III Les trois lois de Newton

III.1 Principe d'inertie - Référentiel galiléen

III.1.a) Référentiel galiléen

> Un référentiel galiléen est un référentiel dans lequel un point matériel isolé est animé d'un mouvement de translation rectiligne uniforme.

Le référentiel galiléen de base est le référentiel de Copernic (constitué du centre le centre de masse du système solaire et de 3 axes dirigés vers trois étoiles lointaines).

III.1.b) Première loi de Newton ou principe d'inertie

> Il existe des référentiels galiléens dans lesquels un point matériel isolé est animé d'un mouvement de translation rectiligne uniforme.

On peut vérifier le principe d'inertie de façon expérimentale (mobile sur un coussin d'air...). Pour une expérience donnée associée à une durée un référentiel peut être assimilé (ou non) à un référentiel galiléen.

Le référentiel terrestre lié au sol peut souvent être considéré comme galiléen première approximation et pour des expériences de courtes durées devant la période de rotation de la Terre sur elle-même.

Il existe également des expériences de durée plus longue qui montrent que le référentiel terrestre peut ne pas être galiléen (pendule de Foucault : le plan d'oscillation change avec le temps ou déviation vers l'est lors d'une chute libre dans un puits profond).

III.1.c) Mouvement relatif de deux référentiels galiléens

Soit un point matériel isolé isolé évoluant dans le référentiel R galiléen. Le référentiel R' est galiléen s'il est animé d'un mouvement de translation rectiligne uniforme par rapport à R.

III.2 Deuxième loi de Newton

Soit un point matériel M de masse m, soumis à diverses forces de résultante $\vec{F}$ dans le référentiel galiléen d'étude R.

III.2.a) Énoncé

> Dans le référentiel R galiléen, la dérivée temporelle de la quantité de mouvement $\vec{p}$ d'un point matériel M de masse m est égale à la résultante des forces qui lui sont appliquées :
>
> $$\frac{\mathrm{d}\vec{p}}{\mathrm{d}t} = m\vec{a} = \vec{F} = \sum_i \vec{f}_i$$

La deuxième loi de Newton est également parfois appelée Principe Fondamental de la Dynamique (PFD) ou loi de la quantité de mouvement.

III.2.b) Interprétation et utilisations

- Principe d'inertie lorsque $\vec{F} = \vec{0}$: $m\vec{a} = \vec{0}$ soit $\vec{v} = \overrightarrow{\text{cste}}$ (mouvement rectiligne uniforme)
- Principe d'évolution : on détermine le vecteur vitesse $\vec{v}(t)$ et l'équation horaire $\overrightarrow{OM(t)}$ par intégrations successives (ou intégration d'équations différentielles).
- Détermination d'une loi de force : l'étude cinématique du mouvement permet de retrouver la résultante des forces qui s'exerce sur le système (cf exercice 4 du TDM2).

III.2.c) Équilibre d'un point matériel dans un référentiel galiléen

À l'équilibre (pas de mouvement) on a : $\overrightarrow{OM} = \overrightarrow{cste}$ soit $\vec{v} = \vec{0}$ et $\vec{a} = \vec{0}$, d'où $\boxed{\vec{F} = \vec{0}}$. Cette condition est une condition nécessaire mais pas suffisante car elle vérifie également $\vec{v} = \overrightarrow{cst}$ (mouvement rectiligne uniforme).

III.3 Troisième loi de Newton ou loi des actions réciproques

Si deux points matériels M_1 et M_2 sont en interaction, les forces $\vec{F}_{1\to2}$ et $\vec{F}_{2\to1}$ respectivement exercées par M_1 sur M_2 et par M_2 sur M_1 sont telles que $\vec{F}_{1\to2} = -\vec{F}_{2\to1}$ (mêmes directions, mêmes normes et sens opoosés).

IV Résolution d'un problème de mécanique

IV.1 Méthode de résolution

Méthode à appliquer lors de la résolution d'un problème de mécanique :

1. Définir le système ;
   - exemple : solide assimilé à un point matériel M de masse m.
2. Définir **le** référentiel galiléen d'étude ;
   - exemple : référentiel du laboratoire supposé galiléen.
3. Effectuer un bilan des forces agissant sur le point matériel.
   - choix d'une base adaptée pour exprimer les composantes des différentes forces.
4. Choisir la méthode (loi/théorème) permettant la résolution.
   - nom de la méthode à expliciter (pas les sigles PFD, TEC, TPC, TEM, TPM, TMC, TRC...)
5. Projeter l'équation vectorielle du mouvement sur des axes orthogonaux judicieusement choisis.
   - élimination de forces inconnues, projection suivant la direction de la grandeur souhaitée...
6. Intégrer les équations différentielles obtenues en faisant intervenir les conditions initiales pour déterminer les constantes d'intégrations.