

Laboratoire d'accueil :

IMT Atlantique Bretagne-Pays de la Loire
Campus de Nantes
4, rue Alfred Kastler - La Chantrerie
44307 Nantes Cedex 3

Financement de la Thèse : DGA / Région

Contact : Albert Subrenat

E-mail : Albert.subrenat@mines-nantes.fr

Tel : 02 51 85 82 93

Directeurs de Thèse : Albert Subrenat

Etudiant : ressortissants de l'UE ou de la Suisse, titulaires d'un diplôme de master ou équivalent, ou d'un diplôme d'ingénieur.

Titre de la thèse : Etude et modélisation des écoulements et transferts dans une cartouche de protection NRBC : optimisation du système de protection individuelle

Sujet :

L'efficacité d'une cartouche de protection individuelle NRBC vis-à-vis d'un toxique dépend en premier lieu des propriétés physico-chimiques de l'adsorbant utilisé. Les mécanismes de transfert et les réactions entre les composés toxiques et l'adsorbant, sont des aspects assez largement étudiés, notamment au laboratoire. Pour autant, l'efficacité d'une cartouche de traitement dépend également de la structure de l'écoulement dans le lit de grain et de l'ensemble de la géométrie de la cartouche. Cet aspect est particulièrement peu étudié, c'est la raison pour laquelle, la cartouche, dans sa conception, n'a pratiquement pas subi d'évolution depuis longtemps.

Au-delà des qualités intrinsèques du charbon imprégné utilisé, sa mise en œuvre dans une géométrie de cartouche peut influencer la performance de traitement. Pour optimiser l'écoulement et ainsi garantir la meilleure efficacité possible, deux aspects doivent être abordés de façon concomitante : l'influence de la géométrie de la cartouche et celle de la porosité du lit de grains.

Enfin, il est particulièrement intéressant de prendre en compte les accélérations de flux dans la cartouche liées à la respiration humaine. En effet, les caractéristiques de cet écoulement influent sur les temps de séjours locaux, la proportion de charbon réellement utilisée, les passages préférentiels et la perte de charge. Cela impacte donc la performance globale du système et la durée de vie de la cartouche en conditions d'utilisation. Néanmoins, on peut observer que ces systèmes ont peu évolué ces dernières décennies, et n'ont pas fait l'objet d'études approfondies quant à l'optimisation des flux à l'intérieur de la cartouche, et de la structure poreuse du lit de charbon.

Ainsi, le travail de thèse proposé a pour objectif d'étudier et modéliser les écoulements et transferts dans une cartouche de protection individuelle de type NRBC avec pour objectif d'optimiser l'efficacité de telles protections. Pour cela, les problématiques suivantes seront abordées :

- la distribution du flux dans la section de charbon contraint par la section d'aspiration,
- l'effet de la porosité du lit de charbon sur la répartition du flux.

Ainsi, la géométrie de la cartouche autant que la structure du lit seront traitées.

Deux approches concomitantes seront mises en œuvre pour répondre à ces problématiques : une approche expérimentale et une approche par modélisation numérique.

Approche expérimentale

L'imagerie 3D par tomographie à rayon X développée au laboratoire Subatech (IMT Atlantique – site de Nantes) est une technique permettant de caractériser les lits de charbons dans la mise en forme de la cartouche. Ainsi, il est possible d'étudier la structure du lit et de quantifier la distribution de taux de vide. De façon plus générale, cette technique sera employée pour évaluer l'influence de la taille des grains, du tassement et du taux de vide. Des mélanges de tailles de grains pourront aussi être étudiés. Ces données seront ensuite corrélées à des données expérimentales d'écoulement et d'adsorption. Pour ce faire, des mesures de pertes de charge dans les lits de grains peuvent être réalisées de même que de **l'imagerie infrarouge** de lits en phase d'adsorption. En effet, l'exothermicité de réaction permet de caractériser un front d'adsorption et le cheminement d'un polluant dans le lit adsorbant. L'influence de la structure du lit sur les performances de traitement pourra ainsi être étudiée et évaluée.

L'imagerie 3D et l'impression 3D permettent la fabrication de modèles physique à échelle agrandie. Il sera ainsi possible d'étudier des phénomènes impossibles à observer expérimentalement à l'échelle 1 des grains de charbon actif. La structure de l'écoulement sur ces maquettes et au sein des cartouches peut être observée par **Vélocimétrie par Imagerie de Particules**. Cette technique est utilisée pour observer l'écoulement dans le système, les passages préférentiels, les zones de survitesses ou de sous-vitesses et en identifier les causes.

