

Principe Fondamental de la Dynamique : Cas des mouvements simples

1-principe général

1.1- Enoncé général

La somme des actions extérieures exercées sur un système S est égale aux quantités d'accélération de ce système S dans son mouvement par rapport à un repère galiléen.

Un repère R_1 est galiléen lorsque :

- Ce repère est immobile dans un autre repère galiléen R_0 .
- Ce repère est en translation rectiligne uniforme dans un autre repère galiléen R_0 .

Pour tous les exercices de mécanique que nous traiterons, tous les repères fixes par rapport à la terre seront considérés comme galiléens. (Ce principe n'est pas toujours valable)

1.2- Traduction mathématique du PFD

Si les actions extérieures appliquées sur le système S sont modélisées par un torseur $\{\mathcal{J}(\text{Ext}/S)\}$, et les quantités d'accélération sont modélisées par le torseur dynamique $\{\mathcal{D}(S/R_g)\}$ on a alors :

$$\{\mathcal{J}(\text{Ext}/S)\} = \{\mathcal{D}(S/R_g)\}$$

Pour appliquer le PFD il faut donc exprimer le torseur dynamique et les torseurs des actions mécaniques extérieures

1.3- Remarque sur le PFS

En statique : $\{\mathcal{D}(S/R_g)\} = \{0\}$

2- Calcul du torseur dynamique

2.1- Quantité d'accélération d'une masse ponctuelle dm

Si on a une masse ponctuelle dm concentrée en un point M, alors la quantité d'accélération de cette masse dans le repère galiléen R_g est le produit de cette masse et du vecteur accélération du point M par rapport au repère galiléen. Quantité d'accélération de la masse dm : $dm \cdot \vec{a}_{M/R_g}$

2.2- Quantité d'accélération d'un solide S_i

Les quantités d'accélération d'un solide S_i se modélisent par un torseur constitué d'une résultante dynamique et d'un moment dynamique :

$$\{\mathcal{D}(S_i/R_g)\} = \begin{Bmatrix} \vec{R}_D(\overline{S_i/R_g}) \\ \delta_A(\overline{S_i/R_g}) \end{Bmatrix}_A$$

Avec : La résultante dynamique : $\vec{R}_D(\overline{S_i/R_g}) = \iiint_{S_i} \vec{a}_{M \in S_i/R_g} \cdot dm$

et : Le moment dynamique en A : $\delta_A(\overline{S_i/R_g}) = \iiint_{S_i} \vec{AM} \wedge \vec{a}_{M \in S_i/R_g} \cdot dm$

Pour un système S est constitué de n solides :

$$\text{Si : } S = \sum_{i=1}^n S_i \quad \text{Alors : } \{\mathcal{D}(S/R_g)\} = \sum_{i=1}^n \{\mathcal{D}(S_i/R_g)\}$$

3- Résultante dynamique pour tout mouvement

Soit un solide S_i de centre d'inertie G en mouvement quelconque par rapport au repère galiléen R_g .

A tout instant et pour tout point $M \in S_i$ on a : $\vec{V}_{M \in S_i / R_g} = \vec{V}_{G \in S_i / R_g} + \vec{MG} \wedge \vec{\Omega}(S_i / R_g)$ (1)

Sachant que : $\vec{a}_{M \in S_i / R_g} = \left(\frac{d\vec{V}_{M \in S_i / R_g}}{dt} \right)_{R_g}$ et que : $\vec{a}_{G \in S_i / R_g} = \left(\frac{d\vec{V}_{G \in S_i / R_g}}{dt} \right)_{R_g}$

On a en dérivant (1) dans R_g : $\vec{a}_{M \in S_i / R_g} = \vec{a}_{G \in S_i / R_g} + \left(\frac{d\vec{MG}}{dt} \right)_{R_g} \wedge \vec{\Omega}(S_i / R_g) + \vec{MG} \wedge \left(\frac{d\vec{\Omega}(S_i / R_g)}{dt} \right)_{R_g}$

$$\vec{a}_{M \in S_i / R_g} = \vec{a}_{G \in S_i / R_g} + \left[\left(\frac{d\vec{MG}}{dt} \right)_{R_i} + \vec{\Omega}(S_i / R_g) \wedge \vec{MG} \right] \wedge \vec{\Omega}(S_i / R_g) + \vec{MG} \wedge \left(\frac{d\vec{\Omega}(S_i / R_g)}{dt} \right)_{R_g}$$

