SFRP
Société Française de Radioprotection
AIR & RADIOACTIVITÉ

Paris, 1-2 février 2017

Structure, composition et rôle de l'atmosphère

Dr Thierry Billard
CNRS Lyon
Hospices civils de Lyon

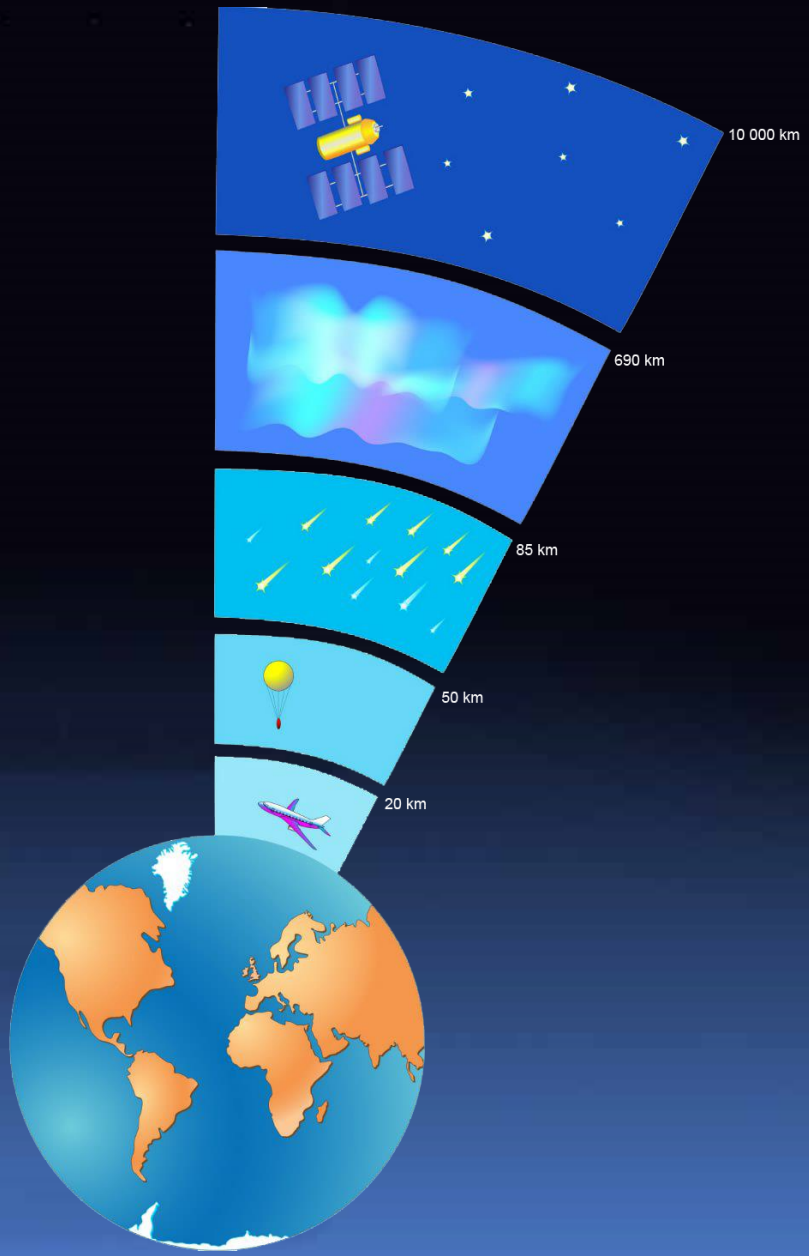
cnrs dépasser les frontières

Atmosphère ?

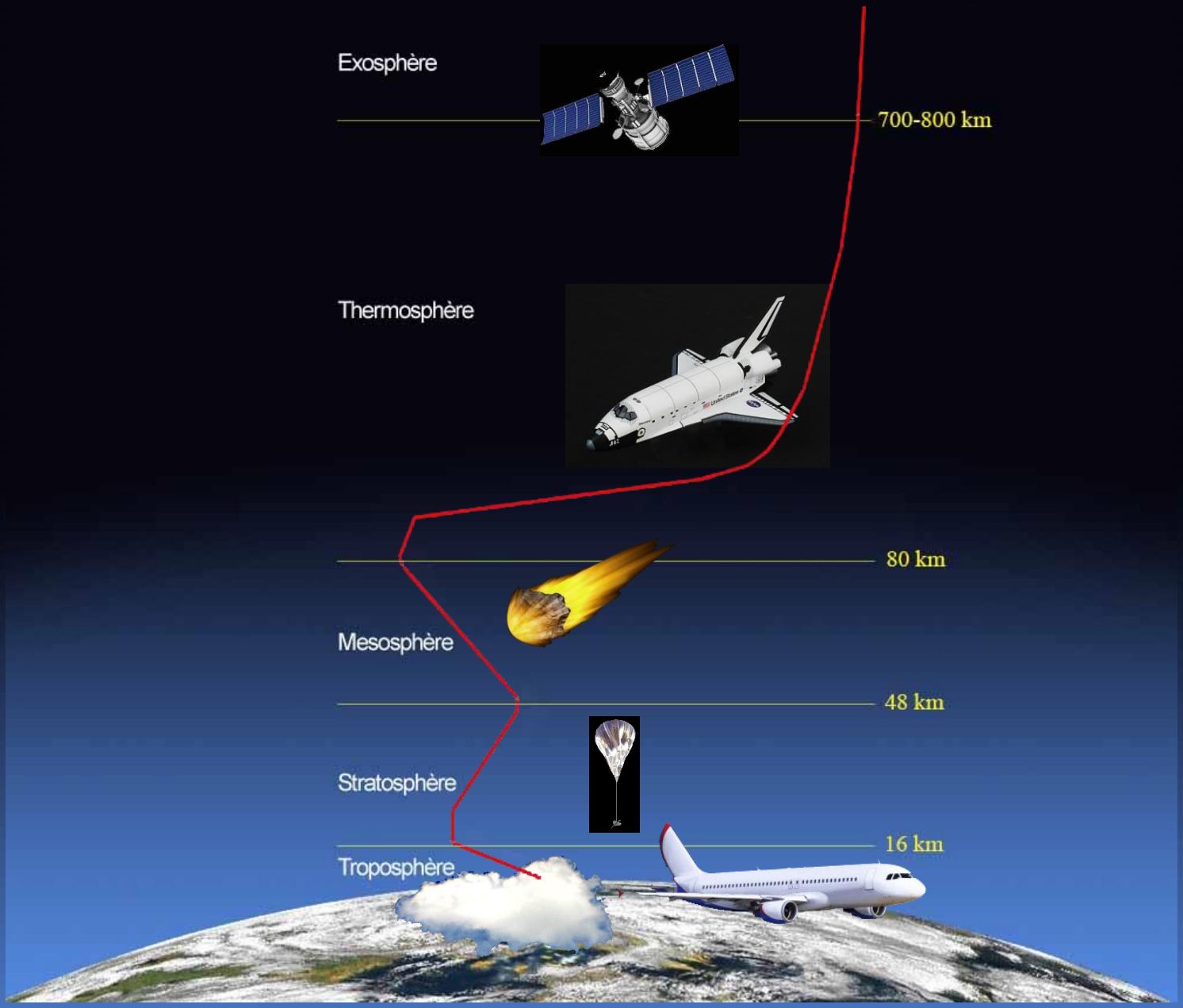
- Atmosphère → du grec *atmos* (vapeur, fumée)
  et *sphaira* (boule, globe terrestre)
- Atmosphère → couche d'air qui entoure la Terre
- Hauteur limite de l'atmosphère → dans une zone de transition assez épaisse, d'où les molécules pourraient s'échapper vers l'espace sans que des chocs avec d'autres molécules risquent de les renvoyer vers l'atmosphère.
  → entre 500 et 800 km.
- Observation et étude des aurores polaires → limite de l'atmosphère terrestre ≃ 800 km

