

Etude des machines

1- Contexte et enjeux

En fabrication additive, il y a de nombreux choix de machines sur les différents types de procédés, mais entre l'origine de celles-ci, les différents paramètres permettant de définir les machines elles-mêmes et les paramètres clés des familles de procédés, il peut être difficile de s'y retrouver.

Cette étude souhaite donc apporter un éclairage afin de comparer l'ensemble des machines de Fabrication Additive existantes sur la base de leurs descriptions et capacités de fabrication et de vérifier. Il permet également d'évaluer s'il existe une corrélation entre les caractéristiques techniques et les tarifs constatés afin de mieux accompagner les industriels vers les moyens les plus adaptés à leurs besoins au tarif le plus approprié.

2- Objectif de l'étude :

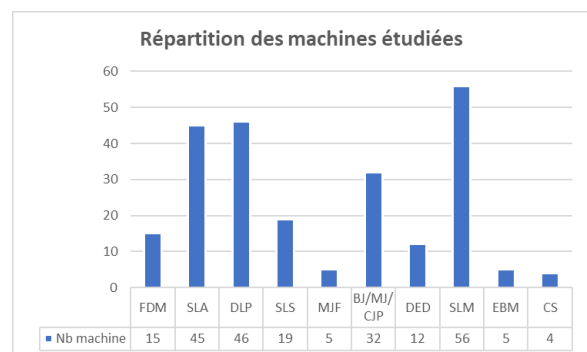
Les objectifs sont donc :

- avoir une base de données des différentes machines de Fabrication Additive dans les différents procédés existants
- faire une étude technico-économique sur la base des performances annoncées par les différents constructeurs de machines.

3- Méthodologie :

L'étude s'est faite avec les étapes suivantes :

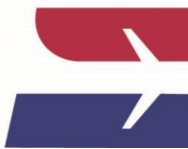
- Récolte des fiches techniques de 383 machines pour les différents procédés :
 - FDM : 159
 - SLA : 45
 - DLP : 46
 - SLS : 19
 - MJF : 5
 - BJ/MJ/CJP : 32
 - DED : 12
 - SLM : 56
 - EBM : 5
 - CS : 4
- Récupération des données techniques et économiques des différentes machines :
 - Dimensions
 - Résolution
 - Vitesses
 - Températures et paramètres clés
 - Matériaux
 - Prix (quand disponible)
- Analyse de corrélation des paramètres entre eux pour chaque procédé et entre procédés similaires



4- Récolte et traitement des données

La récolte s'est effectuée par recherche internet sur les sites des différents constructeurs :

3D CERAM	ExOne	Renishaw
3D Micro Print	Experiences & Technologies	Shanghai Hanbang United 3D Tech
3D PLATFORM	Farsoon	SHAREBOT
3D Systems	Flashforge	SINDOH
3D TOTEM	Formlabs	Sinterit
3DGENCE	General Electric	SLM Solutions
3DLAM	German RepRap	Solidscape
Addup	Han's Laser	SPEE3D
Admatec	HP	Stacker
AIM3D	iBridger	Stratasys
AmPro Innovations	IEMAI	Stratodesk
Anisoprint	IEMAI 3D	Techgine
AON3D	INTAMSYS	Thermwood
AREVO	Laser Photonics	Tiertime
Asiga	Leapfrog	Titan Robotics
BigRep	LIM'EASY 3D	Titomic
BLB Industries	Lithoz	TiZYX
BUILDER	Lynxter	TOBECA
Carima	MAKERBOT	Ultimaker
CEAD	Markforged	VOLUMIC
Creality	MASSIVit 3D	voxeljet
Dagoma	MECCATRONICORE	WASP
dddop	microlight3D	Xact Metal
DediBot	MiiCraft	Xi'an Bright Laser Technologies
Desktop Metal	Modix	Xioneer
Dood	Nexa3D	XYZ PRINTING
DWS	Optimec	ZMORPH
Dynamical 3D	Pollen AM	ZORTRAX
eMotion Tech	Prodways Technologies	Zortrax
EnvisionTEC	ProtoFab	ZRapid Tech
EOS	Raise 3D	ZYYX Labs



Les données récupérées sont les suivantes :

