

Effet Leidenfrost : impact sur le refroidissement des réacteurs à eau pressurisée

L'électricité française est essentiellement produite au sein de réacteurs nucléaires. Cependant, l'énorme quantité de chaleur produite doit être régulée pour éviter une dégradation de l'installation. Ainsi, il est nécessaire de pouvoir refroidir efficacement un réacteur afin de prévenir tout accident. L'étude des facteurs influençant le refroidissement s'avère indispensable.

En effet, la diminution de transfert thermique provoquée par l'effet Leidenfrost entraîne une baisse de l'efficacité du refroidissement. Il est donc primordial d'atténuer l'effet Leidenfrost afin d'éviter tout risque de surchauffe. En cela l'étude de cet effet s'inscrit dans le thème "prévention" de l'année.

Ce TIPE fait l'objet d'un travail de groupe.

Liste des membres du groupe :

- MARTIGNY Jonathan

Positionnement thématique (ETAPE 1)

PHYSIQUE (Physique de la Matière), PHYSIQUE (Mécanique).

Mots-clés (ETAPE 1)

Mots-Clés (en français)	Mots-Clés (en anglais)
<i>Caléfaction</i>	<i>Film boiling</i>
<i>Refroidissement</i>	<i>Cooling</i>
<i>Chauffe</i>	<i>Heating</i>
<i>Thermodynamique</i>	<i>Thermodynamics</i>
<i>Mouillabilité</i>	<i>Wettability</i>

Bibliographie commentée

Lors de la mise en contact d'une surface très chaude avec un liquide, un phénomène surprenant se produit : les gouttes du liquide ne s'évaporent pas et semblent léviter au-dessus de la surface. C'est la caléfaction ou effet Leidenfrost. [1]

Dans le cas de l'eau, lorsque la température de la surface dépasse légèrement les 100°C, la vapeur créée par l'échauffement de l'eau est évacuée par convection, ainsi l'eau est chauffée jusqu'à son évaporation complète. Cependant lorsque la température de la surface atteint une certaine valeur, environ 160°C pour l'eau, appelée point Leidenfrost, la quantité de vapeur produite est telle que le contact entre l'eau et la plaque est amoindri. En conséquence, le transfert thermique se faisant à travers le film de vapeur se voit diminué permettant alors aux gouttes de ne pas s'évaporer et donc de flotter. [2]

La majorité de l'énergie produite en France provient des centrales nucléaires, on dénombre ainsi cinquante-huit réacteurs à eau pressurisée (REP). Dans ces réacteurs, les crayons à combustible

nucléaire sont entourés d'une gaine dont la brusque élévation de température peut provoquer la rupture et entraîner ainsi la libération de particules radioactives dans les circuits de la centrale.[3] En effet, lors de certains accidents, on assiste à un pic d'énergie dans les crayons entraînant un transfert thermique tel qu'un film de vapeur se crée autour de la gaine, diminuant par conséquent l'effet du refroidissement sur cette dernière. Cela se produit après des accidents de perte de réfrigérant et du renoyage des réacteurs.[5] Il convient alors d'étudier les phénomènes thermiques se produisant autour de cette gaine.

On identifie trois paramètres majeurs influant sur la température de Leidenfrost : la pression, la rugosité de la paroi en contact avec le liquide ou encore la mouillabilité, c'est-à-dire la capacité du liquide à s'étaler sur la paroi.[4] Ainsi, il est intéressant d'étudier l'effet de la variation du matériau de la plaque ou de la nature du liquide sur différentes grandeurs comme le temps de vie de la goutte, sa taille ou l'épaisseur du film de vapeur. [2]

Problématique retenue

Quelles sont les paramètres permettant de limiter l'effet Leidenfrost ?

Objectifs du TIPE

1. Modéliser les phénomènes en jeu dans la caléfaction.
2. Etablir un protocole pour mesurer précisément la température d'une surface.
3. Concevoir et dimensionner une expérience pour mettre en évidence la caléfaction.
4. Identifier les différents facteurs influant sur la caléfaction et en particulier le choix du fluide.

Références bibliographiques (ETAPE 1)

[1] BAPTISTE DARBOIS-TEXIER, GUILLAUME DUPEUX, GUILLAUME LAGUBEAU, MARIE LE MERRER, KEYVAN PIROIRD, DAN SOTO, CHRISTOPHE CLANET ET DAVID QUÉRÉ : La caléfaction : *Reflets de la Physique* n°37 décembre 2013-janvier 2014

[2] LAURINE ANDIEUX, THÉO DEKNUYDT, MAXIME FREY : Caléfaction : *Concours National des Olympiades de Physique France Vendredi 30 janvier 2015*

[3] FRANCK LELONG : Expérimentation, modélisation et simulation de l'impact de gouttes d'eau sur le gainage gonflé des assemblages d'un cœur de REP en situation d'APRP : http://docnum.univ-lorraine.fr/public/SCD_T_2010_0102_LELONG.pdf

[4] PIERRE-GILLES DE GENNES, FRANÇOISE BROCHARD-WYART, DAVID QUÉRÉ : Gouttes, bulles, perles et ondes : *Belin, coll. « Échelles », 2002*

[5] IRSN : Les critères de sûreté RIA et APRP Accident de réactivité : https://www.irsn.fr/FR/connaissances/Installations_nucleaires/Les-centrales-nucleaires/criteres_surete_ria_aprp/Pages/1-accident-reactivite-RIA.aspx#.YfIKfurMKM8

DOT

- [1]** *Septembre 2021 : Orientation du sujet vers la caléfaction et son effet sur le refroidissement des réacteurs nucléaires.*
- [2]** *Octobre 2021 : Prise de contact avec des chercheurs de l'IRSN afin d'approfondir le sujet et soulever des problématiques expérimentales.*
- [3]** *Novembre 2021 : Mise en place et réalisation d'une expérience permettant de déterminer l'émissivité d'un matériau.*
- [4]** *Janvier 2022 : Mise en place et réalisation d'une expérience permettant de mesurer le temps de vie d'une goutte d'eau sur une plaque en fonction de la température de cette dernière.*
- [5]** *Mars 2022 : Mise en évidence de l'influence du fluide sur le temps de vie de la goutte.*