Les points M et G étant fixes au cours du temps sur le solide S_i on a : $\left(\frac{d\vec{MG}}{dt} \right)_{R_i} = \vec{0}$

$$\vec{a}_{M \in S_i / R_g} = \vec{a}_{G \in S_i / R_g} + (\vec{\Omega}(S_i / R_g) \wedge \vec{MG}) \wedge \vec{\Omega}(S_i / R_g) + \vec{MG} \wedge \left(\frac{d\vec{\Omega}(S_i / R_g)}{dt} \right)_{R_g}$$

Or par définition la résultante dynamique est donnée par : $\vec{R}_D(S_i / R_g) = \iiint_{S_i} \vec{a}_{M \in S_i / R_g} \cdot dm$ donc :

$$\vec{R}_D(S_i / R_g) = \iiint_{S_i} \vec{a}_{G \in S_i / R_g} \cdot dm + \iiint_{S_i} [(\vec{\Omega}(S_i / R_g) \wedge \vec{MG}) \wedge \vec{\Omega}(S_i / R_g)] \cdot dm + \iiint_{S_i} \left[\vec{MG} \wedge \left(\frac{d\vec{\Omega}(S_i / R_g)}{dt} \right)_{R_g} \right] \cdot dm$$

$$\vec{R}_D(S_i / R_g) = \left(\iiint_{S_i} dm \right) \cdot \vec{a}_{G \in S_i / R_g} + \left[\vec{\Omega}(S_i / R_g) \wedge \left(\iiint_{S_i} \vec{MG} \cdot dm \right) \right] \wedge \vec{\Omega}(S_i / R_g) + \left(\iiint_{S_i} \vec{MG} \cdot dm \right) \wedge \left(\frac{d\vec{\Omega}(S_i / R_g)}{dt} \right)_{R_g}$$

Sachant que par définition de la masse m du solide S_i : $\iiint_{S_i} dm = m$ et que par définition du centre d'inertie G du solide S_i : $\iiint_{S_i} \vec{MG} \cdot dm = \vec{0}$ On obtient, quelque soit le mouvement du solide S_i par rapport au solide S_0 , la résultante dynamique du solide S_i dans le repère lié au solide S_0 :

$$\vec{R}_D(S_i / R_g) = m \cdot \vec{a}_{G \in S_i / R_g}$$

Quelque soit le mouvement du solide la résultante dynamique est le produit de sa masse par l'accélération du centre d'inertie du solide

4- Cas du mouvement de translation

4.1- Moment dynamique au centre de gravité

Soit le moment dynamique en G centre d'inertie du solide S_i : $\delta_{G(S_i / R_g)} = \iiint_{S_i} \vec{GM} \wedge \vec{a}_{M \in S_i / R_g} \cdot dm$

Or en translation : $\vec{a}_{M \in S_i / R_g} = \vec{a}_{G \in S_i / R_g}$ donc : $\delta_{G(S_i / R_g)} = \iiint_{S_i} \vec{GM} \wedge \vec{a}_{G \in S_i / R_g} \cdot dm = \left(\iiint_{S_i} \vec{GM} \cdot dm \right) \wedge \vec{a}_{G \in S_i / R_g}$

Or par définition du centre d'inertie : $\iiint_{S_i} \vec{MG} \cdot dm = \vec{0}$ Donc :

**Pour un mouvement de translation
le moment dynamique au centre d'inertie est nul.**

4.2- Expression du torseur dynamique

Soit S_i un solide de masse m et de centre d'inertie G , en mouvement de translation quelconque par rapport au repère galiléen R_g . Alors le torseur dynamique de ce solide par rapport au repère R_g est :

$$\{\mathcal{D}(S_i / R_g)\} = \underset{G}{\left\{ \begin{array}{c} m \cdot \vec{a}_{G \in S_i / R_g} \\ \vec{0} \end{array} \right\}} = \underset{A}{\left\{ \begin{array}{c} m \cdot \vec{a}_{G \in S_i / R_g} \\ \vec{AG} \wedge m \cdot \vec{a}_{G \in S_i / R_g} \end{array} \right\}}$$

