

---

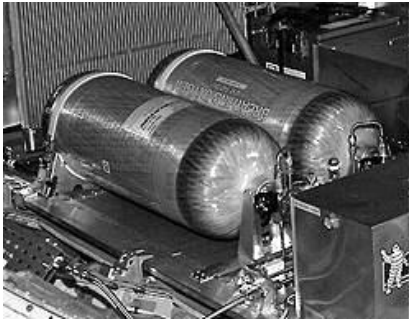
# Thème : Théorème de l'énergie cinétique

## Support : Green Taxiing : le roulage autonome écologique

---

### PRESENTATION

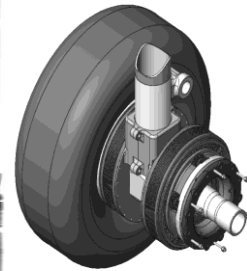
Pour des raisons d'économie, les avionneurs étudient actuellement des solutions de **roulage autonome** pour des avions court-courrier plus économiques et plus respectueux de l'environnement. Elles consistent à intégrer dans le train d'atterrissage un ou plusieurs moteurs électriques qui pourraient être alimentés par une pile à combustible.



Pile à combustible testée comme source de puissance électrique sur un Airbus A320 (Février 2009)



Démonstrateur du concept de roulage autonome sur Boeing B757 (Avril 2008) et projet d'intégration dans la roue



### Modélisation

Le sol présente une pente  $\alpha$  telle que  $-5^\circ < \alpha < 5^\circ$ . Le repère  $R_0$  associé au sol et est supposé Galiléen. Le problème est considéré comme plan. L'avion est alors constitué de 3 solides rigides :

- La cellule (1) associée au repère  $R_1$ , de masse  $M$  et de centre d'inertie  $G$  tel que  $\overrightarrow{OG} = x \cdot \overrightarrow{x_1} + H \cdot \overrightarrow{y_1}$  avec  $x$  variable et  $H$  constante. On considère que l'avion est soumis à une action aérodynamique résistante engendrée par le vent relatif.

Cette action s'appliquant en  $G$  est de la forme  $\overrightarrow{F_{a \rightarrow 1}} = -k_1 \cdot (\dot{x} - v_0)^2 \cdot \overrightarrow{x_1}$  où  $k_1$  est caractéristique de l'avion et où  $v_0$  est la vitesse du vent selon la direction  $\overrightarrow{x_1}$ .

- L'ensemble (2) des 2 roues du train d'atterrissage avant, associé au repère  $R_2$ , est assimilé à un solide unique en liaison pivot motorisée, d'axe  $Az$ , de paramètre  $\theta_2$ , avec la cellule 1. Le moteur de roulage autonome développe un couple  $\overrightarrow{C_{1 \rightarrow 2}} = -C_m \cdot \overrightarrow{z}$ . L'ensemble (2) est assimilé à un cylindre plein de rayon  $R_2$  en contact ponctuel avec frottement en  $I_2$  avec le sol et roulement sans glissement.

On note :  $\overrightarrow{F_{0 \rightarrow 2}} = X_{02} \cdot \overrightarrow{x_1} + Y_{02} \cdot \overrightarrow{y_1}$

- L'ensemble (3) des 4 roues du train d'atterrissage principal, associé au repère  $R_3$  est assimilé à un solide unique. L'ensemble (3) est en liaison pivot parfaite d'axe  $Bz$ , de paramètre  $\theta_3$  avec la cellule (1). Les roues principales (3) sont assimilées à un cylindre plein de rayon  $R_3$  en contact ponctuel avec frottement en  $I_3$  avec le sol et roulement sans glissement.

On note :  $\overrightarrow{F_{03}} = X_{03} \cdot \overrightarrow{x_1} + Y_{03} \cdot \overrightarrow{y_1}$

### PROBLEME A RESOUDRE

**Objectif de l'étude : dimensionner les moteurs pour les exigences suivantes :**

*E1 : assurer la motricité à une vitesse nominale de 40km/h avec un vent de face de 30km/h sur une pente montante de  $2^\circ$*

