

# Onde électromagnétique

## 1 – Synthèse de la séance n°1 du 16/11/2016

Les **ondes mécaniques** ne peuvent se propager que **dans de la matière** (ceci en la mettant en mouvement):

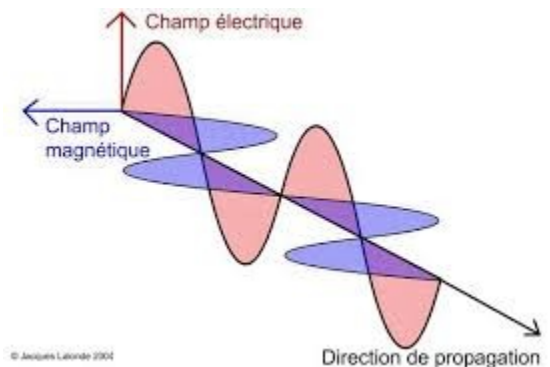
- \* de l'air pour le son
- \* le sol pour les tremblements de terre
- \* de l'eau pour les vagues

Les sons audibles par l'oreille humaine sont compris entre 20 Hz et 20.000 Hz.

Dans l'air le son se propage à 340 m/s.

Les **ondes électromagnétiques** n'interagissent pas mécaniquement avec leur environnement. C'est pourquoi elles se déplacent **dans le vide** (là où il n'y a pas de matière).

Une **onde électromagnétique** est la **propagation d'un signal grâce à un champ électrique et un champ magnétique qui vibrent ensemble**. Les champs électrique E et magnétique H sont perpendiculaires entre eux et perpendiculaires à la direction de propagation.



### Caractéristiques d'une onde électromagnétique :

- \* La **période** qui est la **durée** séparant deux motifs élémentaires qui se reproduisent au cours du temps.
- \* La **fréquence** qui est le **nombre** de motifs élémentaires identiques **par seconde**

La **période**  $T$  (*unité* : seconde ; *symbole* : **s**) et la **fréquence**  $f$  (*unité* : hertz ; *symbole* : **Hz**) sont liés par la relation  **$f = 1/T$** .

\* La **longueur d'onde** qui représente la **distance** parcourue par l'onde pendant la durée d'une période  $T$ . La longueur d'onde est notée à l'aide de la lettre grecque lambda ( $\lambda$ ).

$\lambda = c \times T$  avec :  $\lambda$  en mètre (**m**) -  $c$  en mètre par seconde (**m/s**) = 300.000.000 m/s -  $T$  en seconde (**s**)

**$\lambda = c / f$**  avec :  $\lambda$  en mètre (**m**) -  $c$  en mètre par seconde (**m/s**) = 300.000.000 m/s -  $f$  en hertz (**Hz**)

Dans le cas des ondes électromagnétiques, on remplace souvent le chiffre de la fréquence par celui de la longueur d'onde.

## 2 – Synthèse de la séance n°2 du 02/12/2016

### Caractéristiques d'une onde électromagnétique (suite) :

\*la **vitesse de propagation** dans l'air  $v=c= 300.000 \text{ km/s}$  (vitesse de la lumière). Dans un milieu d'indice de réfraction  $n$  on a  $v=c/n$  (cas du verre  $n=1.5$  donc  $v=300.000/1.5=200.000 \text{ km/s}$  dans les fibres optiques).

\*La **polarisation** décrit la direction du champ électrique. Cas de la télévision terrestre la polarisation est rectiligne horizontale (l'antenne râteau est donc horizontale).

\*La **réflexion** est totale sur une surface métallique. Le courant  $i$  généré ne circule qu'en surface du métal, c'est l'effet de peau. Ce courant alternatif se répartit sur une épaisseur  $e$  qui varie en  $1/\sqrt{f}$  ( $e=66/\sqrt{f}$  pour le cuivre).