Atmosphère et météo

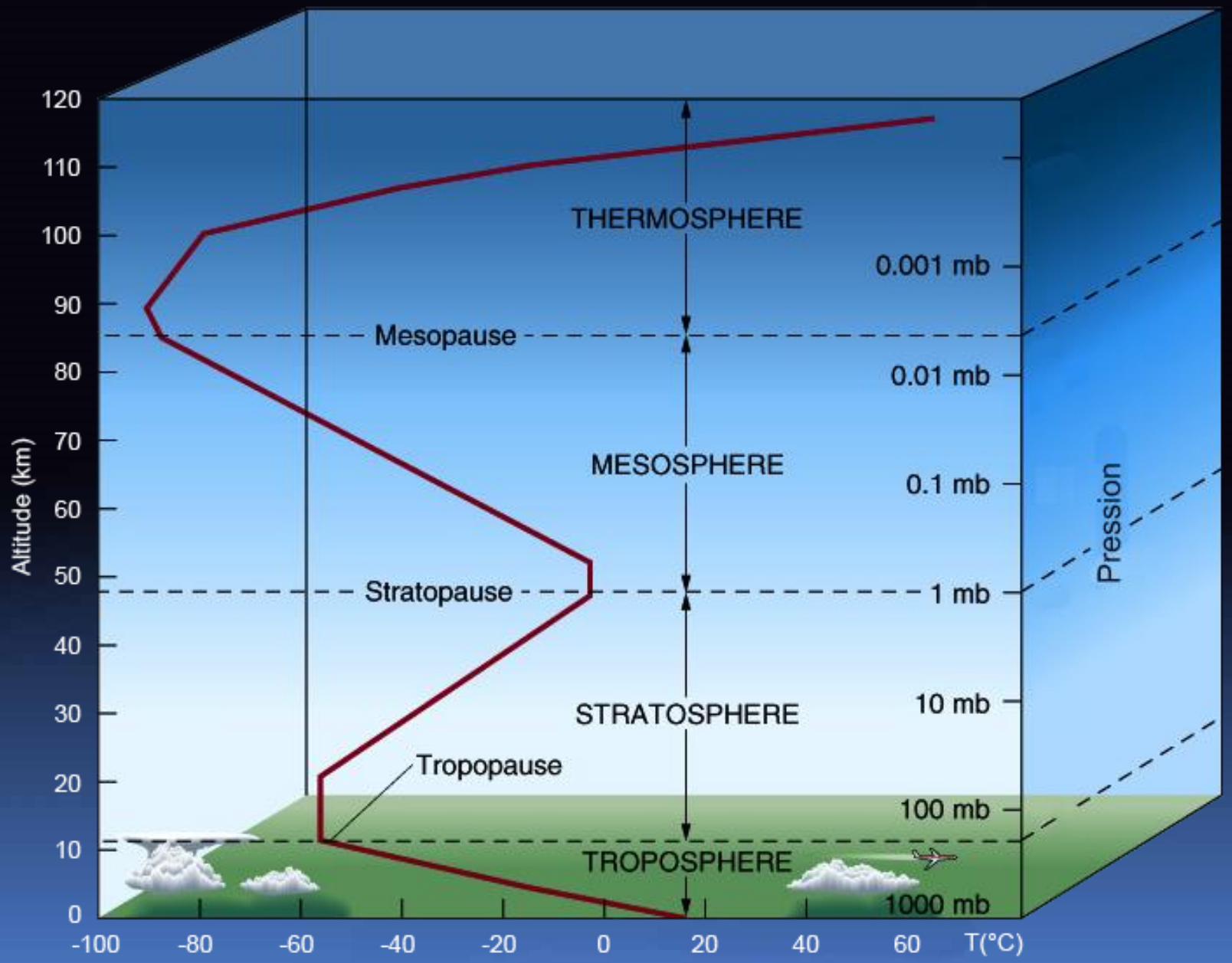
- Phénomènes météorologiques
  - 80 km de hauteur.
- Volume des variations météo
  - 1/50 000 du volume total de l'atmosphère
  - 10 000 × ⊕ de gaz que dans le reste de l'atmosphère .



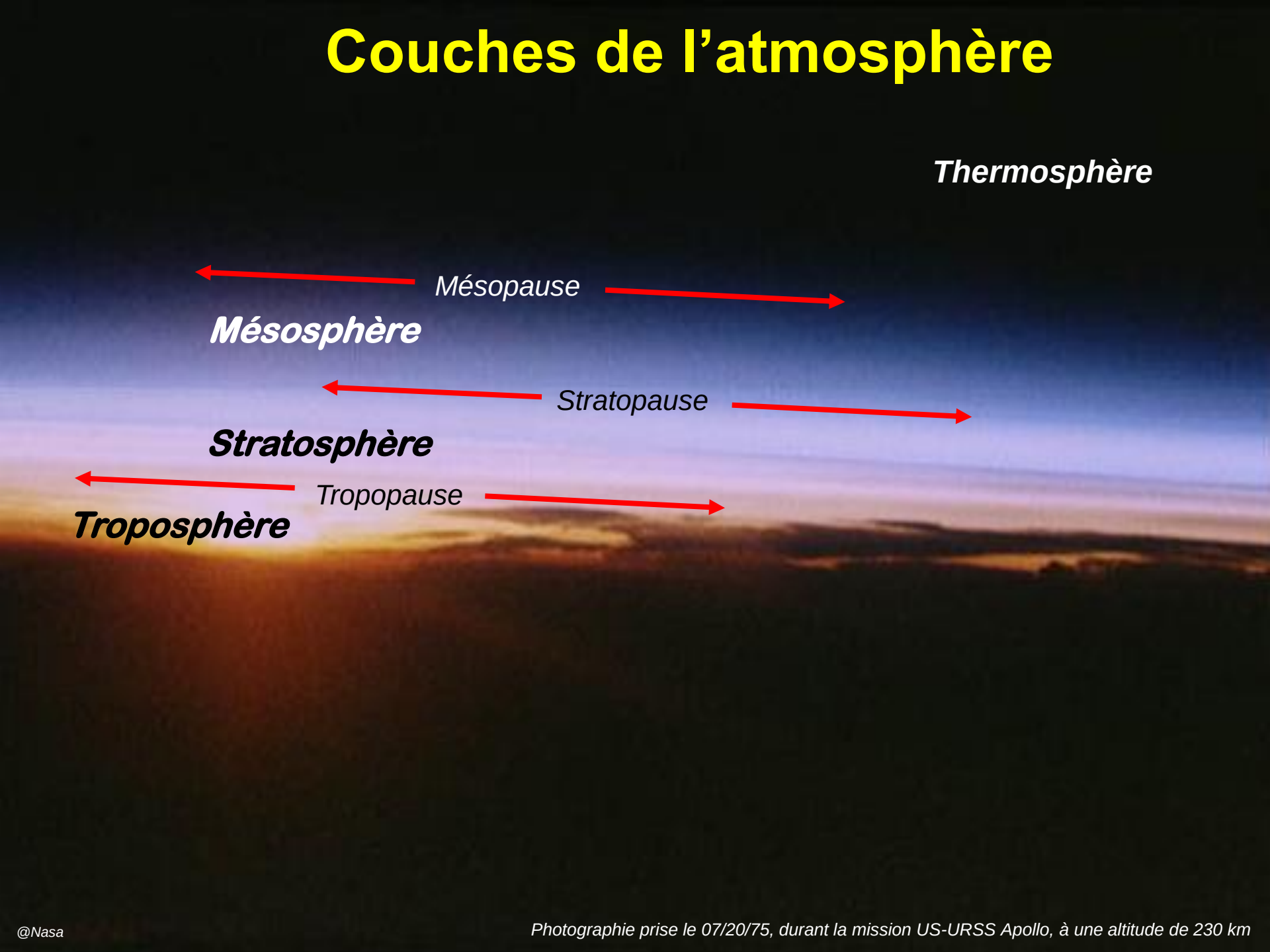
Couches de l'atmosphère



Evolution température



Couches de l’atmosphère



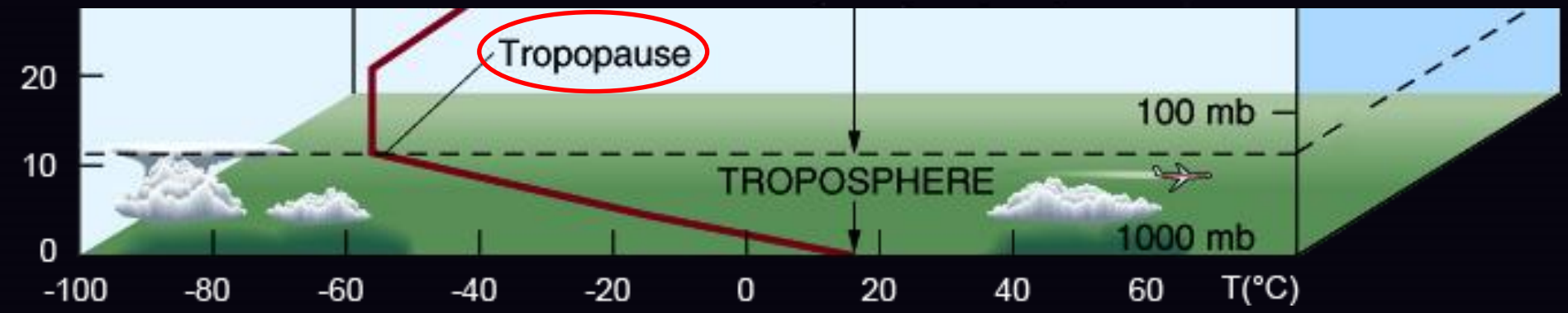
@Nasa

Photographie prise le 07/20/75, durant la mission US-URSS Apollo, à une altitude de 230 km

Troposphère

- Du grec *tropos* (« tour ») et *sphaira* (« sphère »)
  → convection et surtout turbulence des masses d'air
- Plus basse couche de l'atmosphère
- 8 km aux pôles et 16 km au dessus de l'Équateur
- Température décroît de 6°C par km.
- Plus dense des couches de l'atmosphère → contient 75% de la masse de l'atmosphère.
- Presque toute la vapeur d'eau ou humidité atmosphérique se trouve dans la troposphère.
- couche la plus troublée (d'où son nom)
  → brassage ⇒ constance relative de la composition sur toute l'épaisseur

Troposphère : Température



Tropopause → changement gradient thermique vertical :

- décroit dans troposphère
- brusquement très faible dans la tropopause
- s'annule dans la basse stratosphère (T cste avec altitude)
- dans la moyenne stratosphère , T croît verticalement

