

## Simulation numérique 3D

Dans le cadre de la **simulation des disjoncteurs haute-tension**, il est nécessaire de concevoir un code en **trois dimensions** pour pouvoir simuler les zones où le modèle 2D-axisymétrique ne s'applique plus.

Dans un premier temps, un code de résolution des **équations d'Euler sur un maillage cartésien** est implémenté.

## Equations

Problème de Riemann

$$U_t + F(U)_x = 0$$

$$U(x, 0) = U^{(0)}(x)$$

$$U(0, t) = U_l(t), \quad U(L, t) = U_r(t)$$

$$U = \begin{bmatrix} \rho \\ \rho u \\ \rho v \\ \rho w \\ E \end{bmatrix} \quad F = \begin{bmatrix} \rho u \\ \rho u^2 + p \\ \rho uv \\ \rho uw \\ u(E + p) \end{bmatrix}$$

## Schéma numérique

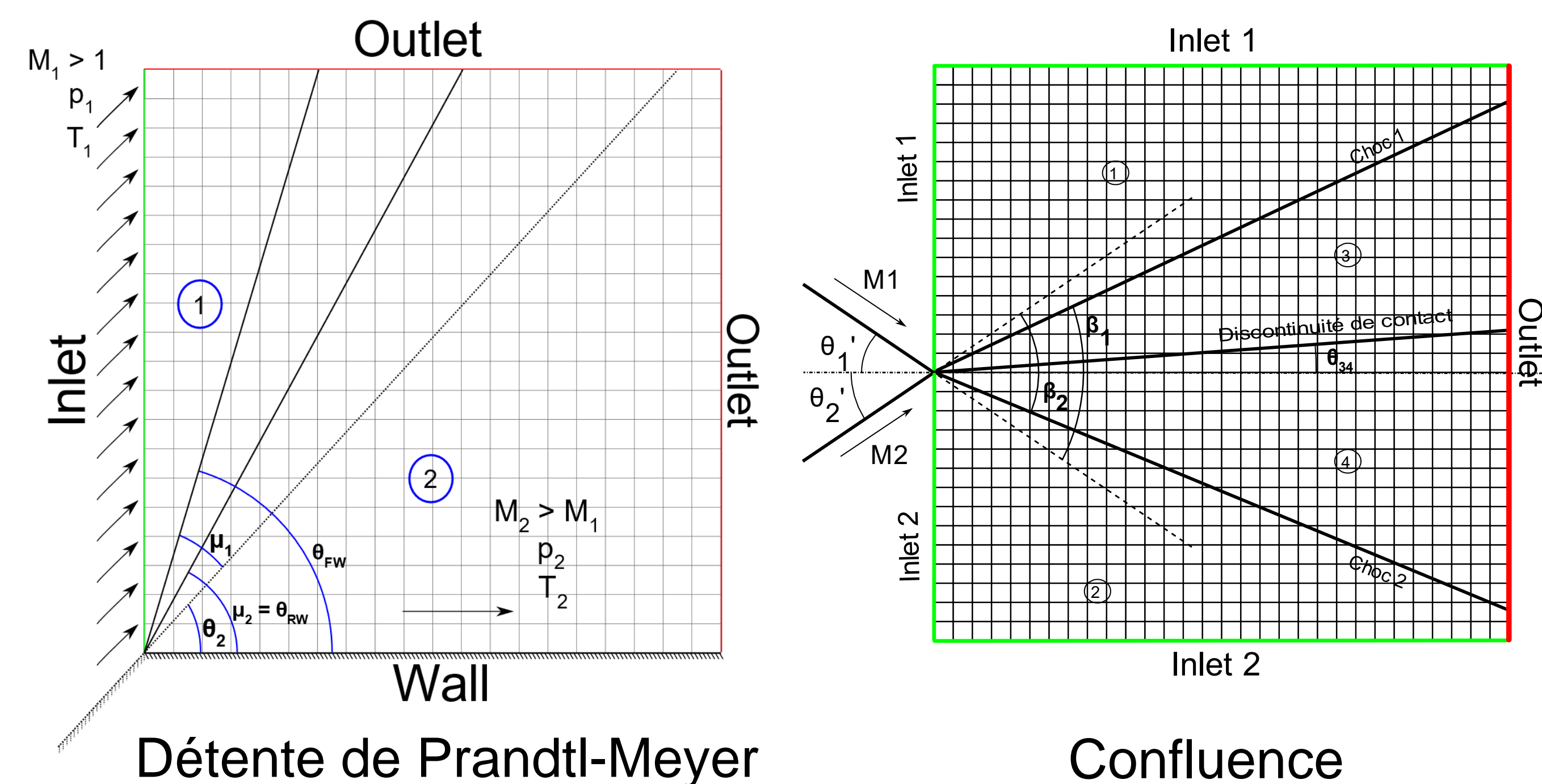
$$U_i^{n+1} = U_i^n + \frac{\Delta t}{\Delta x} (F_{i-\frac{1}{2}} - F_{i+\frac{1}{2}})$$