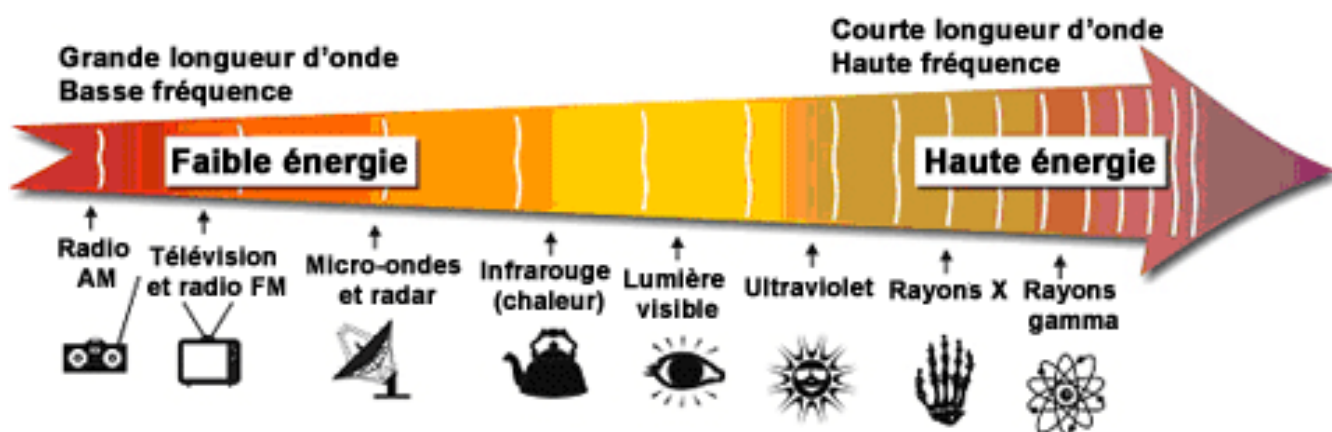
\*L'**absorption** de l'atmosphère est faible en l'absence de vapeur d'eau. Par contre elle devient forte en présence d'eau... ce qui fait que nous, les humains, absorbons fortement les ondes électromagnétiques.

\*L'**énergie** véhiculée augmente avec la fréquence.  $E=h f$ ,  $h$  étant la constante de Planck. Au-delà de la lumière visible les ondes sont dangereuses : Ultraviolet, rayons X, rayons Gamma.

### Absorption du rayonnement par l'atmosphère terrestre (0 à 50.000km)

\*L'atmosphère de la Terre est **transparente pour la lumière visible, et certaines ondes radio** ; elle est **opaque** pour tous les autres rayonnements.

\*La **troposphère (0 à 10 km)** contient 80 à 90 % de la masse totale de l'air et la quasi-totalité de la vapeur d'eau (**effet de serre**).



\*La **stratosphère (10 à 50 km)** abrite la couche d'**ozone (O<sub>3</sub>)** qui intercepte plus de 97 % des rayons ultraviolets du Soleil.

### Diverses « formes » d'ondes électromagnétiques

#### SATELLITES ARTIFICIELS DE LA TERRE

Un satellite artificiel de la Terre tourne d'autant moins vite qu'il est loin de la Terre pour respecter la **3ème loi de Kepler** qui dit que  $a^3/T^2$  est une constante (**égale à  $10^{13}$** ) pour les objets tournant autour d'un même corps, où  $a$  est le demi-grand axe de l'orbite et  $T$  la période de révolution.

Ainsi la Station Spatiale Internationale (ou **ISS**) perchée à 350 km d'altitude tourne autour de notre planète en environ 1 H 30' et ceci à 28.000 km/h ! Consulter le site « heavens-above » pour connaître l'horaire de passage (Morlaix ci-dessous)