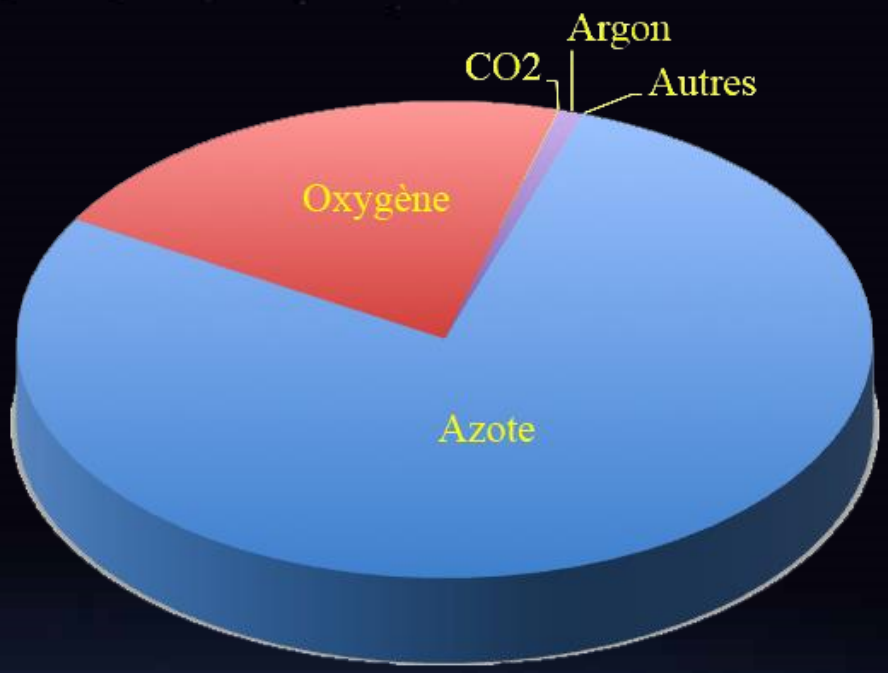
Tropopause énorme couche d'inversion de T (stabilité verticale)

⇒ bloque formation de mouvements ascendants .

Troposphère : composition de l'air

Composition air sec

Constituent	Chemical symbol	Mole percent
Nitrogen	**N_2**	**78.084**
Oxygen	**O_2**	**20.947**
Argon	**Ar**	**0.934**
Carbon dioxide	CO_2	0.0350
Neon	Ne	0.001818
Helium	He	0.000524
Methane	CH_4	0.00017
Krypton	Kr	0.000114
Hydrogen	H_2	0.000053
Nitrous oxide	N_2O	0.000031
Xenon	Xe	0.0000087
Ozone	O_3	trace to 0.0008
Carbon monoxide	CO	trace to 0.000025
Sulfur dioxide	SO_2	trace to 0.00001
Nitrogen dioxide	NO_2	trace to 0.000002
Ammonia	NH_3	trace to 0.0000003



Eau dans troposphère

- 3 états (gaz, solide, liquide)
- Teneurs variables
  - **0,1%** en Sibérie
  - **5%** régions maritimes équat.

Troposphère : « Couleur »

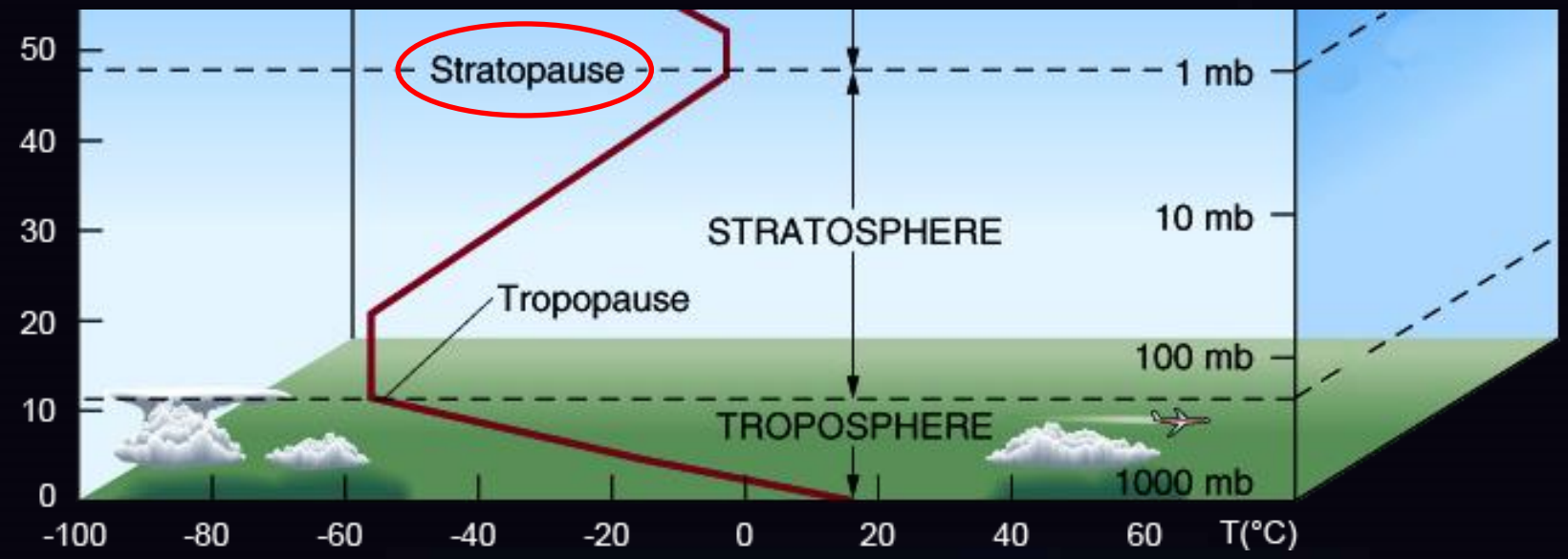
Couché de Soleil, 8/11/91, Atlantis.

la couleur rouge de la troposphère = absorption des courtes longueurs d'onde par la vapeur d'eau.

Stratosphère

- Du latin *stratus* («étendu») et du grec *sphaira* (« sphère »)
- 2ème couche principale de l'atmosphère.
- Région de 12 à 50 km : limite inférieure plus haute à l'équateur et plus basse aux pôles.
- Température augmente avec altitude.
- Profil T ⇒ conditions atmosphériques très stables, sans turbulence ⇒ stratosphère presque totalement exempte de nuages ou d'autres formes de temps.
- Stratosphère → avantages pour vol de longue distance : au-dessus des temps orageux et a des vents forts, réguliers et horizontaux

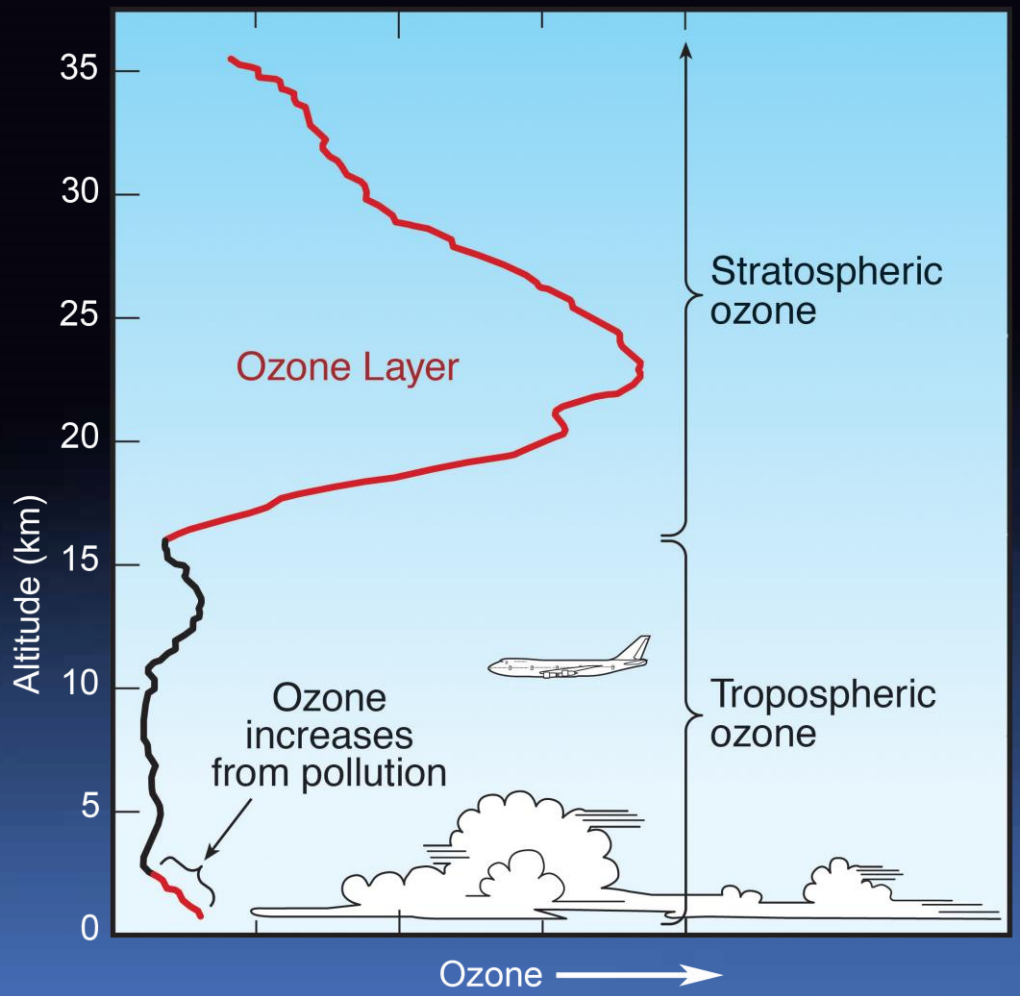
Stratosphère : Température



- T augmente avec altitude.
- Au point le plus haut T = 270 K (proche 0°C)
- Stratopause → T recommence à chuter avec altitude
- Chauffage couches supérieures : absorption des UV solaires
- Basse couche : équilibre entre la chaleur de la couche supérieure par conduction et la chaleur transmise de la troposphère par convection.