Procédé		FDM	SLA	DLP	SLS	MJF	BJ/MJ/CJP	DED	SLM	EBM	CS
Marque		x	x	x	x	x	x	x	x	x	x
Modèle		x	x	x	x	x	x	x	x	x	x
Origine		x	x	x	x	x	x	x	x	x	x
Données constructeur											
Dimension de construction	Largeur	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x
	Profondeur	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x
	Surface	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x
	Hauteur	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x
Résolution	Résolution de couches (mini)	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x
	Résolution dans le plan (mini)		x	x	x	x	x	x	x	x	x
	Taille de buse (mini)	x					x				
	Taille de buse (maxi)	x					x				
Vitesse	Vitesse Haute Résolution/mini (mm/s)	(x)	x	x	x	x	x	x	x	x	x
	Vitesse maxi (mm/s)	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x
	Nombre d'extrudeuses / de têtes	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x
Températures et paramètres clés	Nature source		x	x	x	x			x	x	
	Puissance de la source				x	x			x	x	
	Longueur d'onde		x	x	x	x			x	x	
	Température buse (max)	x									
	Température plateau (max)	x									
	Nombre de zone de chauffe				x	x			x	x	
	Nombre de contrôle de chauffe				x	x			x	x	
	Présence chambre en température	x									
	Température de la chambre (max)	x			x	x			x	x	
	Gaz de la chambre				x	x	x	x	x	x	(x)
Pression d'utilisation										x	
Matériaux	Utilisation pellets possible?	x									
	Taille de filament	x									
	Multimatériaux (nb possible)	x					(x)	x			
	Matériaux utilisables	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x
Prix		x	x	x	x	x	x	x	x	x	x

