



CPGE
PTSI-PT
Lycée Jean Zay - Thiers

DYNAMIQUE

TD

Compétences visées: C1-05, C2-08, C2-09

v1.4

Lycée Jean Zay - 21 rue Jean Zay - 63300 Thiers - Académie de Clermont-Ferrand

APPONTAGE SUR LE CHARLES DE GAULLE

1 Présentation

Dans ce problème, on étudie le dispositif mis en place sur le porte-avions *Charles de Gaulle* pour permettre l'appontage des avions.

La capacité d'embarquement est de 40 aéronefs. Le bâtiment dispose de trois pistes sur le pont supérieur, deux pour le décollage et une pour l'appontage. La piste d'appontage est située sur la moitié arrière, elle est légèrement oblique ($8,5^\circ$) et se termine au ras du décrochement latéral, pour permettre à un avion, échouant à apponter, de re-décoller. Un espace limité situé sur tribord et au tiers avant est occupé par l'îlot de la passerelle. Le reste de la surface du pont est consacré aux parkings, aux zones de circulation et aux arrivées des ascenseurs qui assurent le transfert des avions et du matériel vers les hangars.



Malgré les dimensions du pont d'envol (260 m de long et 65 m de large), les pistes sont réduites, environ 70 m pour celles de décollage et 100 m pour celle d'appontage.

Les avions embarqués sont de type : *Rafale marine*, *Hawkeye*, *Super étendard*... Leur masse au décollage est de 12 à 25 tonnes (en fonction du type d'aéronef) réservoirs pleins ; à l'appontage, avec très peu de carburant, elle est de 8 à 20 tonnes. La vitesse au décollage est de l'ordre de 250 km/h et celle d'appontage 220 km/h.

Objectif

L'objectif de cette étude est de différencier les phases de glissement et de roulement sans glissement et de calculer leur durée respective afin de dimensionner le système de freinage.

2 Hypothèses

- Les efforts du sol sur les roues des aéronefs sont supposés toujours vérifier les lois de Coulomb du frottement solide, coefficient de frottement f constant et identique pour toutes les roues. Pour les applications numériques, on prendra $f = 0,6$.
- Les mouvements des aéronefs sont rectilignes, on prendra l'axe des x dans la direction et le sens de déplacement de l'aéronef considéré et on note G son centre de masse. Tous les éléments sont toujours symétriques par rapport au plan vertical, noté (G, \vec{x}, \vec{y}) .
- Pour simplifier, on suppose que, une fois que l'aéronef touche le sol, son poids s'applique totalement sur les roues (la portance est supprimée et l'avion n'est pas non plus « plaqué » au sol).

3 Travail demandé

3.1 Étude préliminaire

On étudie le problème de l'arrêt de l'avion, par exemple un rafale, sur une piste à terre. On suppose que les roues **roulent sans glisser**, mais l'action du sol sur les roues est à la limite du glissement.

L'avion a trois roues (une à l'avant, 2 à l'arrière), une masse totale (roues, carburant résiduel, armement...) $M = 15$ t, l'accélération de la pesanteur est $g = 9,81 \text{ m.s}^{-2}$ et la vitesse initiale de l'avion lorsqu'il touche le sol est $V_0 = 220 \text{ km/h}$.

Question 1 Que signifie la condition sur le roulement sans glissement d'un point de vue technologique ?

Question 2 En utilisant le PFD, et en précisant le système isolé, déterminer l'équation horaire de l'avion.

Question 3 Déterminer le temps T_1 nécessaire pour arrêter l'avion.

Question 4 Calculer la distance D jusqu'à l'arrêt complet.

3.2 Étude du glissement

On veut vérifier qu'il est raisonnable de supposer que le freinage s'effectue avec un roulement sans glissement. Pour cela, on cherche à évaluer la durée T_2 de la phase du glissement. Lorsque l'avion touche le sol, les roues ne tournent pas et la vitesse de translation de l'appareil est V_0 . On considère ici que les trois roues sont identiques, de rayon R , de masse m , et de moment d'inertie par rapport à l'axe de rotation $J = \frac{1}{2}mR^2$.

À un instant t , on note $\omega(t)$ la vitesse angulaire de rotation des roues et $v(t)$ la vitesse de translation de l'avion. À $t = 0$, l'avion touche le sol, on a donc $v(0) = V_0$ et $\omega(0) = 0$. Pour simplifier, on suppose que, tant que les roues glissent, les trois portent la même charge (donc chacune $1/3$ de la masse totale de l'avion). De plus, les freins ne sont pas en action quand la roue dérape).

Question 5 En vous aidant de la figure ci-contre, écrire la vitesse de glissement $u(t)$ des roues en fonction de $v(t)$, $\omega(t)$ et R . Justifier qu'il y ait nécessairement une phase de glissement.

Question 6 Calculer, tant qu'il y a glissement la vitesse $\omega(t)$ des roues, la vitesse $v(t)$ de l'avion et la vitesse de glissement $u(t)$.

Question 7 En déduire la durée T_2 de la phase de glissement, en fonction de M , m et de la durée T_1 d'arrêt.

Question 8 Au moment de l'atterrissage, on a $\frac{M}{m} = 750$. En déduire le rapport $\frac{T_1}{T_2}$. Conclure sur l'hypothèse initiale de non glissement.