Approche par modélisation numérique

La deuxième approche envisagée consiste en la modélisation numérique des écoulements et transferts dans les systèmes et lits de charbon. Elle a pour objet de compléter l'analyse des phénomènes observés expérimentalement, mais aussi de mettre en place des modèles de prévision (valider par les résultats expérimentaux) permettant des études paramétriques sur les systèmes étudiés, en vue de leur

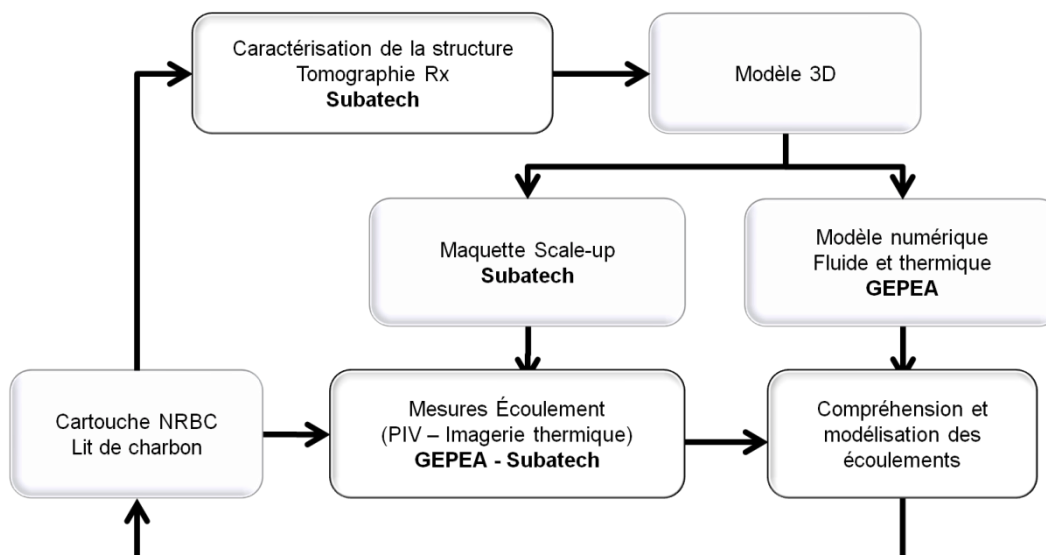
optimisation. La structure de l'écoulement peut être calculée à deux échelles : celle du vide inter-granulaire et celle de la géométrie de la cartouche. Les représentations 3D issues de la Tomographie à Rayons x pourront être utilisées comme géométrie des modèles numériques.

Ainsi, l'objectif de ce travail de thèse est de proposer un modèle de prévision des performances d'une cartouche de protection individuelle. Il pourra être possible d'appréhender différemment la porosité du lit de charbon et la géométrie de la cartouche

Des voies d'amélioration des performances d'une cartouche NRBC, en termes d'efficacité, de perte de charge, d'encombrement et de durée de vie pourront alors être proposées.

Ce travail de thèse s'inscrit dans la continuité de travaux menés au laboratoire GEPEA pour la DGA depuis 2004 sur l'étude des mécanismes de transfert et réactions sur charbons imprégnés, et l'étude de l'influence des conditions d'essai sur des courbes de claquage. Il est rendu possible par la proximité géographique de moyens et compétences de deux laboratoires de l'IMT Atlantique : d'une part, le laboratoire GEPEA pour ses compétences sur les mécanismes de transfert et réactions et écoulements en milieu poreux et, d'autre part, le laboratoire SUBATECH pour ses compétences en Tomographie à Rayons X et imagerie thermique.

La démarche générale de ce travail de thèse peut être structurée comme suit :



Depuis de nombreuses années, les charbons imprégnés ont évolués en fonction des composés toxiques d'intérêt militaire, mais très peu en fonction de leur distribution granulométrique et encore moins de la géométrie de la cartouche en regard des écoulements.

Ce travail de thèse, en abordant les domaines suivants :

- les écoulements dans les milieux granulaires et dans les structures complexes ;
- les similitudes de changement d'échelle ;
- la modélisation des écoulements dans les géométries complexes ;
- les mécanismes de transfert externe.

Il doit permettre de comprendre les phénomènes à l'œuvre au sein de la cartouche et permettre d'améliorer et optimiser ses performances. Des outils de prévisions et de dimensionnement de futur cartouche auront été validés pour répondre à des besoins futurs.