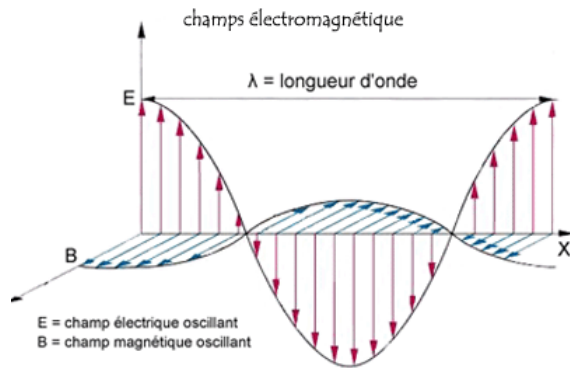


Complément : les gaz à effet de serre (GES)

On appelle « gaz à effet de serre » un gaz dont les molécules absorbent une partie du spectre du rayonnement solaire réfléchi (dans le domaine des infrarouges)

Pour bien comprendre ce phénomène qui ne concerne que quelques gaz, il faut savoir que :

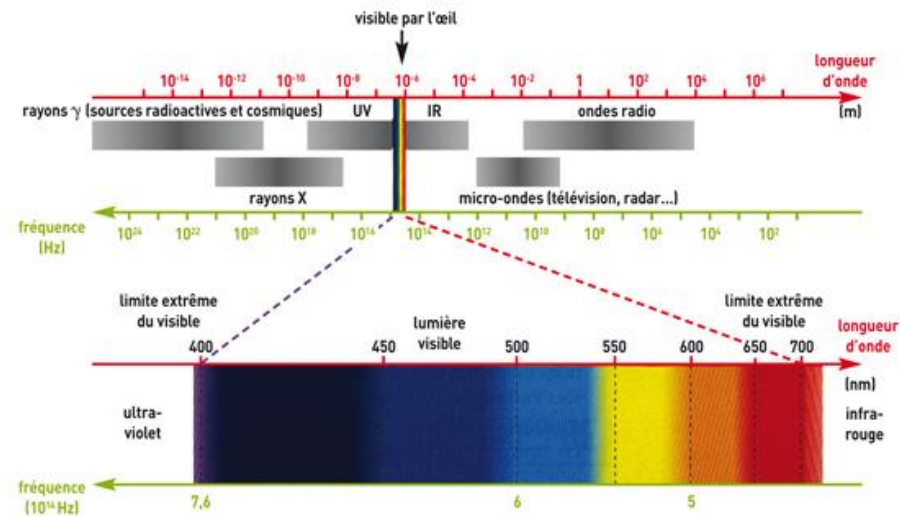
1 – le rayonnement solaire est un rayonnement électromagnétique c'est-à-dire associé à la superposition d'un champ électrique et un champ magnétique



Ce champ électromagnétique peut interagir uniquement sur des particules présentant une charge électrique

2 – La gamme des rayonnements électromagnétiques est très étendue et va des rayonnements de très faible énergie (<0,01eV, les ondes radio, les micro-ondes...) jusqu'aux rayonnements de très hautes énergies (de 100 eV à plusieurs MeV ... rayons X, rayons γ)

La lumière visible correspond à des énergies de l'ordre de l'eV.



3 – Pour qu’une molécule soit sensible aux rayonnements électromagnétiques il faut qu’elle possède un « moment dipolaire » ...

Qu’est-ce qu’un moment dipolaire ?

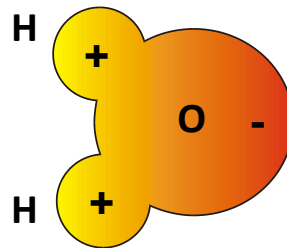
La molécule comme l’atome est globalement neutre électriquement (égalité entre la charge positive du noyau et la charge négative du nuage électronique)

Certaines molécules sont parfaitement symétriques sur le plan de la charge électrique, c’est le cas

