22787	9,20981	1,43119	9,8117
-1600	-1600	298,553	25,403	1,22087	9,15727	1,42458	9,8116
-1550	-1550	298,227	25,077	1,21390	9,10497	1,41799	9,8114
-1500	-1500	297,902	24,752	1,20696	9,05292	1,41142	9,8113
-1450	-1450	297,577	24,427	1,20005	9,00111	1,40487	9,8111
-1400	-1400	297,252	24,102	1,19317	8,94953	1,39835	9,8110
-1350	-1350	296,927	23,777	1,18633	8,89820	1,39185	9,8108
-1300	-1300	296,602	23,452	1,17952	8,84711	1,38538	9,8107
-1250	-1250	296,277	23,127	1,17274	8,79626	1,37893	9,8105
-1200	-1200	295,951	22,801	1,16599	8,74564	1,37250	9,8104
-1150	-1150	295,626	22,476	1,15927	8,69526	1,36609	9,8102
-1100	-1100	295,301	22,151	1,15259	8,64512	1,35971	9,8100
-1050	-1050	294,976	21,826	1,14593	8,59521	1,35335	9,8099
-1000	-1000	294,651	21,501	1,13931	8,54554	1,34702	9,8097
-950	-950	294,326	21,176	1,13272	8,49610	1,34070	9,8096
-900	-900	294,001	20,851	1,12616	8,44689	1,33441	9,8094
-850	-850	293,676	20,526	1,11963	8,39792	1,32814	9,8093
-800	-800	293,351	20,201	1,11313	8,34917	1,32190	9,8091
-750	-750	293,026	19,876	1,10666	8,30066	1,31567	9,8090
-700	-700	292,701	19,551	1,10023	8,25238	1,30947	9,8088
-650	-650	292,375	19,225	1,09382	8,20432	1,30330	9,8087
-600	-600	292,050	18,900	1,08744	8,15649	1,29714	9,8085
-550	-550	291,725	18,575	1,08110	8,10889	1,29101	9,8083
-500	-500	291,400	18,250	1,07478	8,06151	1,28490	9,8082
-450	-450	291,075	17,925	1,06849	8,01436	1,27881	9,8080
-400	-400	290,750	17,600	1,06224	7,96744	1,27274	9,8079
-350	-350	290,425	17,275	1,05601	7,92073	1,26670	9,8077
-300	-300	290,100	16,950	1,04981	7,87425	1,26067	9,8076
-250	-250	289,775	16,625	1,04365	7,82799	1,25467	9,8074
-200	-200	289,450	16,300	1,03751	7,78196	1,24869	9,8073
-150	-150	289,125	15,975	1,03140	7,73614	1,24274	9,8071
-100	-100	288,800	15,650	1,02532	7,69054	1,23680	9,8070
-50	-50	288,475	15,325	1,01927	7,64516	1,23089	9,8068
0	0	288,150	15,000	1,01325	7,60000	1,22500	9,8066
50	50	287,825	14,675	1,00726	7,55506	1,21913	9,8065
100	100	287,500	14,350	1,00129	7,51033	1,21328	9,8063
150	150	287,175	14,025	9,95360	7,46581	1,20746	9,8062
200	200	286,850	13,700	9,89454	7,42152	1,20165	9,8060
250	250	286,525	13,375	9,83576	7,37743	1,19587	9,8059
300	300	286,200	13,050	9,77727	7,33356	1,19011	9,8057
350	350	285,875	12,725	9,71907	7,28990	1,18437	9,8056
400	400	285,550	12,400	9,66114	7,24645	1,17865	9,8054
450	450	285,225	12,075	9,60350	7,20321	1,17295	9,8053
500	500	284,900	11,750	9,54613	7,16019	1,16727	9,8051
550	550	284,575	11,425	9,48904	7,11737	1,16162	9,8050
600	600	284,250	11,100	9,43223	7,07476	1,15598	9,8048
650	650	283,925	10,775	9,37570	7,03235	1,15037	9,8046
700	700	283,601	10,451	9,31944	6,99016	1,14478	9,8045
750	750	283,276	10,126	9,26346	6,94817	1,13921	9,8043
800	800	282,951	9,801	9,20775	6,90638	1,13366	9,8042
850	850	282,626	9,476	9,15231	6,86480	1,12813	9,8040
900	900	282,301	9,151	9,09715	6,82342	1,12261	9,8039
950	950	281,976	8,826	9,04225	6,78225	1,11713	9,8037

Values in terms of geopotential altitude. Valeurs en fonction de l'altitude géopotentielle.  
 Значения величин в функции геопотенциальной высоты.

