

## CARACTÈRE NON GALILEEN DU REFERENTIEL TERRESTRE

On considère dans ce chapitre que le référentiel géocentrique est galiléen.

Le référentiel terrestre étant en rotation dans le référentiel géocentrique, il n'est pas galiléen. Il faudrait donc, en toute rigueur, prendre en compte les forces d'inertie dues à la rotation de la Terre sur elle-même lors de l'étude du mouvement des corps dans le référentiel terrestre.

### I- COMPARAISON DES FORCES MISES EN JEU

Un corps M de masse m est soumis dans le référentiel terrestre non galiléen à trois forces au minimum :

- La force de gravitation exercée par la Terre :  $\vec{F}_{T/M} = m\vec{G}_T(M)$
- La force d'inertie d'entraînement due à la rotation de la Terre sur elle-même dans le référentiel géocentrique :  $\vec{F}_{ie} = -m(\vec{a}_{Mc})_{Rg}$
- La force d'inertie de Coriolis due à la rotation de la Terre sur elle-même dans le référentiel géocentrique :  $\vec{F}_{ic} = -2m\vec{\omega}_{RT/Rg} \wedge (\vec{v}_M)_{RT}$

Il faut savoir déterminer les ordres de grandeurs de ces forces afin de comparer leur importance sur le mouvement d'un corps :

- Comparaison de la force d'inertie d'entraînement due à la rotation de la Terre sur elle-même et de la force de gravitation terrestre :

- Comparaison de la force d'inertie de Coriolis due à la rotation de la Terre sur elle-même et de la force de gravitation terrestre pour un coureur du 100 m et pour un train en vitesse TGV.

Conséquence : En dehors des phénomènes de grande ampleur (distances ou vitesses importantes), la prise en compte des forces d'inertie ne perturbe que légèrement le mouvement par rapport à celui déterminé en considérant que le référentiel terrestre est galiléen.

### II- POIDS ET CHAMP DE PESANTEUR

#### II-1- Définition pratique du poids

On considère une masselotte suspendue à un fil en équilibre dans le référentiel terrestre.  
Le poids  $\vec{P}$  est la force s'opposant à celle maintenant la masselotte en équilibre.

P.F.D appliqué à la masselotte dans  $R_T$  non galiléen :  $m(\vec{a}_M)_{RT} = \vec{F}_{T/M} + \vec{T} + \vec{F}_{ie} + \vec{F}_{ic}$

On aboutit donc à  $\vec{T} = -(\vec{F}_{T/M} + \vec{F}_{ie}) = -\vec{P}$  par définition.

Le poids d'un corps est donc la somme de la force de gravitation exercée par la Terre sur ce corps et de la force d'inertie d'entraînement due à la rotation de la Terre.

**La force d'inertie d'entraînement due à la rotation de la Terre est donc comprise dans le poids.**

## II-2- Champ de pesanteur

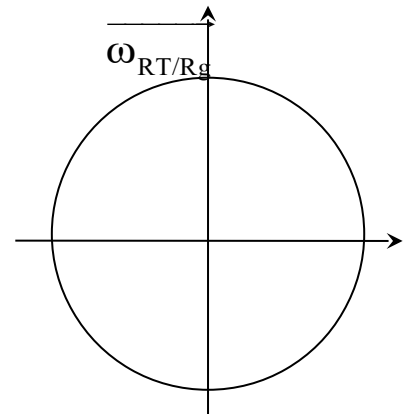
Il s'agit du poids par unité de masse :  $\vec{P} = m\vec{g}$ .

Le champ de pesanteur peut donc s'écrire sous la forme :  $\vec{g} = \vec{G}_{T/M} - \vec{a}_e$

## II-3- Verticale d'un lieu

La verticale d'un lieu est définie par la direction du fil auquel est suspendue une masselotte en équilibre dans le référentiel terrestre (fil à plomb). C'est donc également la direction du poids.

La verticale n'est donc pas dirigée exactement vers le centre de la Terre (même si  $\|\vec{F}_{ie}\| \ll \|\vec{F}_{T/M}\|$ )



## III- ECRITURE DU PRINCIPE FONDAMENTAL DE LA DYNAMIQUE DANS LE RÉFÉRENTIEL TERRESTRE

Pour un point M de masse m, le P.F.D. s'écrit :  $m(\vec{a}_M)_{RT} = \sum \vec{F} + \vec{F}_{T/M} + \vec{F}_{ie} + \vec{F}_{ic}$

$\sum \vec{F}$  : somme des forces appliquées au point M (autres que la force de gravitation exercée par la Terre)

$\vec{F}_{T/M} + \vec{F}_{ie}$  : poids du corps considéré

$\vec{F}_{ic}$  : force d'inertie de Coriolis due à la rotation de la Terre sur elle-même (en général négligée).