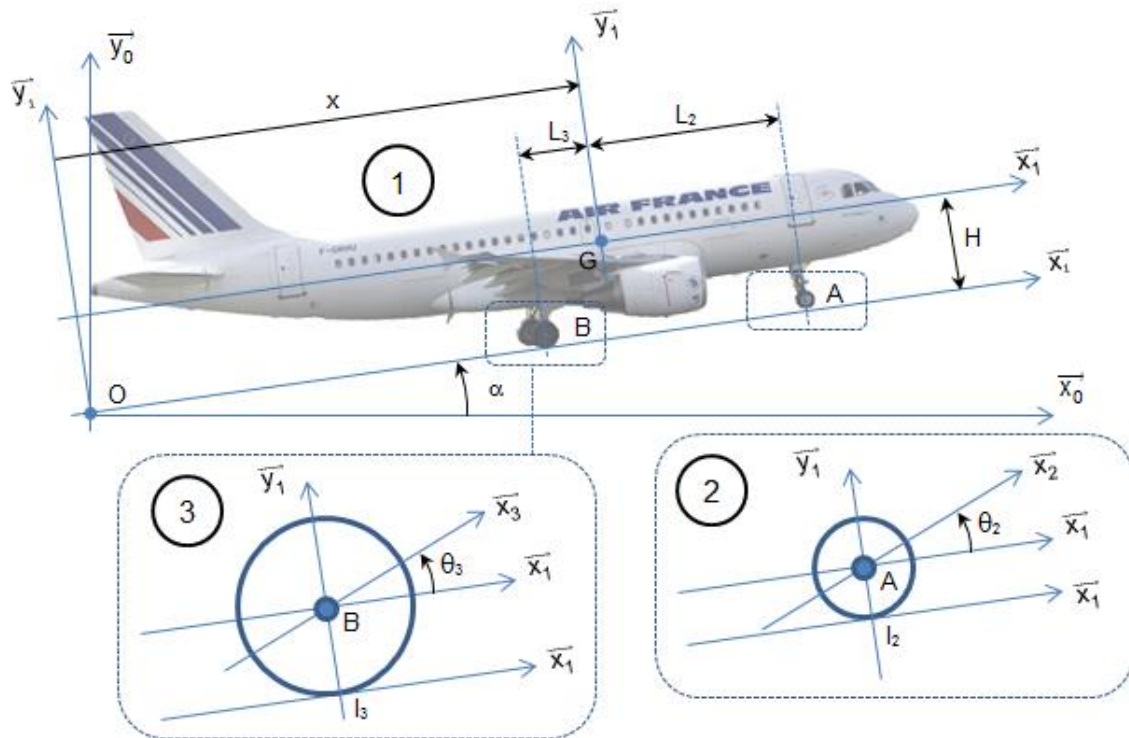
*E2 : atteindre la vitesse nominale de 40km/h en moins de 20s sur pente nulle sans vent relatif.*

**Problème posé :** *Après avoir donné l'expression du couple moteur  $C_m$  à produire en fonction de l'accélération  $\ddot{x}$ , de la vitesse  $\dot{x}$  de l'avion, de la pente  $\alpha$  et de la vitesse du vent  $v_0$  (on négligera la résistance au roulement et l'inertie des roues), calculer les deux couples moteurs correspondant aux exigences E1 et E2.*

**Pour aller plus loin ...**

Calculer la masse équivalente du système et montrer que les moments d'inertie des roues négligés pour la résolution du problème sont bien négligeables.

Indiquer une méthode de détermination permettant de prendre en compte les couples de résistance au roulement  $-C_{r02} \cdot \vec{z}_1$  en  $I_2$  et  $-C_{r03} \cdot \vec{z}_1$  en  $I_3$ .



Masse de la cellule	$M = 39000 \text{ kg}$	Accélération de la pesanteur	$g = 10 \text{ m/s}^2$
Masse sans charge marchande	$M_v = 42000 \text{ kg}$	Masse de la charge marchande	$M_c = 15000 \text{ kg}$
Contrainte de centrage	$a = 1 \text{ m}$ $b = 1.5 \text{ m}$	Position du centre d'inertie $G_V$	$c = 1.4 \text{ m}$
Hauteur du centre de gravité	$h = 2 \text{ m}$	Facteur aérodynamique	$k_1 = 10 \text{ kg/m}$
Distance BG selon l'axe $\vec{x}_1$	$l = 1.2 \text{ m}$	Distance AG selon l'axe $\vec{x}_1$	$L = 11 \text{ m}$
Rayon des roues avant	$R_2 = 0.35 \text{ m}$	Rayon des roues arrière	$R_3 = 0.6 \text{ m}$
Moment d'inertie de l'ensemble (2) selon l'axe $\vec{z}$	$J_2 = 10 \text{ kg m}^2$	Moment d'inertie de l'ensemble (3) selon l'axe $\vec{z}$	$J_3 = 40 \text{ kg m}^2$
Facteur de résistance au roulement des roues avant	$k_2 = 0.001 \text{ m}$	Facteur de résistance au roulement des roues arrière	$k_3 = 0.001 \text{ m}$

**Critère d'évaluation :**

- application d'une démarche cohérente
- schémas et outils de représentation
- expression de l'énergie cinétique du système
- expression des puissances des différentes actions mécaniques qui travaillent
- rigueur technique (cohérence des unités, écriture des théorèmes, hypothèse)
- résultats obtenus