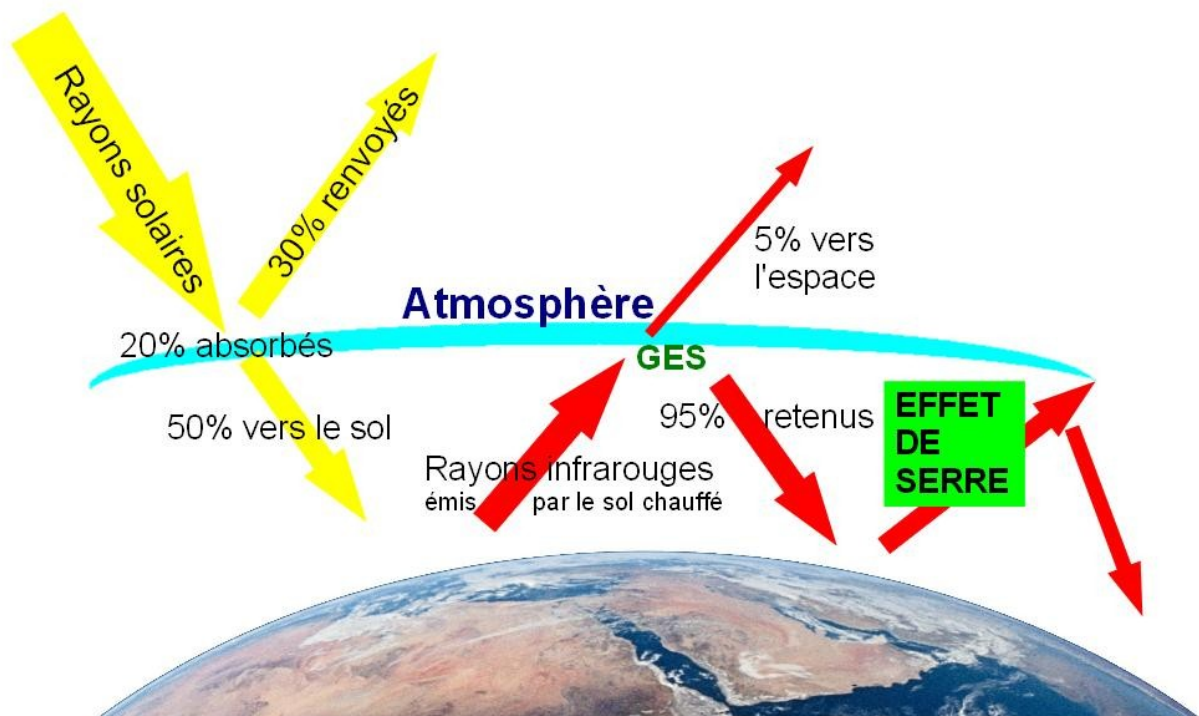
Date	Luminosité (mag)	Début			Culmination			Fin			Type de passage
		Heure	Ele v	Az	Heure	Ele v	Az	Heure	Ele v	Az	
<a href="#">16 déc.</a>	-2,6	19:07:39	10°	ONO	19:10:52	51°	SSO	19:12:35	24°	SE	visible
<a href="#">17 déc.</a>	<b>-3,2</b>	<b>18:15:33</b>	<b>10°</b>	<b>ONO</b>	<b>18:18:51</b>	<b>79°</b>	<b>SSO</b>	<b>18:22:09</b>	<b>10°</b>	<b>ESE</b>	<b>visible</b>
<a href="#">17 déc.</a>	-0,6	19:52:44	10°	O	19:54:56	17°	SO	19:56:05	14°	SSO	visible
<a href="#">18 déc.</a>	-1,2	19:00:13	10°	O	19:03:03	27°	SO	19:05:54	10°	SSE	visible
<a href="#">19 déc.</a>	-2,0	18:07:56	10°	ONO	18:11:05	43°	SSO	18:14:15	10°	SE	visible
<a href="#">20 déc.</a>	-0,1	18:53:17	10°	OSO	18:55:04	14°	SO	18:56:52	10°	S	visible

Date	Luminosité (mag)	Début			Culmination			Fin			Type de passage
		Heure	Ele v	Az	Heure	Ele v	Az	Heure	Ele v	Az	
<a href="#">21 déc.</a>	-0,5	18:00:32	10°	O	18:03:11	22°	SO	18:05:49	10°	SSE	visible