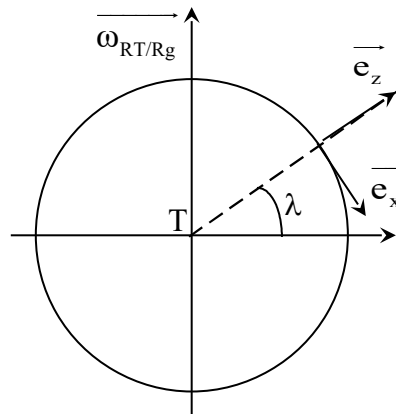
Le P.F.D. s'écrit donc dans le référentiel terrestre :  $m(\vec{a}_M)_{RT} = \sum \vec{F} + \vec{P} + (\vec{F}_{ic})$

## IV- EFFETS DE LA FORCE D'INERTIE DE CORIOLIS TERRESTRE SUR LES MOUVEMENTS HORIZONTAUX

La force d'inertie de Coriolis est en générale négligeable devant le poids.

Cependant, sur des phénomènes de grande ampleur comme les déplacements de masse d'air (vents) ou d'eau (courants), l'effet de la force de Coriolis peut se manifester.

### IV-1- Direction et sens de la force d'inertie de Coriolis



Il faut savoir retrouver que :

Un corps animé d'un mouvement horizontal est dévié vers la droite dans l'hémisphère nord et vers la gauche dans l'hémisphère sud sous l'effet de la force d'inertie de Coriolis.

### IV-2- Exemples de manifestations de la force d'inertie de Coriolis

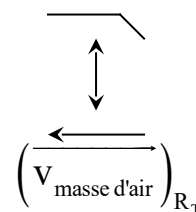
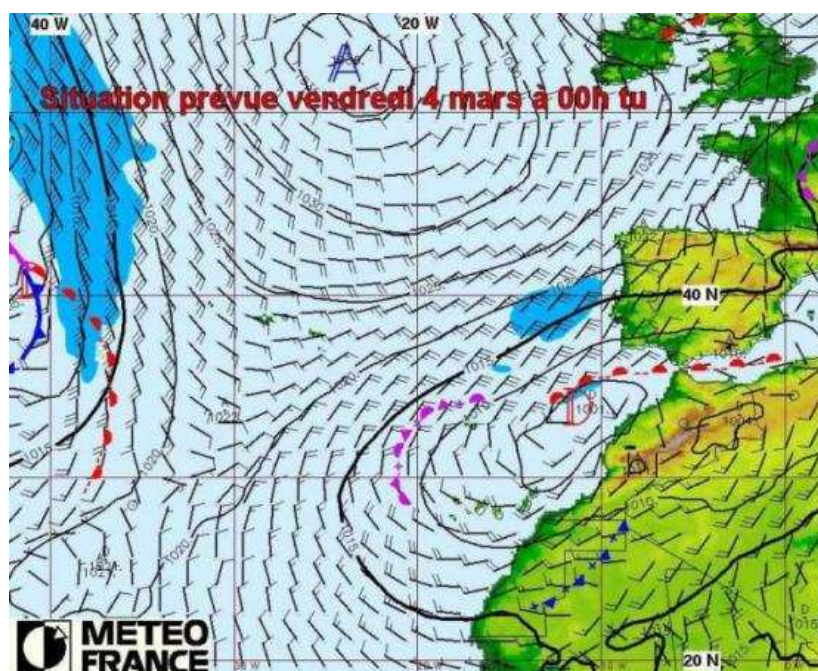
- Anticyclones et dépressions

Un anticyclone est une zone où la pression est plus importante que dans les zones avoisinantes.

Une dépression est une zone où la pression est moins importante que dans les zones avoisinantes.

Les forces de pression poussent les masses d'air des zones de haute pression vers les zones de basse pression. Elles devraient donc se déplacer perpendiculairement aux isobares d'une zone anticyclonique vers une zone dépressionnaire.

Dans la troposphère, partie de l'atmosphère comprise entre 0 et 10 km d'altitude, on constate que les masses d'air se déplacent parallèlement aux isobares en laissant les zones de haute pression à droite et les basses pressions à gauche.



Il existe donc une force compensant les forces de pression ; il s'agit de la force d'inertie de Coriolis.

