

Union internationale des télécommunications

**UIT-R**

Secteur des Radiocommunications de l'UIT

**Recommandation UIT-R P.835-5**  
(02/2012)

**Atmosphère de référence pour  
l'affaiblissement dû aux gaz**

**Série P**  
**Propagation des ondes radioélectriques**



Union  
internationale des  
télécommunications

## Avant-propos

Le rôle du Secteur des radiocommunications est d'assurer l'utilisation rationnelle, équitable, efficace et économique du spectre radioélectrique par tous les services de radiocommunication, y compris les services par satellite, et de procéder à des études pour toutes les gammes de fréquences, à partir desquelles les Recommandations seront élaborées et adoptées.

Les fonctions réglementaires et politiques du Secteur des radiocommunications sont remplies par les Conférences mondiales et régionales des radiocommunications et par les Assemblées des radiocommunications assistées par les Commissions d'études.

## Politique en matière de droits de propriété intellectuelle (IPR)

La politique de l'UIT-R en matière de droits de propriété intellectuelle est décrite dans la «Politique commune de l'UIT-T, l'UIT-R, l'ISO et la CEI en matière de brevets», dont il est question dans l'Annexe 1 de la Résolution UIT-R 1. Les formulaires que les titulaires de brevets doivent utiliser pour soumettre les déclarations de brevet et d'octroi de licence sont accessibles à l'adresse <http://www.itu.int/ITU-R/go/patents/fr>, où l'on trouvera également les Lignes directrices pour la mise en oeuvre de la politique commune en matière de brevets de l'UIT-T, l'UIT-R, l'ISO et la CEI et la base de données en matière de brevets de l'UIT-R.

### Séries des Recommandations UIT-R

(Egalement disponible en ligne: <http://www.itu.int/publ/R-REC/fr>)

| Séries     | Titre  |
|------------|--|
| <b>BO</b>  | Diffusion par satellite  |
| <b>BR</b>  | Enregistrement pour la production, l'archivage et la diffusion; films pour la télévision                   |
| <b>BS</b>  | Service de radiodiffusion sonore   |
| <b>BT</b>  | Service de radiodiffusion télévisuelle   |
| <b>F</b>   | Service fixe   |
| <b>M</b>   | Services mobile, de radiorepérage et d'amateur y compris les services par satellite associés               |
| <b>P</b>   | <b>Propagation des ondes radioélectriques</b>  |
| <b>RA</b>  | Radio astronomie   |
| <b>RS</b>  | Systèmes de télédétection  |
| <b>S</b>   | Service fixe par satellite   |
| <b>SA</b>  | Applications spatiales et météorologie   |
| <b>SF</b>  | Partage des fréquences et coordination entre les systèmes du service fixe par satellite et du service fixe |
| <b>SM</b>  | Gestion du spectre   |
| <b>SNG</b> | Reportage d'actualités par satellite   |
| <b>TF</b>  | Emissions de fréquences étalon et de signaux horaires  |
| <b>V</b>   | Vocabulaire et sujets associés   |

*Note: Cette Recommandation UIT-R a été approuvée en anglais aux termes de la procédure détaillée dans la Résolution UIT-R 1.*

Publication électronique  
Genève, 2013

© UIT 2013

Tous droits réservés. Aucune partie de cette publication ne peut être reproduite, par quelque procédé que ce soit, sans l'accord écrit préalable de l'UIT.

## RECOMMANDATION UIT-R P.835-5

**Atmosphère de référence pour l'affaiblissement dû aux gaz**

(Question UIT-R 201/3)

(1992-1994-1997-1999-2005-2012)

**Domaine d'application**

La Recommandation UIT-R P.835 donne les formules et les données pour les atmosphères de référence qui sont nécessaires pour calculer l'affaiblissement dû aux gaz sur les trajets Terre vers espace.

L'Assemblée des radiocommunications de l'UIT,

*considérant*

a) qu'il est nécessaire de disposer d'une atmosphère de référence pour calculer l'affaiblissement dû aux gaz sur un trajet Terre vers espace,

*recommande*

**1** que l'on utilise les atmosphères de référence définies dans l'Annexe 1 pour déterminer la température, la pression et la pression partielle de vapeur d'eau en fonction de l'altitude, dans le calcul de l'affaiblissement dû aux gaz, quand des données locales plus fiables ne sont pas disponibles;

**2** que l'on utilise les données expérimentales fournies dans les Annexes 2 et 3 pour les points considérés quand on a besoin de connaître les variations saisonnières ou mensuelles.