- des molécules linaires homo-nucléaires comme la molécules d’oxygène O_2 , la molécule d’azote N_2 etc...**
- des molécules linéaires symétriques comme CO_2 , C_6H_6 ...**
- des molécules à symétrie sphérique comme CH_4 ...**

D’autres au contraire ont une distribution des charges non symétrique qui fait apparaître à une extrémité un excès de charge positive et à l’autre extrémité un excès de charge négative : c’est ce qu’on appelle un moment dipolaire

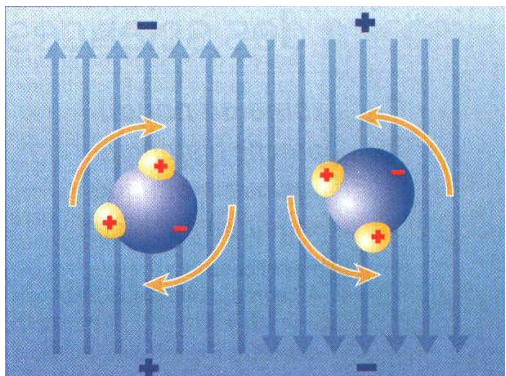
C’est le cas de la molécule d’eau H_2O



C’est à ce moment dipolaire que l’on doit une force d’attraction supplémentaire entre les molécules d’eau (la liaison hydrogène) qui donne à l’eau ses propriétés très particulières.

Conséquences

Placé dans un champ électromagnétique d'une certaine énergie, la molécule va pivoter pour s'orienter dans la direction du champ

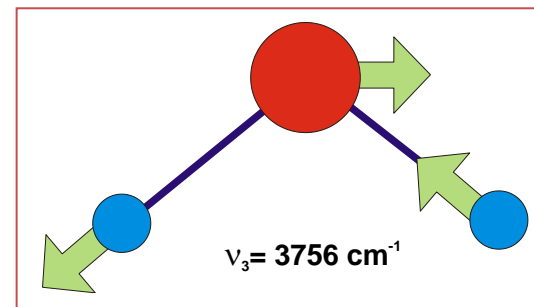
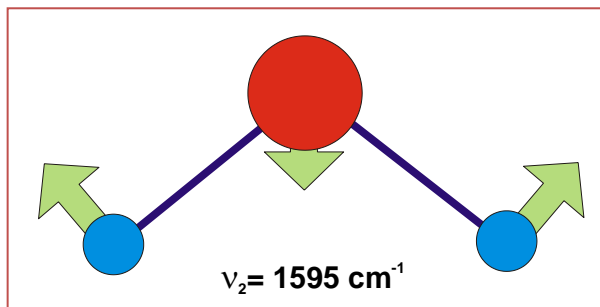
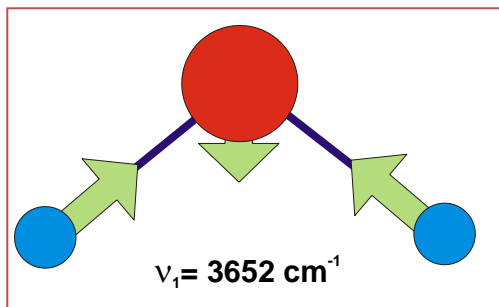


Comme le champ est oscillant, la molécule est animée d'un mouvement de va-et-vient ; pour une fréquence particulière le pivotement devient un mouvement de rotation (phénomène de résonance). Pour l'eau cette fréquence est de 2,45 GHz (gigahertz) ce qui situe ce rayonnement dans la gamme des micro-ondes ($\sim 0,01$ eV) (\Rightarrow « spectre d'absorption rotationnel »)

Cette rotation dégage une certaine quantité d'énergie, c'est le principe du four à micro-onde

Si l'énergie de l'onde électromagnétique augmente, elle va pouvoir agir sur la liaison moléculaire que l'on peut assimiler à un ressort élastique qui peut vibrer selon une certaine fréquence qui est propre à chaque liaison et à chaque déformation (\Rightarrow « spectre d'absorption vibrationnel »)

La molécule d'eau (H_2O) possède plusieurs modes de vibration :