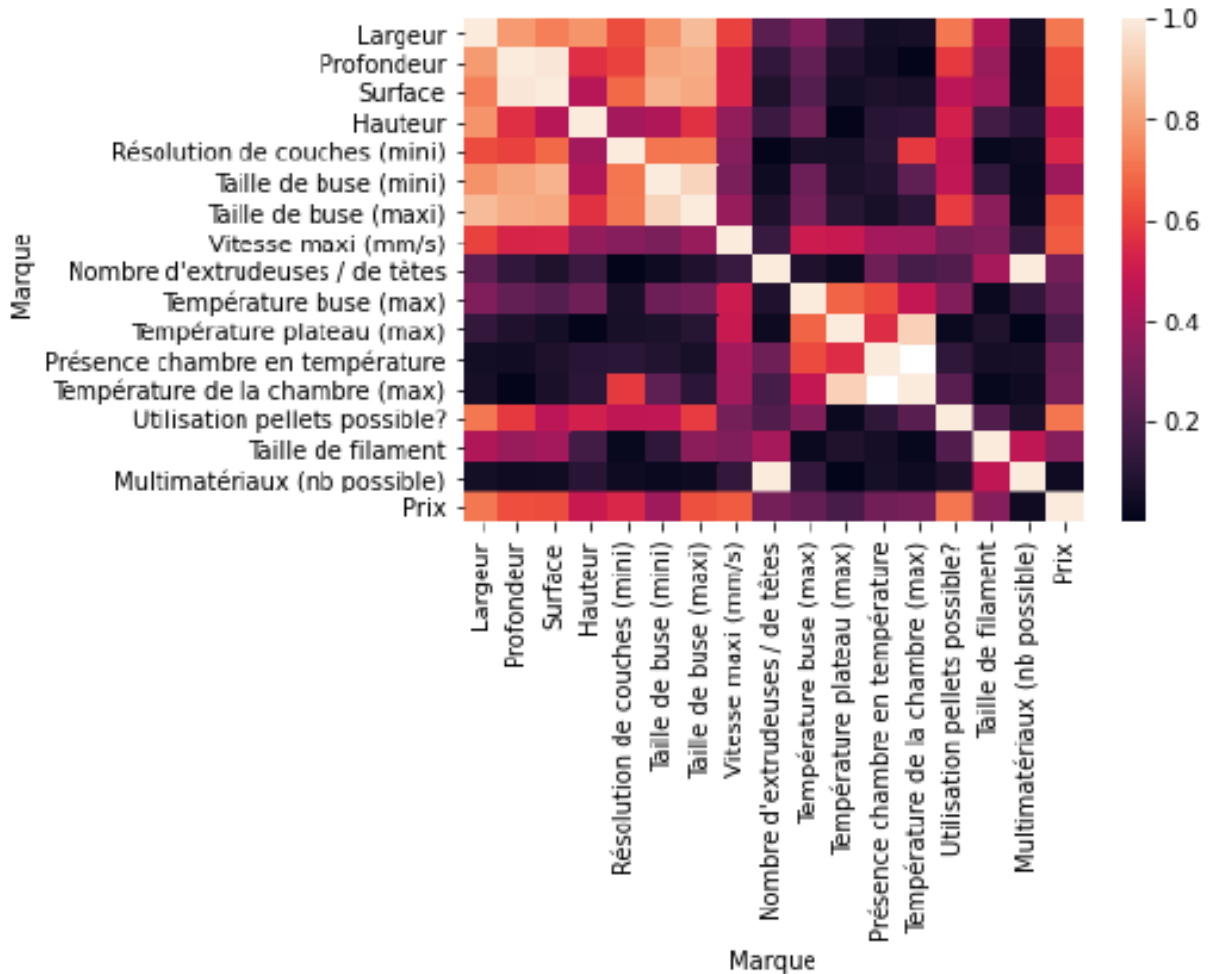
5- Résultats

Afin de pouvoir vérifier la validité technico-économique des machines, une étude de corrélation entre les différents paramètres identifiés précédemment a été réalisée. Ainsi une échelle de corrélation a été créée entre 0 et 1, 0 signifiant qu'il n'y a aucune corrélation et 1 une corrélation parfaite