4.3- Théorème de la résultante dynamique

Si un solide S_i de masse m et de centre d'inertie G est en mouvement de translation quelconque par rapport au repère galiléen R_g . Alors :

$$\sum \vec{F}_{\text{Ext} \rightarrow S_i} = m \cdot \vec{a}_{G \in S_i / R_g}$$

Où : $\sum \vec{F}_{\text{Ext} \rightarrow S}$ est la somme des forces extérieures s'appliquant sur le système S

Et : $\vec{a}_{G \in S / R_g}$ est le vecteur accélération du centre de gravité G

4.4- Théorème du moment dynamique

Si un solide S_i de masse m et de centre d'inertie G est en **mouvement de translation** quelconque par rapport au repère galiléen R_g . Alors :

$$\sum \mathcal{M}_G(\text{Ext} \rightarrow S_i) = \vec{0} \quad \text{ou :} \quad \sum \mathcal{M}_A(\text{Ext} \rightarrow S_i) = m \cdot \vec{AG} \wedge \vec{a}_{G \in S_i / R_g}$$

Où : $\sum \mathcal{M}_G(\text{Ext} \rightarrow S_i)$ et $\sum \mathcal{M}_A(\text{Ext} \rightarrow S_i)$ sont respectivement la somme des moments en G et en A des actions extérieures s'appliquant sur le solide S_i .

4.5- Cinématique du mouvement de translation rectiligne

Soit un solide S en mouvement de translation rectiligne pour lequel on pose :

☞ V_f et V_i les modules des vecteurs vitesses finales et initiales (Vecteurs de même sens). Et $v(t)$ la vitesse du solide S à un instant t .

☞ d la distance parcourue sur le mouvement

☞ T la durée de ce mouvement

☞ a la valeur algébrique de l'accélération : $\|\vec{a}_{G \in S / R_g}\| = |a|$

En considérant le diagramme des vitesses du mouvement (courbe représentative de $v(t)$) on a :

☞ L'accélération $a(t)$ qui est la pente du diagramme des vitesses : $v(t)$

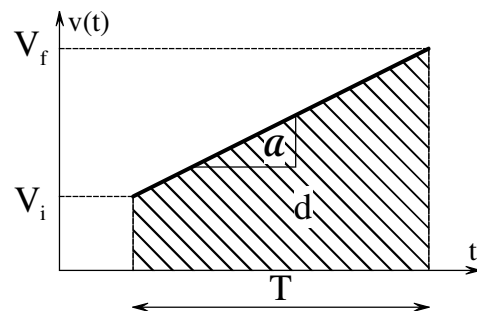
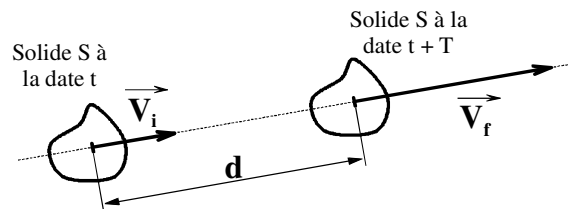
☞ La distance d parcourue sur la durée T qui est l'aire sous la courbe.

Par exemple, pour un mouvement uniformément varié (a est constante) on a :

$$a = \frac{V_f - V_i}{T}$$

$$d = \frac{V_f + V_i}{2} \cdot T \quad d = \frac{V_f^2 - V_i^2}{2 \cdot a}$$

Et : $\vec{a}_{G \in S / R_g}$ est parallèle à la direction de translation



5- Cas des mouvements de rotation autour d'un axe fixe

Soit le solide S_i en mouvement de rotation autour d'un axe fixe Δ par rapport au repère galiléen $R_g = (\vec{X}_g, \vec{Y}_g, \vec{u}_\Delta)$.