**Annexe 1****1 Atmosphère de référence moyenne annuelle pour le monde entier**

L'atmosphère de référence définie ci-après correspond aux profils moyens annuels, la moyenne étant faite sur tout le globe.

**1.1 Température et pression**

La définition de l'atmosphère de référence est fondée sur le modèle de l'United States Standard Atmosphere, 1976, dans lequel l'atmosphère est divisée en sept couches successives présentant une variation linéaire en fonction de la température, comme le montre la Fig. 1.

La température  $T$  à l'altitude  $h$  est donc donnée par:

$$T(h) = T_i + L_i (h - H_i) \quad \text{K} \quad (1)$$

où:

$$T_i = T(H_i) \quad (2)$$

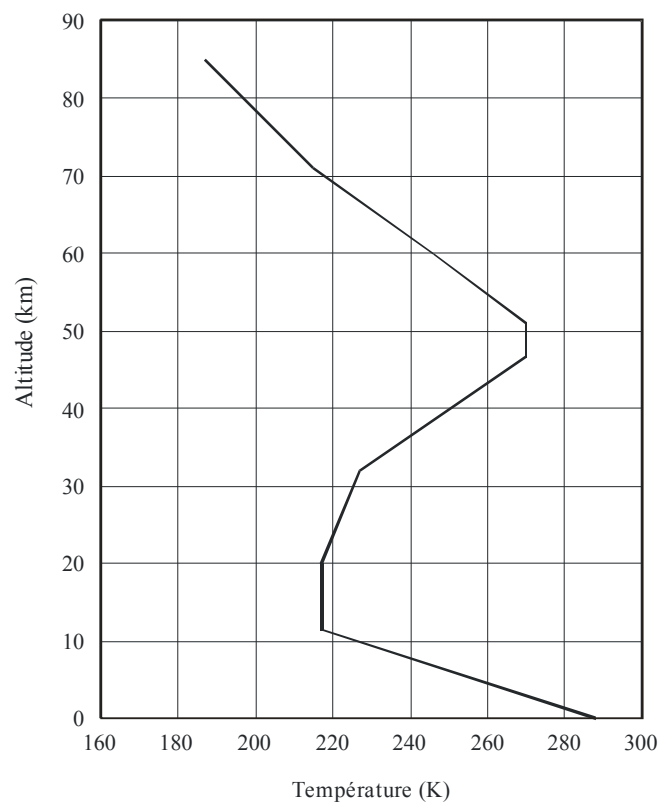
et  $L_i$  est le gradient de température à partir de l'altitude  $H_i$ , donné dans le Tableau 1.

TABLEAU 1

| Indice, $i$ | Altitude, $H_i$<br>(km) | Gradient de<br>température, $L_i$<br>(K/km) |
|-------------|-------------------------|---|
| 0           | 0                       | -6,5  |
| 1           | 11                      | 0,0   |
| 2           | 20                      | +1,0  |
| 3           | 32                      | +2,8  |
| 4           | 47                      | 0,0   |
| 5           | 51                      | -2,8  |
| 6           | 71                      | -2,0  |
| 7           | 85                      |   |

FIGURE 1

## Profil de référence de la température atmosphérique



P0835-01

Lorsque le gradient de température  $L_i \neq 0$ , la pression est donnée par l'équation:

$$P(h) = P_i \left[ \frac{T_i}{T_i + L_i(h - H_i)} \right]^{34,163/L_i} \quad \text{hPa} \quad (3)$$

et lorsque le gradient de température  $L_i = 0$ , on obtient la pression par l'équation:

$$P(h) = P_i \exp \left[ \frac{-34,163 (h - H_i)}{T_i} \right] \quad \text{hPa} \quad (4)$$

La température et la pression normalisées au niveau du sol sont:

$$T_0 = 288,15 \quad \text{K} \quad (5)$$

$$P_0 = 1013,25 \quad \text{hPa}$$

Il faut noter que, au-dessus d'une altitude d'environ 85 km, l'atmosphère commence à ne plus être en équilibre thermodynamique local et l'équation hydrostatique sur laquelle se fondent les équations ci-dessus n'est plus valable.