et donc une liaison entre les paramètres identifiés.



Les analyses de corrélation donnent donc les informations suivantes :

Procédé FDM :



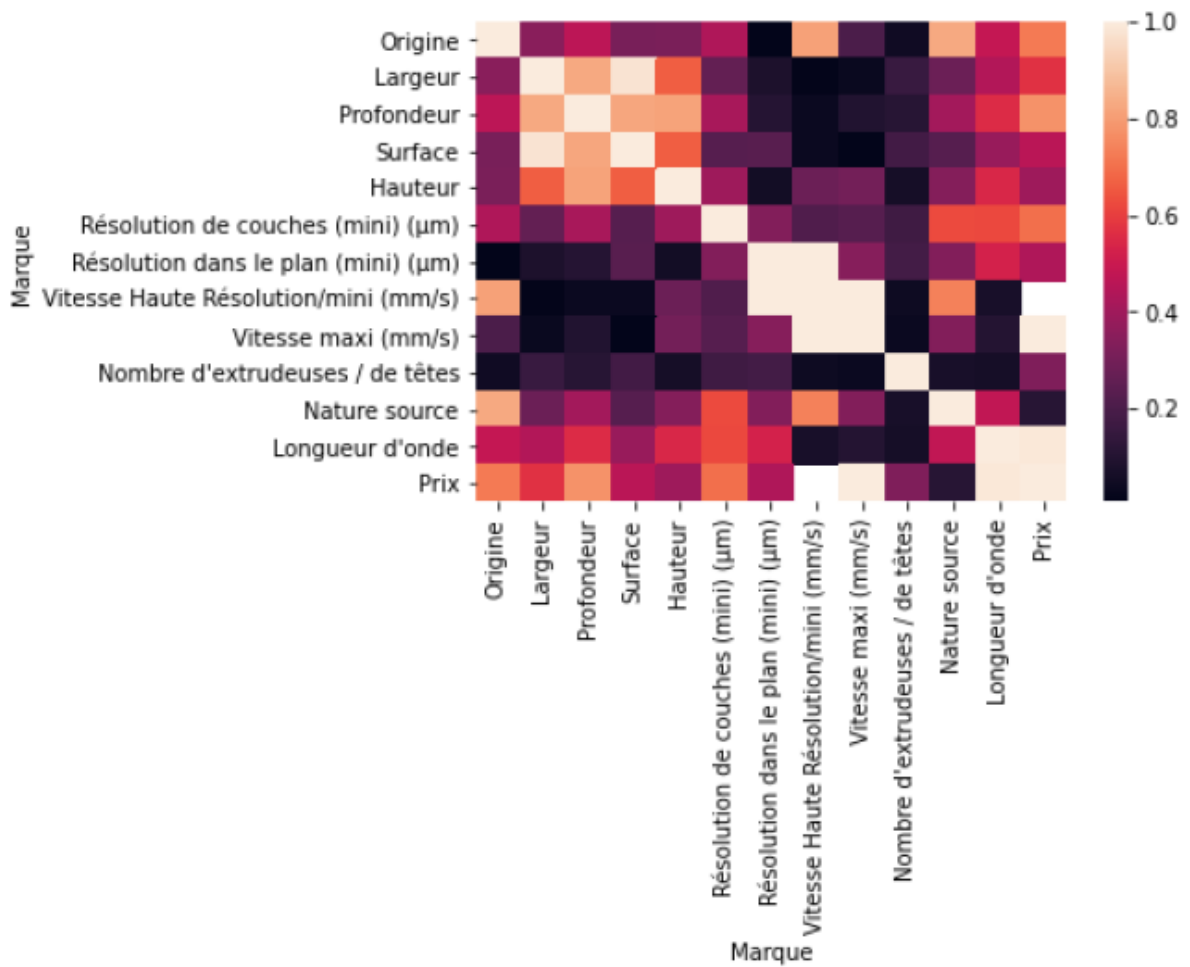
Aucune corrélation entre les données techniques et les prix n'est observée, aussi, le tarif d'une machine n'est pas forcément représentatif de la technicité de celle-ci.

