

Analyse critique de l'article du professeur Franz Karl Reinhart *Infrared absorption of atmospheric carbon dioxide*

Auteur de cette analyse critique :
Jean-Claude Keller, ing. EPF et physicien
www.conferences-climat-energie.ch
septembre 2018

Introduction

Depuis le début de l'ère industrielle, il y a une augmentation rapide de la concentration de CO₂ dans l'atmosphère. Elle est due aux activités humaines, principalement par la combustion des énergies fossiles et par la déforestation. Cette augmentation entraîne non seulement un réchauffement planétaire par l'effet de serre supplémentaire dû au CO₂, mais aussi une acidification des océans par absorption de CO₂. Le réchauffement planétaire a comme conséquence une augmentation du risque d'apparition de phénomènes extrêmes dont l'homme est responsable (sécheresses, canicules, fonte des glaces, montée des eaux, ouragans, ...).

Cette réalité de la responsabilité humaine est régulièrement mise en doute par les climato-sceptiques ou climato-réalistes. En 2017, Franz Karl Reinhart, professeur honoraire de l'EPFL, a écrit un article (*Infrared absorption of atmospheric carbon dioxide*) dans lequel il cherche à démontrer que l'augmentation du CO₂ dans l'atmosphère ne peut pas être à l'origine du réchauffement enregistré depuis plus d'un siècle. Dans son article, il conclut que le forçage dû à une concentration de CO₂ de 800 ppm ne serait que de 1,3 W/m², et que la variation de température correspondante ne serait que de 0,24°K.

Dans cette analyse critique, nous allons mettre en évidence les points faibles de l'article du professeur Reinhart.

Résumé du raisonnement développé dans l'article du prof. Reinhart

Dans son article, le professeur Reinhart pose les hypothèses suivantes :

- La température de l'atmosphère ne dépend pas de l'altitude, il la considère comme constante égale à 288°K (soit 15°C).
- La variation de température induite par le forçage de l'effet de serre dû au CO₂ peut s'obtenir par dérivation de l'équation de Stefan-Boltzmann.

Pour le calcul de l'énergie absorbée par le CO₂ atmosphérique, il utilise un modèle de calcul de transfert radiatif du type « ligne par ligne » avec les données de la base HITRAN. Cette technique de calcul est présentée de façon très générale au chapitre 10 (*Broadband Fluxes and Heating Rates in the Cloud-Free Atmosphere*) du livre *A First Course In Atmospheric Radiation* de Grant W. Petty.

Avec cette technique de calcul et en tenant compte de ses deux hypothèses, le professeur Reinhart obtient une équation qui donne la variation du forçage radiatif en fonction de la concentration du CO₂ atmosphérique : $\Delta F = 1.881 \ln(C_{CO_2}/400)$.

Il peut alors calculer une variation du forçage radiatif pour un doublement de la concentration du CO₂ à 800 ppm, et il obtient 1,3 W/m², ce qui est beaucoup moins que les valeurs données, d'environ 3,7 W/m², dans les articles scientifiques à la base des rapports du GIEC.

Puis avec cette valeur de ΔF (1,3 W/m²), il calcule la variation de température induite par ce forçage radiatif. Pour cela, il utilise la dérivée de l'équation de Stefan-Boltzmann pour faire apparaître un ΔT par rapport à ΔF . Avec cette dernière équation ($\Delta F \approx 4 \sigma T^3 \Delta T$), il obtient un $\Delta T = 0,24^\circ K$.

Il conclut que le GIEC surestime largement le rôle joué par l'effet de serre dû au CO₂. En effet, d'après lui, un doublement de la concentration du CO₂ atmosphérique conduirait à une élévation de température de 0,24°K.

Discussion sur la validité de l'hypothèse d'une température atmosphérique constante

En supposant la température de l'atmosphère constante égale à 288°K, l'auteur fait l'hypothèse implicite qu'il n'y a pas d'effet de serre au sein de l'atmosphère. En supposant une température constante égale à celle du sol de 288°K, il ne prend en compte qu'indirectement et à un moment donné l'énergie captée par les gaz à effet de serre (vapeur d'eau, CO₂, méthane, ...).

En faisant cette hypothèse, il ne peut pas prendre en compte correctement les effets de la variation au cours du temps des gaz à effet de serre au sein de l'atmosphère. En effet, imaginons un satellite placé en dehors de l'atmosphère qui mesurerait le spectre électromagnétique émis par la Terre. Il capterait un spectre égal à celui d'un corps noir de température 288°K (15°C). Les photons reçus par le satellite ne donneraient aucune information sur l'altitude à laquelle ils auraient été émis, c'est comme s'ils parvenaient directement de la surface de la Terre, donc comme s'il n'y avait pas d'atmosphère. Le phénomène de forçage radiatif dû à une augmentation du CO₂ au sein de l'atmosphère, ne peut pas être pris en compte avec ce modèle de température constante. Cela ne correspond absolument pas à la réalité. Cette hypothèse de température constante correspond à une Terre sans atmosphère, avec une température moyenne de surface de 288°K.

