

Modélisation des impacts des gaz à effets de serre

Étudiants STPI2 : Romane LANERES, Clara MELINE, Anouk PETITGAS, Tom PHILIPPE, Arthur SARRAU, Nina ZEDDOUN

Enseignant-responsable : Samuel PAILLAT

Encadrement technique : Pascal Williams, Michael Jolly



Objectifs

Étude théorique, description des mécanismes de régulation thermique de l’atmosphère terrestre en s’appuyant sur des modèles numériques, reproduction du phénomène de l’équilibre thermique de la Terre.

Résultats

1) Analyse théorique

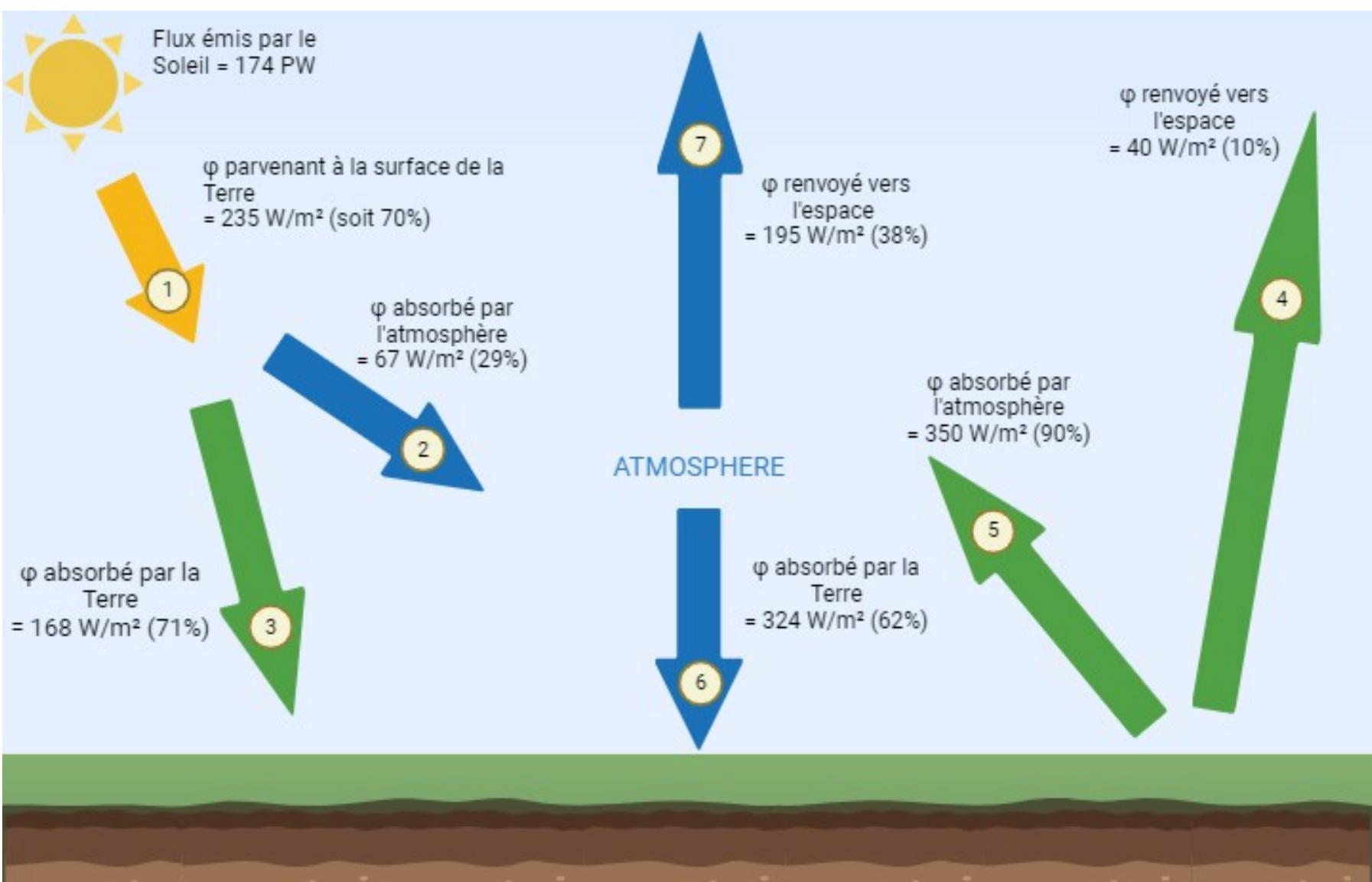


Figure 1 : Bilan radiatif terrestre

L'effet de serre est un processus naturel. Le Soleil émet un rayonnement vers la Terre laissé passer par l'atmosphère. Réchauffée, la Terre réémet un rayonnement infrarouge vers l'atmosphère. Une partie est absorbée par les gaz présents, les gaz à effet de serre. Le reste est envoyé dans l'espace. C'est l'absorption du rayonnement par les GES qui va provoquer un réchauffement terrestre.

