

Thèse CIFRE Safety Kleen/IMFT

Modélisation, analyse et optimisation d'un évaporateur solaire pour le traitement de déchets liquides

contact: gerald.debenest@toulouse-inp.fr

Contexte

Safety Kleen explore la possibilité de mettre en place des évaporateurs solaires afin de traiter les flux issus de procédés de lavage ou de nettoyage de machines. En sortie des procédés, les produits utilisés pour ces traitements sont constitués d'eau, d'huiles, de détergents et de particules solides. L'objectif du dispositif est de concentrer les lixiviats produits par évaporation de l'eau en utilisant des serres soumises aux flux solaires. En effet, en réchauffant l'atmosphère dans l'enceinte et en présence d'un écoulement d'air provenant de l'extérieur de la serre, un flux d'évaporation est créé via le déséquilibre entre teneur en eau entrante et vapeur saturée. Cela permet de séparer la phase aqueuse des autres constituants pour produire le type de déchet final illustré sur la figure 1.

Après une première étape de tests, Safety Kleen souhaite développer un pilote expérimental et se faire accompagner dans le design en utilisant un jumeau numérique représentant au mieux la situation envisagée.



FIGURE 1 – Déchets issus des lixiviats de traitement après évaporation de la phase aqueuse.

Domaine de l'étude scientifique

L'objectif de la thèse est d'optimiser le processus d'évaporation dans la serre en mettant en place une modélisation complète en intégrant un modèle compositionnel et thermique couplé avec l'écoulement. Le schéma du dispositif actuellement envisagé par Safety Kleen est illustré sur la figure 2.

L'écoulement au sein du dispositif est piloté par la convection naturelle ; à l'entrée comme à la sortie, sans forçage de flux (absence de ventilateurs). Safety Kleen dispose à la fois de mesures de vitesses et de saturation. Les principales hypothèses discutées et probablement retenues dans cette première phase de développement sont les suivantes :

1. l'écoulement est monophasique (air), avec position de l'interface air/eau connue et statique,
2. l'air est considéré comme un fluide parfait (probablement turbulent),

3. une partie seulement de la surface fluide permet l'évaporation afin de prendre en compte la présence de déchets solidifiés en surface,
4. les propriétés thermiques (flux solaire) sont uniformes sur toute la surface de la serre,
5. un modèle simplifié de radiation solaire est construit et utilisé à partir des chroniques fournies par Safety Kleen.

Diverses études préalables sont disponibles dans la littérature et il conviendra de faire une étude des "semblables" afin de bien positionner l'originalité de ce sujet, i.e. optimisation de l'aéroulque couplé. De plus, nous souhaitons utiliser la librairie OpenFOAM pour la construction d'un modèle numérique dédié et son optimisation.