H, m	h, m	T, K	t, °C	p, mbar	p, mm Hg	ρ, kg·m <sup>-3</sup>	g, m·s <sup>-2</sup>
-2000	-1999	301,150	28,000	1,27774 +3	9,58382 +2	1,47808 +0	9,8128
-1950	-1949	300,825	27,675	1,27051	9,52958	1,47130	9,8127
-1900	-1899	300,500	27,350	1,26331	9,47559	1,46455	9,8125
-1850	-1849	300,175	27,025	1,25614	9,42186	1,45782	9,8124
-1800	-1799	299,850	26,700	1,24901	9,36836	1,45111	9,8122
-1750	-1750	299,525	26,375	1,24191	9,31512	1,44443	9,8121
-1700	-1700	299,200	26,050	1,23485	9,26212	1,43777	9,8119
-1650	-1650	298,875	25,725	1,22781	9,20936	1,43114	9,8117
-1600	-1600	298,550	25,400	1,22081	9,15685	1,42452	9,8116
-1550	-1550	298,225	25,075	1,21384	9,10458	1,41794	9,8114
-1500	-1500	297,900	24,750	1,20691 +3	9,05255 +2	1,41137 +0	9,8113
-1450	-1450	297,575	24,425	1,20000	9,00076	1,40483	9,8111
-1400	-1400	297,250	24,100	1,19313	8,94922	1,39831	9,8110
-1350	-1350	296,925	23,775	1,18629	8,89791	1,39182	9,8108
-1300	-1300	296,600	23,450	1,17948	8,84684	1,38535	9,8107
-1250	-1250	296,275	23,125	1,17270	8,79601	1,37890	9,8105
-1200	-1200	295,950	22,800	1,16596	8,74541	1,37247	9,8104
-1150	-1150	295,625	22,475	1,15924	8,69505	1,36607	9,8102
-1100	-1100	295,300	22,150	1,15256	8,64493	1,35969	9,8100
-1050	-1050	294,975	21,825	1,14591	8,59504	1,35333	9,8099
-1000	-1000	294,650	21,500	1,13929 +3	8,54538 +2	1,34700 +0	9,8097
-950	-950	294,325	21,175	1,13270	8,49596	1,34068	9,8096
-900	-900	294,000	20,850	1,12614	8,44677	1,33439	9,8094
-850	-850	293,675	20,525	1,11961	8,39781	1,32813	9,8093
-800	-800	293,350	20,200	1,11312	8,34908	1,32188	9,8091
-750	-750	293,025	19,875	1,10665	8,30058	1,31566	9,8090
-700	-700	292,700	19,550	1,10022	8,25230	1,30946	9,8088
-650	-650	292,375	19,225	1,09381	8,20426	1,30329	9,8087
-600	-600	292,050	18,900	1,08744	8,15644	1,29713	9,8085
-550	-550	291,725	18,575	1,08109	8,10884	1,29100	9,8083
-500	-500	291,400	18,250	1,07477 +3	8,06148 +2	1,28489 +0	9,8082
-450	-450	291,075	17,925	1,06849	8,01433	1,27880	9,8080
-400	-400	290,750	17,600	1,06223	7,96741	1,27274	9,8079
-350	-350	290,425	17,275	1,05601	7,92072	1,26669	9,8077
-300	-300	290,100	16,950	1,04981	7,87424	1,26067	9,8076
-250	-250	289,775	16,625	1,04364	7,82798	1,25467	9,8074
-200	-200	289,450	16,300	1,03751	7,78195	1,24869	9,8073
-150	-150	289,125	15,975	1,03140	7,73613	1,24274	9,8071
-100	-100	288,800	15,650	1,02532	7,69054	1,23680	9,8070
-50	-50	288,475	15,325	1,01927	7,64516	1,23089	9,8068
0	0	288,150	15,000	1,01325 +3	7,60000 +2	1,22500 +0	9,8066
50	50	287,825	14,675	1,00726	7,55505	1,21913	9,8065
100	100	287,500	14,350	1,00129	7,51033	1,21328	9,8063
150	150	287,175	14,025	9,95359 +2	7,46581	1,20746	9,8062
200	200	286,850	13,700	9,89453	7,42151	1,20165	9,8060
250	250	286,525	13,375	9,83575	7,37742	1,19587	9,8059
300	300	286,200	13,050	9,77726	7,33355	1,19011	9,8057
350	350	285,875	12,725	9,71904	7,28988	1,18436	9,8056
400	400	285,550	12,400	9,66111	7,24643	1,17864	9,8054
450	450	285,225	12,075	9,60346	7,20319	1,17295	9,8053
500	500	284,900	11,750	9,54608 +2	7,16015 +2	1,16727 +0	9,8051
550	550	284,575	11,425	9,48899	7,11733	1,16161	9,8050
600	600	284,250	11,100	9,43217	7,07471	1,15598	9,8048
650	650	283,925	10,775	9,37562	7,03230	1,15036	9,8046
700	700	283,600	10,450	9,31936	6,99009	1,14477	9,8045
750	750	283,275	10,125	9,26336	6,94809	1,13919	9,8043
800	800	282,950	9,800	9,20764	6,90630	1,13364	9,8042
850	850	282,625	9,475	9,15219	6,86471	1,12811	9,8040
900	900	282,300	9,150	9,09701	6,82332	1,12260	9,8039
950	950	281,975	8,825	9,04210	6,78213	1,11711	9,8037

