

SUJET DE THESE G-SCOP 2024*

Titre de la thèse : Fabrication hybride de produits dans une démarche de fabrication soutenable

Directeur(s) de thèse : Matthieu Museau

Co-directeur de thèse :

Co-encadrant(s) :

Ecole doctorale : IMEP2

Date de début (souhaitée) : 01/10/2024

Financements envisagés – Contexte – Partenaires éventuels : demande d'une allocation de recherche IMEP2

Description du sujet :

Un procédé de fabrication soutenable est un procédé offrant des performances élevées selon des points de vue techniques, économiques et environnementaux. Aujourd'hui, les procédés de fabrication considérés individuellement ne peuvent pas offrir simultanément des performances élevées sur ces trois aspects et il est nécessaire de combiner ces différents procédés de façon optimale afin d'optimiser la soutenabilité du processus de fabrication.

Cette hybridation de procédés additifs/soustractifs est une thématique bien présente dans la littérature, de nombreux articles traitent du sujet comme l'ont souligné [Dezaki, 2022], [Korkmaz, 2022] et [Sebbe, 2022]. Les résultats présentés mettent en avant les possibilités offertes par la fabrication hybride pour l'obtention de produits ayant les performances techniques requises, à moindre coût et avec un impact environnemental réduit. Le potentiel offert par la fabrication hybride est donc reconnu, mais l'étude de l'état de l'art permet d'identifier des axes de recherche qui sont actuellement peu couverts. Tout d'abord, dans ce contexte de fabrication hybride, certains procédés additifs sont très peu étudiés. Il s'agit des

* Envoyer le document rempli à g-scop.directeur@grenoble-inp.fr avant le **23 Février 2024**.

Mettre Fadila Messaoud (Fadila.messaoud@grenoble-inp.fr) en copie si vous souhaitez l'affichage de votre sujet sur le site web de G-SCOP.

procédés de type WAAM (fabrication additive arc-fil) et WLAM (fabrication additive laser-fil). Ces procédés sont étudiés à Grenoble depuis plusieurs années [Limousin, 2023], [Robert, 2023] et ces procédés méritent d'être étudiés dans un contexte de fabrication hybride soutenable. Des industriels de la région AuRA ont manifesté leur intérêt pour ces stratégies de fabrication. Ce qu'il ressort également de l'état de l'art est l'absence de synthèse des différentes études, dans le but d'en dégager des règles génériques qui pourraient s'appliquer (ou ne pas s'appliquer) sous certaines conditions à d'autres cas de fabrication hybride. Ainsi, un autre verrou scientifique et technique concerne la définition de gammes de fabrication complexes, permettant de combiner différents procédés, d'évaluer les différentes stratégies de fabrication associées (définition des trajectoires et des paramètres des procédés) et de retenir la gamme de fabrication optimale.

A partir de l'analyse bibliographique mais également de cas d'études fournis à la fois par la communauté scientifique (UGA et nationale) et des industriels de la région AuRA, l'objectif sera de définir des indicateurs permettant de réaliser l'évaluation de différents scénarios de fabrication dans le but de retenir la gamme de fabrication optimale du point de vue de la soutenabilité du processus de fabrication.

La méthode mise en œuvre pour définir la gamme de fabrication hybride optimale sera formalisée et structurée au sein d'un modèle, par exemple le modèle RKM [Grandvallet, 2023]. La mathématisation des indicateurs, des évaluations et des règles d'actions associées permettra d'intégrer les résultats au sein d'un outil de CFAO (Conception et Fabrication Assistée par Ordinateur) [Mbow, 2021].

Références bibliographiques * :