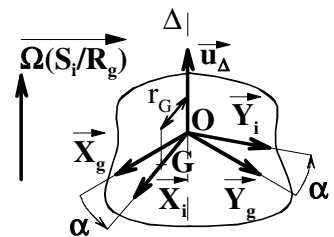
☞ $R_i = (\vec{X}_i, \vec{Y}_i, \vec{u}_\Delta)$ un repère fixe par rapport au solide S_i

☞ O un point de l'axe Δ de direction $\vec{u}_\Delta$

☞ α le paramètre angulaire de la position de S_i dans R_g : $\alpha = (\vec{X}_g, \vec{X}_i)$

☞ $\vec{\Omega}(S_i / R_g)$ le vecteur rotation du solide S_i par rapport au repère R_g : $\vec{\Omega}(S_i / R_g) = \dot{\alpha} \cdot \vec{u}_\Delta = \omega \cdot \vec{u}_\Delta$

☞ G le centre de gravité du solide S_i situé à une distance r_G de l'axe de rotation $\Delta = (O, \vec{u}_\Delta)$



5.1- Moment dynamique par rapport à l'axe de rotation

On sait que le moment dynamique en O est défini par : $\delta_{O(S_i/R_g)} = \iiint_{S_i} \overrightarrow{OM} \wedge \overrightarrow{a_{M \in S_i/R_g}} . dm$

Associations à chaque point M du solide S_i un repère local $(\vec{n}, \vec{t}, \vec{u}_\Delta)$ où :
 $\vec{u}_\Delta$ est parallèle à l'axe de rotation : $\vec{z} = \vec{Z}_0$
 $\vec{n}$ est perpendiculaire à l'axe de rotation et tel que (M, $\vec{n}$) est sécant à Δ (Il est défini par un rayon passant par M)
 $\vec{t}$ est orthogonal à l'axe de rotation (Il est tangent au cercle d'axe Δ passant par M).

Etant donné le mouvement de rotation autour de l'axe Δ à la vitesse angulaire $\omega = \dot{\alpha}$ du solide S_i par rapport au Repère R_g , l'accélération du point M se compose de deux accélérations

☞ une accélération centripète : $-\vec{r} \cdot \omega^2 \cdot \vec{n}$

☞ une accélération tangentielle : $\vec{r} \cdot \dot{\omega} \cdot \vec{t}$

On en déduit le produit vectoriel :

$$\overrightarrow{OM} \wedge \overrightarrow{a_{M \in S_i/R_g}} = (\vec{r} \cdot \vec{n} + h \cdot \vec{u}_\Delta) \wedge (-\vec{r} \cdot \omega^2 \cdot \vec{n} + \vec{r} \cdot \dot{\omega} \cdot \vec{t})$$

Sachant que le moment dynamique en O est défini par : $\delta_{O(S_i/R_g)} = \iiint_{S_i} \overrightarrow{OM} \wedge \overrightarrow{a_{M \in S_i/R_g}} . dm$

$$\delta_{O(S_i/R_g)} = \iiint_{S_i} (\vec{r}^2 \cdot \dot{\omega} \cdot \vec{u}_\Delta - \vec{r} \cdot h \cdot \omega^2 \cdot \vec{t} - \vec{r} \cdot h \cdot \dot{\omega} \cdot \vec{n}) . dm$$

$$\delta_{O(S_i/R_g)} = \iiint_{S_i} r^2 . dm \cdot \dot{\omega} \cdot \vec{u}_\Delta + \iiint_{S_i} (-\vec{r} \cdot h \cdot \omega^2 \cdot \vec{t} - \vec{r} \cdot h \cdot \dot{\omega} \cdot \vec{n}) . dm$$

Les vecteurs $\vec{n}$ et $\vec{t}$ varient à l'intérieur de l'intégrale, mais restent toujours orthogonaux à $\vec{u}_\Delta$.

Donc le vecteur : $\iiint_{S_i} (-\vec{r} \cdot h \cdot \omega^2 \cdot \vec{t} - \vec{r} \cdot h \cdot \dot{\omega} \cdot \vec{n}) . dm$ est orthogonal à $\vec{u}_\Delta$.

Donc : $\left[\iiint_{S_i} (-\vec{r} \cdot h \cdot \omega^2 \cdot \vec{t} - \vec{r} \cdot h \cdot \dot{\omega} \cdot \vec{n}) . dm \right] \cdot \vec{u}_\Delta = 0$

$$\delta_{O(S_i/R_g)} \cdot \vec{u}_\Delta = \iiint_{S_i} r^2 . dm \cdot \dot{\omega} \quad \Rightarrow \quad \delta_{O(S_i/R_g)} \cdot \vec{u}_\Delta = I_\Delta(S_i) \cdot \dot{\omega}$$