TABLE 5 (continued)

TABLEAU 5 (suite)

ТАБЛИЦА 5 (продолжение)

Values in terms of geometrical altitude. Valeurs en fonction de l'altitude géométrique.  
 Значения величин в функции геометрической высоты.

<i>h</i> , m	<i>H</i> , m	<i>T</i> , K	<i>t</i> , °C	<i>p</i> , mbar	<i>p</i> , mm Hg	<i>ρ</i> , kg·m <sup>-3</sup>	<i>g</i> , m·s <sup>-2</sup>
1000	1000	281,651	8,501	9,98763 +2	6,74128 +2	1,11166 +0	9,8036
1050	1050	281,326	8,176	9,93327	6,70050	1,10621	9,8034
1100	1100	281,001	7,851	9,87918	6,65993	1,10079	9,8033
1150	1150	280,676	7,526	9,82536	6,61956	1,09538	9,8031
1200	1200	280,351	7,201	9,77180	6,57939	1,08999	9,8029
1250	1250	280,027	6,877	9,71851	6,53942	1,08463	9,8028
1300	1300	279,702	6,552	9,66548	6,49964	1,07928	9,8026
1350	1350	279,377	6,227	9,61271	6,46006	1,07396	9,8025
1400	1400	279,052	5,902	9,56020	6,42068	1,06865	9,8023
1450	1450	278,727	5,577	9,50795	6,38149	1,06337	9,8022
1500	1500	278,402	5,252	9,45597 +2	6,34250 +2	1,05810 +0	9,8020
1550	1550	278,077	4,927	9,40424	6,30370	1,05286	9,8019
1600	1600	277,753	4,603	9,35277	6,26509	1,04764	9,8017
1650	1650	277,428	4,278	9,30155	6,22668	1,04243	9,8016
1700	1700	277,103	3,953	9,25059	6,18845	1,03725	9,8014
1750	1750	276,778	3,628	9,19989	6,15042	1,03208	9,8013
1800	1799	276,453	3,303	9,14943	6,11258	1,02694	9,8011
1850	1849	276,128	2,979	9,09923	6,07493	1,02181	9,8009
1900	1899	275,804	2,654	9,04929	6,03746	1,01671	9,8008
1950	1949	275,479	2,329	8,99959	6,00019	1,01162	9,8006
2000	1999	275,154	2,004	8,95014 +2	5,96310 +2	1,00655 +0	9,8005
2050	2049	274,829	1,679	8,90094	5,92619	1,00151	9,8003
2100	2099	274,505	1,355	8,85199	5,88948	9,996479 -1	9,8002
2150	2149	274,180	1,030	8,80329	5,85294	9,991471	9,8000
2200	2199	273,855	0,705	8,75483	5,81660	9,986483	9,7999
2250	2249	273,530	0,380	8,70661	5,78043	9,981513	9,7997
2300	2299	273,205	0,055	8,65864	5,74445	9,976563	9,7996
2350	2349	272,881	-0,269	8,61091	5,70865	9,971632	9,7994
2400	2399	272,556	-0,594	8,56342	5,67304	9,966721	9,7992