Discussion sur la validité de l'hypothèse du corps noir (loi de Stefan-Boltzmann)

Considérer la Terre comme un corps noir peut se concevoir et donne des informations utiles. Par exemple, cela permet de déterminer une température moyenne de surface si la Terre n'avait pas d'atmosphère.

Prenons la lune qui n'a pas d'atmosphère. En tenant compte de son albédo (~8%) et en appliquant la loi de Stefan-Boltzmann des corps noirs, on détermine une température moyenne d'environ 273°K (0°C), et c'est bien cet ordre de grandeur qui a été mesuré par les missions Apollo dans la régolithe.

Par contre dans le cas de Vénus, une planète avec atmosphère contenant 96,5% de CO₂, l'hypothèse du corps noir n'est plus valable. En effet, en tenant compte de son albédo (0,65) et de sa distance au soleil (0,72 UA), l'équation de Boltzmann s'écrit : $0,35 [342 / (0,72)^2] = 5,670373 \cdot 10^{-8} T^4$. Ce qui correspond à une température de ~253°K. Or la température mesurée par des sondes à la surface de Vénus est d'environ 740°K, soit presque 500°K de plus !

La Terre et la lune sont environ à la même distance du soleil. Par conséquent, elles reçoivent chacune la même quantité d'énergie solaire ~342 W/m². En tenant compte de l'albédo terrestre (~30%), il est donc possible de calculer que, sans atmosphère, la température de surface moyenne de la Terre serait d'environ 255°K (-18°C).

Mais, comme la Terre est une planète avec atmosphère, l'équation de Stefan-Boltzmann n'est plus valable. Elle ne peut pas prendre en compte les phénomènes physiques qui existent au sein de l'atmosphère, comme par exemple l'effet de serre, les changements de phase, l'effet des nuages, ...

C'est bien la présence de gaz à effet de serre, au sein de l'atmosphère terrestre, qui maintient la température moyenne de notre planète aux environs de 288°K (15°C) et non pas de 255°K (-18°C), comme pour un corps noir.

Discussion sur la validité du delta T obtenu à partir d'une dérivation de la loi de Stefan-Boltzman

L'augmentation de la concentration du CO₂ dans l'atmosphère terrestre entraîne une augmentation du forçage radiatif. En dérivant l'équation de Stefan-Boltzmann, valable pour un corps noir, on met en relation une augmentation du forçage radiatif avec une augmentation de la température du corps noir considéré : $\Delta F \approx 4 \sigma T^3 \Delta T$

Le ΔT défini par cette équation correspond à un forçage radiatif réparti sur tout le spectre, des rayons gamma aux ondes radio, en passant par les X, les UV, etc ... Ce ΔT , obtenu par dérivation, ne peut pas prendre en compte le phénomène physique de l'effet de serre dû au CO_2 . Cette équation donne donc une valeur pour ΔT qui ne peut pas correspondre à la réalité de cette augmentation de l'échange d'énergie radiative en chaleur, qui a lieu au sein même de la troposphère ! Ce forçage radiatif réel se produit non pas sur tout le spectre, mais seulement principalement dans les IR, justement dans la partie du spectre où l'émission de la Terre est la plus forte !

Tout cela est mis en évidence dans la figure ci-dessous. Les traitillés représentent le spectre d'émission de corps noir à différentes températures, indiquées le long des traitillés. Le trait épais (bande de couleur rouge) a été tracé à titre d'exemple pour représenter un ΔT déterminé par la dérivée de l'équation de Stefan-Boltzmann. La totalité de la surface de la bande rouge représentée, correspondrait au forçage radiatif supplémentaire ΔF avec une absorption répartie sur tout le spectre.

Le trait noir fin et continu représente le spectre d'émission de la Terre, tel que mesuré par satellite depuis l'espace en dehors de l'atmosphère. Ce spectre ne correspond évidemment pas à celui d'un corps noir.

La surface bleue représente le forçage radiatif par effet de serre mesuré dans la principale bande d'absorption du CO_2 (entre les longueurs d'onde 13 et 17 μm).

Aucune justification physique sérieuse ne permet de valider l'hypothèse selon laquelle le ΔT d'un corps noir correspondrait à l'augmentation de température réelle du système Terre-atmosphère, suite au forçage de la bande bleue.