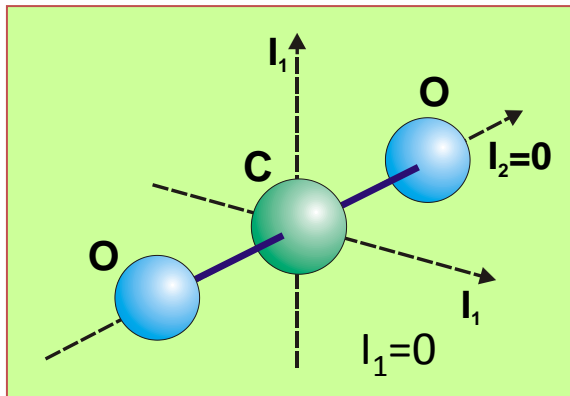


Cette fois l'énergie du rayonnement se situe dans la gamme des rayonnements infrarouges ($\sim 0,1$ eV)

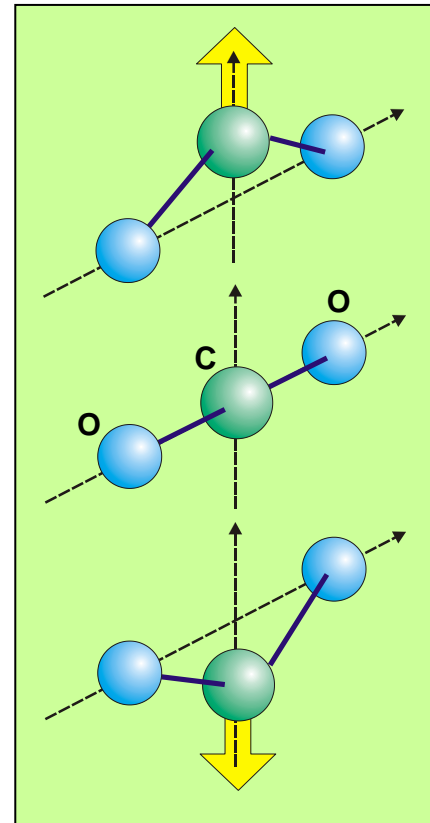
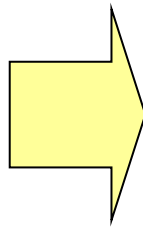
Les molécules n'ayant pas de moment dipolaire ne peuvent pas présenter de spectre vibrationnel... C'est en particulier le cas des molécules diatomiques homonucléaires (O_2 , N_2)

Mais, certaines molécules qui ne possèdent pas de moment dipolaire intrinsèque, peuvent en acquérir un par déformation et présenter alors un spectre d'absorption vibrationnel :

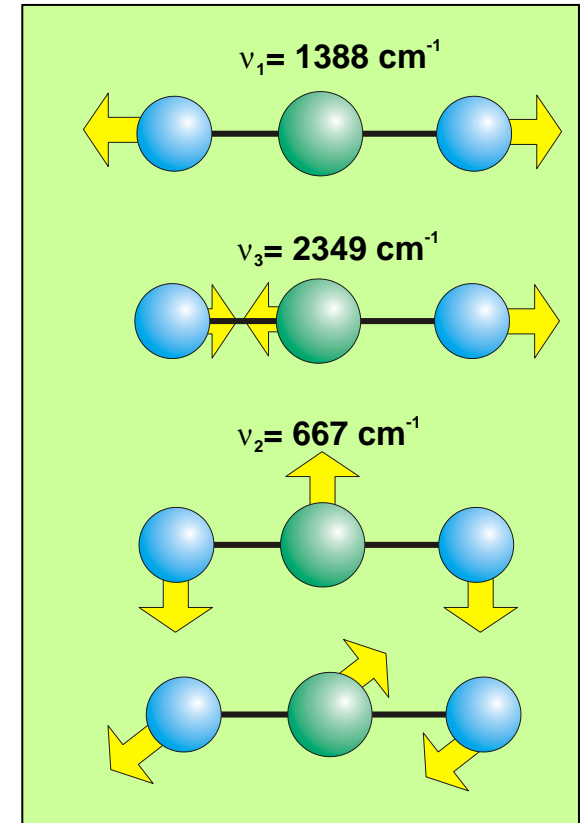
C'est le cas par exemple du dioxyde de carbone ou gaz carbonique CO_2