Où : ☞ $I_\Delta(S_i)$ est le moment d'inertie du solide S_i par rapport à l'axe $\Delta = (O, \vec{u}_\Delta)$

☞ $I_\Delta(S_i)$ est défini par l'intégrale sur le solide S_i : $I_\Delta(S_i) = \iiint_{S_i} r^2 . dm$

☞ L'unité S.I. de ce moment d'inertie est le : **kg.m²**

5.2- Théorème du moment dynamique par rapport à un axe de rotation fixe

Soit le solide S_i en rotation d'axe (Δ) (fixe dans R_g) à la vitesse angulaire ω par rapport au repère R_g . En posant :

☞ α : la position angulaire du solide S_i par rapport au repère galiléen R_g :

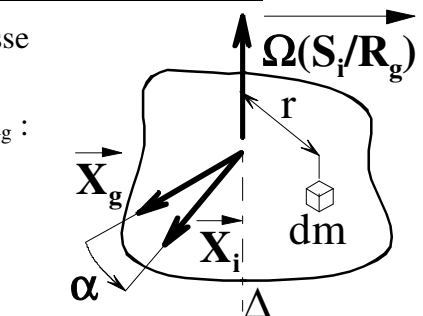
$$\omega = \dot{\alpha} = \frac{d\alpha}{dt}$$

☞ $I_\Delta(S_i)$: Le moment d'inertie par rapport à l'axe (Δ) du solide S_i :

$$I_\Delta(S_i) = \iiint_{S_i} r^2 . dm$$

☞ $\Sigma \mathcal{M}_\Delta(\text{Ext} \rightarrow S_i)$: la somme des moments par rapport à l'axe Δ des actions extérieures.

On a alors : **$\Sigma \mathcal{M}_\Delta(\text{Ext} \rightarrow S_i) = I_\Delta(S_i) \cdot \dot{\omega} = I_\Delta(S_i) \cdot \ddot{\alpha}$**



Cas où l'axe de rotation est l'axe $\Delta = (O, \vec{u}_\Delta)$:

Dans ce cas la somme des moments par rapport à l'axe de rotation est la projection sur l'axe $\vec{Z}$ de la somme des moments en O des actions extérieures. On a donc :

$$\sum \mathcal{M}_O(\vec{\text{Ext}} \rightarrow \mathbf{S}_i) \cdot \vec{u}_\Delta = I_{(O, \vec{u}_\Delta)}(\mathbf{S}_i) \cdot \dot{\omega} = I_{(O, \vec{u}_\Delta)}(\mathbf{S}_i) \cdot \ddot{\alpha}$$

5.3- Cinématique du mouvement de rotation autour d'un axe fixe

Soit un solide S en mouvement de rotation autour d'un axe fixe pour lequel on pose :

- ☞ ω_f et ω_i les vitesses angulaires finales et initiales du mouvement. Et $\omega(t)$ la vitesse angulaire du solide S à un instant t.
- ☞ $\dot{\omega}(t)$ l'accélération angulaire du mouvement
- ☞ T la durée de ce mouvement
- ☞ $\Delta\alpha$ l'angle parcouru sur la durée T du mouvement

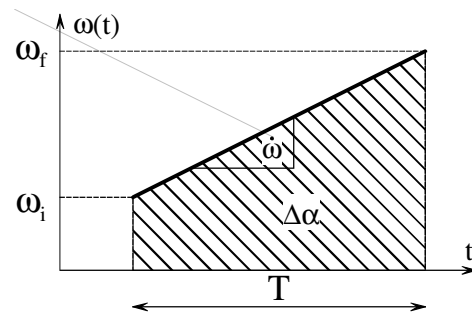
En considérant le diagramme des vitesses du mouvement (courbe représentative de $\omega(t)$) on a :

- ☞ L'accélération $\dot{\omega}(t)$ qui est la pente du diagramme des vitesses : $\omega(t)$
- ☞ L'angle parcouru $\Delta\alpha$ sur la durée T qui est l'aire sous la courbe $\omega(t)$.