a) Étude sans effet de serre

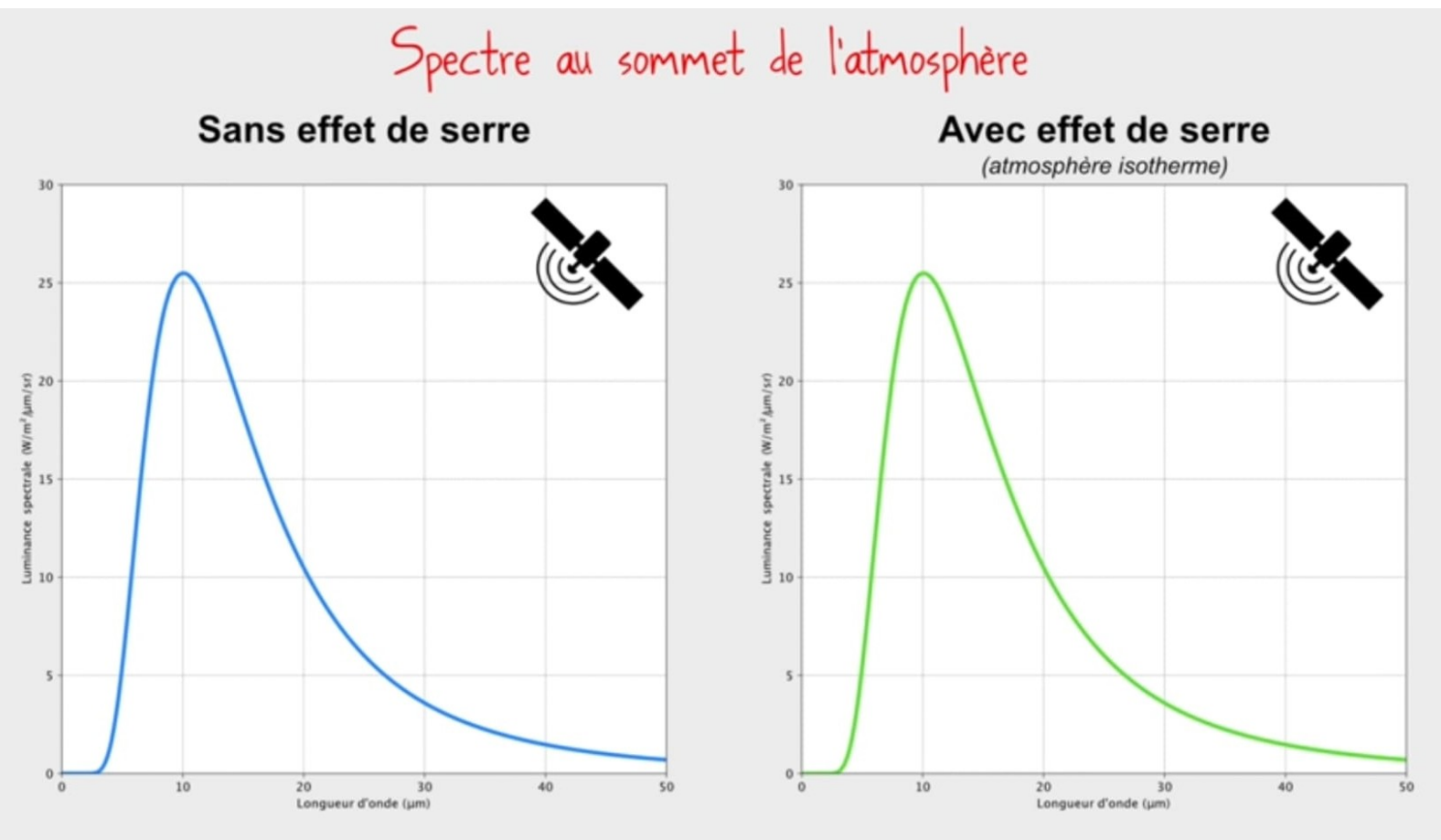


Figure 4 : Spectre de rayonnement terrestre

Comparaison de deux modèles : l'un sans effet de serre et l'autre avec une atmosphère isotherme et effet de serre.

Analyse: les courbes sont identiques c'est-à-dire que si la température était uniforme dans l'atmosphère, nous n'aurions pas d'impact des gaz à effet de serre. En réalité, l'atmosphère est composée de plusieurs couches de température différentes. Chacune d'entre elles émet donc un rayonnement propre selon la loi de Planck

b) Étude avec effet de serre

Détermination du profil de température (en K) du modèle d'atmosphère normalisé ISA :

$$T(z) = \begin{cases} -6,5 \cdot 10^{-3} z + 288,15 & , 0 \leq z < z_{trop} = 1,1 \cdot 10^4 \text{ m} \\ 216,65 & , z_{trop} \leq z < z_{strat1} = 2,0 \cdot 10^4 \text{ m} \\ 1,0 \cdot 10^{-3} (z - z_{strat1}) + 216,65 & , z_{strat1} \leq z < z_{strat2} = 4,7 \cdot 10^4 \text{ m} \\ 2,8 \cdot 10^{-3} (z - z_{strat2}) + 228,65 & , z_{strat2} \leq z \leq z_{meso} = 5,1 \cdot 10^4 \text{ m} \end{cases}$$

Détermination à l'aide du PFSF et de la loi des GP: des expressions de la pression et la densité particulaire volumique en fonction de l'altitude.