2450	2449	272,231	-0,919	8,51618	5,63760	9,961828	9,7991
2500	2499	271,906	-1,244	8,46917 +2	5,60234 +2	9,956954 -1	9,7989
2550	2549	271,582	-1,568	8,42241	5,56726	9,952100	9,7988
2600	2599	271,257	-1,893	8,37588	5,53236	9,947264	9,7986
2650	2649	270,932	-2,218	8,32959	5,49764	9,942447	9,7985
2700	2699	270,607	-2,543	8,28353	5,46310	9,937649	9,7983
2750	2749	270,283	-2,867	8,23771	5,42873	9,932870	9,7982
2800	2799	269,958	-3,192	8,19213	5,39454	9,928110	9,7980
2850	2849	269,633	-3,517	8,14678	5,36052	9,923368	9,7979
2900	2899	269,309	-3,841	8,10166	5,32668	9,918645	9,7977
2950	2949	268,984	-4,166	8,05677	5,29301	9,913940	9,7976
3000	2999	268,659	-4,491	8,01212 +2	5,25952 +2	9,909254 -1	9,7974
3050	3049	268,335	-4,815	7,96769	5,22620	9,904587	9,7972
3100	3098	268,010	-5,140	7,92349	5,19304	8,999938	9,7971
3150	3148	267,685	-5,465	7,87952	5,16006	8,995307	9,7969
3200	3198	267,360	-5,790	7,83578	5,12725	8,990694	9,7968
3250	3248	267,036	-6,114	7,79226	5,09461	8,986100	9,7966
3300	3298	266,711	-6,439	7,74897	5,06214	8,981524	9,7965
3350	3348	266,386	-6,764	7,70590	5,02984	8,976967	9,7963
3400	3398	266,062	-7,088	7,66306	4,99770	8,972427	9,7962
3450	3448	265,737	-7,413	7,62044	4,96574	8,967905	9,7960
3500	3498	265,413	-7,737	7,57804 +2	4,93393 +2	8,963402 -1	9,7959
3550	3548	265,088	-8,062	7,53586	4,90230	8,958916	9,7957
3600	3598	264,763	-8,387	7,49390	4,87083	8,954449	9,7956
3650	3648	264,439	-8,711	7,45216	4,83952	8,949999	9,7954
3700	3698	264,114	-9,036	7,41064	4,80837	8,945567	9,7952
3750	3748	263,789	-9,361	7,36933	4,77739	8,941153	9,7951
3800	3798	263,465	-9,685	7,32825	4,74658	8,936756	9,7949
3850	3848	263,140	-10,010	7,28737	4,71592	8,932377	9,7948
3900	3898	262,816	-10,334	7,24672	4,68542	8,928016	9,7946
3950	3948	262,491	-10,659	7,20627	4,65509	8,923673	9,7945

Values in terms of geopotential altitude. Valeurs en fonction de l'altitude géopotentielle.  
Значения величин в функции геопотенциальной высоты.