Stratosphère : Composition

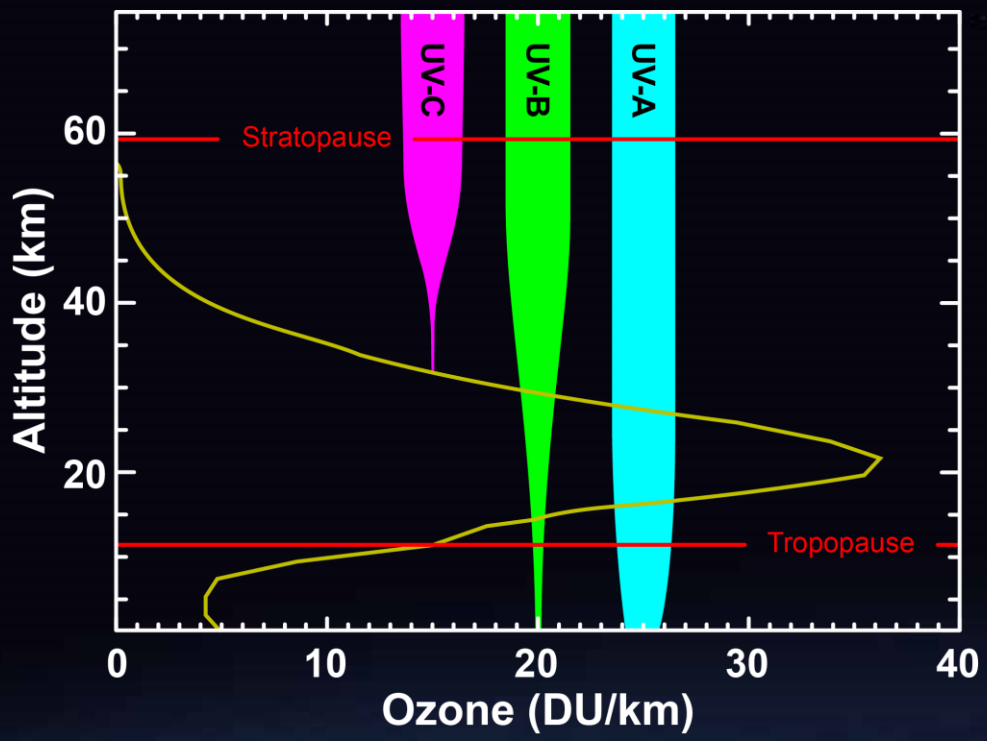
Composition chimique proche de la troposphère
Principale différence : Ozone (O_3)

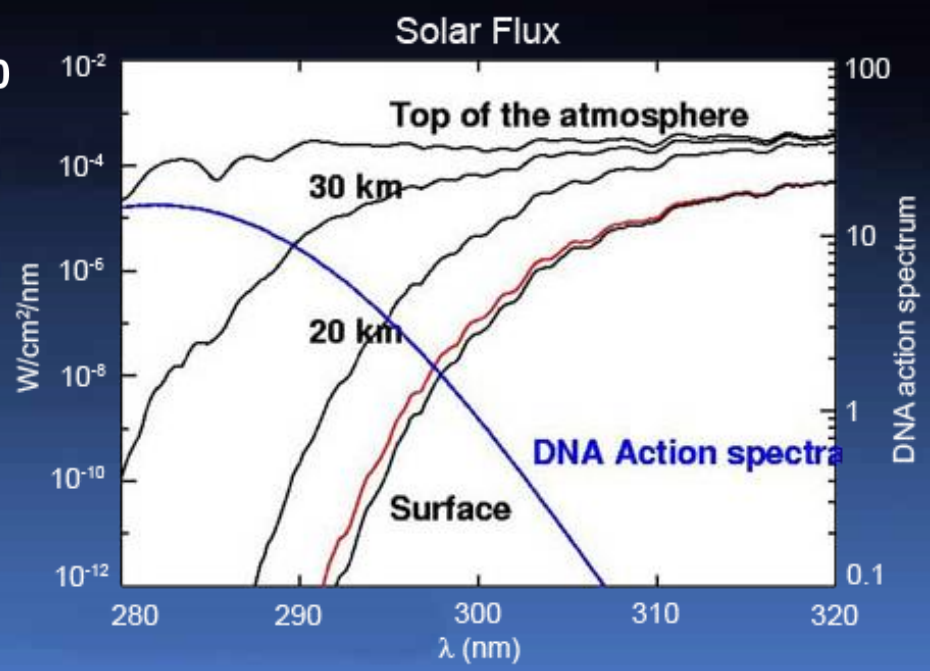


Couche d'ozone :

- Altitude : 15-35 km
- 90% O_3 dans stratosphère
- $[O_3]$ = 10 ppmv (0,04 ppmv troposphère)