## 2 – C-R séance du 14/12/2016

### L'effet de serre et le changement climatique

La Terre reçoit son énergie du soleil : une partie du rayonnement solaire absorbé par la Terre est réémis vers l'espace sous forme de rayonnement infrarouge. Les gaz à effet de serre (GES), présents dans l'atmosphère, ont la propriété d'intercepter une partie de ce rayonnement infrarouge et de le réémettre, notamment en direction de la Terre. Ce **phénomène naturel**, appelé effet de serre, modifie le bilan radiatif de la Terre et permet d'obtenir à la surface de celle-ci une température moyenne de **15°C**, alors que sans lui la température serait de **-18°C**.



### Le phénomène naturel de l'effet de serre : schéma explicatif

On l'appelle « effet de serre » car le fonctionnement de ce phénomène est comparable à ce qui se passe dans une [serre](#) en [verre](#), utilisée pour faciliter la culture de certaines plantes. Les parois transparentes d'une serre laissent passer les rayons du soleil. Le verre ralentit la sortie de la chaleur. Cela fait augmenter la température à l'intérieur de la serre.

On peut remplacer la serre par l'atmosphère et le verre par les **gaz à effet de serre** GES contenus dans l'atmosphère (principalement la **vapeur d'eau** mais aussi le [dioxyde de](#)

**carbone (CO<sub>2</sub>), le méthane (CH<sub>4</sub>),...**

Une augmentation des concentrations de GES dans l'atmosphère accroît leur opacité aux rayons infrarouges : une plus grande partie de ce rayonnement est interceptée, modifiant ainsi l'équilibre : ce forçage radiatif est responsable du **renforcement de l'effet de serre**, qui se traduit par des **changements climatiques**.

Les activités anthropiques ( relatives à l'activité humaine), qui conduisent à l'émission de GES en fortes quantités depuis 1750, sont responsables de cette augmentation des concentrations de GES.

### Les principaux gaz à effet de serre :

La **vapeur d'eau** est le principal gaz à effet de serre (65% de l'effet de serre naturel), mais les activités anthropiques n'ont pas d'impact direct sur les concentrations en vapeur d'eau (ce qui explique que la vapeur d'eau n'est pas citée dans les émissions anthropiques).

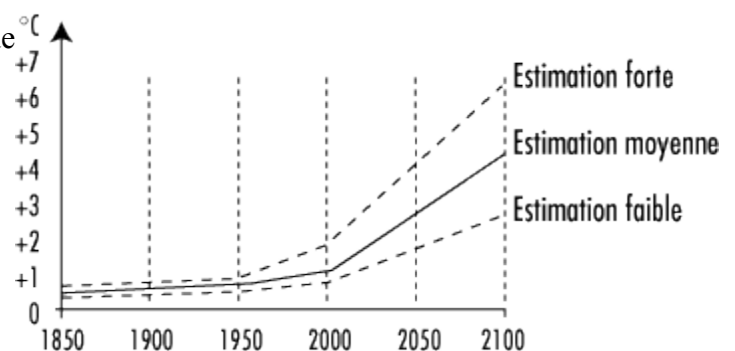
Le **dioxyde de carbone (ou gaz carbonique, CO<sub>2</sub>)** est un gaz plutôt rare dans l'atmosphère : moins de 1% ! Mais ce gaz est beaucoup plus efficace que la vapeur d'eau, pour ce qui est de l'effet de serre : il est le deuxième gaz le plus important de l'effet de serre. Le problème, c'est que l'industrie produit beaucoup de dioxyde de carbone : en polluant l'atmosphère, **l'homme est donc en train d'augmenter l'effet de serre naturel**.

Le **méthane (CH<sub>4</sub>)** est aussi appelé *gaz naturel*. On s'en sert pour se chauffer, pour faire la cuisine... Il est produit naturellement, notamment dans les marais. C'est un gaz plutôt rare, mais plus efficace encore que le dioxyde de carbone. L'homme augmente aussi le taux de méthane dans l'atmosphère, notamment en cultivant du riz dans les rizières : une rizière est une sorte de marécage aménagé pour l'agriculture ; elle produit beaucoup de méthane. Comme le riz est l'une des céréales les plus cultivées sur Terre, l'impact sur l'effet de serre est important.