Les seules corrélations existantes sont :

- Les dimensions entre elles
- Les températures entre chambre et plateau (plus la température maximale de la chambre peut-être haute, plus la température du plateau l'est également)



Procédés de Polymérisation : SLA



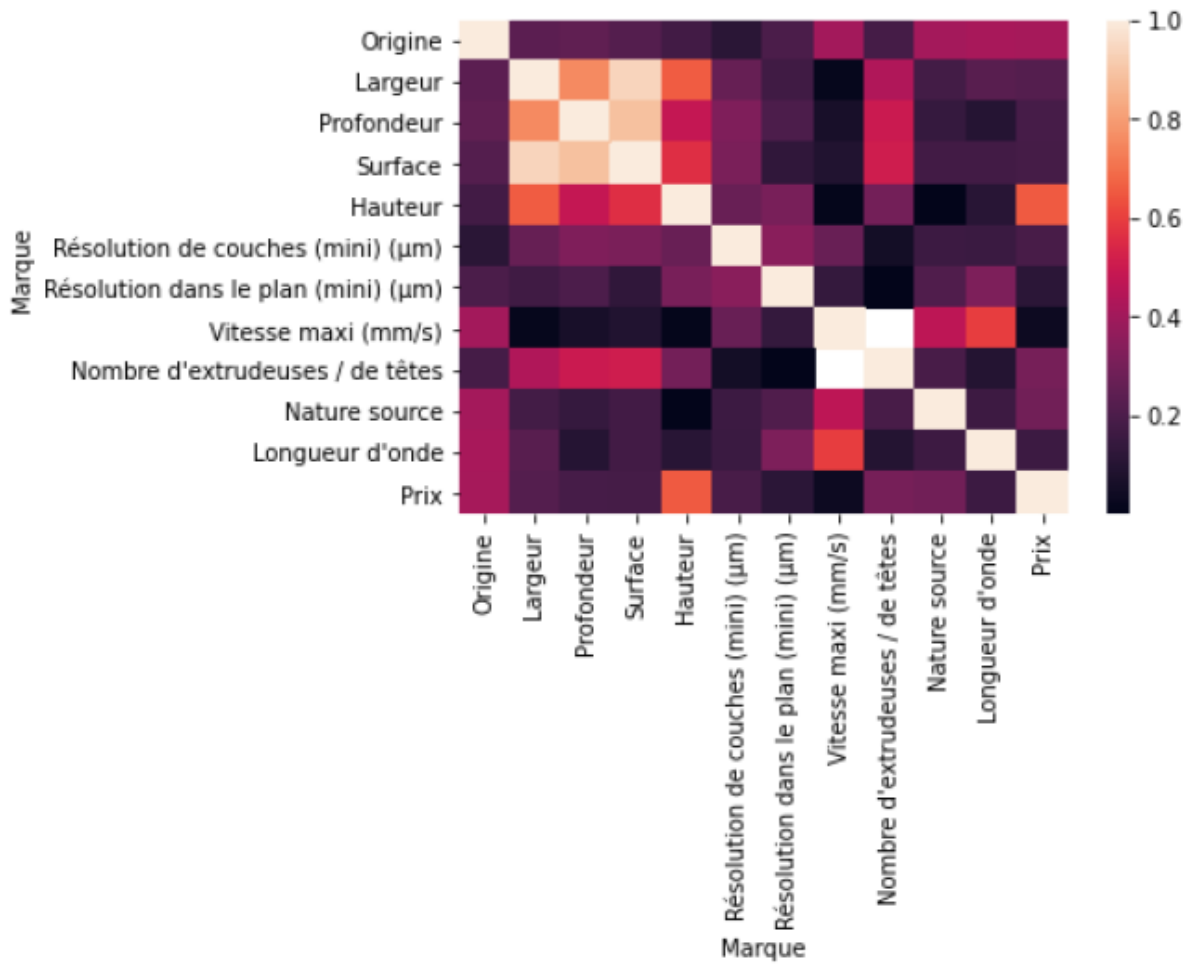
Les corrélations existantes se situent entre :