pas de spectre d'absorption rotationnel

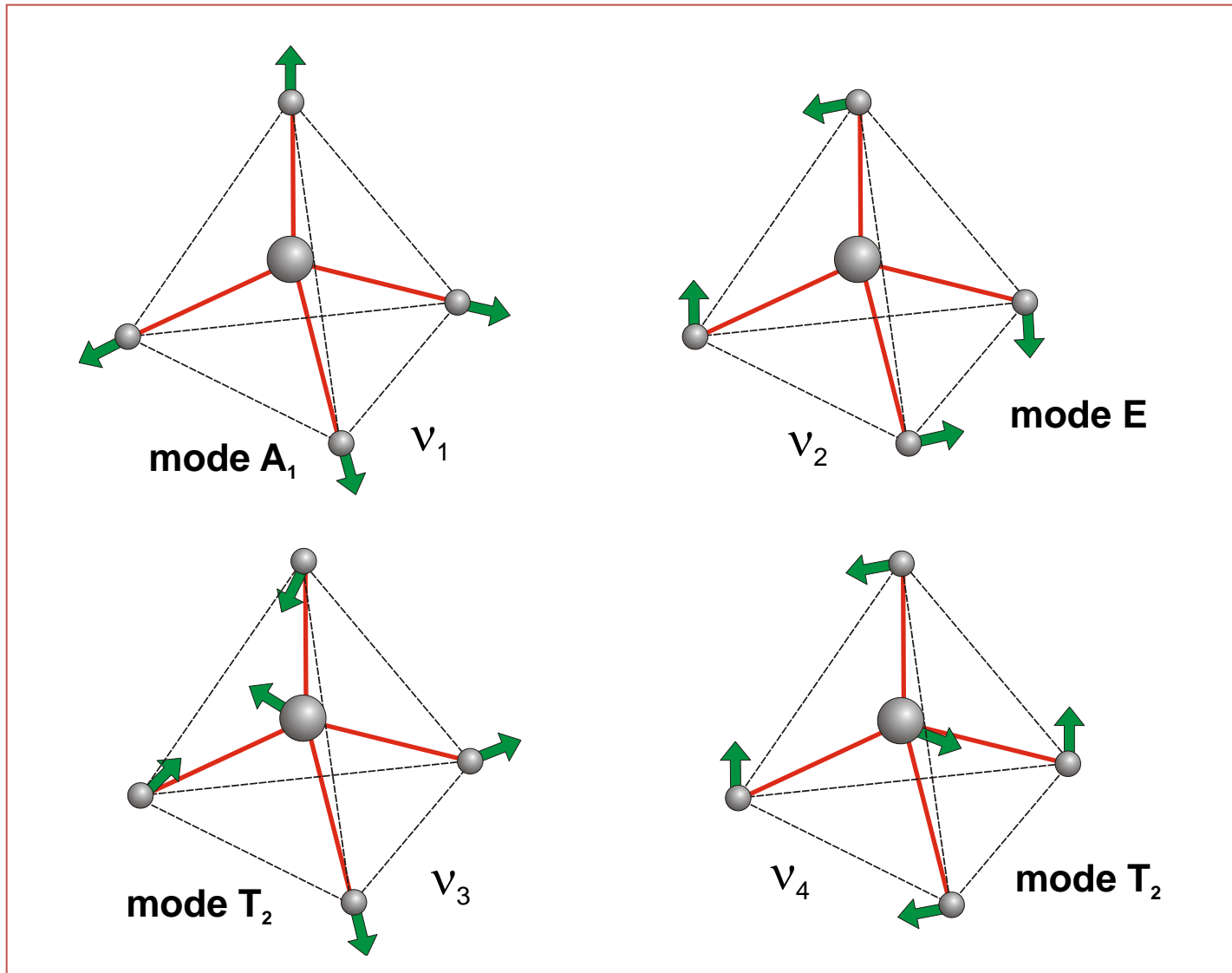


vibration :
apparition d'un
moment dipolaire



spectre d'absorption
vibrationnel

De même pour la molécule de méthane CH_4



Exemple de modes de vibration de la molécule tétraédrique CH_4

Conséquences pratiques

La Terre reçoit une grande quantité de rayonnement électromagnétique ; au niveau du sol il est principalement constitué par le rayonnement visible (trop énergétique pour pouvoir exciter les spectres rotationnel et vibrationnel des molécules de l'atmosphère). La Terre va émettre à son tour un rayonnement qui lui se situe dans le domaine des infrarouges, susceptible donc d'exciter les spectres vibrationnels des molécules de l'atmosphère pour peu qu'elles présentent un moment dipolaire