Les toundras sont des sortes de marécages gelés, au niveau du cercle polaire. Quand la température de la Terre augmente, les toundras dégèlent, et se remettent à produire du méthane, ce qui augmente encore l'effet de serre, et la température : c'est un cercle vicieux ! L'océan contient aussi une grande quantité de méthane, dissout. Quand la température augmente, le gaz s'échappe, et participe à l'effet de serre et à l'augmentation de la température.

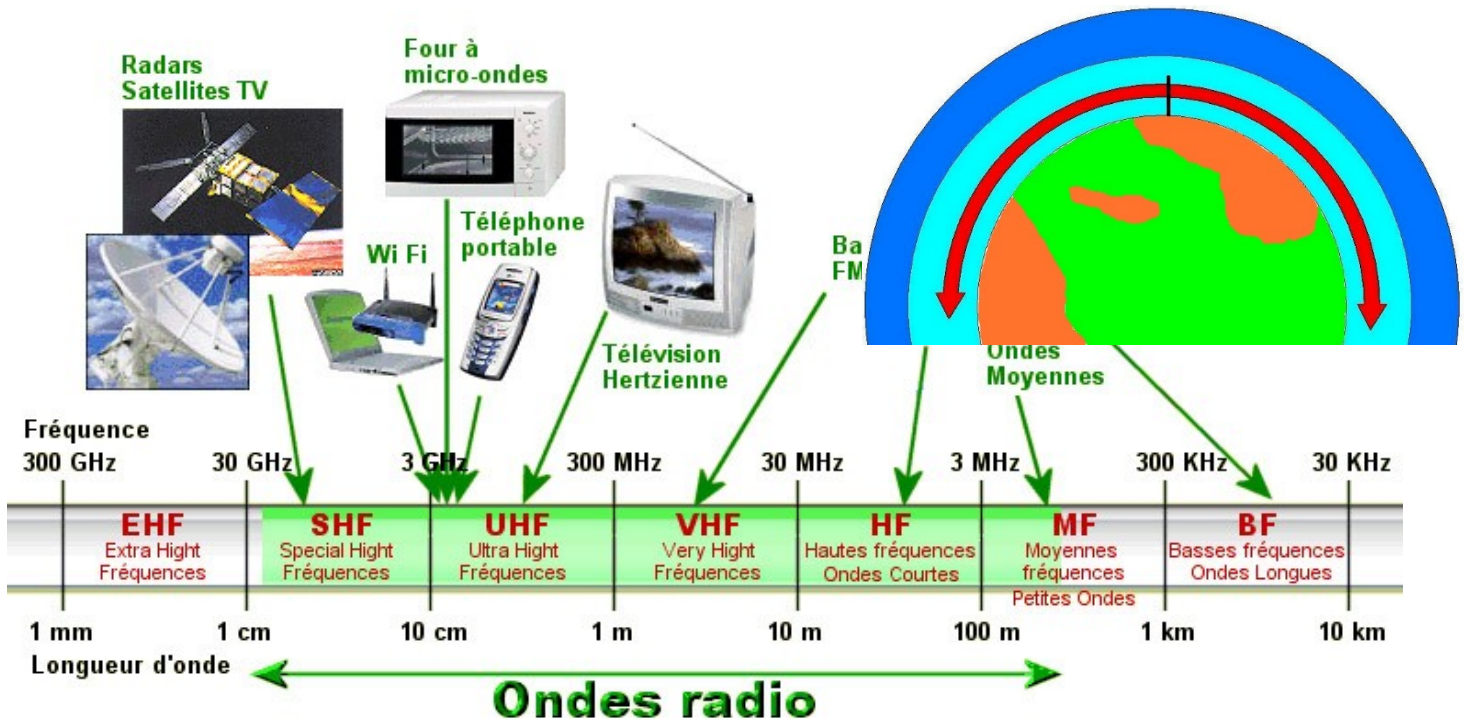
Le méthane est un gaz important dans l'effet de serre, et son importance augmente avec l'augmentation de la température

Scénarios d'évolution de la température moyenne de la surface terrestre.