## 1.2 Pression partielle de vapeur d'eau

La distribution de la vapeur d'eau dans l'atmosphère est en général extrêmement variable, mais elle peut être approximativement calculée par l'équation:

$$\rho(h) = \rho_0 \exp(-h / h_0) \quad \text{g/m}^3 \quad (6)$$

où la hauteur d'échelle  $h_0 = 2$  km et la densité de référence de vapeur d'eau au niveau du sol est:

$$\rho_0 = 7,5 \quad \text{g/m}^3 \quad (7)$$

On obtient la pression de vapeur d'eau à partir de sa densité par l'équation (voir la Recommandation UIT-R P.453):

$$e(h) = \frac{\rho(h) T(h)}{216,7} \quad \text{hPa} \quad (8)$$

La densité de vapeur d'eau décroît exponentiellement lorsque l'altitude augmente, jusqu'à l'altitude où le rapport de mélange  $e(h)/P(h) = 2 \times 10^{-6}$ . Aux altitudes plus élevées, on suppose que le rapport de mélange est constant.

## 1.3 Atmosphère sèche pour les calculs de l'affaiblissement

Le profil de densité des gaz atmosphériques autres que la vapeur d'eau («atmosphère sèche») peut être déduit des profils de température et de pression du § 1.1.

Pour les calculs de l'affaiblissement, ce profil de densité est pratiquement exponentiel, conformément à l'équation (6) pour:

$$h_0 = 6 \text{ km} \quad (9)$$

## 2 Atmosphère de référence annuelle pour les latitudes basses

Pour les latitudes basses (inférieures à 22°), les variations saisonnières ne sont pas très importantes et on peut utiliser un seul profil pour toute l'année.

La température  $T$  (K) à l'altitude  $h$  (km) est donnée par:

$$T(h) = 300,4222 - 6,3533 h + 0,005886 h^2 \quad \text{pour} \quad 0 \leq h < 17$$

$$T(h) = 194 + (h - 17) 2,533 \quad \text{pour} \quad 17 \leq h < 47$$

$$T(h) = 270 \quad \text{pour} \quad 47 \leq h < 52$$

$$T(h) = 270 - (h - 52) 3,0714 \quad \text{pour} \quad 52 \leq h < 80$$

$$T(h) = 184 \quad \text{pour} \quad 80 \leq h \leq 100$$

et la pression  $P$  (hPa) est donnée par:

$$P(h) = 1012,0306 - 109,0338 h + 3,6316 h^2 \quad \text{pour} \quad 0 \leq h \leq 10$$

$$P(h) = P_{10} \exp [-0,147 (h - 10)] \quad \text{pour} \quad 10 < h \leq 72$$

$$P(h) = P_{72} \exp [-0,165 (h - 72)] \quad \text{pour} \quad 72 < h \leq 100$$

où  $P_{10}$  et  $P_{72}$  sont les pressions à 10 et 72 km respectivement.

La densité de vapeur d'eau ( $\text{g}/\text{m}^3$ ) est donnée par:

$$\rho(h) = 19,6542 \exp [-0,2313 h - 0,1122 h^2 + 0,01351 h^3 - 0,0005923 h^4] \quad \text{pour} \quad 0 \leq h \leq 15$$

$$\rho(h) = 0 \quad \text{pour} \quad h > 15$$

### 3 Atmosphère de référence pour les latitudes moyennes

Pour les latitudes moyennes (entre  $22^\circ$  et  $45^\circ$ ), on peut utiliser les profils ci-après en été et en hiver.

#### 3.1 Profil pour les latitudes moyennes en été

La température  $T$  (K) à l'altitude  $h$  (km) est donnée par:

$$T(h) = 294,9838 - 5,2159 h - 0,07109 h^2 \quad \text{pour} \quad 0 \leq h < 13$$

$$T(h) = 215,5 \quad \text{pour} \quad 13 \leq h < 17$$

$$T(h) = 215,5 \exp [(h - 17) 0,008128] \quad \text{pour} \quad 17 \leq h < 47$$

$$T(h) = 275 \quad \text{pour} \quad 47 \leq h < 53$$

$$T(h) = 275 + \{1 - \exp [(h - 53) 0,06]\} 20 \quad \text{pour} \quad 53 \leq h < 80$$

$$T(h) = 175 \quad \text{pour} \quad 80 \leq h \leq 100$$

et la pression  $P$  (hPa) est donnée par:

$$P(h) = 1012,8186 - 111,5569 h + 3,8646 h^2 \quad \text{pour} \quad 0 \leq h \leq 10$$

$$P(h) = P_{10} \exp [-0,147 (h - 10)] \quad \text{pour} \quad 10 < h \leq 72$$

$$P(h) = P_{72} \exp [-0,165 (h - 72)] \quad \text{pour} \quad 72 < h \leq 100$$

où  $P_{10}$  et  $P_{72}$  sont les pressions à 10 et 72 km respectivement.