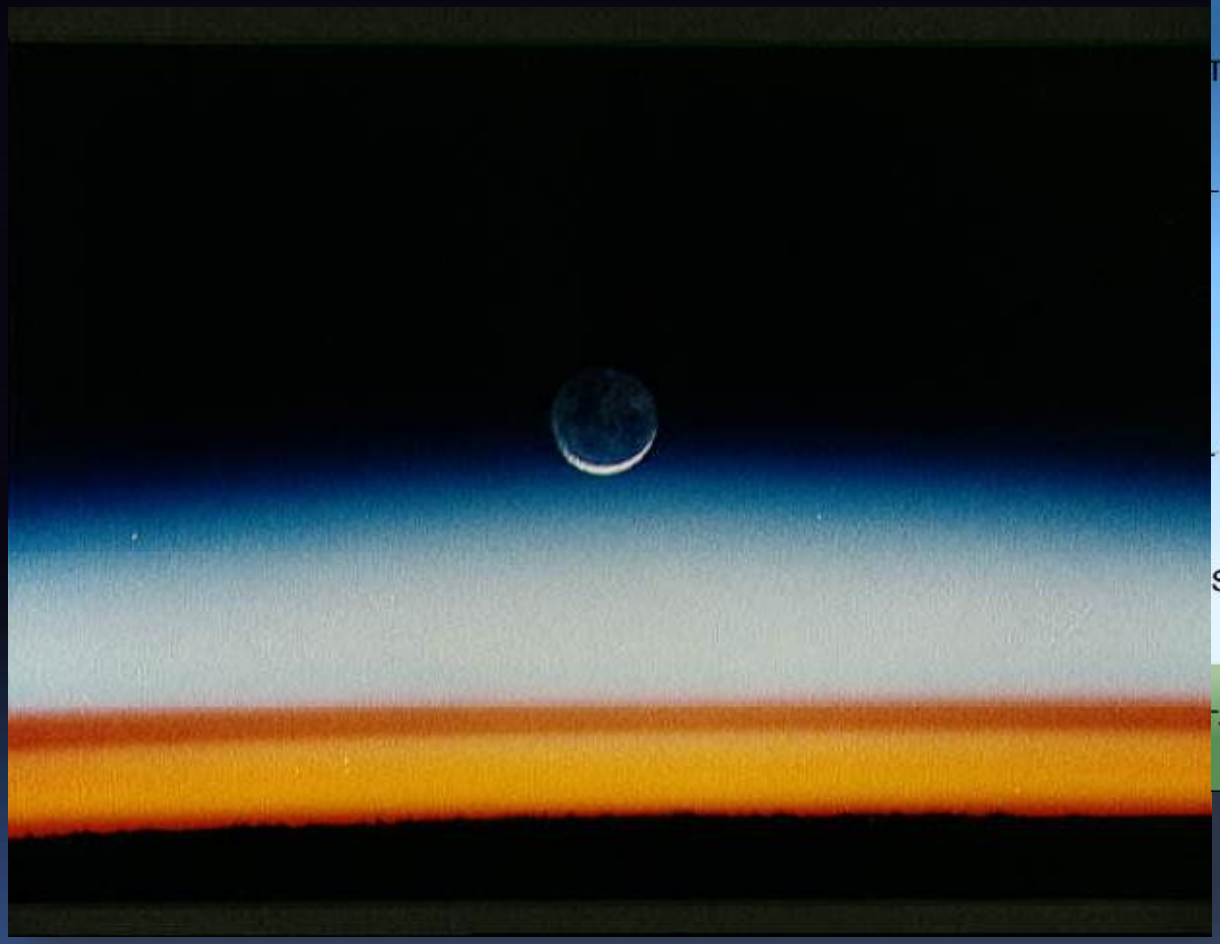
Stratosphère : Rôle O_3

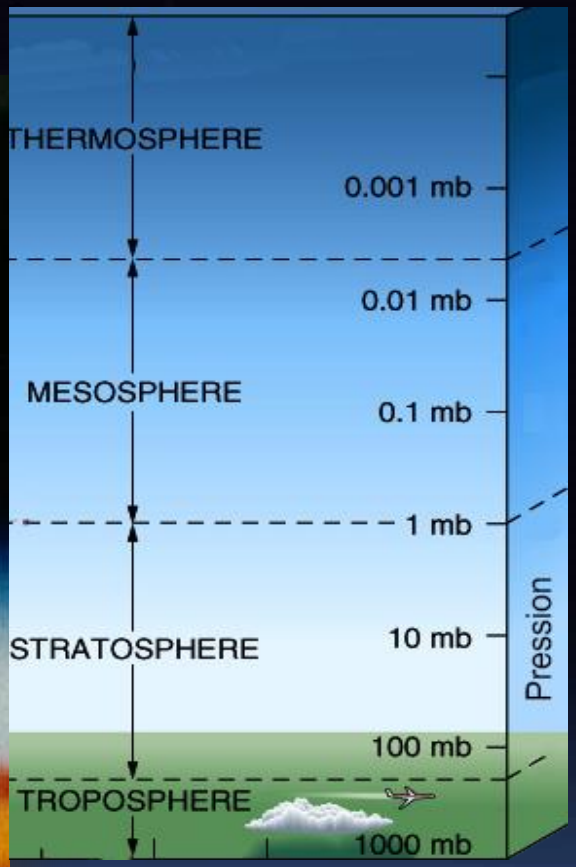




UV-A : 400 - 315 nm
UV-B : 315 - 280 nm
UV-C : 280 - 100 nm

Stratosphère : « Couleur »



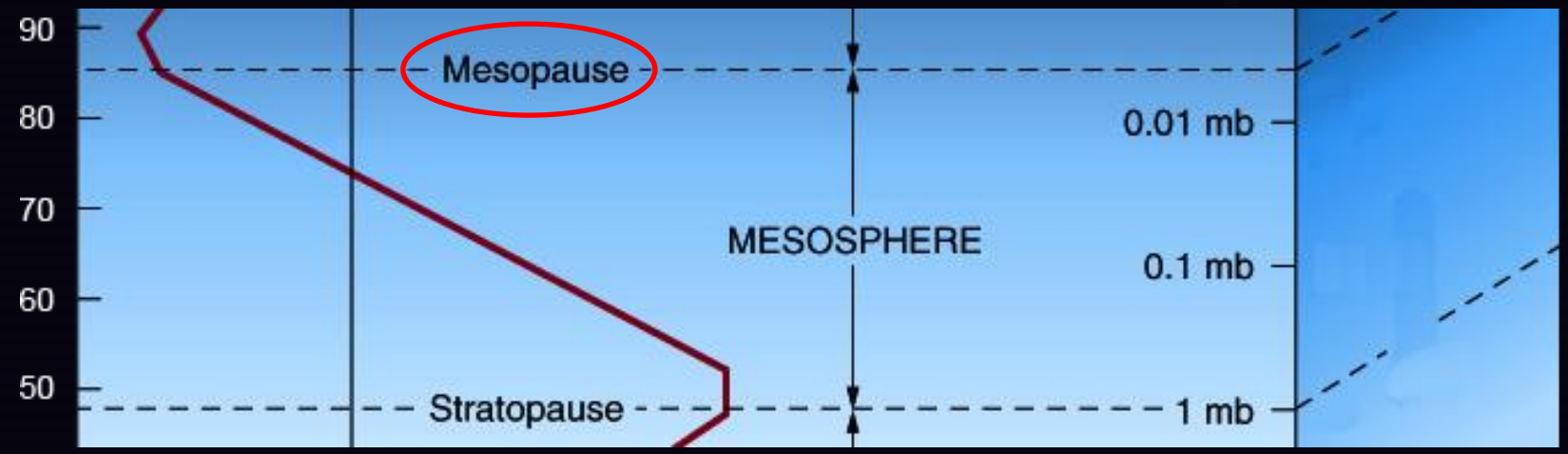


Dégradé du blanc vers le bleu lié à la variation de la pression

Mésosphère

- Du grec *mesos* (« milieu ») et *sphaira* (« sphère »)
- 3ème couche la plus élevée
- Température diminue avec altitude.
- En y pénétrant, les météorites, satellites, ... s'échauffent contre les quelques particules d'air qu'ils rencontrent et sont détruits avant d'atteindre le sol, sauf pour les plus grosses pièces.
- Météores qui se consument → étoiles filantes.

Mésosphère : Température



- T diminue avec altitude.
- Plus froide des couches atmosphériques (plus froide que la plus basse des températures enregistrées en Antarctique).
- Au point le plus haut T = -100°C
- Vapeur d'eau gèle en nuages de glace → « Noctilucent Clouds » (NLC) … visibles si lumière soleil les frappe après le coucher du soleil.
- Mésopause → T recommence à augmenter avec altitude

Noctilucent Clouds (NLC)

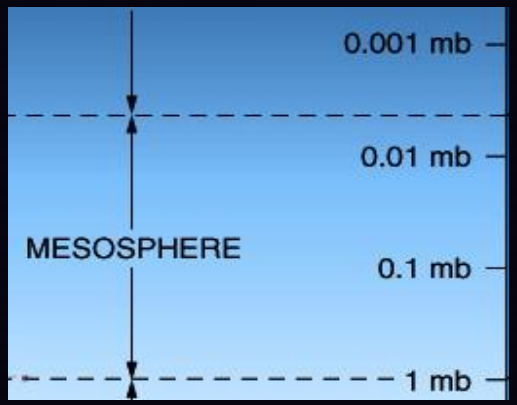
Nuages noctulescents
ou nuages polaires mésosphériques,
ou nuages nocturnes lumineux,
ou nuages noctiluques

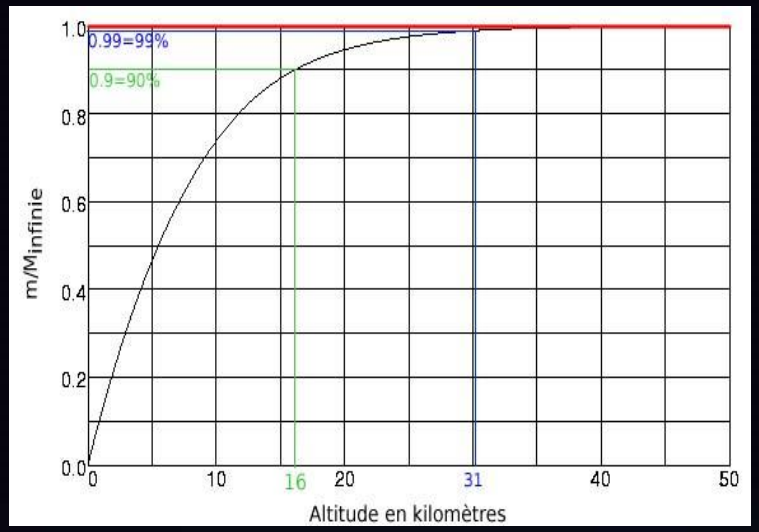
Au dessus du lac Saimaa en Finlande

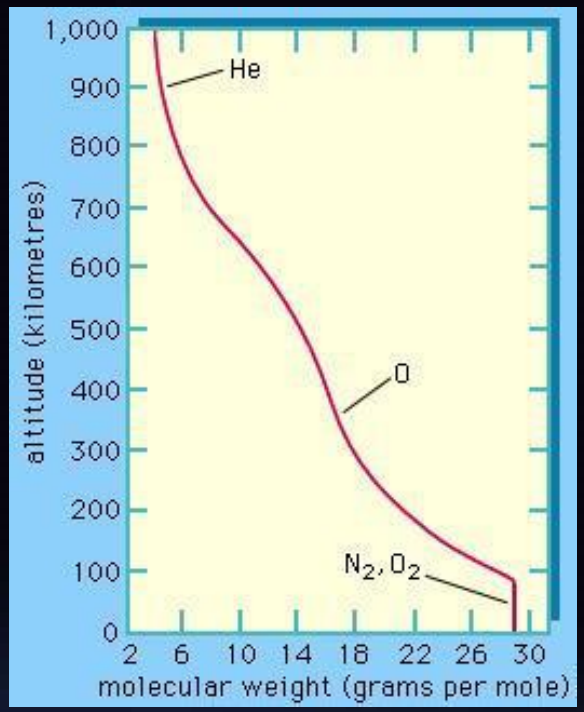
Au dessus de Uppsala en Suède

Au dessus du Parc national de Soomaa en Estonie

Mésosphère : Composition







- Faible quantité de molécules
- Encore un peu d'air ⇒ O_2 ⇒ synthèse O_3
  - ➢ pas de couche → contrebalancée par photodissociation
- Encore un peu H_2O → Noctilucent Clouds (NLC)
- Ionosphère → gaz ionisés et forment un plasma grâce à l'énergie suffisante de cette zone.

