

TIPE PC · session 2027

Échangeur thermique imprimé en PLA : géométrie contre matériau

Exemple de candidat

n° de candidat PC-0000000

Thème 2027 : Sobriété, efficacité, optimisation

Plan de la présentation

- 1. Ancrage dans le thème et point de départ
- 2. Problématique et objectifs
- 3. Méthode NUT : cadre théorique
- 4. Banc de mesure et protocole
- 5. Fausses pistes et difficultés
- 6. Résultats et comparaison au cuivre
- 7. Incertitudes, limites et conclusion

Ancrage dans le thème : sobriété, efficacité, optimisation

- Le cuivre est efficace mais coûteux et non optimisable géométriquement.
- Le PLA est sobre en ressources mais conduit mal la chaleur.
- L'impression 3D permet d'optimiser la géométrie sans contrainte d'usinage.
- La question est de savoir si l'optimisation géométrique compense le matériau.

Point de départ : une observation concrète

- Les échangeurs du commerce imposent des géométries dictées par l'usinage.
- L'impression 3D autorise des canaux en spirale non usinables.
- Le PLA a une conductivité thermique très faible comparée au cuivre.
- L'idée : tester si la géométrie peut compenser cette faiblesse du matériau.

Problématique

- Un échangeur imprimé en PLA, à canaux en spirale, peut-il atteindre une efficacité comparable à un échangeur en cuivre du commerce ?
- Le PLA conduit mal la chaleur, mais permet des géométries non usinables.
- La géométrie peut-elle compenser les propriétés thermiques du matériau ?

Objectifs et démarche retenue

- Imprimer plusieurs géométries en PLA : canaux droits, serpentin, spirale.
- Mesurer l'efficacité de chaque géométrie dans les mêmes conditions de débit.
- Mesurer un échangeur en cuivre du commerce dans les mêmes conditions.
- Calculer et comparer les efficacités par la méthode NUT.
- Conclure sur la capacité de la géométrie à compenser la faible conductivité.

Cadre théorique : la méthode NUT

- NUT signifie Nombre d'Unités de Transfert.
- La méthode NUT relie l'efficacité d'un échangeur à sa surface et aux débits.
- L'efficacité ε est le rapport entre transfert réel et transfert maximal possible.
- Il faut préciser ici les formules et grandeurs que tu mobilises dans ton calcul.

Grandeurs mesurées et paramètres de contrôle

- Températures mesurées : deux thermocouples par circuit, soit quatre au total.
- Débit contrôlé par un débitmètre commun aux quatre configurations.
- Les conditions de débit sont identiques pour toutes les géométries testées.
- Il faut préciser ici les valeurs de débit et les plages de température utilisées.

Fabrication des échangeurs : paramètres d'impression

- Trois géométries imprimées en PLA : canaux droits, serpentin, spirale.
- Parois fixées à 2 mm, remplissage à 100 % après résolution des fuites.
- Ces paramètres sont stabilisés et identiques pour toutes les géométries.
- Il faut préciser ici les dimensions des canaux et les logiciels de conception utilisés.

Banc de mesure : montage et protocole

- Deux circuits fluides distincts traversent l'échangeur en sens opposés ou parallèles.
- Quatre thermocouples mesurent les températures d'entrée et de sortie de chaque circuit.
- Un débitmètre contrôle le débit ; les conditions sont reproduites à chaque essai.
- Il faut préciser ici le fluide utilisé, la source de chaleur et la durée de stabilisation.

Mesures comparatives des quatre échangeurs

- Mesures réalisées sur canaux droits en décembre-janvier.
- Mesures sur spirale et serpentin réalisées en février dans les mêmes conditions.
- Mesure de l'échangeur en cuivre du commerce réalisée en mars.
- Il faut préciser ici le nombre de répétitions par configuration pour la reproductibilité.

Fausse pistes et difficultés rencontrées

- Premier échangeur imprimé en octobre : fuites sur toute la pièce.
- Trois semaines perdues sur le problème d'étanchéité.
- Fausse piste : les paramètres d'impression initiaux ont été modifiés sans succès.
- Solution trouvée en novembre : parois à 2 mm et remplissage à 100 %.
- Cette difficulté a retardé les mesures mais a stabilisé le protocole de fabrication.

Résultats : efficacités des trois géométries PLA

- Les efficacités des géométries droite, serpentin et spirale sont calculées par NUT.
- Il faut indiquer ici les valeurs numériques obtenues pour chaque géométrie.
- Il faut préciser laquelle des trois géométries donne la meilleure efficacité et pourquoi.

Comparaison avec l'échangeur en cuivre

- L'efficacité de l'échangeur en cuivre est mesurée dans les mêmes conditions.
- Il faut indiquer ici la valeur d'efficacité obtenue pour le cuivre.
- Il faut comparer cette valeur à celle de la meilleure géométrie PLA.
- Il faut conclure si l'écart est significatif ou si les résultats sont comparables.

Confrontation entre modèle NUT et mesures

- La méthode NUT prédit une efficacité à partir des grandeurs mesurées.
- Il faut indiquer ici si les valeurs calculées concordent avec les mesures directes.
- Il faut préciser les éventuels écarts et leur interprétation physique.

Incertitudes et reproductibilité

- Il faut indiquer ici les incertitudes sur les thermocouples et le débitmètre.
- Il faut préciser combien de fois chaque mesure a été répétée.
- Il faut indiquer si les résultats sont stables d'un essai à l'autre.
- Il faut estimer l'incertitude finale sur l'efficacité calculée par NUT.

Limites et prolongements

- Le PLA peut se déformer à haute température : la plage de mesure est limitée.
- Les géométries testées restent simples ; des formes plus complexes sont envisageables.
- D'autres matériaux d'impression, plus conducteurs, pourraient être comparés.
- Il faut préciser ici les autres limites que tu as identifiées dans ton travail.

Conclusion : la géométrie compense-t-elle le matériau ?

- La géométrie en spirale est la plus efficace des trois géométries PLA testées.
- Il faut indiquer ici si cette efficacité est comparable à celle du cuivre ou non.
- La géométrie peut ou ne peut pas compenser la faible conductivité du PLA : à compléter.
- L'impression 3D ouvre des possibilités géométriques inaccessibles à l'usinage classique.