Par exemple, pour un mouvement **uniformément varié** ($\dot{\omega}$ est constante) on a :

$$\dot{\omega} = \frac{\omega_f - \omega_i}{T}$$

$$\Delta\alpha = \frac{\omega_f + \omega_i}{2} \cdot T \quad \Delta\alpha = \frac{\omega_f^2 - \omega_i^2}{2 \cdot \dot{\omega}}$$



6- Cas des mouvements plan quelconques

Considérons un solide S_i de centre d'inertie G en mouvement plan de normale $\Delta = (G, \vec{u}_\Delta)$ par rapport au repère Galiléen R_g . Le torseur cinématique de ce mouvement est donc tel que :

$$\{\mathcal{V}(S_i/R_g)\} = \left\{ \begin{array}{c} \Omega(S_i/R_g) \\ \vec{V}_{M \in S_i/R_g} \end{array} \right\}_M \quad \text{Avec :} \quad \Omega(S_i/R_g) = \omega \cdot \vec{u}_\Delta \quad \text{et} \quad \forall M : \quad \vec{V}_{M \in S_i/R_g} \cdot \vec{u}_\Delta = 0$$

5.1- Démonstration

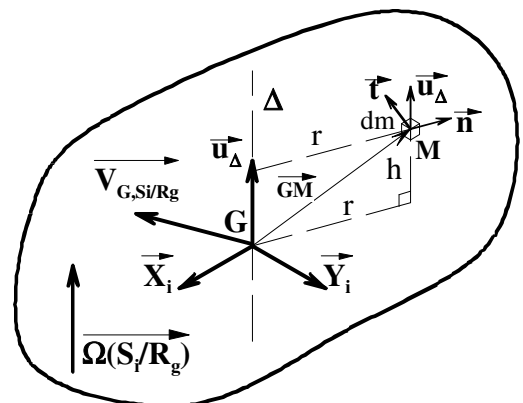
On pose les repères suivant : $R_g = (\vec{X}_g, \vec{Y}_g, \vec{u}_\Delta)$ un repère galiléen et $R_i = (\vec{X}_i, \vec{Y}_i, \vec{u}_\Delta)$ un repère fixe par rapport au solide S_i .

Associés à chaque point M du solide S_i une masse infiniment petite dm et un repère local orthonormé $(\vec{n}, \vec{t}, \vec{u}_\Delta)$ où :

- ☞ $\vec{u}_\Delta$ est orthogonal au plan du mouvement.
- ☞ $\vec{n}$ est tel que $(M, \vec{n})$ est sécant à $(G, \vec{u}_\Delta)$
- ☞ $\vec{t}$ est orthogonal à $\vec{n}$ et $\vec{u}_\Delta$. avec $(\vec{n}, \vec{t}, \vec{u}_\Delta)$ direct

Chaque point M de S_i peut alors être défini par des coordonnées cylindrique où r est la distance de M à l'axe $\Delta = (G, \vec{u}_\Delta)$ et h la distance entre le point M et le plan normal à Δ passant par G.

On a donc : $\vec{GM} = r \cdot \vec{n} + h \cdot \vec{u}_\Delta$



Déterminons la projection sur $\vec{u}_\Delta$ du moment dynamique du solide S_i dans son mouvement par rapport au repère Galiléen R_g . Par définition : $\delta_G(\overrightarrow{S_i/R_g}).\vec{u}_\Delta = \iiint_{S_i} \vec{GM} \wedge \vec{a}_{M \in S_i/R_g}.dm . \vec{u}_\Delta$

Par la relation de Varignon : $\vec{V}_{M \in S_i/R_g} = \vec{V}_{G \in S_i/R_g} + \Omega(S_i/R_g) \wedge \vec{GM}$

Par dérivation temporelle dans le repère R_g : $\vec{a}_{M \in S_i/R_g} = \vec{a}_{G \in S_i/R_g} + \left(\frac{d \Omega(S_i/R_g)}{dt} \wedge \vec{GM} \right)_{R_g}$

D'où : $\delta_G(\overrightarrow{S_i/R_g}).\vec{u}_\Delta = \iiint_{S_i} \vec{GM} \wedge \vec{a}_{G \in S_i/R_g}.dm . \vec{u}_\Delta + \iiint_{S_i} \vec{GM} \wedge \left(\frac{d \Omega(S_i/R_g)}{dt} \wedge \vec{GM} \right)_{R_g}.dm . \vec{u}_\Delta$

$$\delta_G(\overrightarrow{S_i/R_g}).\vec{u}_\Delta = \left(\iiint_{S_i} \vec{GM}.dm \right) \wedge \vec{a}_{G \in S_i/R_g}. \vec{u}_\Delta + \iiint_{S_i} \vec{GM} \wedge \left(\frac{d \Omega(S_i/R_g)}{dt} \wedge \vec{GM} \right)_{R_g}.dm . \vec{u}_\Delta$$