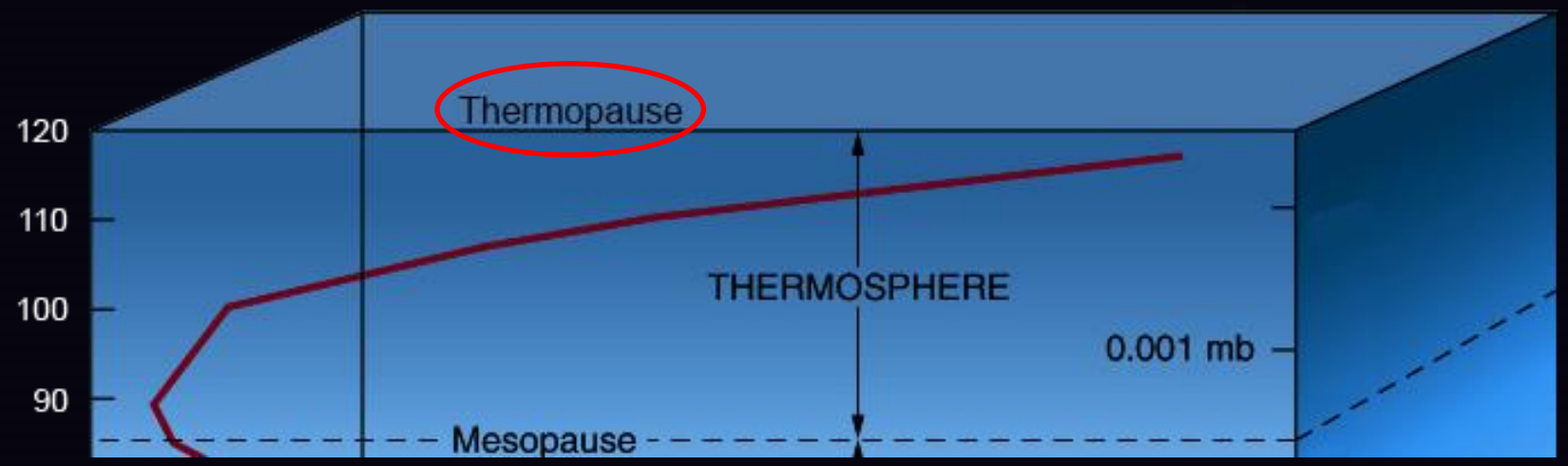
Thermosphère

- Du grec *thermos* (« chaud ») et *sphaira* (« sphère »)
- Température augmente avec altitude.
- Pression devient presque nulle ⇒ molécules d'air très rares.
- Région où près des pôles se forment les aurores boréales et australes.

Aurore boréale en Alaska.

Aurore australe en Antarctique.

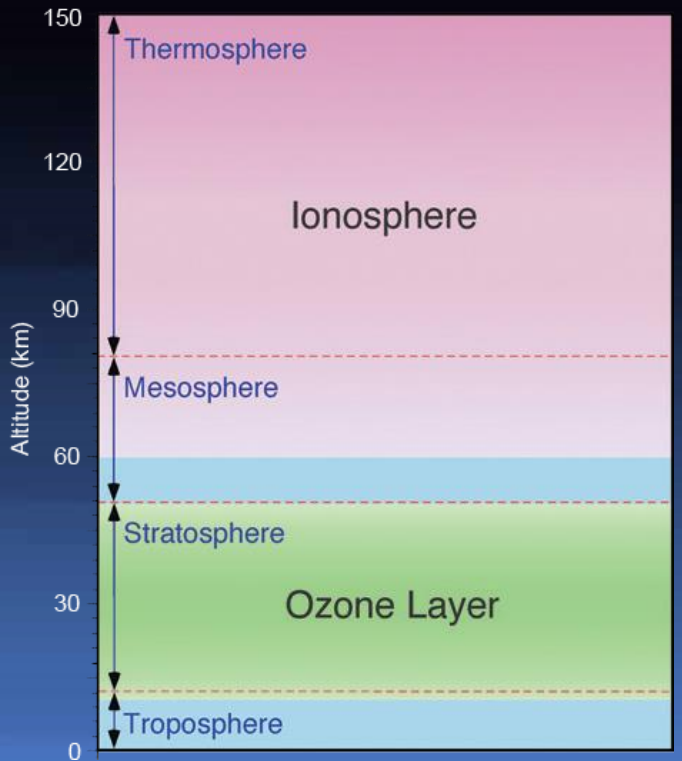
Thermosphère : Température



- T augmente avec altitude.
- Variations température dues à capacités d'absorption
- T élevées mais densité de matière est extrêmement faible ⇒ très froid pour nous → pas assez de molécules pour transférer une chaleur convenable pour nous.
- Thermopause → limite haute
- Après thermopause → 300°C < T < 1600°C suivant l'énergie reçue par le Soleil.

Thermosphère : Composition

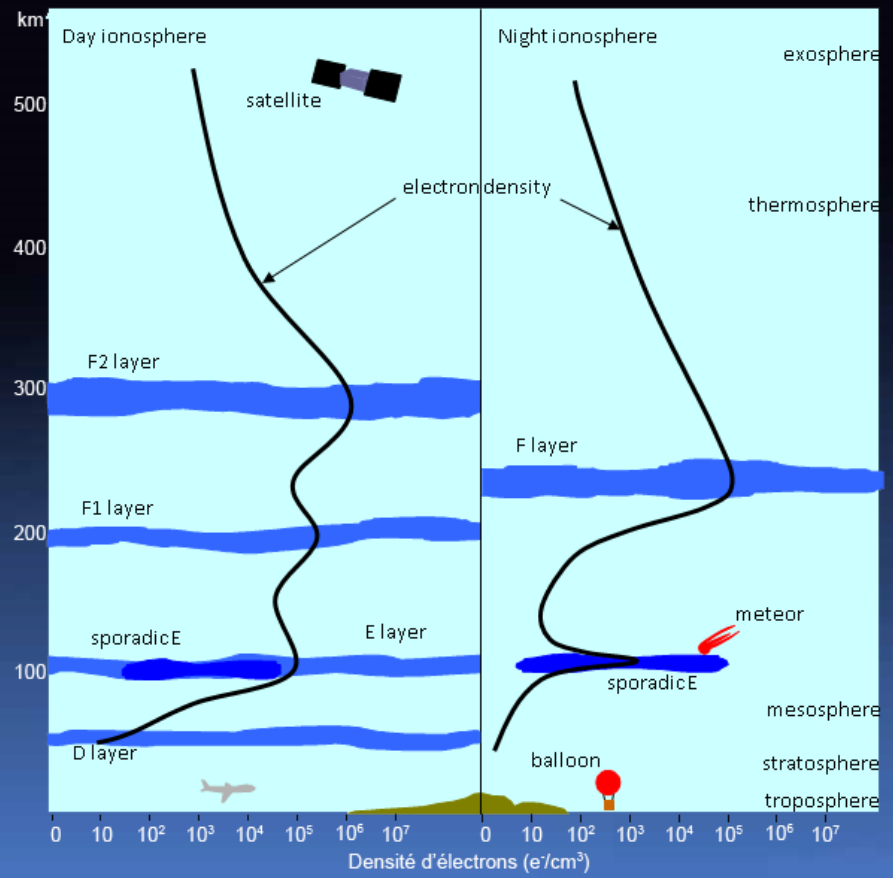
- Densité de matière est extrêmement faible
- Pas de vapeur d'eau
- Entre 100 et 150 kilomètres d'altitude, O_2 moléculaire absorbe UV solaire de très courtes longueurs d'onde (entre 100 et 200 nm)
- Grande partie de la ionosphère dans la thermosphère ⇒ présence ions et électrons

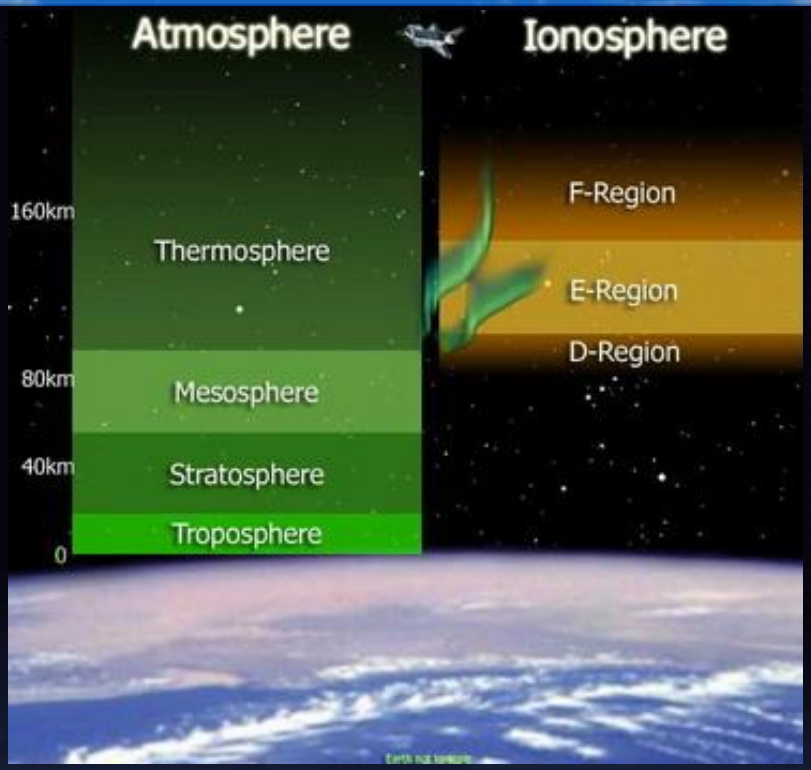


Ionosphère

Sous-divisées en 3 régions :

- couche D (60 à 90 km)
- couche E (90 à 120 km)
- couche F (120 à 800 km)