La densité de vapeur d'eau ( $\text{g}/\text{m}^3$ ) est donnée par:

$$\rho(h) = 14,3542 \exp [-0,4174 h - 0,02290 h^2 + 0,001007 h^3] \quad \text{pour} \quad 0 \leq h \leq 15$$

$$\rho(h) = 0 \quad \text{pour} \quad h > 15$$

#### 3.2 Profil pour les latitudes moyennes en hiver

La température  $T$  (K) à l'altitude  $h$  (km) est donnée par:

$$T(h) = 272,7241 - 3,6217 h - 0,1759 h^2 \quad \text{pour} \quad 0 \leq h < 10$$

$$T(h) = 218 \quad \text{pour} \quad 10 \leq h < 33$$

$$T(h) = 218 + (h - 33) 3,3571 \quad \text{pour} \quad 33 \leq h < 47$$

$$T(h) = 265 \quad \text{pour} \quad 47 \leq h < 53$$

$$T(h) = 265 - (h - 53) 2,0370 \quad \text{pour} \quad 53 \leq h < 80$$

$$T(h) = 210 \quad \text{pour} \quad 80 \leq h \leq 100$$

et la pression  $P$  (hPa) est donnée par:

$$P(h) = 1018,8627 - 124,2954 h + 4,8307 h^2 \quad \text{pour} \quad 0 \leq h \leq 10$$

$$P(h) = P_{10} \exp [-0,147 (h - 10)] \quad \text{pour} \quad 10 < h \leq 72$$

$$P(h) = P_{72} \exp [-0,155 (h - 72)] \quad \text{pour} \quad 72 < h \leq 100$$

où  $P_{10}$  et  $P_{72}$  sont les pressions à 10 et 72 km respectivement.

La densité de vapeur d'eau ( $\text{g/m}^3$ ) est donnée par:

$$\rho(h) = 3,4742 \exp [-0,2697 h - 0,03604 h^2 + 0,0004489 h^3] \quad \text{pour} \quad 0 \leq h \leq 10$$

$$\rho(h) = 0 \quad \text{pour} \quad h > 10$$

#### 4 Atmosphère de référence pour les latitudes élevées

Pour les latitudes élevées (supérieures à  $45^\circ$ ), on peut utiliser les profils ci-après en été et en hiver.

##### 4.1 Profil pour les latitudes élevées en été

La température  $T$  (K) à l'altitude  $h$  (km) est donnée par:

$$T(h) = 286,8374 - 4,7805 h - 0,1402 h^2 \quad \text{pour} \quad 0 \leq h < 10$$

$$T(h) = 225 \quad \text{pour} \quad 10 \leq h < 23$$

$$T(h) = 225 \exp [(h - 23) 0,008317] \quad \text{pour} \quad 23 \leq h < 48$$

$$T(h) = 277 \quad \text{pour} \quad 48 \leq h < 53$$

$$T(h) = 277 - (h - 53) 4,0769 \quad \text{pour} \quad 53 \leq h < 79$$

$$T(h) = 171 \quad \text{pour} \quad 79 \leq h \leq 100$$

et la pression  $P$  (hPa) est donnée par:

$$P(h) = 1008,0278 - 113,2494 h + 3,9408 h^2 \quad \text{pour} \quad 0 \leq h \leq 10$$

$$P(h) = P_{10} \exp [-0,140 (h - 10)] \quad \text{pour} \quad 10 < h \leq 72$$

$$P(h) = P_{72} \exp [-0,165 (h - 72)] \quad \text{pour} \quad 72 < h \leq 100$$

où  $P_{10}$  et  $P_{72}$  sont les pressions à 10 et 72 km respectivement.