<i>H</i> , m	<i>h</i> , m	<i>T</i> , K	<i>t</i> , °C	<i>p</i> , mbar	<i>p</i> , mm Hg	<i>ρ</i> , kg·m <sup>-3</sup>	<i>g</i> , m·s <sup>-2</sup>
1000	1000	281,650	8,500	8,98746 +2	6,74115 +2	1,11164 +0	9,8036
1050	1050	281,325	8,175	8,93308	6,70036	1,10619	9,8034
1100	1100	281,000	7,850	8,87898	6,65978	1,10076	9,8033
1150	1150	280,675	7,525	8,82513	6,61940	1,09536	9,8031
1200	1200	280,350	7,200	8,77156	6,57921	1,08997	9,8029
1250	1250	280,025	6,875	8,71824	6,53922	1,08460	9,8028
1300	1300	279,700	6,550	8,66519	6,49943	1,07925	9,8026
1350	1350	279,375	6,225	8,61241	6,45984	1,07393	9,8025
1400	1400	279,050	5,900	8,55988	6,42044	1,06862	9,8023
1450	1450	278,725	5,575	8,50761	6,38123	1,06333	9,8022
1500	1500	278,400	5,250	8,45560 +2	6,34222 +2	1,05807 +0	9,8020
1550	1550	278,075	4,925	8,40385	6,30340	1,05282	9,8019
1600	1600	277,750	4,600	8,35235	6,26478	1,04759	9,8017
1650	1650	277,425	4,275	8,30111	6,22635	1,04239	9,8016
1700	1700	277,100	3,950	8,25013	6,18811	1,03720	9,8014
1750	1750	276,775	3,625	8,19940	6,15006	1,03203	9,8013
1800	1801	276,450	3,300	8,14892	6,11219	1,02688	9,8011
1850	1851	276,125	2,975	8,09870	6,07452	1,02176	9,8009
1900	1901	275,800	2,650	8,04872	6,03704	1,01665	9,8008
1950	1951	275,475	2,325	7,99900	5,99974	1,01156	9,8006
2000	2001	275,150	2,000	7,94952 +2	5,96263 +2	1,00649 +0	9,8005
2050	2051	274,825	1,675	7,90029	5,92571	1,00144	9,8003
2100	2101	274,500	1,350	7,85131	5,88897	9,96410 -1	9,8002
2150	2151	274,175	1,025	7,80258	5,85242	9,91399	9,8000
2200	2201	273,850	0,700	7,75409	5,81605	9,86407	9,7999
2250	2251	273,525	0,375	7,70584	5,77986	9,81434	9,7997
2300	2301	273,200	0,050	7,65784	5,74385	9,76481	9,7996
2350	2351	272,875	-0,275	7,61008	5,70803	9,71547	9,7994
2400	2401	272,550	-0,600	7,56257	5,67239	9,66632	9,7992
2450	2451	272,225	-0,925	7,51529	5,63693	9,61736	9,7991
2500	2501	271,900	-1,250	7,46825 +2	5,60165 +2	9,56859 -1	9,7989
2550	2551	271,575	-1,575	7,42145	5,56655	9,52001	9,7988
2600	2601	271,250	-1,900	7,37489	5,53162	9,47161	9,7986
2650	2651	270,925	-2,225	7,32857	5,49688	9,42341	9,7985
2700	2701	270,600	-2,550	7,28248	5,46231	9,37540	9,7983
2750	2751	270,275	-2,875	7,23663	5,42792	9,32757	9,7982
2800	2801	269,950	-3,200	7,19101	5,39370	9,27992	9,7980
2850	2851	269,625	-3,525	7,14562	5,35966	9,23247	9,7979
2900	2901	269,300	-3,850	7,10047	5,32579	9,18520	9,7977
2950	2951	268,975	-4,175	7,05555	5,29209	9,13812	9,7976
3000	3001	268,650	-4,500	7,01085 +2	5,25857 +2	9,09122 -1	9,7974
3050	3051	268,325	-4,825	6,96639	5,22522	9,04450	9,7972
3100	3102	268,000	-5,150	6,92216	5,19204	8,99797	9,7971
3150	3152	267,675	-5,475	6,87815	5,15904	8,95162	9,7969
3200	3202	267,350	-5,800	6,83437	5,12620	8,90546	9,7968
3250	3252	267,025	-6,125	6,79082	5,09353	8,85948	9,7966
3300	3302	266,700	-6,450	6,74749	5,06103	8,81368	9,7965
3350	3352	266,375	-6,775	6,70438	5,02870	8,76806	9,7963
3400	3402	266,050	-7,100	6,66150	4,99654	8,72262	9,7962
3450	3452	265,725	-7,425	6,61884	4,96454	8,67736	9,7960
3500	3502	265,400	-7,750	6,57641 +2	4,93271 +2	8,63229 -1	9,7959
3550	3552	265,075	-8,075	6,53419	4,90105	8,58739	9,7957
3600	3602	264,750	-8,400	6,49219	4,86955	8,54267	9,7955
3650	3652	264,425	-8,725	6,45041	4,83821	8,49813	9,7954
3700	3702	264,100	-9,050	6,40885	4,80704	8,45376	9,7952
3750	3752	263,775	-9,375	6,36751	4,77603	8,40958	9,7951
3800	3802	263,450	-9,700	6,32638	4,74518	8,36557	9,7949
3850	3852	263,125	-10,025	6,28547	4,71449	8,32174	9,7948
3900	3902	262,800	-10,350	6,24478	4,68397	8,27808	9,7946
3950	3952	262,475	-10,675	6,20429	4,65360	8,23460	9,7945



