

Rapport de mélange O/F : combien d'oxygène pour combien de carburant ?

Version PDF de travail - contenu du cours HTML canonique

Boussole du cours

Question directrice : Comment transformer un rapport O/F en deux débits réels ?

Réponse essentielle

Rapport de mélange O/F : combien d'oxygène pour combien de carburant ? La question à résoudre est la suivante : Comment transformer un rapport O/F en deux débits réels ? Nous partons du problème concret avant la notation. Le but est de comprendre ce que l'on cherche, puis seulement pourquoi les mathématiques deviennent utiles. La suite du cours montre comment passer de cette idée à un raisonnement contrôlable : unités explicites, hypothèses annoncées, calculs reproductibles, ordre de grandeur et limites d'interprétation. Le résultat n'est utile que si l'on peut expliquer ce qu'il mesure, d'où viennent les nombres et quelle décision d'ingénierie il éclaire.

Synthèse de départ : les démonstrations, exemples, limites et sources sont développés dans le corps du cours.

Mots clés avant de commencer

poussée · unité · ordre de grandeur · hypothèse · variable

1 — La question physique

Comment transformer un rapport O/F en deux débits réels ?

Nous partons du problème concret avant la notation. Le but est de comprendre ce que l'on cherche, puis seulement pourquoi les mathématiques deviennent utiles.

2 — Comment lire les symboles et les unités

$O/F = \dot{m}_O / \dot{m}_F$. Lecture : « O sur F égale m point O divisé par m point F ».

O/F — rapport massique comburant/carburant ; $\dot{m}_O$ — débit de comburant ; $\dot{m}_F$ — débit de carburant

3 — D'où vient la relation ?

Le rapport de mélange compare les masses de comburant et de carburant. Si le débit total est connu, on peut résoudre deux équations : $\dot{m}_{\text{total}} = \dot{m}_O + \dot{m}_F$ et $O/F = \dot{m}_O / \dot{m}_F$.

Chaque nombre utilisé plus bas est explicitement classé comme donnée, convention, hypothèse pédagogique ou résultat calculé.

4 — A — Rapport 3

D'où viennent les nombres ? $O/F=3$ et $\dot{m}_{\text{total}}=40$ kg/s.

Calcul pas à pas : $\dot{m}_F = 40 \div (3+1) = 10$; $\dot{m}_O = 30$ kg/s.

Les quatre parts totales sont 3 parts O + 1 part F.

5 — B — Rapport 3,6

D'où viennent les nombres ? $O/F=3,6$; $\text{total}=460$ kg/s.

Calcul pas à pas : $\dot{m}_F = 460 \div 4,6 = 100$; $\dot{m}_O = 360$ kg/s.

Le calcul fait apparaître directement les deux débits.

6 — C — Total constant, rapport 2

D'où viennent les nombres ? Total=60 kg/s, O/F=2.

Calcul pas à pas : $\dot{m}_F = 60 \div 3 = 20$; $\dot{m}_O = 40$ kg/s.

Changer le rapport redistribue le total entre deux circuits.

7 — Sensibilité, calcul inverse et contrôle du résultat

Changez une seule entrée, prévoyez le sens du résultat, calculez, puis contrôlez unités, signe, ordre de grandeur et limites.

Limite essentielle pour Rapport de mélange O/F : combien d'oxygène pour combien de carburant ? : la relation affichée est un modèle d'apprentissage. Un système réel ajoute géométrie détaillée, propriétés variables, capteurs, incertitudes, transitoires et essais.

8 — Pourquoi cela compte en mission

Dans une mission spatiale, comment transformer un rapport O/F en deux débits réels ? La compétence utile n'est pas de réciter la formule, mais de savoir quelles données sont nécessaires, lesquelles sont mesurées et à quel moment le modèle devient insuffisant.

10 — Approfondir : du calcul à la compréhension physique

O/F est un rapport de masses, pas un pourcentage intuitif

Si O/F=3,6, cela signifie 3,6 kg d'oxydant pour 1 kg de carburant dans la convention utilisée. Le débit total correspondant à ces deux parts vaut 4,6 parts. Pour retrouver les débits à partir d'un débit total, on divise donc d'abord par 4,6 pour obtenir la part carburant, puis on multiplie par 3,6 pour la part oxydant. Cette décomposition explique l'algèbre au lieu de demander de mémoriser une recette.

Pourquoi le rapport influence la combustion

Changer O/F change la composition chimique du mélange et donc les produits de combustion, la température, les propriétés du gaz et potentiellement les performances et marges thermiques. Le rapport « stœchiométrique » issu de la chimie n'est pas nécessairement le point de fonctionnement choisi par un moteur réel : le choix peut intégrer refroidissement, matériaux, cycle et objectifs de performance.

Mesurer deux débits pour contrôler un rapport

Un calculateur moteur ne connaît pas un rapport de mélange par magie. Il reçoit des mesures ou estimations de débits, pressions, températures et positions de vannes, puis compare l'état observé à la consigne. Une erreur de mesure sur un seul côté peut faire croire que le rapport est correct alors qu'il ne l'est pas ; la qualité des capteurs devient donc partie intégrante du problème.

Le débit total et le rapport sont deux contraintes différentes

Deux moteurs peuvent avoir le même O/F mais des débits totaux très différents, donc des poussées différentes. À l'inverse, maintenir le même débit total tout en changeant O/F redistribue la masse entre oxydant et carburant. Cette séparation conceptuelle est essentielle avant d'aborder la modulation de poussée.

9 — Exercices et corrigés

Défi 1

O/F=3 et $\dot{m}_{\text{total}} = 40$ kg/s.

Défi 2

O/F=3,6 ; total=460 kg/s.

Défi 3

Total=60 kg/s, O/F=2.

Sources primaires et techniques

- NASA Glenn — Liquid Rocket Engine
- NASA Glenn — Rocket Thrust Equation