- Les dimensions entre elles
- Les vitesses entre elles (la vitesse haute résolution est liée à la vitesse maximale)
- La vitesse minimale et la résolution minimale (plus la vitesse est faible, plus la résolution sera faible et donc la précision importante)
- Le prix en fonction de la longueur d'onde du laser (si le laser a une longueur d'onde plus importante, la machine est moins chère)

Donc plus la vitesse sera faible, plus la précision sera importante.



Procédés de Polymérisation : DLP

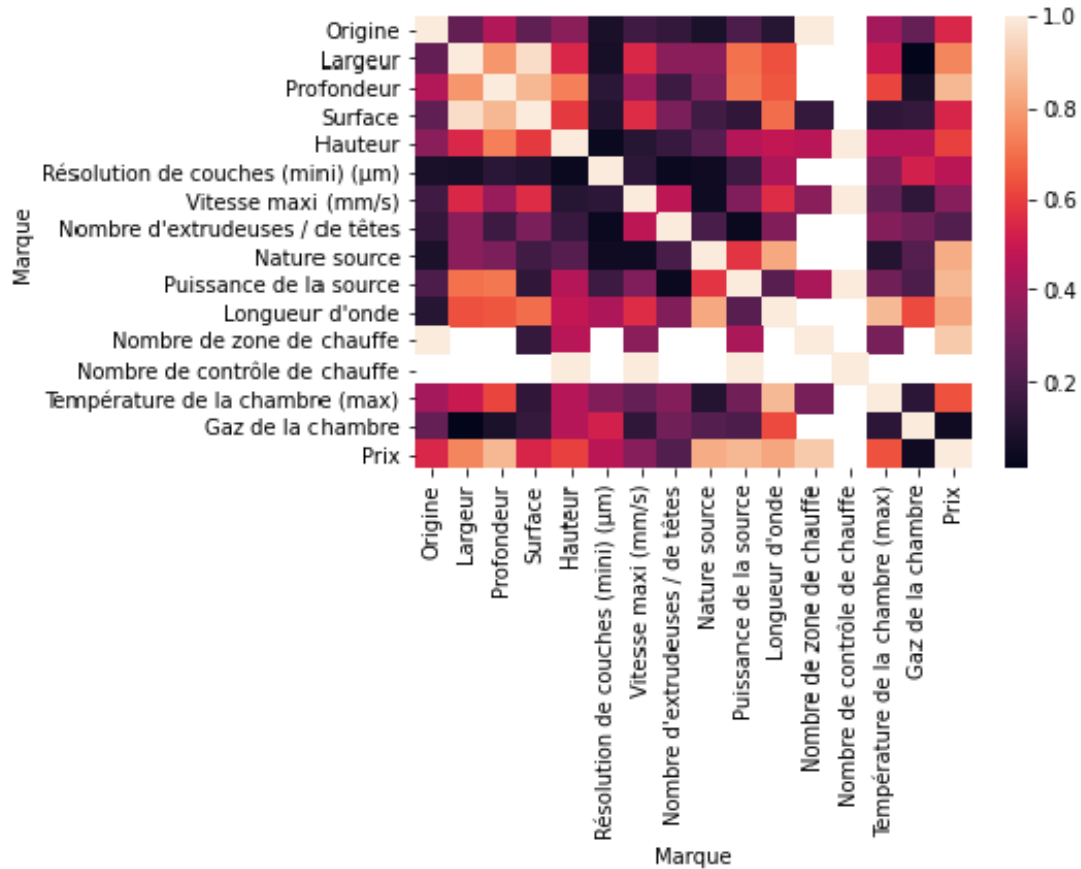


Les seules corrélations existantes se situent sur les dimensions entre elle.
Il n'y a pas vraiment de corrélation entre le prix de la machine et sa technicité.



Procédés par fusion lit de poudre : SLS/MJF

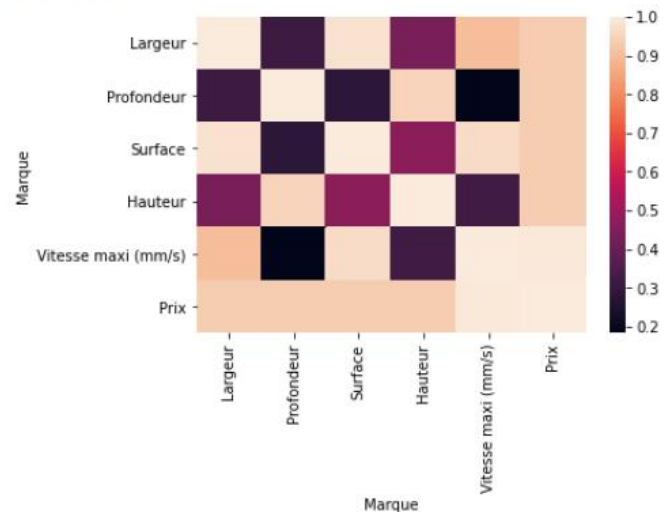
SLS



Outre la relation habituelle entre les dimensions, des corrélations technico-économiques existent. Aussi, le prix évolue en fonction de :