intrinsèque ou induit. Ce n'est pas le cas des principaux gaz atmosphériques (oxygène et azote) mais c'est celui d'autres gaz présents en faibles quantités, la vapeur d'eau, le gaz carbonique, le méthane et certains gaz polyatomiques..

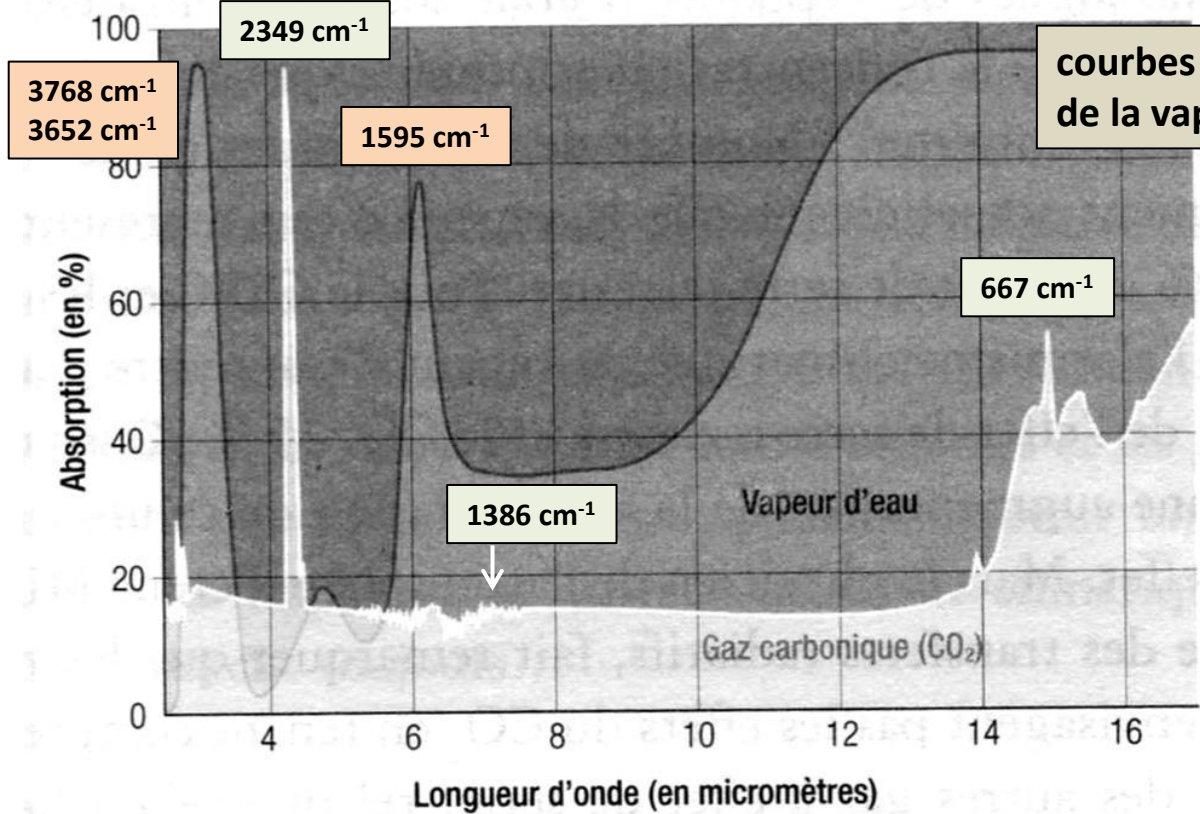
Composition de l'atmosphère au voisinage de la surface (0 à 25 km). En bleu italique, les gaz à effet de serre		
GAZ	FORMULE CHIMIQUE	ABONDANCE (en volume)
Azote	N ₂	78,08 %
Oxygène	O ₂	20,95 %
<i>Vapeur d'eau</i>	<i>H₂O</i>	<i>0 à 4 %</i>
Argon	Ar	0,93 %
<i>Dioxyde de carbone</i>	<i>CO₂</i>	<i>0,0370 %</i>
Néon	Ne	0,0018 %
Hélium	He	0,0005 %
<i>Méthane</i>	<i>CH₄</i>	<i>0,00017 %</i>
Hydrogène	H ₂	0,00005 %
<i>Oxyde nitreux</i>	<i>N₂O</i>	<i>0,00003 %</i>
<i>Ozone</i>	<i>O₃</i>	<i>0,000004 %</i>

