

Modélisation CFD de l'écoulement dans une Torche Plasma Triphasée de 100 KW fonctionnant à l'air: Influence du rayonnement de l'arc

Sabri Takali, Yann Cressaut, Frédéric Fabry, Vandad, Rohani, Laurent Fulcheri, François Cauneau *MINES ParisTech, Centre PERSEE Procédés, Énergies renouvelables et Systèmes énergétiques*

Contexte:

MINES ParisTech

TOURNAIRE

EQUIPEMENT

Laplace

Simulation de l'écoulement de plasma d'air dans une torche d'un électro-brûleur biomasse



Objectifs :

•Modélisation de l'écoulement de plasma d'air dans une torche d'une puissance de 100 kW

•Etude de l'effet du rayonnement

•Etude de l'influence du plasma sur les éléments solides de la torche

Challenges:

•Simplification de la zone de décharge

•Intégration du rayonnement (généralement négligé dans les plasma)

•Modélisations fluide et solide



Modèle source : MHD instationnaire vers modèle source stationnaire

configuration coplanaire



configuration parallèle







Géométrie de la torche triphasée



Vue éclatée

MINES ParisTech

TOURNAIRE

EQUIPEMENT

Laplace

Maillage et conditions aux limites

•Débit d'eau : 1 Nm³h⁻¹

•Pression : 1 atm



Hypothèses : •écoulement incompressible, turbulent •Diffusion radiative négligée •Modélisation d'un tiers de la géométrie pour des raison de symétrie



Rayonnement du plasma d'air

MINES ParisTech

TOURNAIRE

EQUIPEMENT

Laplace

continuum moléculaire (O₂, N₂, NO, O₃, NO₂, N₂O, NO₃, N₂O₅)
continuum atomique (O, O⁺, O²⁺, O³⁺, N, N⁺, N²⁺, N³⁺, O⁻)
bandes moléculaires diatomiques (O₂, N₂, NO et N₂⁺)



base de données spectrale développée au laboratoire LAPLACE (Y. Cressault, T. Billoux)

Rayonnement du plasma d'air

Comparaison des moyennes de Rosseland et de Planck des CMA de Y. Cressault(2015) et de M. Bartlova (2014)





Simulation sans rayonnement

Influence du volume source:





Simulation sans rayonnement

Influence de la force de Lorentz

MINES ParisTech

TOURNAIRE

EQUIPEMENT

Laplace



Variation de la température du gaz en fonction de la force de Lorentz (insérée sous forme de quantité de mouvement) sur l'axe principal de la torche et sur un axe dans un plan horizontal à 4 cm de l'extrémité des électrodes (cf.).







MINES ParisTech

TOURNAIRE

EQUIPEMENT

Laplace

50 kW

100 kW

150 kW

Activation du rayonnement

Température moyenne des éléments de la torche sans et avec rayonnement



•Les pertes aux parois quasi-négligeables initialement, passent à 17% après prise en compte du rayonnement.



Activation du rayonnement



Sans rayonnement

•Le rayonnement réduit la température du gaz et augmente les températures de surface des solides



Observations







MINES ParisTech

TOURNAIRE

EQUIPEMENT

Laplace

Conclusion

• Le modèle source, bien que simplifié, présente des résultats cohérents avec une faible dépendance du volume de la source.

•Le rayonnement joue un rôle primordial dans la distribution de la puissance entre le gaz plasmagène et les solides en contact.

•Les résultats de la simulation prédisent le bon fonctionnement de la torche (les températures des différents composants de la torche sont dans les intervalles opératoires).

Remerciements

•L'équipe PERSEE souhaite remercier Y. Cressault et M. Bartlova pour la génération des bases de données radiatives