TABLE 5 (continued)

TABLEAU 5 (suite)

ТАБЛИЦА 5 (продолжение)

Values in terms of geometrical altitude. Valeurs en fonction de l'altitude géométrique.

Значения величин в функции геометрической высоты.

<i>h</i> , m	<i>H</i> , m	<i>T</i> , K	<i>t</i> , °C	<i>p</i> , mbar	<i>p</i> , mm Hg	<i>ρ</i> , kg·m <sup>-3</sup>	<i>g</i> , m·s <sup>-2</sup>
4000	3997	262,166	-10,984	6,16604 +2	4,62491 +2	8,19347 -1	9,7943
4050	4047	261,842	-11,308	6,12602	4,59490	8,15038	9,7942
4100	4097	261,517	-11,633	6,08622	4,56504	8,10747	9,7940
4150	4147	261,193	-11,957	6,04662	4,53534	8,06473	9,7939
4200	4197	260,868	-12,282	6,00723	4,50579	8,02216	9,7937
4250	4247	260,543	-12,607	5,96805	4,47641	7,97977	9,7936
4300	4297	260,219	-12,931	5,92908	4,44718	7,93755	9,7934
4350	4347	259,894	-13,256	5,89032	4,41810	7,89550	9,7932
4400	4397	259,570	-13,580	5,85176	4,38918	7,85363	9,7931
4450	4447	259,245	-13,905	5,81340	4,36041	7,81192	9,7929
4500	4497	258,921	-14,229	5,77526 +2	4,33180 +2	7,77038 -1	9,7928
4550	4547	258,596	-14,554	5,73731	4,30334	7,72902	9,7926
4600	4597	258,272	-14,878	5,69957	4,27503	7,68782	9,7925
4650	4647	257,947	-15,203	5,66203	4,24687	7,64679	9,7923
4700	4697	257,623	-15,527	5,62469	4,21886	7,60593	9,7922
4750	4746	257,298	-15,852	5,58755	4,19101	7,56524	9,7920
4800	4796	256,974	-16,176	5,55061	4,16330	7,52472	9,7919
4850	4846	256,649	-16,501	5,51387	4,13574	7,48436	9,7917
4900	4896	256,325	-16,825	5,47732	4,10833	7,44417	9,7915
4950	4946	256,000	-17,150	5,44098	4,08107	7,40415	9,7914
5000	4996	255,676	-17,474	5,40483 +2	4,05395 +2	7,36429 -1	9,7912
5050	5046	255,351	-17,799	5,36887	4,02698	7,32459	9,7911
5100	5096	255,027	-18,123	5,33311	4,00016	7,28506	9,7909
5150	5146	254,702	-18,448	5,29754	3,97348	7,24570	9,7908
5200	5196	254,378	-18,772	5,26217	3,94695	7,20649	9,7906
5250	5246	254,053	-19,097	5,22699	3,92056	7,16745	9,7905
5300	5296	253,729	-19,421	5,19200	3,89432	7,12858	9,7903
