

AM-04.34 — Cavitation : quand le liquide commence à former des bulles là où la pompe voudrait du liquide

Version PDF de travail - contenu du cours HTML canonique

Boussole du cours

Question directrice : Pourquoi une pompe peut-elle mal fonctionner même si le réservoir contient encore beaucoup de liquide ?

Repères : MESURÉ · CONVENTION · CALCULÉ · HYPOTHÈSE PÉDAGOGIQUE · APPROXIMATION

- définir cavitation
- comprendre entrée pompe
- raisonner en marge
- relier température pression

Réponse essentielle

Cavitation : quand le liquide commence à former des bulles là où la pompe voudrait du liquide. La question à résoudre est la suivante : Pourquoi une pompe peut-elle mal fonctionner même si le réservoir contient encore beaucoup de liquide ? Repères : MESURÉ · CONVENTION · CALCULÉ · HYPOTHÈSE PÉDAGOGIQUE · APPROXIMATION définir cavitation comprendre entrée pompe raisonner en marge relier température pression ? Si la pression locale tombe suffisamment bas par rapport aux conditions thermodynamiques du fluide, une partie peut former de la vapeur. 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

cavitation · unité · ordre de grandeur · hypothèse · approximation

1 — Un liquide peut vaporiser localement

Si la pression locale tombe suffisamment bas par rapport aux conditions thermodynamiques du fluide, une partie peut former de la vapeur.

Dans une pompe, ces poches peuvent apparaître puis s'effondrer dans des zones de pression plus élevée.

2 — Pourquoi l'entrée de pompe est sensible

La pompe cherche à aspirer et accélérer le fluide. Pression réservoir, pertes de conduite, accélération du véhicule et température influencent l'état à l'entrée.

La simple présence de liquide ne garantit donc pas une marge suffisante.

3 — Effets possibles

Cavitation peut dégrader performances, créer vibrations, bruit et charges locales. Dans des machines exigeantes, elle fait partie des phénomènes à surveiller dès la conception et les essais.

Le cours reste qualitatif et ne donne pas de seuil opérationnel pour un moteur réel.

4 — Le bon raisonnement

On compare conditions d'entrée aux propriétés du fluide et on conserve une marge. Si température augmente, pression de vapeur peut évoluer ; si pertes augmentent, pression disponible à la pompe peut baisser.

C'est un problème couplé fluide-thermique-dynamique.

Trois exemples complets : changer une hypothèse pour comprendre

Avant chaque calcul : repérez l'origine de chaque nombre et son statut — mesuré, convention, hypothèse ou résultat.

Exemple A — marge conceptuelle

Pression entrée 300 kPa, valeur de référence vapeur 200 kPa : marge simple=100 kPa.

HYPOTHÈSE PÉDAGOGIQUE, pas critère moteur.

Exemple B — pertes supplémentaires

Si 60 kPa de pertes supplémentaires abaissent l'entrée à 240 kPa, marge simple=40 kPa.

La marge a fortement diminué sans changer la quantité de liquide stockée.

Exemple C — référence vapeur plus élevée

Entrée 300 kPa mais référence vapeur 260 kPa : marge=40 kPa.

La température/propriété du fluide peut changer le problème même à pression d'entrée identique.

Calcul inverse

Si une marge conceptuelle minimale choisie pour l'exercice vaut 80 kPa et la référence vapeur 200 kPa, il faudrait une pression entrée d'au moins 280 kPa dans ce modèle simplifié.

Piège fréquent et contrôle du résultat

Piège : transformer la différence de pression simplifiée du cours en règle de dimensionnement. Les critères réels utilisent des définitions, propriétés et essais spécifiques.

Dans un système moteur réel, un résultat conceptuel doit ensuite être confronté aux propriétés des fluides, aux marges, aux essais et à la qualification.

Exercices et corrigés

Fonction

Expliquez la fonction de chaque bloc sans jargon.

Sensibilité

Changez une hypothèse de moitié et prédisez la conséquence.

Limite

Citez une raison pour laquelle le modèle pédagogique ne suffit pas pour un moteur réel.

Sources primaires et pédagogiques

- NASA Glenn - Liquid Rocket Engine
- NASA Glenn - Mass Flow Rate Equations