La concentration en vapeur d'eau ( $\text{g/m}^3$ ) est donnée par:

$$\rho(h) = 8,988 \exp [-0,3614 h - 0,005402 h^2 - 0,001955 h^3] \quad \text{pour} \quad 0 \leq h \leq 15$$

$$\rho(h) = 0 \quad \text{pour} \quad h > 15$$

##### 4.2 Profil pour les latitudes élevées en hiver

La température  $T$  (K) à l'altitude  $h$  (km) est donnée par:

$$T(h) = 257,4345 + 2,3474 h - 1,5479 h^2 + 0,08473 h^3 \quad \text{pour} \quad 0 \leq h < 8,5$$

$$T(h) = 217,5 \quad \text{pour} \quad 8,5 \leq h < 30$$

$$T(h) = 217,5 + (h - 30) 2,125 \quad \text{pour} \quad 30 \leq h < 50$$

$$T(h) = 260 \quad \text{pour} \quad 50 \leq h < 54$$

$$T(h) = 260 - (h - 54) 1,667 \quad \text{pour} \quad 54 \leq h \leq 100$$



et la pression  $P$  (hPa) est donnée par:

$$P(h) = 1010,8828 - 122,2411 h + 4,554 h^2 \quad \text{pour } 0 \leq h \leq 10$$

$$P(h) = P_{10} \exp [-0,147 (h - 10)] \quad \text{pour } 10 < h \leq 72$$

$$P(h) = P_{72} \exp [-0,150 (h - 72)] \quad \text{pour } 72 < h \leq 100$$

où  $P_{10}$  et  $P_{72}$  sont les pressions à 10 et 72 km respectivement.

La densité de vapeur d'eau ( $\text{g/m}^3$ ) est donnée par:

$$\rho(h) = 1,2319 \exp [0,07481 h - 0,0981 h^2 + 0,00281 h^3] \quad \text{pour } 0 \leq h \leq 10$$

$$\rho(h) = 0 \quad \text{pour } h > 10$$

## Annexe 2

### 1 Données expérimentales des profils atmosphériques verticaux

Les moyennes mensuelles des profils verticaux de la température, de la pression et de l'humidité relative ont été calculées pour 353 points répartis dans le monde entier sur la base d'observations réalisées par radiosonde sur 10 années (1980-1989). Cet ensemble de données (DST.STD) est disponible auprès du Bureau des radiocommunications (BR) de l'UIT et contient les profils verticaux moyens mensuels, pour 00.00 UTC et 12.00 UTC, de la pression, de la température et de l'humidité relative. Ces profils, calculés en l'absence de pluie, portent sur des altitudes allant de 0 à 16 km par pas de 500 m. Les profils mensuels moyens sont contenus dans des fichiers ASCII appelés **<WMO\_code>.dat** où *WMO\_code* est le nom de code du site selon l'Organisation mondiale de la météorologie (par exemple, 03496.dat, 03496 est le code de station OMM pour Hemsby-in-Norfolk). Un exemple de profil est donné dans le Tableau 2. La liste des points se trouve dans un fichier ASCII (en utilisant le format de fichier CSV avec valeurs séparées par des virgules) appelé **dst\_std\_lst.csv**. Chaque enregistrement de ce fichier contient le champ suivant: WMO\_CODE, nom de station, pays, latitude, longitude, altitude au-dessus du niveau de la mer. Voir un exemple dans le Tableau 3.

Au-dessus de l'altitude maximale, une extrapolation peut être effectuée en utilisant les profils de référence fournis dans l'Annexe 1. Pour convertir l'humidité relative en valeurs absolues de densité de vapeur d'eau, il convient d'utiliser les formules contenues dans la Recommandation UIT-R P.453.



TABLEAU 2  
**Format de données DST.STD – Exemple de profil moyen mensuel  
 (station 10410)**