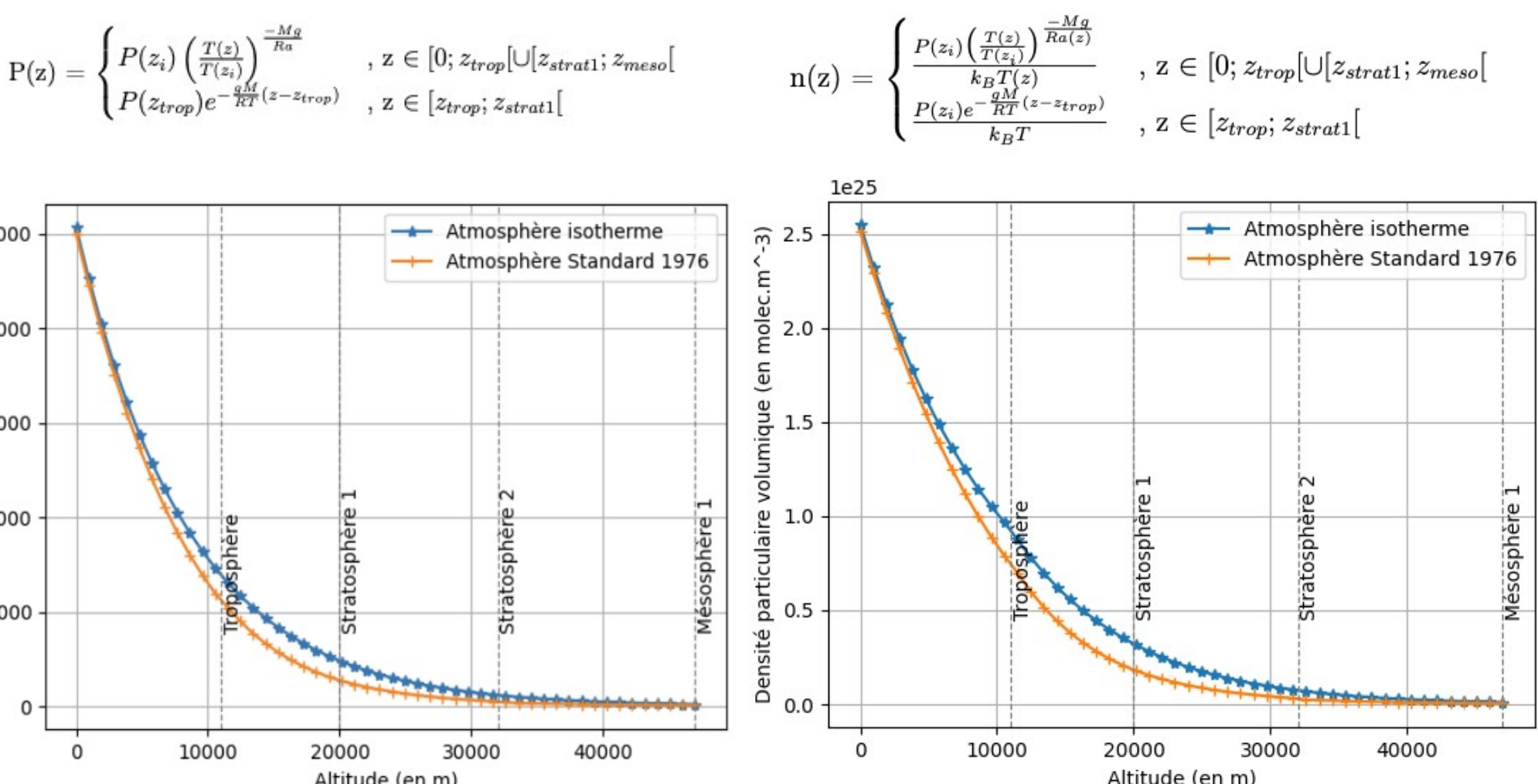


Figure 2 : Profils de la pression et la densité particulaire volumique de l'air en fonction de l'altitude

2) Modélisation numérique

```
1 def fonction_transmittance_vers_absorbance(transmittance):
2     """ Réalise une fonction absorbance qui retourne un objet de type <function> """
3
4     def absorbance(x):
5         """ Réalise l'opération 1 - transmittance pour une valeur x donnée """
6         return 1 - transmittance(x)
7
8     return absorbance
9
10 def evaluer_fonction_interpolation(fonction, valeur):
11     """ Obtenir l'image d'une valeur à travers une fonction de classe <interpol> """
12     return fonction.__call__(valeur).tolist()
13
14 def fonction_mathematique_interpolation(longueur_onda, taux_CO2):
15     """ Retourne l'absorbance et la transmittance du CO2 en fonction de
16     la longueur d'onde (en m) sous forme d'un objet de type <function>
17     qui est mathématiquement continu """
18
19     def valeur_interpolation(longueur_onda, taux_CO2):
20         """ Retourne la transmittance et l'absorbance du CO2 à une longueur d'onde donnée,
21         sous la forme d'un objet de classe <interpol> """
22         return Interpol(longueur_onda, taux_CO2, kind = 'linear',
23                         bounds_error = False, fill_value = (1, 1))
24
25     transmittance = lambda x: valeur_fonction_interpolation_valeur_interpolation(longueur_onda, taux_CO2), x \
26     if (min(longueur_onda) <= x) and (x <= max(longueur_onda)) \
27     else 1
28     absorbance = fonction_transmittance_vers_absorbance(transmittance)
29     return transmittance, absorbance
```