Schéma explicatif du sens d'enroulement des masses d'air dans un anticyclone :

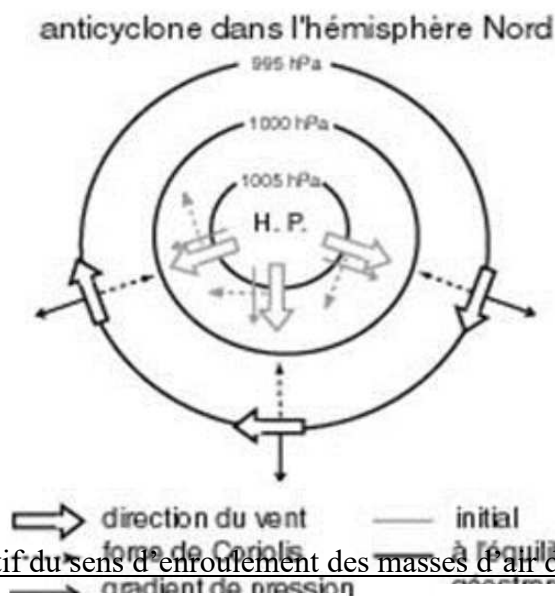
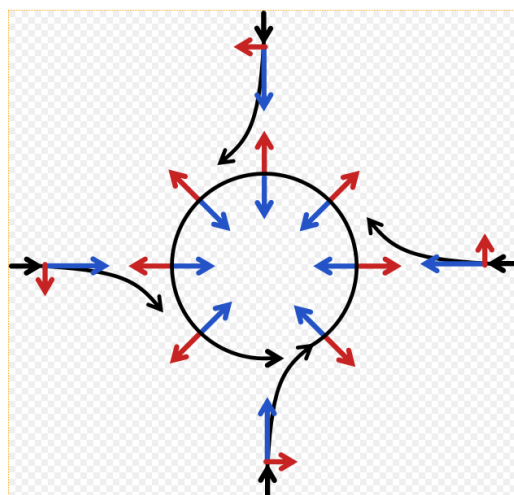
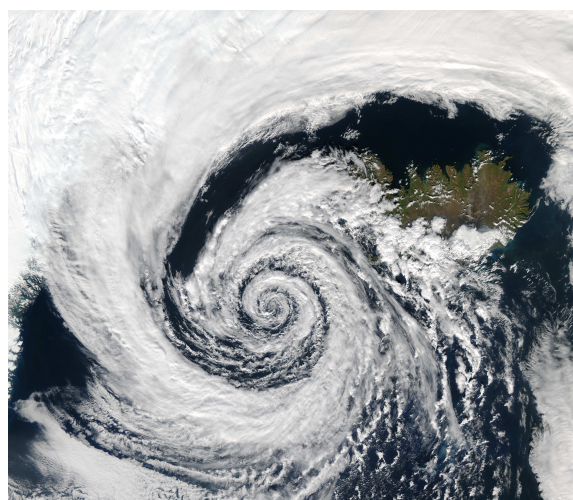
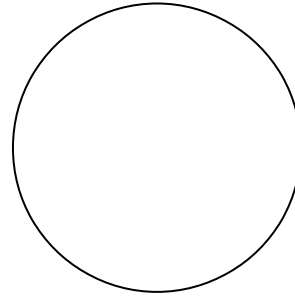
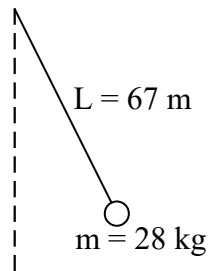


Photo et schéma explicatif du sens d'enroulement des masses d'air dans une dépression :



- **Mise en évidence de la rotation de la Terre : pendule de Foucault** (expérience réalisée au Panthéon en 1851)

Une masse est accrochée à un fil dont l'autre extrémité est fixée en haut de la coupole du Panthéon. Si le référentiel terrestre est galiléen, le pendule oscille dans le plan fixe par rapport à la Terre défini par son poids et la tension du fil.



Vue de dessus

- Vidéo du pendule du C.N.A.M à l'adresse suivante : <http://www.youtube.com/watch?v=h5vIrHsM9rk>
- Animation consultable sur le site « Figures animées pour la physique »
- Informations complémentaires sur le site [imaginascience.com](http://imaginascience.com) dans le dossier « Force de Coriolis ».

**Conclusion** : La prise en compte du caractère non galiléen du référentiel terrestre complique les calculs dans la mesure où une force supplémentaire intervient dans le bilan des forces : la force d'inertie de Coriolis. Il est donc nécessaire de réfléchir sur le degré de précision recherché ou sur l'ampleur du phénomène étudié avant de la prendre en compte (ou de la négliger !).

Extrait du programme relatif à ce chapitre :

Caractère galiléen approché d'un référentiel.  
Exemple du référentiel de Copernic, du  
référentiel géocentrique et du référentiel  
terrestre.

Citer quelques manifestations du caractère non  
galiléen du référentiel terrestre.  
Estimer, en ordre de grandeur, la contribution  
de la force d'inertie de Coriolis dans un  
problème de dynamique terrestre.