Les rayonnements infrarouges absorbés contribuent à l'échauffement de l'atmosphère, c'est ce qu'on appelle l'« effet de serre » (bien que ce terme soit contesté par de nombreux thermodynamiciens).

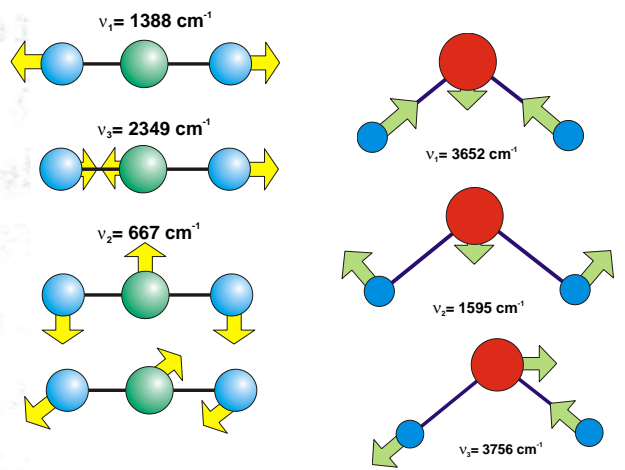
La Terre possède un effet de serre naturel assez faible mais qui lui permet une température « moyenne » d'environ +18°C mais qui serait de -15°C en son absence...

La contribution de ces gaz à l'effet de serre n'est pas établie de façon précise : si tous les experts s'accordent

pour attribuer à la vapeur d'eau le rôle principal et au gaz carbonique un rôle secondaire, leur importance respective est sujette à discussion : la vapeur d'eau est-ce 60 ou 95% ? le gaz carbonique 34 ou 1% ? Quel rôle jouent les émissions humaines (0,02% des émissions naturelles de CO₂) dans l'effet de serre ?



courbes d'absorption dans l'infrarouge de la vapeur d'eau et du CO₂



$$\lambda = \frac{1}{\nu} = \frac{c}{f}$$

\rightarrow vitesse de la lumière (~300.000 km/s)
 \rightarrow fréquence (Hz)

la longueur d'onde est égale à l'inverse du nombre d'onde

Alors que le spectre d'absorption de la vapeur d'eau couvre une très large bande de fréquence, celui du CO₂ est relativement monochromatique et proche de 100% d'efficacité au niveau de ce pic. Le CO₂ présent actuellement dans l'atmosphère absorbe donc presque totalement le rayonnement dont l'énergie correspond à son pic d'absorption.

Selon certains experts, dans ces conditions, ajouter du CO₂ ne changera rien puisque qu'il n'y a plus rien à absorber !

Doubler la teneur en CO₂ ne devrait donc avoir aucun effet sur l'effet de serre... et donc sur le « réchauffement climatique » !