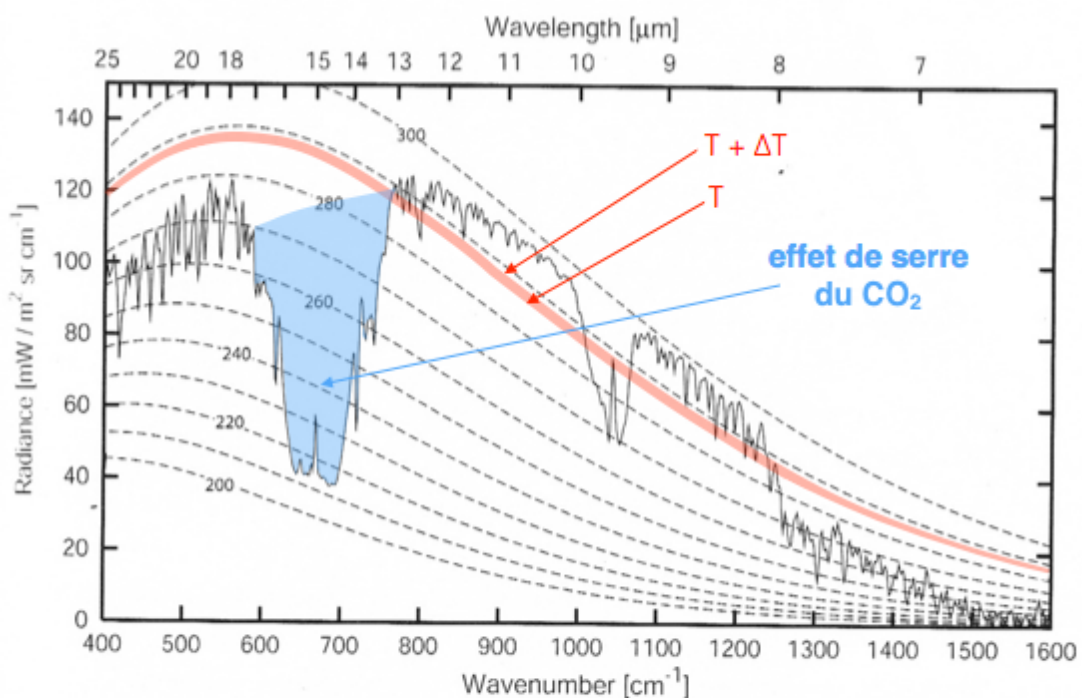


Fig. 6.6: Example of an actual infrared emission spectrum observed by the Nimbus 4 satellite over a point in the tropical Pacific Ocean. Dashed curves represent blackbody radiances at the indicated temperatures in Kelvin. (IRIS data courtesy of the Goddard EOS Distributed Active Archive Center (DAAC) and instrument team leader Dr. Rudolf A. Hanel.)

Source de la figure :

«A first course in atmospheric radiation», second edition, Grant W. Petty, page 129

Conclusion

Sur la base des considérations ci-dessus, il ne serait pas raisonnable de se limiter aux résultats obtenus par le professeur Reinhart pour juger de l'effet sur les températures d'un doublement du CO₂ atmosphérique. Il faut donc s'intéresser aux autres études faites sur cette question par des chercheurs reconnus qui publient dans les revues scientifiques.

La question de la relation entre le forçage radiatif et la variation de la température associée est un des problèmes actuels les plus importants en climatologie. Les scientifiques qui étudient cette question définissent une valeur ECS (Equilibrium Climate Sensitivity) qui correspond à l'augmentation de température due au forçage radiatif d'un doublement de la concentration du CO₂ dans l'atmosphère. Parmi les articles écrits sur ce sujet, citons : *An Estimate of Equilibrium Climate Sensitivity From Interannual Variability* de A.E. Dessler et P.M. Forster paru dans *Journal of Geophysical Research : Atmospheres* (doi : 10.1029/2018JD028481).

Dans cet article, les auteurs déterminent une valeur probable de ECS comprise entre 2,4 et 4,6°K. La méthode utilisée est basée sur des observations (flux d'énergie, températures, ...) faites entre 2000 et 2017. Le professeur Dessler du Department of Atmospheric Sciences Texas A&M University (https://en.wikipedia.org/wiki/Andrew_Dessler) présente son article dans une intervention visible sur internet

(<https://andthentheresphysics.wordpress.com/2018/09/01/the-ecs-is-probably-above-2k/>). Dans son intervention, il présente une équation importante $\Delta R = \Delta F + \lambda \Delta T_s$ qui traduit l'évolution du système Terre-atmosphère vers un nouvel équilibre radiatif suite à une augmentation de l'effet de serre dû au CO₂. Une fois l'équilibre radiatif retrouvé $\Delta R = 0$ et $|\Delta T_s| = |\Delta F/\lambda|$. La recherche de la valeur de λ est donc une étape très importante, car $\Delta T_s = \text{ECS}$ pour ΔF dû à un doublement du CO₂ atmosphérique. Le professeur Dessler montre qu'une valeur de λ ($=\Delta F/\Delta T_s$) pourrait être déterminée par dérivation de l'équation de Stefan-Boltzmann, comme le fait le professeur Reinhart, mais que cette détermination n'est pas valable et conduirait à une valeur de ECS de 1,05°K pour un doublement de la valeur du CO₂ atmosphérique (pour cela il faut visionner la présentation de 5' à 15'). Les résultats figurant dans l'article du professeur Reinhart sont donc indirectement évalués comme faux par le professeur Dessler.

Précisons encore que l'article du professeur Reinhart n'a jamais été publié dans une revue scientifique.