| YYMMDDHH NL |        |          |            |
|-------------|--------|----------|------------|
| 99 199 0 33 |        |          |            |
| Press (hPa) | Z (km) | Temp (K) | RH (%/100) |
| 1 016,905   | 0,00   | 273,62   | 0,864E+00  |
| 956,686     | 0,50   | 273,33   | 0,830E+00  |
| 898,555     | 1,00   | 271,74   | 0,754E+00  |
| 844,014     | 1,50   | 269,59   | 0,665E+00  |
| 791,860     | 2,00   | 267,15   | 0,591E+00  |
| 742,661     | 2,50   | 264,56   | 0,518E+00  |
| 696,285     | 3,00   | 261,89   | 0,470E+00  |
| 651,977     | 3,50   | 258,94   | 0,458E+00  |
| 610,086     | 4,00   | 255,88   | 0,448E+00  |
| 570,467     | 4,50   | 252,69   | 0,445E+00  |
| 533,076     | 5,00   | 249,33   | 0,451E+00  |
| 497,767     | 5,50   | 245,90   | 0,453E+00  |
| 464,123     | 6,00   | 242,32   | 0,450E+00  |
| 432,441     | 6,50   | 238,75   | 0,450E+00  |
| 402,414     | 7,00   | 235,16   | 0,443E+00  |
| 374,177     | 7,50   | 231,59   | 0,437E+00  |
| 347,236     | 8,00   | 228,12   | 0,433E+00  |
| 322,281     | 8,50   | 224,88   | 0,427E+00  |
| 298,474     | 9,00   | 221,89   | 0,421E+00  |
| 276,492     | 9,50   | 219,27   | 0,416E+00  |
| 255,527     | 10,00  | 217,08   | 0,411E+00  |
| 236,297     | 10,50  | 215,62   | 0,402E+00  |
| 218,415     | 11,00  | 214,79   | 0,393E+00  |
| 201,366     | 11,50  | 214,14   | 0,348E+00  |
| 186,214     | 12,00  | 214,02   | 0,205E+00  |
| 172,093     | 12,50  | 214,24   | 0,104E+00  |
| 158,709     | 13,00  | 214,66   | 0,368E-01  |
| 146,492     | 13,50  | 214,94   | 0,351E-02  |
| 135,813     | 14,00  | 214,88   | 0,120E-02  |
| 125,690     | 14,50  | 214,50   | 0,117E-02  |
| 116,027     | 15,00  | 214,01   | 0,113E-02  |
| 106,798     | 15,50  | 213,56   | 0,110E-02  |
| 98,291      | 16,00  | 213,26   | 0,107E-02  |

*Légende relative au Tableau 2:*

YY: Année (99 pour les profils moyens mensuels)

MM: Mois (1 = janvier, 2 = février ...)

DD: Jour du mois (99 pour les profils moyens mensuels)

HH: Heure du jour (UTC)

NL: Nombre de niveaux verticaux (NL = 33 pour STD.DST)

Press (hPa): Pression atmosphérique totale

Z (km): Altitude au-dessus de la surface terrestre

Temp (K): Température de l'air

RH (%/100): Humidité relative (en pourcentage)

NOTE 1 – Les valeurs de Temp et Press peuvent être mises à zéro si elles n'ont pas été enregistrées.

TABLEAU 3

**Fichier d'information sur la station DST\_STD\_LST.CSV –  
Exemple de structure d'enregistrement**

| Code WMO | Nom de station | Pays | Latitude (degrés) | Longitude (degrés) | Altitude au-dessus du niveau de la mer (m) |
|----------|----------------|------|-------------------|--------------------|--|
| 10 410   | ESSEN          | DL   | 51,4              | 6,967              | 153  |

NOTE 1 – Les valeurs de latitude et de longitude sont exprimées en degrés (c'est-à-dire 51,4 = 51° 24').

### Annexe 3

#### 1 Données de prévision météorologique numérique pour les profils verticaux atmosphériques

On a calculé des moyennes mensuelles, en fonction de l'heure de la journée, de profils verticaux de température, de pression et de densité de vapeur d'eau en utilisant l'ensemble de données ECMWF sur 15 ans tiré du projet de réanalyse ERA15. Cet ensemble de données (ESA\_STD\_PROF) est disponible auprès du BR de l'UIT et contient les profils verticaux mensuels moyens, pour 0000, 0600, 1200 et 1800 UTC, de la pression de l'air totale, de la température de l'air et de la densité de vapeur d'eau. Ces profils s'étendent d'une altitude de référence située autour de la surface terrestre locale jusqu'à une trentaine de km au-dessus de la surface terrestre et contient 32 niveaux dérivés des niveaux du modèle ERA15. Les données vont de 0° à 360° en longitude et de +90° à -90° en latitude, avec une résolution de 1,5° en latitude et en longitude. Toutes les données sont stockées dans des fichiers utilisant la norme précision simple à virgule flottante de l'IEEE (4 octets, 32 bits) au format «big-endian».