L'approche utilisée pour déterminer les flux est la **méthode de Roe-Pike**.

## Objectifs

- Validier le code Euler en trois dimensions.
- Vérifier la pertinence des cas test utilisés.

## Cas test



## Méthode

Les **solutions théoriques** de ces cas test sont connues. Les résultats obtenus par simulation sont **comparés** aux résultats obtenus analytiquement.

## Paramètres

### Détente de Prandtl-Meyer

Dimensions du domaine  
Lx = 1 m, Ly = 3 m, Lz = 7 m

Maillage  
Nx = 10, Ny = 30, Nz = 70

Conditions aux limites

Entrée supersonique

$$p_1 = 1 \text{ bar}$$

$$T_1 = 300 \text{ K}$$

$$M_1 = 1,8$$

$$\theta_2 = 1,8$$

Sortie supersonique

Les grandeurs sont extrapolées

### Confluence

Dimensions du domaine  
Lx = 1 m, Ly = 3 m, Lz = 9 m

Maillage  
Nx = 10, Ny = 30, Nz = 90

Conditions aux limites

$$p_1 = 1 \text{ bar} \quad p_2 = 1 \text{ bar}$$

$$T_1 = 300 \text{ K} \quad T_2 = 300 \text{ K}$$

$$M_1 = 1,8 \quad M_2 = 2,1$$

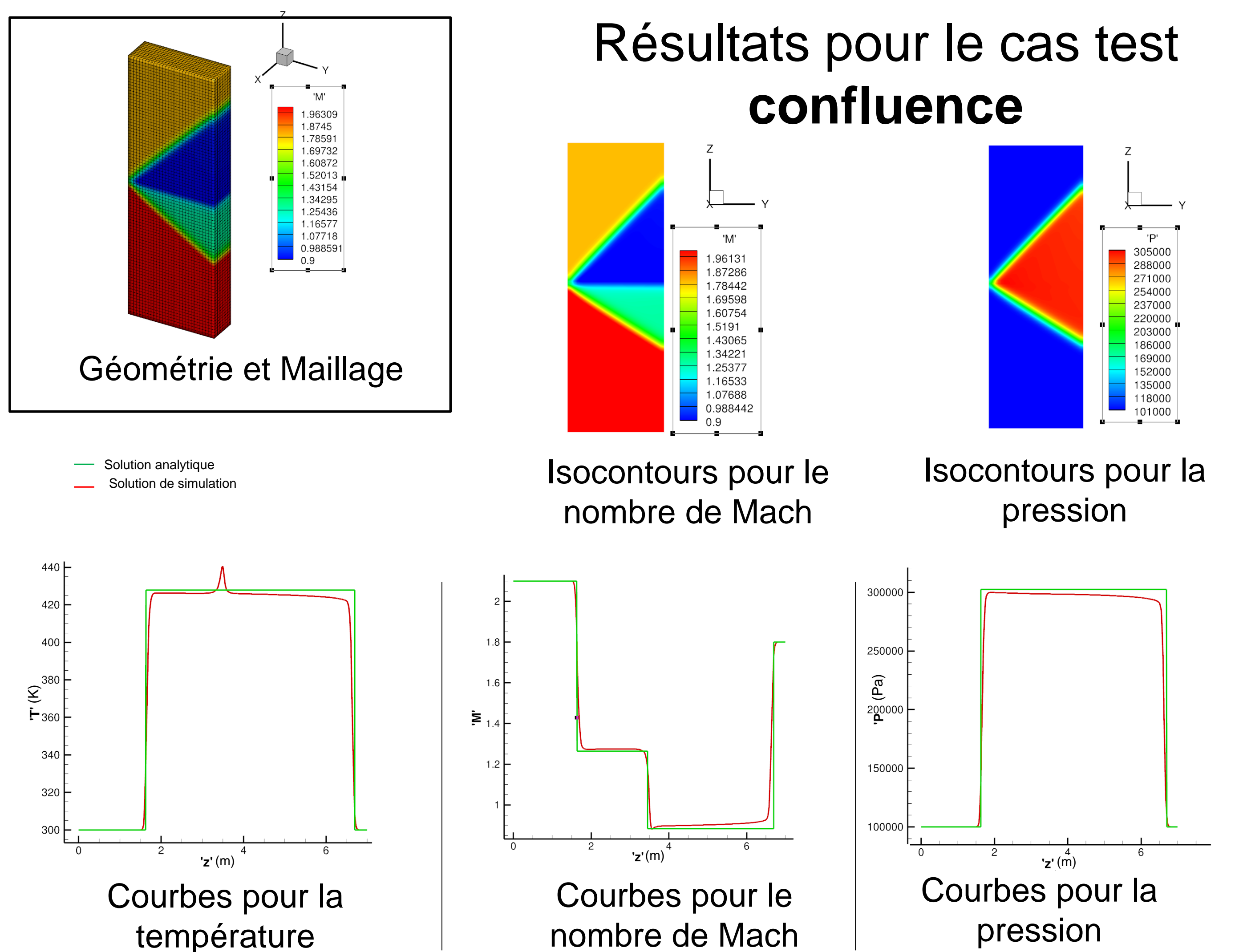
$$\theta_1 = 20^\circ \quad \theta_2 = 20^\circ$$