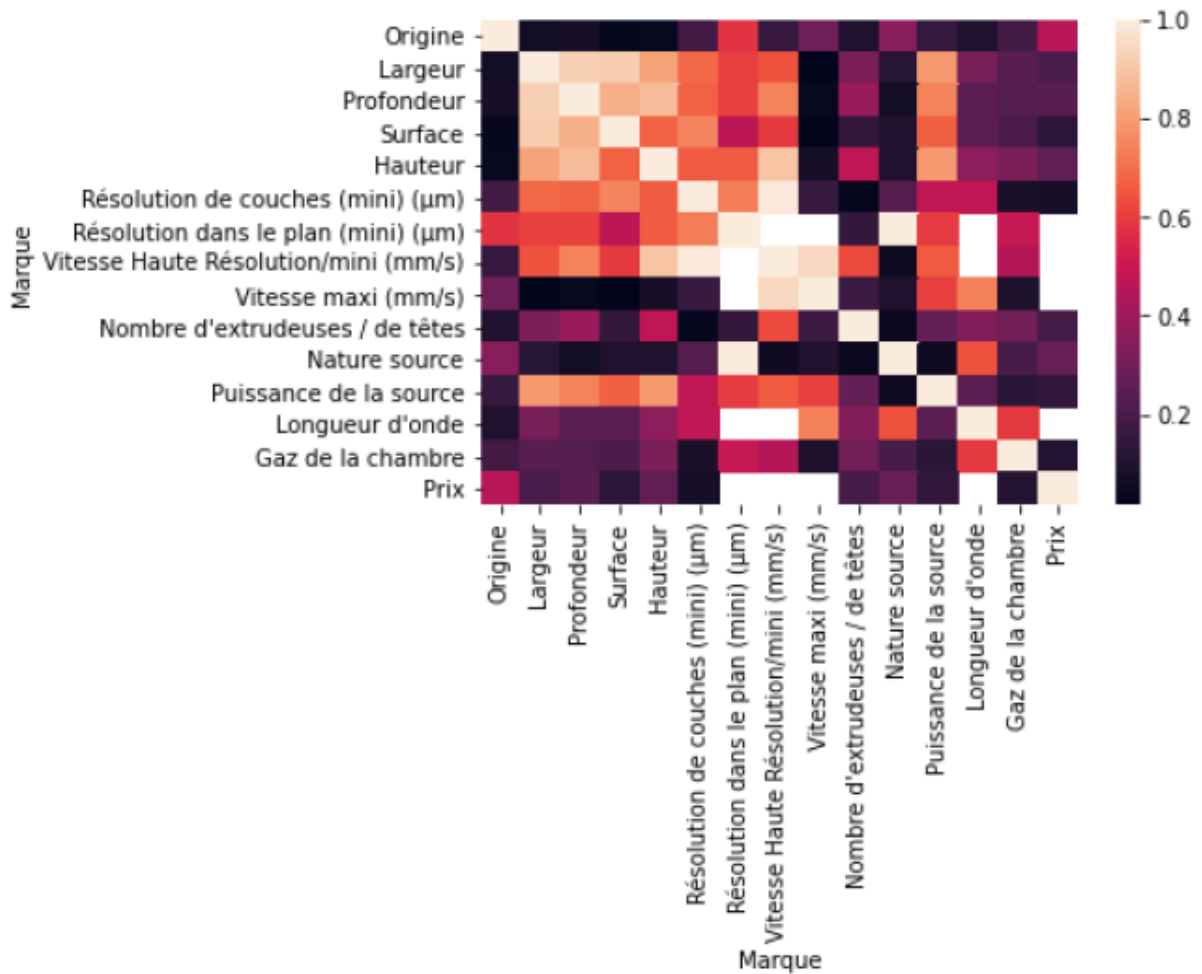
- La nature de la source laser
- Les caractéristiques du laser (puissance et longueur d'onde)
- Le nombre de zones de chauffe (plus il y en a, plus les machines sont chères permettant une maîtrise de procédé plus importante)
- La taille de la zone d'impression (plus la zone d'impression est grande, plus la machine sera chère)

MJF - SLS



Procédés par fusion lit de poudre : SLM

SLM



Les corrélations existent :

- Sur les dimensions entre elles
- Entre les vitesses et les résolutions (plus les vitesses peuvent être faibles, plus la précision sera importante)