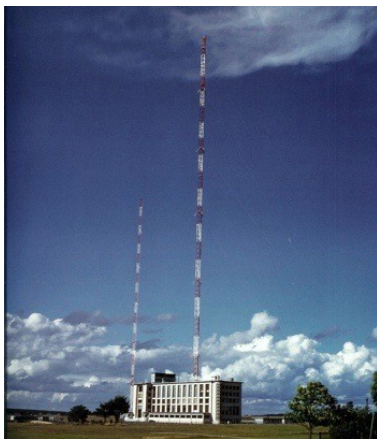


### Les ondes radio :

Ce domaine de longueurs d'onde est le plus vaste du spectre électromagnétique et concerne les ondes qui ont les plus basses fréquences. Il s'étend des longueurs d'onde de quelques cm à plusieurs km. Relativement faciles à émettre et à recevoir, les ondes radio sont utilisées pour la transmission de l'information (radio, télévision). La bande FM des postes de radio correspond à des longueurs d'onde de l'ordre du mètre.

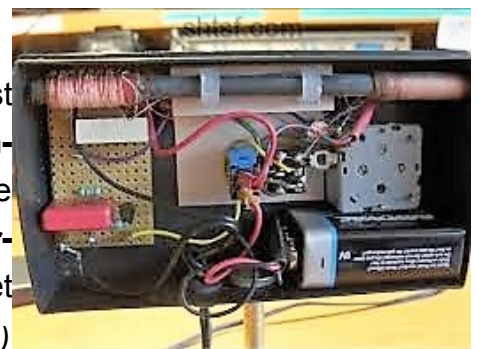


**Ondes kilométriques (LW pour ondes longues) :** Elles se propagent principalement à très basse altitude, **par onde de sol**. Leur grande longueur d'onde permet le contournement des obstacles. Les ondes de fréquence très basse pénètrent un peu sous la surface du sol ou de la mer, ce qui permet de communiquer avec des sous-marins en plongée. Applications courantes : radiodiffusion sur Grandes Ondes (France-Inter, RTL...), diffusion des signaux horaires (horloges radio-pilotées). La puissance de ces émetteurs est énorme : souvent plusieurs mégawatts pour obtenir une portée pouvant aller jusqu'à 1 000 km.



L'**émetteur d'Allouis** (inauguré en [octobre 1939](#)) est un [émetteur de radiodiffusion](#) situé dans la [commune d'Allouis](#), dans le [département du Cher](#) (près de Bourges) qui diffuse les programmes de [France Inter](#) en [grandes ondes](#) (1 852 mètres, 162 [kHz](#)). Le centre GO d'Allouis utilise deux antennes pylônes de 350m (( $\lambda/5$ ) de haut.

Les récepteurs : Le rôle de toute **antenne de réception** est de convertir une onde électromagnétique en tension. Une **antenne cadre magnétique** est un enroulement de fil de cuivre autour d'un cadre (cadre à air) ou autour de ferrites (**cadre ferrite**). Une antenne cadre est sensible au champ magnétique et non au champ électrique (d'où son nom de cadre *magnétique*). Les paramètres influant sur la sensibilité de l'antenne sont le nombre de tours du bobinage, la section de chaque spire. Dans le cas d'une antenne ferrite, la perméabilité du matériau permet d'accroître la tension.



**Ondes hectométriques (ondes moyennes) :** Les stations de radiodiffusion sur la bande des Petites Ondes (entre 600 et 1 500 kHz) ont des puissances pouvant aller jusqu'à plusieurs centaines de kilowatts. Elles utilisent encore **l'onde de sol** pour couvrir une zone ne dépassant guère une région française.