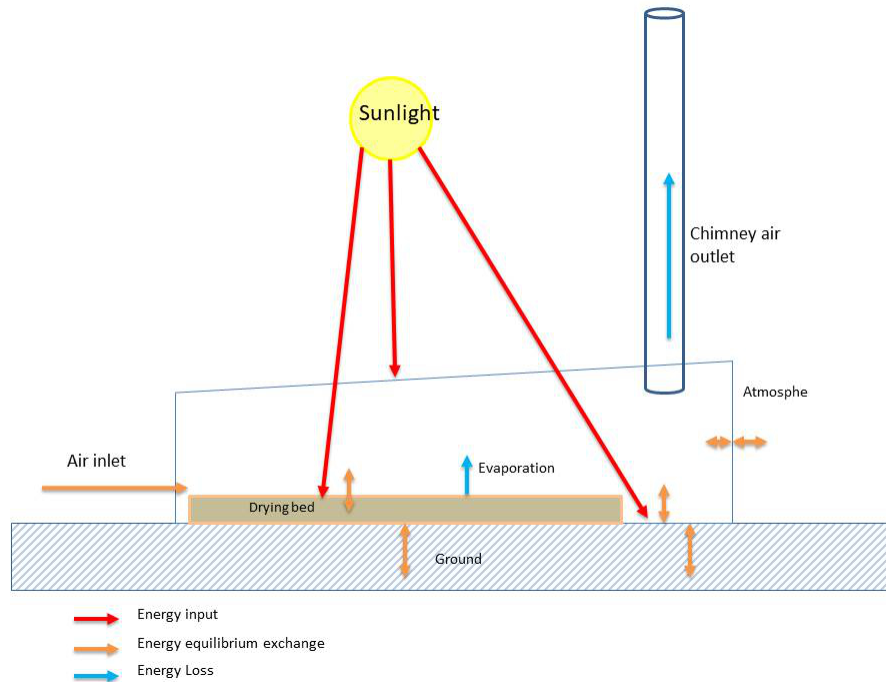


FIGURE 2 – Schéma de principe de la serre, avec une ébauche de bilan énergétique.

Déroulement de la thèse

Analyse bibliographique (T0 à T0+6mois). Classiquement, le doctorant devra analyser la bibliographie du domaine. Les points clés seront les géométries et conditions opératoires avec une bonne prise en compte des forçages. Cela permettra également de justifier et d'appuyer les hypothèses simplificatrices de modélisation. Afin de positionner le sujet, le doctorant devra délivrer une courte analyse bibliographique se basant sur des travaux antérieurs de l'équipe et de l'entreprise (rendu 1).

Mise en place et utilisation d'un modèle 2D (T0+6mois à T0+12 mois). Dans une première phase de l'étude technique, le travail va consister à mettre en place le solveur permettant de résoudre le système complet d'équations pour valider le bon fonctionnement en deux dimensions. On commencera donc par traiter une géométrie simplifiée qui correspond au plan tel que celui représenté sur la figure 2. Il est en effet nécessaire de traiter au mieux le couplage (séquentiel) entre les différentes équations en jeu (avec les conservations de la masse,

de la quantité de mouvement et de l'énergie couplées) et d'ajouter les éléments spécifiques comme le modèle de radiation par exemple.

Exploitation du modèle et analyse en 2D (T0+12 mois à T0+18 mois). L'objectif de la modélisation est d'optimiser la configuration pour accélérer le processus, c'est à dire l'évaporation de la phase aqueuse. Ainsi, cette première phase exploitation doit permettre de discriminer les phénomènes majeurs influençant le plus fortement la vitesse d'évaporation, notamment par une étude de sensibilité paramétrique. On pourra notamment étudier l'influence des facteurs suivant (liste non exhaustive, à affiner en fonction des premiers résultats de simulation) : conditions aux limites radiatives, positionnement/dimensions de la cheminée d'extraction, hauteur d'eau et "masque" limitant l'évaporation. Un article ou une présentation dans une conférence servira de support au rendu sur cette partie modélisation/simulation 2D.

Essais tridimensionnels (T0+18 à T0+30). On pourra mettre directement en place le modèle 3D (avec la géométrie exacte de l'installation) en réutilisant le solveur développé pour l'étude 2D. Il peut être intéressant d'identifier un cas d'intérêt et de s'assurer de la correspondance avec la version 2D en évaluant les différences. Les simulations 3D peuvent s'avérer très coûteuses numériquement et cette troisième phase doit permettre aussi d'évaluer ces coûts pour la faisabilité d'études systématiques 3D futures. L'originalité de cette partie est de croiser les informations obtenues expérimentalement avec celles déterminées numériquement. La rédaction d'un article est prévu dans l'hypothèse d'une rédaction de la thèse sur articles

Rédaction (T0+30 à T0+36 mois). En parallèle de la rédaction des articles, tests systématiques et comparaisons à des installations, le doctorant devra rédiger son manuscrit. Cette étape finale de 6 mois permettra de finaliser le manuscrit de thèse, terminer la rédaction des articles en cours et consolider/classer les résultats de simulation.

Profil recherché

Pour cette étude où un doctorant sous contrat CIFRE avec Safety Kleen sera recruté, nous cherchons un candidat avec de solides compétences en mécanique des fluides numérique/CFD. De profil universitaire ou école d'ingénieurs, il devra avoir démontré son orientation vers les métiers de la recherche appliquée en lien avec la thématique de la thèse.