Les profils moyens mensuels de chaque paramètre météorologique se trouvent dans des fichiers binaires nommés *<param>\_<hh>.bin*, où *param* est le nom du paramètre météorologique (**pres** = pression de l'air totale [hPa], **temp** = température de l'air [K], **vapd** = densité de vapeur d'eau [g/m<sup>3</sup>] et *hh* est l'heure de la journée (c'est-à-dire 0000, 0600, 1200 et 1800 UTC). Les altitudes des niveaux de profil sont contenues dans un fichier binaire séparé, appelé **hght.bin**, dans lequel se trouvent les profils verticaux des altitudes de niveaux mensuels moyens. On trouvera au Tableau 4 un exemple des données contenues dans la base de données pour une heure précise.

TABLEAU 4

**Contenu ESA\_STD\_PROF – Exemple de profil au point de grille  
(latitude = 45° et longitude = 9°)  
à 1200 UTC en juillet**

| Altitude<br>(m) | Press<br>(hPa) | Temp<br>(K) | Vapd<br>(g/m <sup>3</sup> ) |
|-----------------|----------------|-------------|-----------------------------|
| 668,309         | 939,255        | 298,373     | 9,823                       |
| 701,645         | 935,673        | 298,125     | 9,617                       |
| 819,406         | 923,092        | 296,598     | 9,302                       |
| 1 029,200       | 900,957        | 294,292     | 8,811                       |
| 1 312,119       | 871,693        | 291,459     | 8,099                       |
| 1 653,510       | 837,298        | 288,287     | 6,992                       |
| 2 042,286       | 799,373        | 285,107     | 5,706                       |
| 2 470,212       | 759,191        | 282,116     | 4,555                       |
| 2 931,283       | 717,723        | 279,045     | 3,641                       |
| 3 421,197       | 675,691        | 275,934     | 2,692                       |
| 3 937,159       | 633,633        | 272,913     | 1,855                       |
| 4 477,475       | 591,936        | 269,707     | 1,286                       |
| 5 040,996       | 550,876        | 266,183     | 0,911                       |
| 5 627,126       | 510,656        | 262,354     | 0,636                       |
| 6 235,769       | 471,427        | 258,213     | 0,428                       |
| 6 867,105       | 433,307        | 253,687     | 0,277                       |
| 7 521,528       | 396,390        | 248,780     | 0,173                       |
| 8 199,571       | 360,767        | 243,521     | 0,103                       |
| 8 901,801       | 326,527        | 237,971     | 0,058                       |
| 9 629,047       | 293,764        | 232,319     | 0,034                       |
| 10 382,883      | 262,580        | 226,984     | 0,019                       |

TABLEAU 4 (*fin*)

| <b>Altitude<br/>(m)</b> | <b>Press<br/>(hPa)</b> | <b>Temp<br/>(K)</b> | <b>Vapd<br/>(g/m<sup>3</sup>)</b> |
|-------------------------|------------------------|---------------------|-----------------------------------|
| 11 167,396              | 233,064                | 222,845             | 0,009                             |
| 11 990,928              | 205,263                | 220,483             | 0,003                             |
| 12 864,380              | 179,195                | 219,279             | 0,001                             |
| 13 799,389              | 154,827                | 218,154             | 0,001                             |
| 14 812,536              | 132,043                | 217,057             | 0,001                             |
| 15 934,765              | 110,604                | 216,026             | 0,000                             |
| 17 228,709              | 90,110                 | 215,674             | 0,000                             |
| 18 821,158              | 70,037                 | 216,262             | 0,000                             |
| 20 964,607              | 50,038                 | 219,300             | 0,000                             |
| 24 270,756              | 30,039                 | 223,166             | 0,000                             |
| 31 430,756              | 10,320                 | 232,854             | 0,000                             |

*Légende relative au Tableau 4:*

Z (m): Altitude par rapport au niveau de la mer

Press (hPa): Pression atmosphérique totale

Temp (K): Température de l'air

Vapd (g/m<sup>3</sup>): Densité de vapeur d'eau

NOTE 1 – Les procédures Matlab et Fortran d'accès à l'ensemble de données ESA\_STD\_PROF sont disponibles sur le site web de l'UIT-R concernant la Commission d'études 3 des radiocommunications.