

Navette spatiale au décollage



On s'intéresse aux différentes phases de la mise sur orbite de la navette spatiale = STS = Space Transportation System. La navette est composée des éléments suivants :

- L'orbiter qui est la navette qui reviendra sur terre à la fin de la mission. L'orbiter est équipé de 3 moteurs SSME = Space Shuttle Main Engine délivrant chacun une poussée de 200t. L'orbiter a une masse à vide de 79t et emporte une charge utile de 30t.
- 2 Boosters à poudre SRB = Solid Rocket Booster délivrant chacun une poussée de 1500t. Chaque booster a une masse à vide de 83t et emporte 504t de poudre.
- 1 réservoir externe ET = External Tank chargé d'alimenter en carburant la navette. Il emporte 103t d'O₂ liquide à -180°C et 616t d'H₂ liquide à -220°C.

La dynamique du vol est la suivante :

P1 : Décollage

A et B : Diminution progressive de l'accélération

P2 : Stress aérodynamique maximum sur l'engin lors du vol atmosphérique

C : Augmentation de l'accélération

D : Fin de la combustion des SRB

P3 : Séparation des SRB

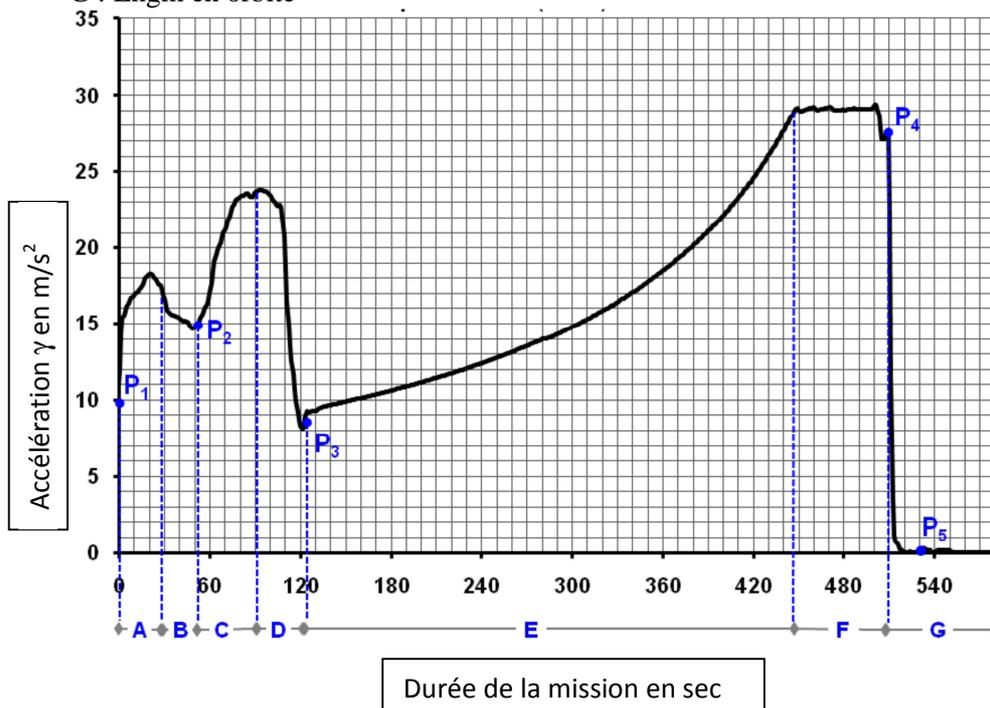
E : Les 3 moteurs SSME contribuent à augmenter l'accélération jusqu'à une valeur de 3g

F : Phase d'accélération constante de 3g

P4 : Coupure des 3 moteurs SSME

P5 : Séparation du réservoir externe ET

G : Engin en orbite





Questions :

- a) Calculer la masse totale de l'engin au décollage
- b) Calculer la poussée totale exercée sur l'engin en N (on prendra $1\text{kgf} = 9,81\text{N}$).
- c) Faire le bilan des efforts exercés sur la navette. Ecrire la résultante du torseur des efforts extérieurs $\vec{R}\{\vec{S} \rightarrow S\}_G$. Les moments en G des forces extérieures sont tous nuls au moment du décollage.
- d) Ecrire la résultante du torseur dynamique
- e) Appliquer le principe fondamental de la dynamique (théorème de la résultante) et déterminer l'accélération γ que subissent les astronautes.
- f) Quelle est l'accélération supportée par les astronautes
Les astronautes subissent donc une accélération de fois celle de la pesanteur.
- g) Sachant qu'un astronaute a une masse de 70kg, calculer la force exercée par l'astronaute sur son siège lors de la phase de décollage.
- h) En supposant que l'accélération est considérée constante sur toute la phase de décollage, déterminer la vitesse en m/s et en km/h de la navette au bout d'une minute et la distance parcourue depuis le sol.
- i) La vitesse de la navette au point $t = 124\text{s}$ est approximativement de 974 m/s .
L'expression donnant la vitesse durant la phase E est la suivante:
$$v(t) = (1.69 \times 10^{-7}) t^4 - (1.33 \times 10^{-4}) t^3 + (5.25 \times 10^{-2}) t^2 + (8.59 \times 10^{-1}) t + 274$$

Calculez la vitesse de la navette à $t = 446\text{s}$
- j) L'accélération entre $t = 446\text{ s}$ et $t = 500\text{ s}$ reste constante à environ 3 g ($g = 9,81\text{ m/s}^2$).
Voir le graphique ci-dessus. Le maintien de l'accélération à 3 g limite le stress physique subi par les astronautes. Faites un croquis du graphique vitesse-temps pour cette période.
Calculer la vitesse de la navette à la coupure des moteurs lorsque $t = 500\text{s}$
La vitesse orbitale visée est de 28.000 km / h. Elle est réalisée par un système de manœuvre orbitale (OMS) survenant après la coupure des moteurs principaux. Ce système circularise l'orbite et varie pour chaque lancement. Selon les objectifs de la mission (type d'orbite, altitude) , la vitesse orbitale finale obtenue est légèrement différente pour chaque mission.
La vitesse finale obtenue vous semble-t-elle correcte ?