### **Ondes décamétriques (ondes courtes) :**

On appelle **propagation ionosphérique** (ou **liaison lointaine par réflexion ionosphérique**) la propriété des ondes électromagnétiques de parcourir des distances plus grandes que la simple ligne de vue par **réflexion sur l'ionosphère**. Les conditions de la propagation ionosphérique dépendent de plusieurs facteurs tels le cycle solaire, l'heure et les saisons. Puisqu'elle n'est pas limitée par la courbure de la Terre, cette propagation peut être utilisée notamment pour communiquer au-delà de l'horizon, sur des distances intercontinentales. Ce phénomène touche surtout les ondes courtes, soit les ondes à hautes fréquences. De ce fait, les ondes d'une station lointaine de radiodiffusion AM peuvent être perçues aussi clairement que si la station était rapprochée. Cela peut également se produire avec les stations de télévision à basses fréquences, lors de conditions particulières.

**1901 : Marconi** (1874 – 1937) physicien, inventeur et homme d'affaires italien, établit une liaison transatlantique par radio.

**1931 : Sydney Chapman** (1888 – 1970) astronome et géophysicien britannique, élabore sa théorie de formation des couches de l'ionosphère par l'action du rayonnement UV solaire.

L'ionosphère est une région de la haute atmosphère (de 60 à 800 km d'altitude) où l'air neutre est ionisé par les rayons cosmiques et les photons solaires (UV).

**Ondes métriques (Bande FM) :** Les ondes métriques correspondent à des fréquences comprises entre 30 et 300 MHz incluant la bande de radiodiffusion FM, les transmissions VHF des avions... On les appelle aussi ondes ultra-courtes (OUC). Elles se propagent principalement en ligne droite

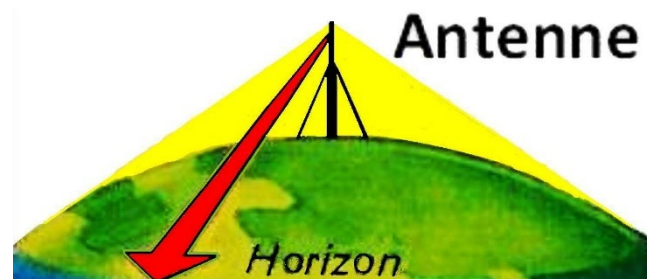
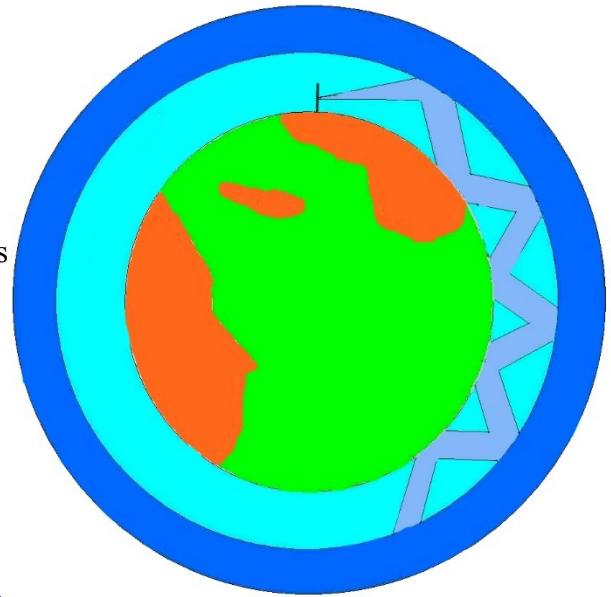
### **Europe 1**

102,7 MHz - MORLAIX  
rue Jean-Monnet  
ZA de Langolvas

Altitude au sommet des antennes : 126m (puissance : 1 kW)

### **RTL**

91,4 MHz - MORLAIX  
Tour de la Boissière



La **polarisation** des émetteurs FM est **verticale**, à la différence de la TV qui elle est horizontale. Votre antenne devra être disposée verticale (antenne télescopique de votre récepteur)