**TF51 Examen final 27 06 2011**

*Durée 2 heures, notes de cours et de TD autorisées*

*les téléphones portables sont interdits pendant l’épreuve*

**FUSÉE A POUDRE POUR VOL A HAUTE ALTITUDE.**

La Figure 1 représente schématiquement la fusée étudiée. Elle comporte un moteur à poudre. Les caractéristiques du mélange de gaz éjecté, qui se comporte comme un gaz idéal en transformation adiabatique, sont γ = 1,25 et *r* = 415 J. kg-1. K-1.

L’altitude nominale de vol est 32 km, la pression atmosphérique extérieure vaut *pe1*= 867 Pa (atmosphère standard). L’aire de la section au col vaut *Ac* = 6.10-4 m2 la pression génératrice et la température génératrice du mélange de gaz valent *p0* = 107 Pa et *T0* = 2000 K.

**A) POUSSÉE** (sur 10 points)**.**

A1) calculer l’aire *AS* de la section de sortie pour un fonctionnement adapté en vol à 32 km d’altitude.

A2) quelle est alors la poussée de l’engin à cette altitude (incluant l’effet de l’atmosphère) ?

A3) quelle est la poussée dans le vide *pe2* = 0 ?

A4) pour quelle valeur de la pression atmosphérique *pe3* aura-t-on une onde de choc droite dans la section de sortie *AS* ? Quelle sera alors la poussée ?

A5) sans faire aucun calcul expliquer pourquoi, lors d’un essai au banc à *pe4* = 105 Pa, il y aura une onde de choc droite dans une section *AΣ* du divergent en amont de *AS*.

A6) le nombre de mach *MΣ1* étant supposé connu (côté amont de *AΣ*) en déduire l’expression littérale de *pe*.

**B) CHOC FAIBLE EN POINTE D’OGIVE** (sur 5 points)**.**

Afin de prédire la géométrie de l’onde de choc en pointe d’ogive on étudie un problème bidimensionnel plan en rapport avec le cas axisymétrique réel. Cette géométrie est schématisée Figure 2. Le nombre de Mach en vol dans l’air atmosphérique à 32 km d’altitude est *MV* = *M1* = 4.

B1) quel est l’angle ε du choc ? Que vaut le nombre de mach *M2* au voisinage de la pointe en aval du choc ? Faire si possible des calculs exacts.

B2) quelle est la forme de l’onde lorsqu’elle s’éloigne de la pointe ?

B3) à cette altitude la température de l’air atmosphérique est 228,6 K, en déduire la température de paroi en pointe d’ogive.

**C) FORME DU JET EN SORTIE DE TUYÈRE** (sur 5 points)**.**

Afin de prédire la géométrie du jet aval dans le vide (à *pe2* = 0), on étudie un problème bidimensionnel plan en rapport avec le cas axisymétrique réel. Cette géométrie est schématisée Figure 3.

C1) donner les caractéristiques de l’éventail de détente en sortie de tuyère (les conditions dans la section de sortie sont celles vues en partie A et γ = 1,25).

C2) en déduire la forme du jet dans le vide.



Figure 1



 Figure 2 Figure 3