

## IV Les forces d'interaction :

### IV-1 Divers types d'interactions.

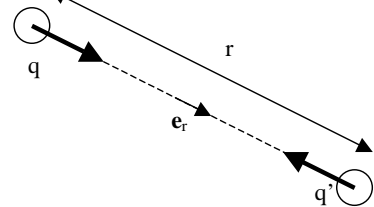
Les diverses théories physiques envisagent des interactions à distance, dites interactions fondamentales, parmi lesquelles on distingue :

- les **interactions électromagnétiques**, existant entre particules chargées. Nous les précisons ultérieurement, mais on peut rappeler la loi force de Coulomb, donnant l'interaction entre deux

particules chargées ponctuelles : 
$$\vec{F} = \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \frac{q \cdot q'}{r^2} \vec{e}_r$$

où  $\epsilon_0$  est la permittivité diélectrique du vide

$$(\epsilon_0 = 8,4 \cdot 10^{-12} \text{ F} \cdot \text{m}^{-1}; \text{ soit } \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \approx 9 \cdot 10^9 \text{ u.s.i.}).$$



Cette force électrique sera à compléter par une force magnétique.

La force magnétique concerne une particule chargée, de charge  $q$ , et animée d'une vitesse  $\vec{v}$  dans le référentiel d'étude.

Le champ magnétique est représenté par un vecteur noté  $\vec{B}$  qui rend compte de l'ensemble des caractéristiques de ce champ magnétique au point considéré (norme, direction et sens).

La force magnétique aura pour expression : 
$$\vec{F} = q\vec{v} \wedge \vec{B}$$

Nous reviendrons plus tard sur cette notion, mais remarquons, d'après les propriétés du produit vectoriel, que cette force s'annule quand la vitesse est colinéaire au champ.

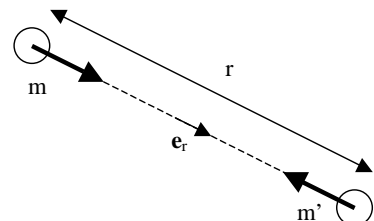
- les **interactions nucléaires** ; très intenses mais de très courte portée, c'est à dire décroissant très rapidement avec la distance. Elles assurent notamment la cohésion du noyau des atomes (protons et neutrons) (interaction nucléaire forte).
- Elles interviennent aussi dans les phénomènes de radioactivité (interaction nucléaire faible). En leur absence, les interactions électrostatiques entre les protons, répulsives, feraient exploser le noyau.

Ces interactions sont environ 100 fois plus intenses que les interactions électromagnétiques, mais leur portée est de l'ordre du femtomètre ( $10^{-15}$  m), qui correspond à l'ordre de grandeur de la taille du noyau des atomes. Au-delà de cette échelle, elle n'interviendront donc pas directement dans les problème, et nous n'auront pas l'occasion de les utiliser.

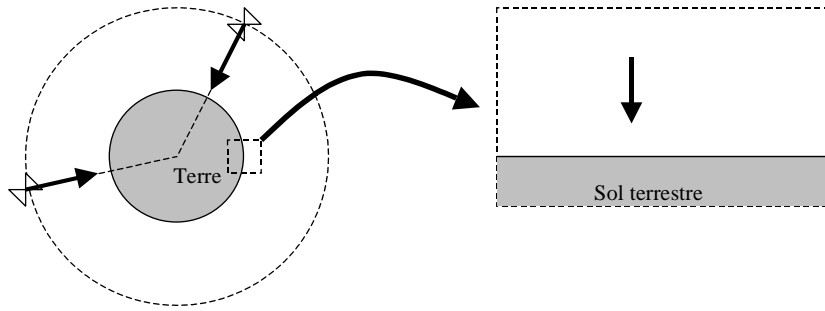
- les **interactions de gravitation**, répondant à la loi d'attraction gravitationnelle universelle. Entre deux masses ponctuelles, la force de gravitation est attractive et s'écrit :

$$\vec{F} = -G \frac{m \cdot m'}{r^2} \vec{e}_r \quad \text{où } G = 6,67 \cdot 10^{-11} \text{ u.s.i. est la constante}$$

universelle de gravitation.



- La force de pesanteur (poids) est un effet essentiellement gravitationnel, décrit dans le cadre du modèle "champ de pesanteur uniforme", applicable localement à la surface d'une planète. Le poids sera noté  $\vec{m} \vec{g}$  et non  $\vec{P}$  qui pourrait amener des confusions.



Attention à ne pas faire de confusion entre le champ de gravitation  $\vec{G}$  et le champ de pesanteur  $\vec{g}$ .

Dans le modèle usuel de pesanteur uniforme, le poids d'une masse  $m$  aura donc pour valeur  $\boxed{\vec{P} = m\vec{g}}$  où  $\vec{g}$  aura une valeur vectorielle identique en tout point :  $\vec{g} = -g\vec{e}_z$  en notant  $\vec{e}_z$  l'unitaire vertical ascendant. Ceci est valide tant que les variations d'altitude restent modestes.

Si le problème fait intervenir un déplacement important à l'échelle de la Terre (mouvement d'un satellite par exemple), le modèle local précédent n'est plus valide.

On doit prendre en compte l'expression du champ de gravitation, qui dépend de la position dans l'espace. En notant  $R$  le rayon terrestre,  $M$  la masse de la Terre,  $h$  l'altitude,  $K = 1,67 \cdot 10^{-11}$  u.s.i.

et en introduisant  $r = R + h$ , la distance au centre de la Terre, on aura :  $\vec{G} = -\frac{KM}{r^2}\vec{e}_r$

où  $\vec{e}_r$  est l'unitaire radial.

(les coordonnées sphériques auront bien sûr pour origine le centre de la Terre).

On note usuellement  $g_0$  l'intensité du champ de gravitation à la surface de la Terre.

$$g_0 = \frac{KM}{R^2} \approx 9,8 \text{ ms}^{-2} \quad \text{On aura donc : } \vec{G} = -\frac{g_0 R^2}{r^2} \vec{e}_r = -\frac{g_0 R^2}{(R+h)^2} \vec{e}_r$$

La force de gravitation s'exerçant sur une masse  $m$  vaudra donc :

$$\boxed{\vec{F} = m\vec{G} = -m \frac{g_0 R^2}{r^2} \vec{e}_r = -\frac{mg_0 R^2}{(R+h)^2} \vec{e}_r}$$

De façon plus phénoménologique, on peut envisager les interactions de contact. Elles sont fondamentalement dues à des interactions électromagnétiques qui ont lieu entre les particules constituant la matière. Ces forces fondamentales sont la cause de l'impossibilité de l'interpénétration entre deux objets matériels, et de la cohésion de la matière.

On rencontrera :

- la force de réaction d'un support, vis à vis d'un solide ;
- la force de pression (ou force pressante) exercée par un fluide sur un solide ;
- la force de frottement visqueux d'un fluide sur un solide, de frottement d'un solide sur un solide... ;
- les forces de cohésion de la matière (tension d'un fil, d'une barre...)
- la force de rappel d'un ressort...