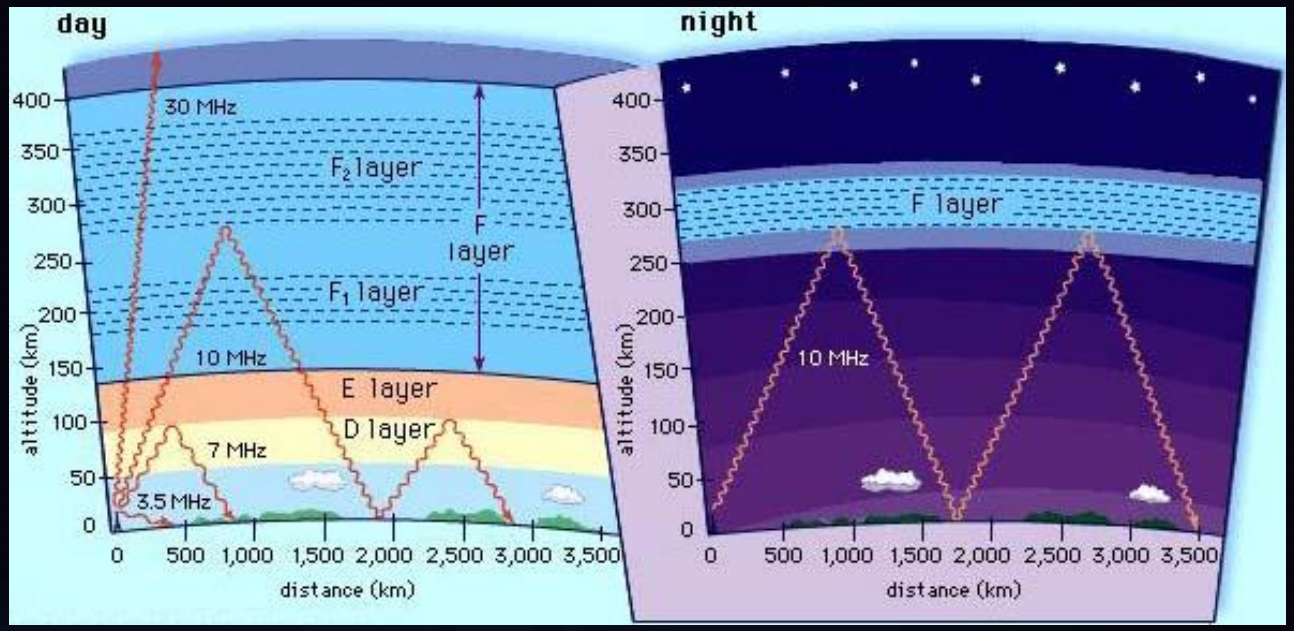
F : Densité e^- + importante
Existe jour (radiation solaire) et nuit (rayons cosmiques)

