

Etude des écoulements a l'interface joint-rugosité pour des applications de haute étanchéité

T. Zaouter

► **To cite this version:**

T. Zaouter. Etude des écoulements a l'interface joint-rugosité pour des applications de haute étanchéité. Journées Scientifiques de Marcoule (JSM-2016), Jun 2016, Bagnols Sur Ceze, France. hal-02441914

HAL Id: hal-02441914

<https://hal-cea.archives-ouvertes.fr/hal-02441914>

Submitted on 27 Feb 2020

HAL is a multi-disciplinary open access archive for the deposit and dissemination of scientific research documents, whether they are published or not. The documents may come from teaching and research institutions in France or abroad, or from public or private research centers.

L'archive ouverte pluridisciplinaire **HAL**, est destinée au dépôt et à la diffusion de documents scientifiques de niveau recherche, publiés ou non, émanant des établissements d'enseignement et de recherche français ou étrangers, des laboratoires publics ou privés.

ÉTUDE DES ÉCOULEMENTS À L'INTERFACE JOINT—RUGOSITÉ POUR DES APPLICATIONS DE HAUTE ÉTANCHÉITÉ

Nom, Prénom : ZAOUTER Tony
Responsable CEA : BEZIAT Alain
Directeur universitaire : PRAT Marc
Laboratoire d'accueil : DTEC/SDTC/LE
Date de début de thèse : Octobre 2015

Contrat : CEA
Organisme co-financier :
Université d'inscription : INP Toulouse
Ecole doctorale : MEGeP
Master :

I. Introduction et contexte

Certaines applications de recherche, comme l'instrumentation scientifique, ou des applications industrielles telles que le nucléaire ou encore l'aérospatiale nécessitent des niveaux d'étanchéité exceptionnels, pour permettre par exemple la réalisation d'un vide poussé, ou répondre à des enjeux de sécurité radiologique. Ces niveaux de haute étanchéité statique sur des assemblages démontables sont obtenus à l'aide de joints entièrement métalliques. Du fait de la perméabilité négligeable de ces derniers, la fuite résultante de l'assemblage n'est due qu'à la persistance d'un champ des ouvertures à l'interface de contact entre le joint d'étanchéité et la bride d'assemblage (voir la figure 1).

L'obtention de ce champ des ouvertures par des méthodes numériques a fait l'objet de travaux antérieurs (thèse et stage de master). Le but de la présente thèse est alors de modéliser les écoulements gazeux qui prennent place au sein de ce champ des ouvertures.

II. Objectifs

L'objectif des travaux présents est alors de mettre au point un outil permettant de faire le lien entre l'ouverture à l'interface joint-bride et le taux de fuite en hélium, qui est la grandeur à maîtriser avec le joint.

Un examen du champ des ouvertures montre une variation spatiale lente de telle sorte que la modélisation de l'écoulement est décrite à l'aide des équations de la lubrification. Sous cette hypothèse, la littérature dispose de modèles d'écoulements pour des fluides considérés comme incompressibles [1, 2], une première distinction de ce travail par rapport à l'état de l'art est la prise en compte de l'aspect faiblement compressible de l'écoulement d'hélium gazeux.

D'autre part, le champ des ouvertures présente en certains endroits des dimensions caractéristiques pouvant être très petites (typiquement inférieures au micromètre). Le nombre de KNUDSEN (rapport du libre parcours moyen et d'une longueur caractéristique) pour l'hélium considéré peut alors varier de 10^{-3} à 10 selon la position considérée sur le champ des ouvertures. Cela atteste de la présence d'un régime d'écoulement pouvant être localement raréfié et montre la réalité des effets moléculaires. Comme le montre la figure 2, en fonction du nombre de KNUDSEN, on distingue plusieurs régimes d'écoulements. Les équations employées pour décrire le mouvement du fluide présentent alors un certain domaine de validité selon le régime d'écoulement

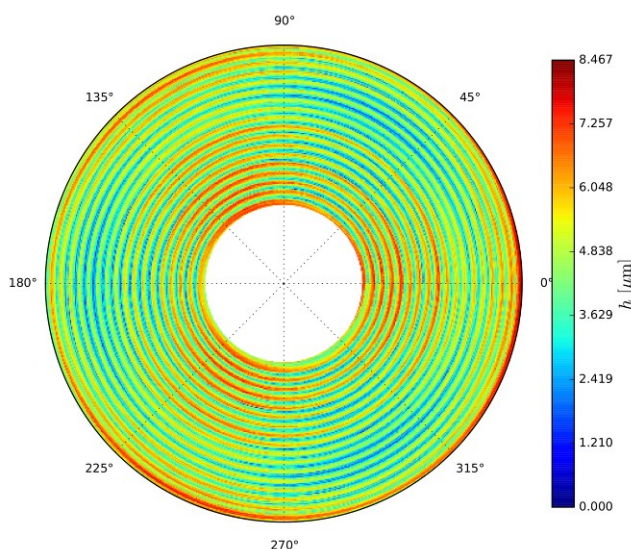


Figure 1 : Exemple de champ des ouvertures à l'interface joint-bride; on note la présence de la spirale de tournage.

considéré : dans ce travail, on s'intéressera plus particulièrement au régime glissant permettant de capter les effets de raréfaction et pouvant être décrit par les équations de NAVIER-STOKES du domaine continu, en imposant une vitesse de glissement à l'interface fluide-solide au lieu d'une condition de non glissement aux parois comme c'est le cas en régime continu [3].

