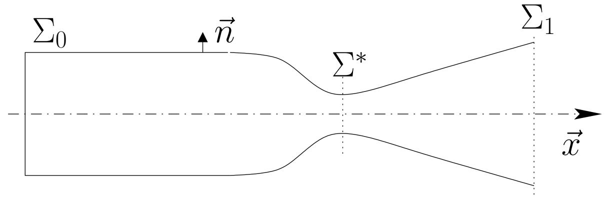
TD 10 - Poussée d'une tuyère

On considère un réservoir de grande dimension, rempli d'un gaz parfait et idéal, et débouchant sur l'extérieur grâce à une tuyère convergente-divergente de section au col d'aire A^* et de section de sortie Σ_1 d'aire A_1. . La grande capacité du réservoir permet de supposer que la pression totale P_0 et la température T_0 restent constantes à l'intérieur de celui-ci, et que la vitesse du fluide y est nulle. L'écoulement dans la tuyère sera supposé permanent, monodimensionel et isentropique. On négligera les actions dues à la pesanteur.

On suppose que la pression P_0 est suffisante pour qu'il se forme dans la section de sortie Σ_1 de la tuyère un jet supersonique uniforme de nombre de Mach M_1, de vitesse V_1, de pression P_1 et de masse volumique ρ_1.



1 - Soit $\vec{F_1}$ la résultante des actions exercées par le fluide contenu dans le réservoir et la tuyère sur les parois. En écrivant le bilan de quantité de mouvement, exprimer $\|\vec{F_1}\|$ en fonction de P_1, V_1, A_1 et ρ_1. Montrer que l'on peut aussi écrire

$$\|\vec{F_1}\| = \; q_m \, V_1 \; \left(1 + \frac{1}{\gamma M_1^2}\right)$$

où q_m est le débit masse dans la tuyère.

2 - En supposant que l'écoulement reste isentropique lorsque l'aire A_1 de la section Σ_1 croît, calculer la limite de $\|\vec{F_1}\|$ en fonction de P_0, A^*, γ et r lorsque $A_1/A^* \to +\infty$.

3 - La tuyère fonctionne maintenant en régime adapté, c'est-à-dire qu'il y a égalité de pression statique entre la section Σ_1 et l'extérieur : $P_1 = P_{ext}$. Calculer M_1, q_m, T_1, $\|\vec{F_1}\|$ et A_1 à l'aide des données ci-dessous.

pression génératrice :	P_0	$=$	$40\ bar$
température génératrice :	T_0	$=$	$290\ K$
section au col :	A^*	=	$1\ cm^2$
rapport des chaleurs spécifiques :	γ	$=$	1.4
chaleur spécifique à pression constante :	C_p	$=$	$1001.7\ J\, kg^{-1}\, K^{-1}$
pression ambiante :	P_{ext}	$=$	$1\ bar$