- [Dezaki, 2022] L. M. Dezaki, A. Serjouei, A. Zolfagharian, M. Fotouhi, M. Moradi, M. K. A. Ariffin, M. Bodaghi. (2022). A Review on Additive/Subtractive Hybrid Manufacturing of Directed Energy Deposition (DED) Process. *Advanced Powder Materials*. 1. 100054. 10.1016/j.apmate.2022.100054.
- [Grandvallet, 2023] C. Grandvallet, F. Pourroy, F. Vignat, (2023). Towards a Knowledge-Based Additive Manufacturing Approach. In: Gerbino, S., Lanzotti, A., Martorelli, M., Mirálbis Buil, R., Rizzi, C., Roucoules, L. (eds) *Advances on Mechanics, Design Engineering and Manufacturing IV*. JCM 2022. Lecture Notes in Mechanical Engineering. Springer, Cham.
- [Korkmaz, 2022] M. E. Korkmaz, S. Waqar, A. García-Collado, M. Gupta, G. Krolczyk. (2022). A Technical Overview of Metallic Parts in Hybrid Additive Manufacturing Industry. *Journal of Materials Research and Technology*. 18. 10.1016/j.jmrt.2022.02.085.
- [Limousin, 2023] M. Limousin, S. Manokruang, F. Vignat, M. Museau, C. Grandvallet, N. Béraud. (2023). Effect of temperature and substrate geometry on single aluminium weld bead geometry deposited by Wire Arc Additive Manufacturing: Proposition of an experimental procedure, *CIRP Journal of Manufacturing Science and Technology* 45, 61–68
- [Mbow, 2021], M. M. Mbow, P. R. Marin, N. Perry, F. Vignat, and C. Grandvallet. (2021). Knowledge-based evaluation of part orientation desirability in powder bed fusion additive manufacturing. *Proceedings of the Design Society*, vol. 1, pp. 1957–1966, 2021. doi:10.1017/pds.2021.457
- [Robert, 2023] P. Robert, N. Béraud, M. Museau, M. Limousin, H. Paris. (2023). Toward steel strip insertion during wire arc additive manufacturing of aluminum alloy smart part, *Mechanics & Industry* 24, 15
- [Sebbe, 2022] N. P. V. Sebbe, F. Fernandes, V. F. C. Sousa, F. J. G. Silva. (2022). Hybrid Manufacturing Processes Used in the Production of Complex Parts: A Comprehensive Review. *Metals* 12(11), 1874.

Contact(s) : Matthieu Museau, matthieu.museau@g-scop.fr

ENGLISH VERSION (Please provide the English version as well, for the web site)

Title: Hybrid manufacturing of products as part of a sustainable manufacturing approach

Brief Description:

A sustainable manufacturing process is one that offers high performance from technical, economic and environmental points of view. Today, manufacturing processes considered individually cannot simultaneously offer high performance in these three aspects, and it is necessary to combine these different processes in an optimal way in order to optimize the sustainability of the manufacturing process.

This hybridization of additive/subtractive processes is a theme well present in the literature, with numerous articles dealing with the subject as highlighted by [Dezaki, 2022], [Korkmaz, 2022] and [Sebbe, 2022]. The results presented highlight the possibilities offered by hybrid manufacturing for obtaining products with the required technical performance, at lower cost and with reduced environmental impact. The potential offered by hybrid manufacturing is thus recognized, but the study of the state of the art enables us to identify areas of research that are currently poorly covered. Firstly, in the context of hybrid manufacturing, certain additive processes have received very little attention. These include WAAM (arc-wire additive manufacturing) and WLAM (laser-wire additive manufacturing) processes. These processes have been studied in Grenoble for several years [Limousin, 2023], [Robert, 2023] and deserve to be studied in the context of sustainable hybrid manufacturing. Manufacturers in the AuRA region have expressed interest in these manufacturing strategies. What also emerges from the state of the art is the absence of a synthesis of the various studies, with the aim of identifying generic rules that could be applied (or not applied) under certain conditions to other cases of hybrid manufacturing. Another scientific and technical challenge concerns the definition of complex manufacturing routings, making it possible to combine different processes, evaluate the various associated manufacturing strategies (definition of trajectories and process parameters) and select the optimum manufacturing strategy.

Based on an analysis of the literature and case studies provided by both the scientific community (UGA and national) and manufacturers in the AuRA region, the aim will be to define indicators for evaluating different manufacturing scenarios with a view to selecting the optimum manufacturing routing in terms of the sustainability of the manufacturing process.

The method used to define the optimal hybrid manufacturing routing will be formalized and structured within a model, such as the RKM model [Grandvallet, 20202]. The mathematization of indicators, evaluations and associated action rules will enable the results to be integrated into a CAD/CAM (Computer Aided Design and Manufacturing) tool [Mbow, 2021].