5350	5346	253,404	-19,746	5,15720	3,86822	7,08986	9,7902
5400	5395	253,080	-20,070	5,12259	3,84225	7,05131	9,7900
5450	5445	252,755	-20,395	5,08816	3,81644	7,01292	9,7899
5500	5495	252,431	-20,719	5,05393 +2	3,79076 +2	6,97469 -1	9,7897
5550	5545	252,106	-21,044	5,01988	3,76522	6,93662	9,7895
5600	5595	251,782	-21,368	4,98602	3,73982	6,89871	9,7894
5650	5645	251,458	-21,692	4,95235	3,71457	6,86095	9,7892
5700	5695	251,133	-22,017	4,91886	3,68945	6,82336	9,7891
5750	5745	250,809	-22,341	4,88555	3,66447	6,78593	9,7889
5800	5795	250,484	-22,666	4,85243	3,63962	6,74865	9,7888
5850	5845	250,160	-22,990	4,81949	3,61492	6,71153	9,7886
5900	5895	249,836	-23,314	4,78673	3,59035	6,67457	9,7885
5950	5944	249,511	-23,639	4,75416	3,56591	6,63776	9,7883
6000	5994	249,187	-23,963	4,72176 +2	3,54161 +2	6,60111 -1	9,7882
6050	6044	248,862	-24,288	4,68955	3,51745	6,56462	9,7880
6100	6094	248,538	-24,612	4,65751	3,49342	6,52828	9,7879
6150	6144	248,214	-24,936	4,62565	3,46952	6,49210	9,7877
6200	6194	247,889	-25,261	4,59396	3,44576	6,45607	9,7875
6250	6244	247,565	-25,585	4,56246	3,42212	6,42019	9,7874
6300	6294	247,241	-25,909	4,53113	3,39863	6,38447	9,7872
6350	6344	246,916	-26,234	4,49997	3,37526	6,34890	9,7871
6400	6394	246,592	-26,558	4,46899	3,35202	6,31348	9,7869
6450	6443	246,267	-26,883	4,43818	3,32891	6,27821	9,7868
6500	6493	245,943	-27,207	4,40755 +2	3,30593 +2	6,24310 -1	9,7866
6550	6543	245,619	-27,531	4,37708	3,28308	6,20813	9,7865
6600	6593	245,294	-27,856	4,34679	3,26036	6,17332	9,7863
6650	6643	244,970	-28,180	4,31667	3,23777	6,13866	9,7862
6700	6693	244,646	-28,504	4,28672	3,21530	6,10415	9,7860
6750	6743	244,322	-28,828	4,25693	3,19296	6,06978	9,7859
6800	6793	243,997	-29,153	4,22732	3,17075	6,03557	9,7857
6850	6843	243,673	-29,477	4,19787	3,14866	6,00150	9,7855
6900	6893	243,349	-29,801	4,16859	3,12670	5,96758	9,7854
6950	6942	243,024	-30,126	4,13947	3,10486	5,93381	9,7852