Or G étant le centre d'inertie du solide S_i : $\iiint_{S_i} \vec{GM}.dm = \vec{0}$ Et par permutation circulaire du

produit mixte, on en déduit : $\delta_G(\overrightarrow{S_i/R_g}).\vec{u}_\Delta = \iiint_{S_i} \vec{u}_\Delta \wedge \vec{GM} . \left(\frac{d \Omega(S_i/R_g)}{dt} \wedge \vec{GM} \right)_{R_g}.dm$

$$\delta_G(\overrightarrow{S_i/R_g}).\vec{u}_\Delta = \iiint_{S_i} \vec{u}_\Delta \wedge (r.\vec{n} + h.\vec{u}_\Delta) . \left(\frac{d \omega.\vec{u}_\Delta \wedge (r.\vec{n} + h.\vec{u}_\Delta)}{dt} \right)_{R_g}.dm$$

$$\delta_G(\overrightarrow{S_i/R_g}).\vec{u}_\Delta = \iiint_{S_i} r.\vec{t} . \left(\frac{d r.\omega.\vec{t}}{dt} \right)_{R_g}.dm = \iiint_{S_i} r.\vec{t} . (r.\dot{\omega}.\vec{t} + r.\omega.\omega.\vec{u}_\Delta \wedge \vec{t}).dm$$

$$\delta_G(\overrightarrow{S_i/R_g}).\vec{u}_\Delta = \iiint_{S_i} r.\vec{t} . (r.\dot{\omega}.\vec{t} + r.\omega^2.\vec{n}).dm$$

Soit finalement : $\delta_G(\overrightarrow{S_i/R_g}).\vec{u}_\Delta = \dot{\omega}.\iiint_{S_i} r^2.dm$

La projection du moment dynamique sur la direction $\vec{u}_\Delta$ orthogonal au plan du mouvement est donc :

$$\delta_G(\overrightarrow{S_i/R_g}).\vec{u}_\Delta = I_{G,\Delta}(S_i).\dot{\omega}$$

Où $I_{G,\Delta}$ est le moment d'inertie du solide S_i par rapport à l'axe (G,Δ) orthogonale au plan du mouvement.

5.2- Théorème de la résultante dynamique

Si un solide S_i de masse m et de centre d'inertie G est en mouvement plan quelconque par rapport

au repère galiléen R_g . Alors : $\Sigma \vec{F}_{\text{Ext} \rightarrow S} = m . \vec{a}_{G \in S/R_g}$

Où : $\Sigma \vec{F}_{\text{Ext} \rightarrow S}$ est la somme des forces extérieures s'appliquant sur le système S

Et : $\vec{a}_{G \in S/R_g}$ est le vecteur accélération du centre de gravité G

5.3- Théorème du moment dynamique

Si un solide S_i de masse m et de centre d'inertie G est en **mouvement plan orthogonal à la direction Δ** (orthogonal au vecteur unitaire $\vec{u}_\Delta$) par rapport au repère galiléen R_g . Alors :

$$\Sigma \mathcal{M}_G(\overrightarrow{\text{Ext} \rightarrow S_i}).\vec{u}_\Delta = \delta_G(\overrightarrow{S_i/R_g}).\vec{u}_\Delta = I_{G,\Delta}(S_i).\dot{\omega}$$

ou : $\Sigma \mathcal{M}_A(\overrightarrow{\text{Ext} \rightarrow S_i}).\vec{u}_\Delta = I_{G,\Delta}(S_i).\dot{\omega} + m.A\vec{G} \wedge \vec{a}_{G \in S/R_g}.\vec{u}_\Delta$

Où : $\Sigma \mathcal{M}_G(\overrightarrow{\text{Ext} \rightarrow S_i})$ et $\Sigma \mathcal{M}_A(\overrightarrow{\text{Ext} \rightarrow S_i})$ sont respectivement la somme des moments en G et en A des actions extérieures s'appliquant sur le solide S_i .