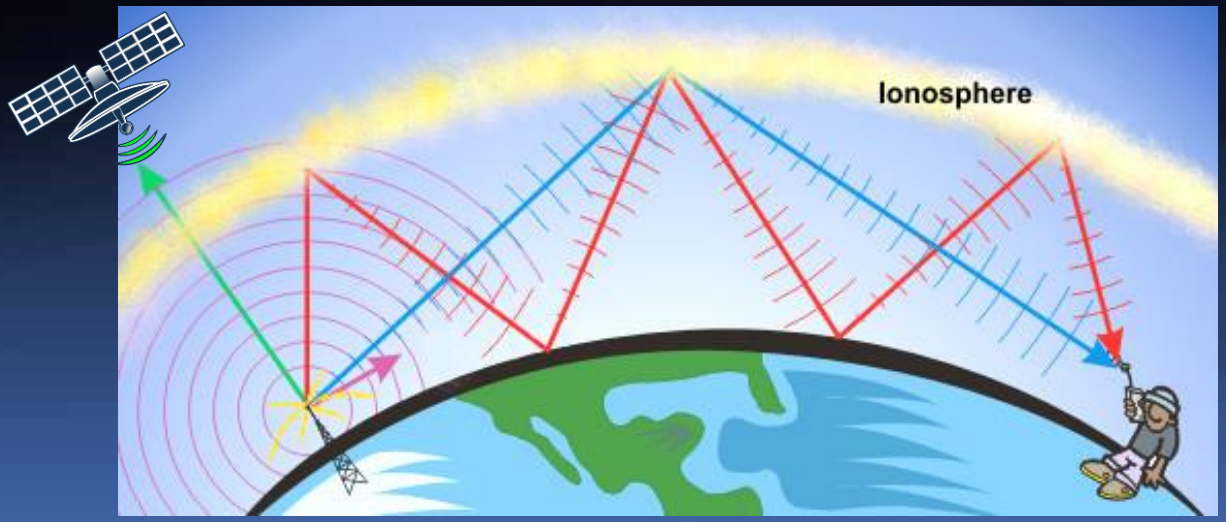
D : disparaît la nuit

E : rétrécie la nuit

Ionosphère : Rôle

Un de ses rôles important : propagation des ondes

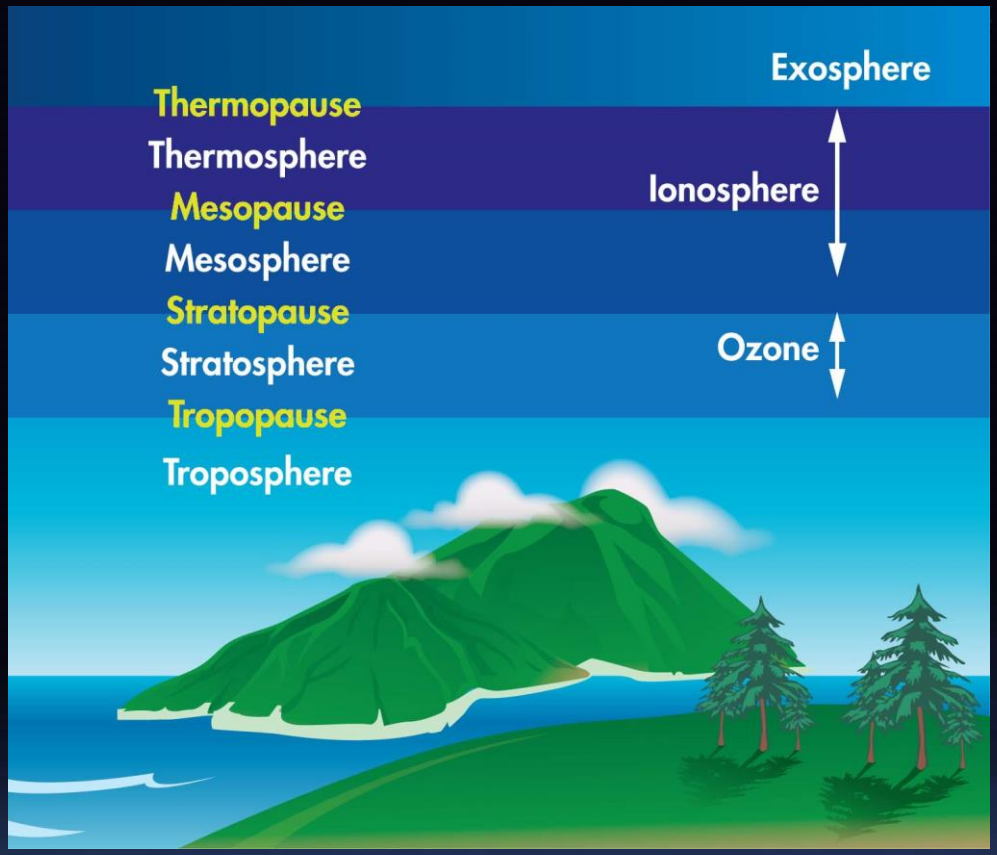




Ondes radio VHF traversent

⇒ utilisées pour communication avec satellites

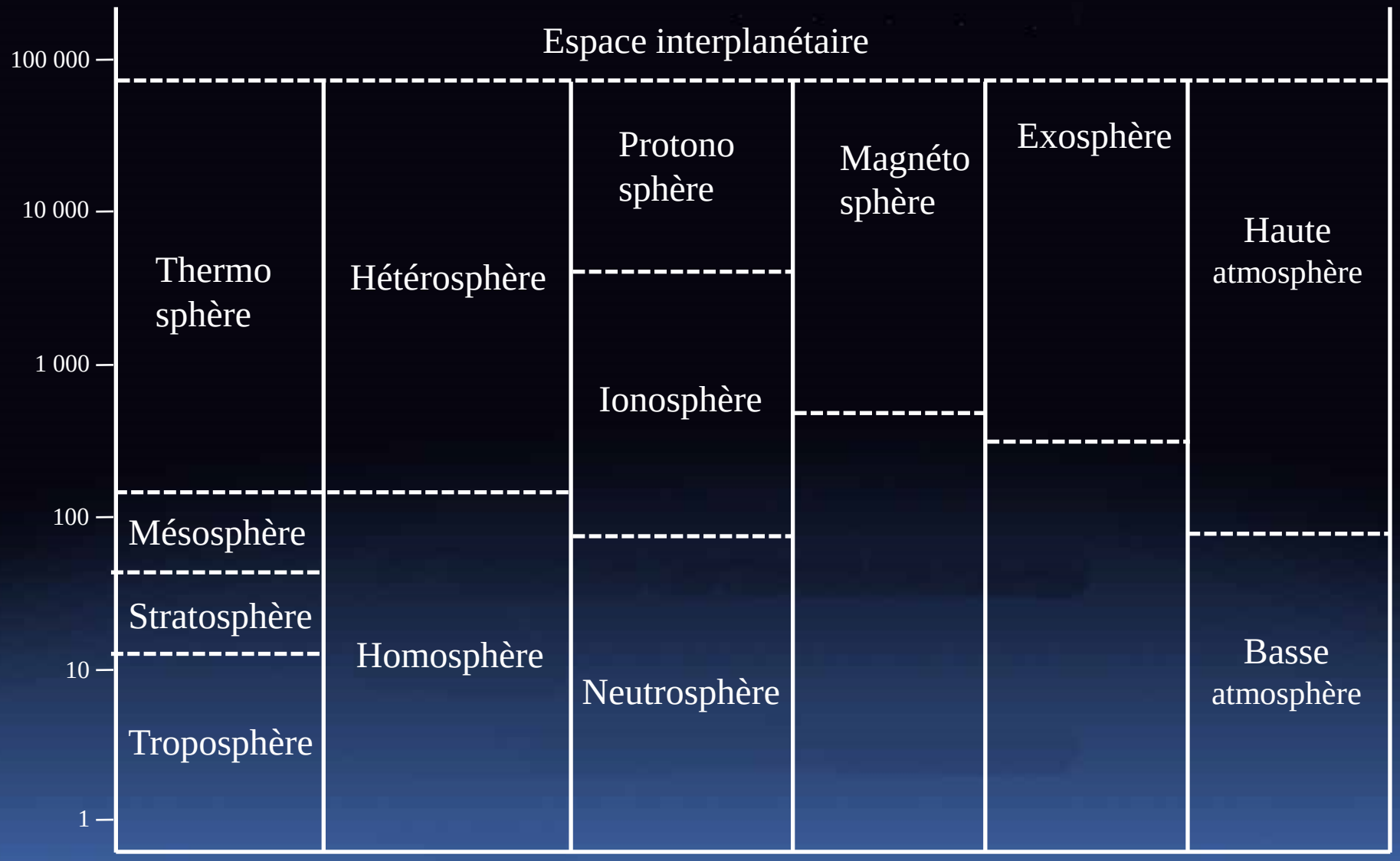
Exosphère



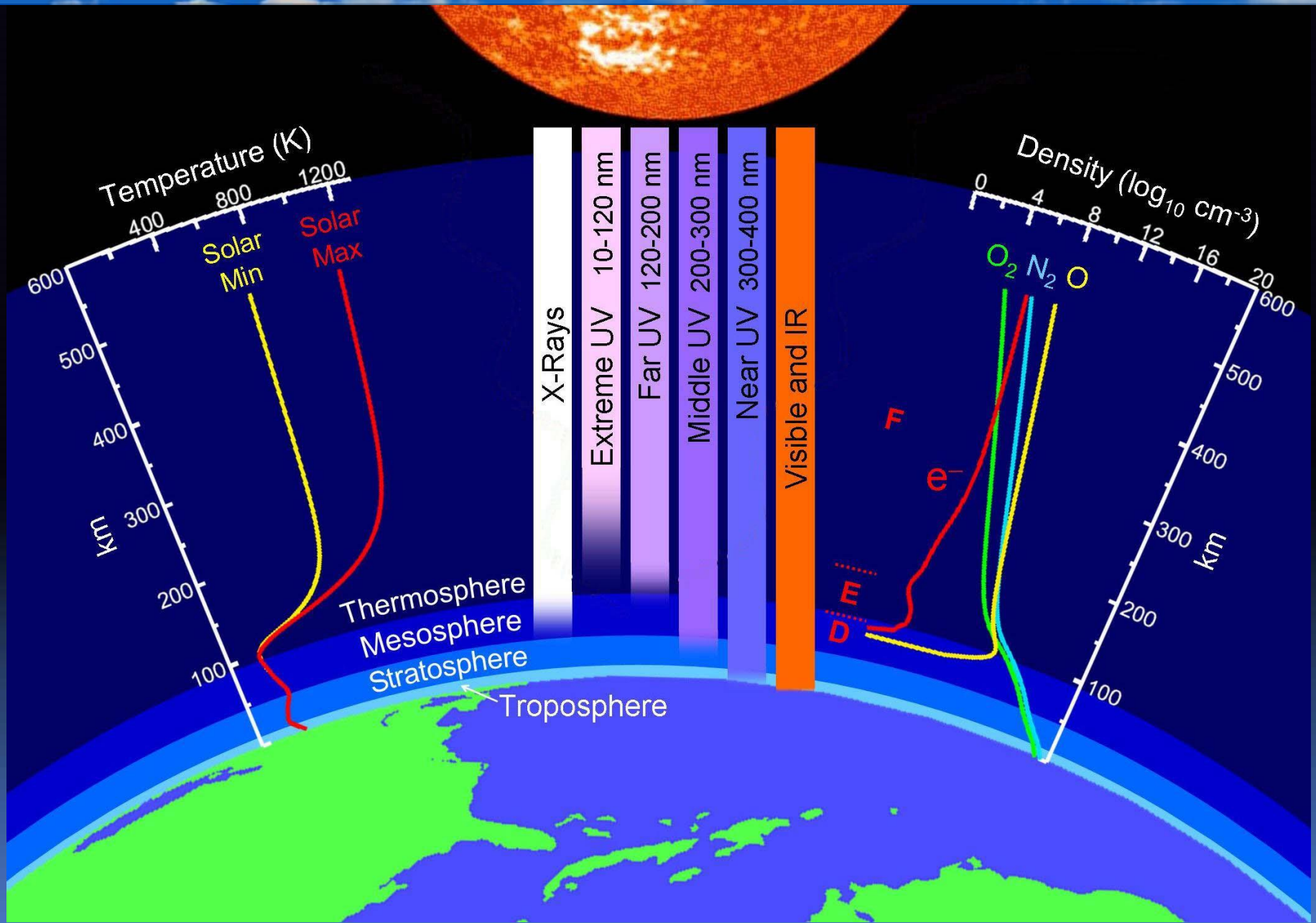
- Au dessus ionosphère
- Thermosphère externe où atmosphère fusionne avec l'espace
- Composition : atomes de H, He et O
- Densité particules très faibles

- Particules raréfiées ⇒ s'entrechoquent très peu et se comportent comme des corps indépendants soumis à la seule action de la gravité.
- Zone de gravitation des satellites autour de la Terre.

Autres Stratifications



Rôle de l'atmosphère : Rayonnements



Rôle de l'atmosphère : Etre vivants

- L'air n'intervient pas dans l'alimentation
- Mais ... Elément de grande importance
  - ⇨ l'homme peut vivre ≃ 2 semaines sans nourriture
  - ⇨ ≃ 2 jours sans eau
  - ⇨ ≃ 5 min (max.) sans air !!
- ≃ 0,5 L d'air emmagasiné à chaque inspiration
  - ➥ 16 inspirations / min (respiration au repos)
    - ⇒ volume d'air = 11,5 m^3 (≃ 13,5 kg) / jour
      - ≫ qté eau ou nourriture absorbée.

Volumes d'air inspirés :

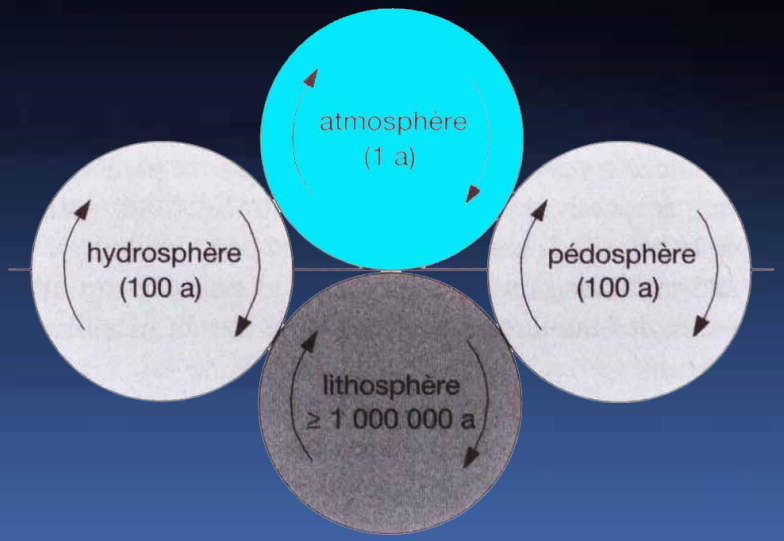
- au repos : 0,5 m^3/h
- en activité : 1,2 m^3/h

Sensibilité de l'atmosphère

Variations dans l'atmosphère > variations dans l'eau ou sols (pour l'environnement) :

- Atmosphère → compartiment le ⊕ important pour le transport des polluants (gaz, liquides à hte tension de vapeur, particules).
- Masse atmosphère < sols ou eau ⇒ particulièrement sensible aux petites quantités de substances (ex. : éruptions volcaniques, activités humaines).

Périodes pendant laquelle la composition se modifie de manière sensible avec l'apport de polluants, particulièrement courtes pour l'atmosphère.



≠ durées de cycle et temps de séjour des éléments et des composés dans les compartiments

SFRP
Société Française de Radioprotection

AIR & RADIOACTIVITÉ

Merci de votre attention

Paris, 1-2 février 2017