Figure 5 : Fonctions d'interpolation et de prolongement par continuité

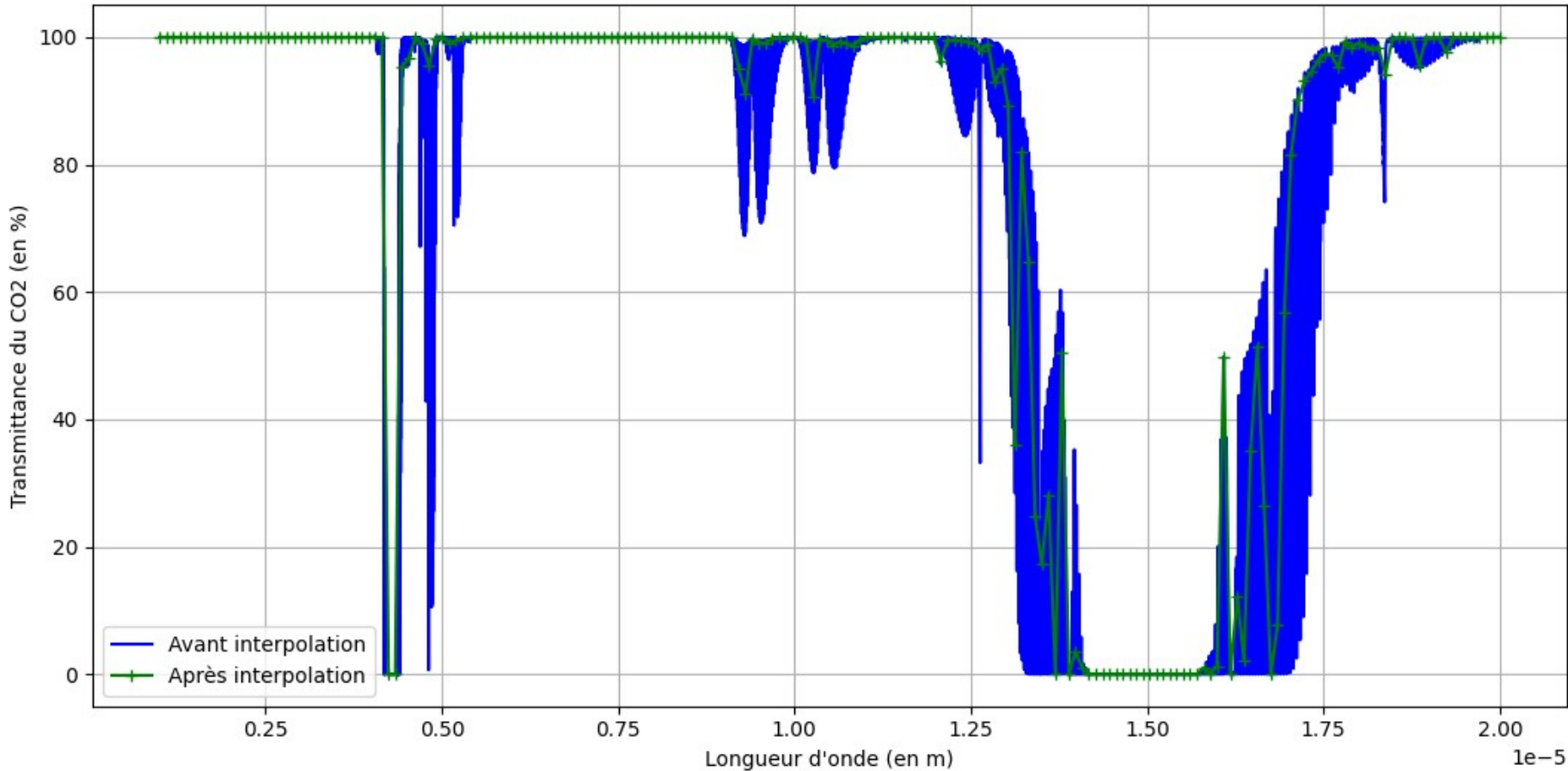


Figure 6 : Graphe de la courbe d'interpolation de la fonction transmittance

Conclusions - Applications – Perspectives

Nous avons modélisé l’atmosphère terrestre de 3 manières différentes (sans effet de serre / avec CO₂ et atmosphère isotherme / avec CO₂ et température variable selon l’altitude. Ce projet nous a permis de développer notre compréhension de l’effet de serre et d’approfondir le cours de transfert thermique et nos compétences pratiques, notamment avec l’utilisation de différents logiciels tant pour la modélisation que le traitement de texte.