Pas de corrélation sur les prix n'a été trouvé sur les différents procédés

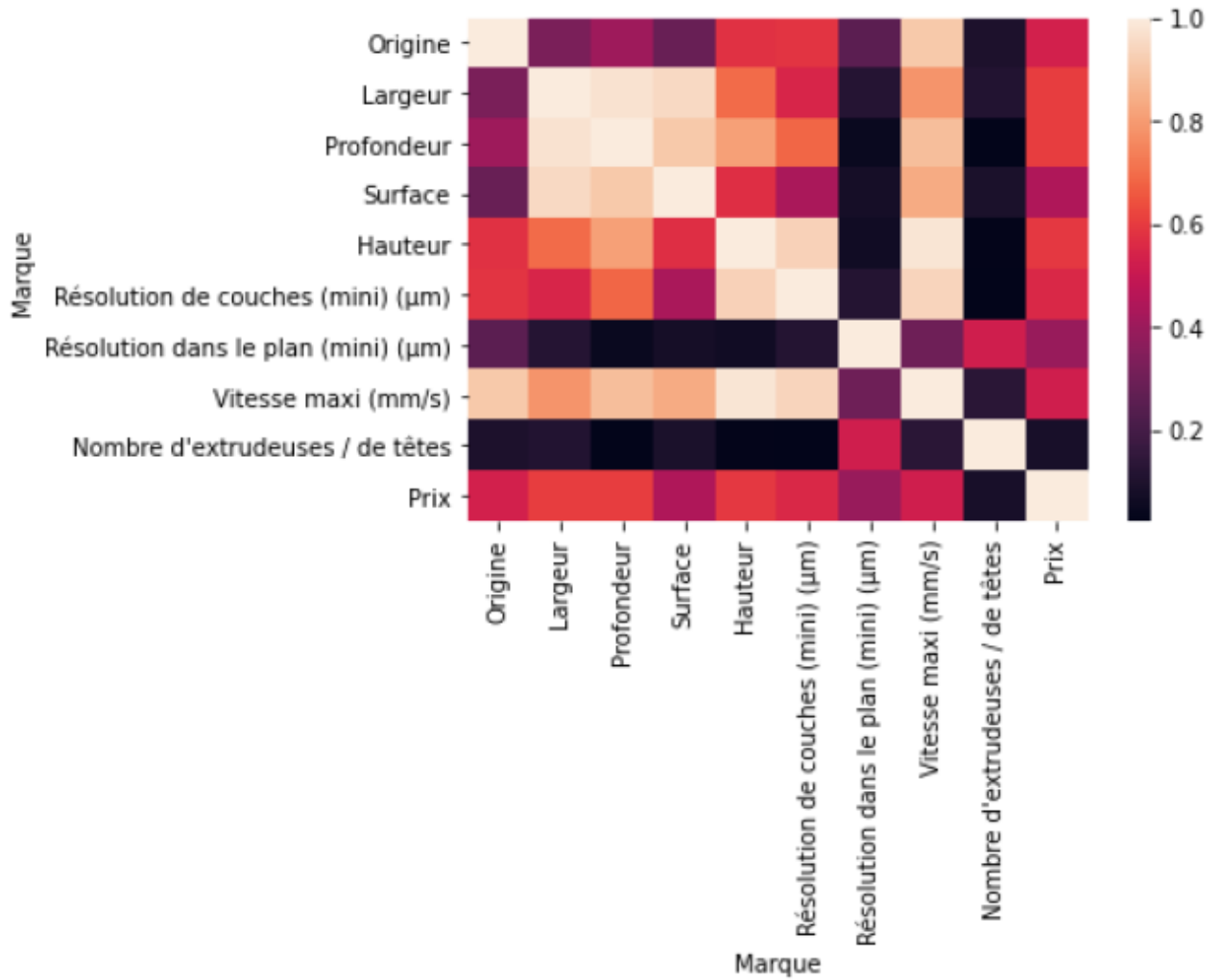
Procédés par fusion lit de poudre : SLM – DED - EBM

Pour rassembler ces procédés, il a fallu retirer certaines variables pour lesquelles nous n'avions des informations que pour le processus SLM. Les résultats sont similaires.



Procédés par projection : BJ – MJ – CJP

BJ-MJ-CJP



La vitesse est corrélée aux dimensions de la zone d'impression.
Aucune corrélation entre la technicité des machines et les prix de celles-ci.



6- Conclusion

Sur l'ensemble des machines étudiées, nous pouvons obtenir les conclusions suivantes :

- Même si pour certaines technologies aucune raison technique visible permet d'expliquer le prix des machines, la taille de la zone d'impression semble avoir une influence. Aussi, plus les pièces que vous souhaitez imprimer seront grandes, plus l'investissement machine sera important. Ceci est expliqué par la technicité à conserver sur des dimensions plus importantes, liée au dimensionnement de la mécanique et de l'électronique nécessaires au bon fonctionnement des machines.
- La résolution sera globalement meilleure avec des machines pouvant travailler à des vitesses plus faibles. Attention malgré tout, car diminuer les vitesses de fabrication peut entraîner des allongements de temps de fabrication, il faudra alors prendre cela en considération dans les coûts d'amortissements dans les prix de pièces.

Ce projet aura finalement permis d'obtenir une base de données sur les machines de Fabrication Additive existantes tous procédés confondus, permettant de fournir des paramètres factuels quant au choix d'une machine par rapport à une autre aux acteurs industriels souhaitant investir dans ces technologies.



Annexe 1 – Tableau résumé des machines FA



Résumé-machines-3
D.xlsx

Annexe 2 – Etude de corrélation



Livable ETU-21-002
NAE Rapport.pdf