Sortie supersonique

Les grandeurs sont extrapolées

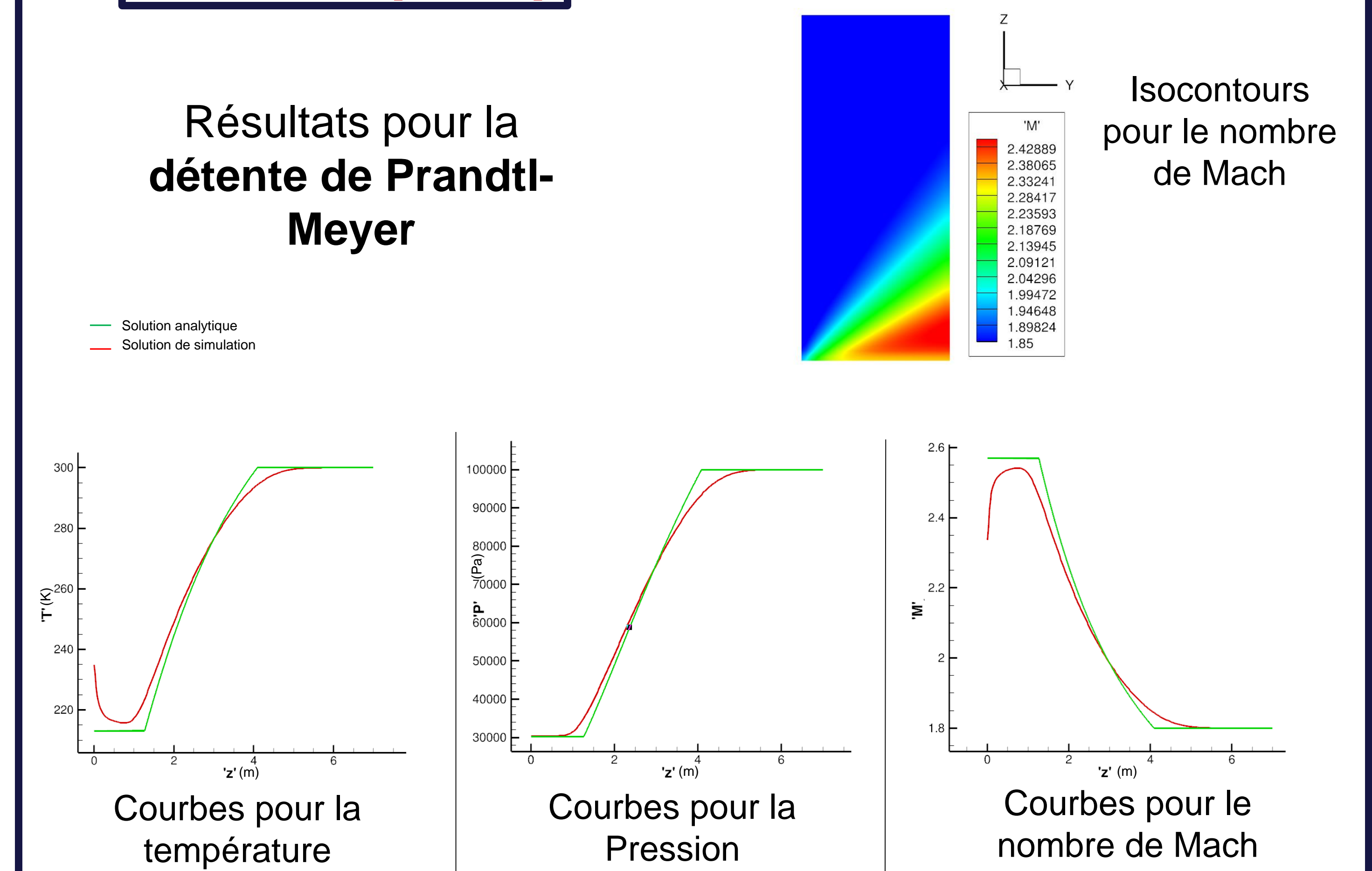
Conditions initiales  
300 K, 1bar

## Résultats



## Résultats (suite)

Résultats pour la **détente de Prandtl-Meyer**



## Conclusion

Cas test confluence :

- + Chocs bien simulés
- + Valeurs des paliers proches de la solution analytique
- Discontinuité de contact entraînant des erreurs importantes

Cas test détente de Prandtl-Meyer :

- + Valeurs des paliers proches de la solution analytique
- + La solution simulée est proche la solution analytique au niveau de la zone d'expansion
- Erreur importante dans la zone près de la paroi

Pertinence du cas Prandtl-Meyer :

La manière dont est défini le cas test peut expliquer cette erreur, il n'y a pas de zone permettant à l'écoulement d'être pleinement développé en amont du coin. Ainsi la limite d'un code cartésien sans traitement particulier de la géométrie est atteinte ici.

## NOMENCLATURE

$n$ : indice du pas de temps  
 $A_\beta$  où  $\beta = x, t$ : notation pour  $\frac{\partial A}{\partial \beta}$   
 $i$ : indice du point  
 $L_x$ : Longueur du domaine, direction x  
 $L_y$ : Longueur du domaine, direction y  
 $L_z$ : Longueur du domaine, direction z  
 $N_x$ : Nombre de mailles, direction x  
 $N_y$ : Nombre de mailles, direction y  
 $N_z$ : Nombre de mailles, direction z  
 $F_{i+\frac{1}{2}} : F(U_{i+\frac{1}{2}})$

## REMERCIEMENTS