Une condition de glissement de premier ordre aux parois impose que la vitesse du fluide soit localement tangentielle à la paroi, dans la direction de l'écoulement et proportionnelle au taux de déformation. Le choix de l'utilisation d'un glissement d'ordre un au lieu d'un ordre plus élevé peut se justifier par le fait que l'équation de NAVIER-STOKES soit précise à l'ordre un en nombre de KNUDSEN et qu'elle soit plus facilement généralisable pour des géométries complexes [4].

Les approches employées pour déterminer numériquement le taux de fuite du joint seront de différente nature :

- Une modélisation de type volumes finis.
- Une méthode de « transport », développé par le laboratoire TREFLE, consistant à déterminer une perméabilité locale fonction de l'ouverture, puis à réaliser une prise de moyenne volumique pour remonter à un coefficient de perméabilité global.
- Une méthode « réseau », développé par l'IMFT, consistant à créer un réseau de percolation dont la perméabilité peut être déduite numériquement.

Ces taux de fuites déterminés numériquement devront être comparés à des essais expérimentaux menés par A. TLILI [5] sur des surfaces calibrées. Au-delà d'une pure description des résultats expérimentaux, le travail réalisé a pour objectif de définir des critères de performance des joints intégrant non seulement des valeurs de fuite attendue, mais aussi une notion de tolérance du joint vis-à-vis des accidents des surfaces réelles.

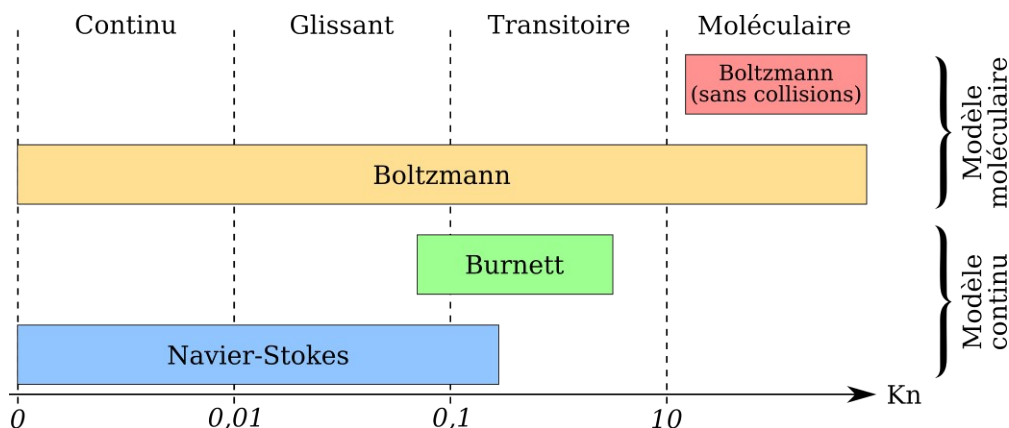


Figure 1 : Classification des régimes d'écoulement et des équations descriptives à employer selon le nombre de KNUDSEN (selon [3]).

[1] C. VALLET, D. LASSEUX, P. SAINOT et H. ZAHOUANI, Real versus synthesized fractal surfaces: Contact mechanics and transport properties, *Tribology International*, **42**, pp. 250-259, 2009.

[2] C. MARIE, D. LASSEUX, H. ZAHOUANI et P. SAINOT, An Integrated Approach to Characterize Liquid Leakage Through Metal Contact Seal, *European Journal of Mechanical and Environmental Engineering*, **48**(2), pp. 81-86, 2003.

[3] W.-M. ZHANG, G. MENG et X. WEI, A review on slip models for gas microflows, *Microfluidics and Nanofluidics*, **13**(6), pp.845-882, 2012.

[4] D. LASSEUX, F. J. VALDES PARADA, J. A. OCHOA TAPIA et B. GOYEAU, A macroscopic model for slightly compressible gas slip-flow in homogeneous porous media, *Physics of Fluids*, **26**, 2014.

[5] A. TLILI, Mécanismes de l'étanchéité statique des joints métalliques, Thèse, École Nationale Supérieure des Mines de Saint-Étienne et École Nationale d'Ingénieurs de Saint-Étienne, 2013.