Values in terms of geopotential altitude. Valeurs en fonction de l'altitude géopotentielle.  
 Значения величин в функции геопотенциальной высоты.

H, m	h, m	T, K	t, °C	p, mbar	p, mm Hg	ρ, kg·m <sup>-3</sup>	g, m·s <sup>-2</sup>
4000	4003	262,150	-11,000	6,16402 +2	4,62340 +2	8,19129 -1	9,7943
4050	4053	261,825	-11,325	6,12396	4,59335	8,14816	9,7942
4100	4103	261,500	-11,650	6,08412	4,56346	8,10520	9,7940
4150	4153	261,175	-11,975	6,04448	4,53373	8,06242	9,7938
4200	4203	260,850	-12,300	6,00505	4,50416	8,01981	9,7937
4250	4253	260,525	-12,625	5,96583	4,47474	7,97737	9,7935
4300	4303	260,200	-12,950	5,92682	4,44548	7,93510	9,7934
4350	4353	259,875	-13,275	5,88801	4,41637	7,89300	9,7932
4400	4403	259,550	-13,600	5,84941	4,38742	7,85108	9,7931
4450	4453	259,225	-13,925	5,81102	4,35862	7,80933	9,7929
4500	4503	258,900	-14,250	5,77283 +2	4,32998 +2	7,76774 -1	9,7928
4550	4553	258,575	-14,575	5,73484	4,30149	7,72633	9,7926
4600	4603	258,250	-14,900	5,69706	4,27315	7,68508	9,7925
4650	4653	257,925	-15,225	5,65948	4,24496	7,64401	9,7923
4700	4703	257,600	-15,550	5,62210	4,21692	7,60310	9,7922
4750	4754	257,275	-15,875	5,58492	4,18903	7,56236	9,7920
4800	4804	256,950	-16,200	5,54794	4,16129	7,52178	9,7918
4850	4854	256,625	-16,525	5,51115	4,13371	7,48138	9,7917
4900	4904	256,300	-16,850	5,47457	4,10626	7,44114	9,7915
4950	4954	255,975	-17,175	5,43818	4,07897	7,40106	9,7914
5000	5004	255,650	-17,500	5,40199 +2	4,05183 +2	7,36116 -1	9,7912
5050	5054	255,325	-17,825	5,36599	4,02482	7,32141	9,7911
5100	5104	255,000	-18,150	5,33019	3,99797	7,28183	9,7909
5150	5154	254,675	-18,475	5,29458	3,97126	7,24242	9,7908
5200	5204	254,350	-18,800	5,25917	3,94470	7,20316	9,7906
5250	5254	254,025	-19,125	5,22394	3,91828	7,16407	9,7905
5300	5304	253,700	-19,450	5,18891	3,89200	7,12515	9,7903
5350	5355	253,375	-19,775	5,15407	3,86587	7,08638	9,7901
5400	5405	253,050	-20,100	5,11942	3,83988	7,04778	9,7900
5450	5455	252,725	-20,425	5,08495	3,81403	7,00934	9,7898
5500	5505	252,400	-20,750	5,05068 +2	3,78832 +2	6,97105 -1	9,7897
5550	5555	252,075	-21,075	5,01659	3,76275	6,93293	9,7895
5600	5605	251,750	-21,400	4,98269	3,73732	6,89497	9,7894
5650	5655	251,425	-21,725	4,94897	3,71203	6,85717	9,7892
5700	5705	251,100	-22,050	4,91544	3,68688	6,81952	9,7891
5750	5755	250,775	-22,375	4,88210	3,66187	6,78204	9,7889
5800	5805	250,450	-22,700	4,84893	3,63700	6,74471	9,7888
5850	5855	250,125	-23,025	4,81595	3,61226	6,70754	9,7886
5900	5905	249,800	-23,350	4,78315	3,58766	6,67053	9,7885
5950	5956	249,475	-23,675	4,75054	3,56320	6,63367	9,7883
6000	6006	249,150	-24,000	4,71810 +2	3,53887 +2	6,59697 -1	9,7881
6050	6056	248,825	-24,325	4,68584	3,51467	6,56042	9,7880
6100	6106	248,500	-24,650	4,65377	3,49061	6,52403	9,7878
6150	6156	248,175	-24,975	4,62186	3,46668	6,48780	9,7877
6200	6206	247,850	-25,300	4,59014	3,44289	6,45171	9,7875
6250	6256	247,525	-25,625	4,55859	3,41923	6,41579	9,7874
6300	6306	247,200	-25,950	4,52722	3,39570	6,38001	9,7872
6350	6356	246,875	-26,275	4,49603	3,37230	6,34439	9,7871
6400	6406	246,550	-26,600	4,46501	3,34903	6,30892	9,7869
6450	6457	246,225	-26,925	4,43416	3,32589	6,27360	9,7868
6500	6507	245,900	-27,250	4,40348 +2	3,30288 +2	6,23844 -1	9,7866
6550	6557	245,575	-27,575	4,37298	3,28000	6,20342	9,7865
6600	6607	245,250	-27,900	4,34265	3,25725	6,16856	9,7863
6650	6657	244,925	-28,225	4,31249	3,23463	6,13384	9,7861
6700	6707	244,600	-28,550	4,28249	3,21214	6,09928	9,7860
6750	6757	244,275	-28,875	4,25267	3,18977	6,06486	9,7858
6800	6807	243,950	-29,200	4,22302	3,16752	6,03060	9,7857
6850	6857	243,625	-29,525	4,19353	3,14541	5,99648	9,7855
6900	6907	243,300	-29,850	4,16421	3,12342	5,96251	9,7854
6950	6958	242,975	-30,175	4,13506	3,10155	5,92868	9,7852