

LE DESIGN GENERATIF

Préambule : Dans les faits ces deux mots recouvrent plusieurs réalités qui n'ont que peu de choses à voir ensemble. Sans rentrer trop dans les détails, il suffit de faire une recherche sur le net pour voir apparaître sous ce vocable aussi bien des générateurs de code informatique ou des objets « pseudo-artistiques ».

Pour ce qui nous concerne d'un peu plus près, nous ne donnerons pas de liste exhaustive des logiciels de design génératif, car, le vocable peut varier, soit pour des raisons de marketing, soit de marques déposées. Nous citerons nos sources, pour ceux qui veulent en savoir plus.

Ce mini échange a pour but de montrer qu'une évolution de certains métiers en formation initiale ou pour des professionnels déjà expérimentés est inévitable.

Pour vous mettre en appétit, voici à quoi peut ressembler du design génératif par rapport à la conception paramétrique.



(Source a3dm-magazine.fr)

Cette première image et la pièce de droite nous amènent à remarquer deux choses : une seule pièce au lieu de huit composants : mais, surtout à qui ce n'est pas familier, une forme tout à fait inattendue. Il est certainement difficile d'imaginer pour la plupart d'entre nous une telle pièce, car ce n'est pas l'œuvre d'un artiste des beaux-arts, mais bien une pièce industrielle répondant aux deux impératifs qui sont, fonctionnalité et juste robustesse.

Deuxième précision :

Il ne faut pas confondre « optimisation topologique » avec « design génératif ».

Cette remarque indique qu'il y a une différence majeure et que l'on peut résumer par :

- L'optimisation topologique part d'une pièce existante et essaie de la modifier pour répondre à trois critères : diminution du poids au maximum, mais au détriment d'un peu de robustesse, diminution du poids à partir d'une robustesse définie et de ce qui ne peut être diminuée sous aucun prétexte et

avec une prise en compte des contraintes de fabrication.

- Le design génératif lui part d'un besoin fonctionnel mécanique (ce qui ne veut pas dire esthétique). En effet, on ne part pas d'une pièce, mais de fonctionnalités de bases, sans aucun corps autour. Nous pourrions dire que l'on part du vide.

OPTIMISATION TOPOLOGIQUE

Dans l'optimisation topologique, il n'est pas obligatoire de tenir compte de la méthode de fabrication, puisque l'on part d'une pièce existante améliorée via un logiciel. D'ailleurs dans les logiciels standalone, il y a un aller et retour entre le logiciel paramétrique d'origine et celui faisant l'optimisation.

Nous reprenons la définition de Mme Christine Moullet TFL solution (in F3DF) qui est concise et précise.

L'optimisation topologique** : consiste à trouver la répartition de matière idéale dans un volume donné soumis à des contraintes. La résolution d'un problème passe par la discrétisation de la pièce à optimiser selon la méthode des éléments finis ; la géométrie est alors réduite à un maillage. On peut ainsi soit fixer la quantité de matière mise en œuvre pour mettre en avant des formes optimales, soit chercher directement à définir une forme minimisant la matière à mettre en œuvre pour alléger au maximum la structure, en respectant une contrainte à ne pas dépasser. Le résultat obtenu est une géométrie « facettisée » sur laquelle **une rétroconception est souvent nécessaire.

(Nous rajoutons : il y a toujours une retro conception dans les faits)

Important à noter que l'optimisation topologique ou le design génératif ne sont pas l'apanage exclusif de la technique de fabrication 3D du type Print 3D, quelle qu'en soit la technique. Elle s'adapte assez bien aux autres techniques de fabrication classique à quelques exceptions près. Les logiciels d'optimisation topologique ne font que varier les hypothèses à partir de simulation par éléments finis, avec des techniques presque assimilables à de la CAO générative.

Je perçois l'optimisation topologique comme une formidable occasion de voir apparaître des formes simplifiées que j'aurais eu bien du mal à imaginer. C'est une remise en question de la façon de dessiner, car on met souvent de la matière là où c'est totalement inutile même sans faire d'optimisation.

Nota : en conception paramétrique pure, le logiciel de simulation de base nous permettrait aussi en théorie d'optimiser des formes, mais jamais comme celles qui sont issues d'optimisation topologique.

LE DESIGN GENERATIF

Il se distingue fondamentalement de l'optimisation bien qu'ils en reprennent l'essentiel avec la RDM par éléments finis : mais il va plus loin et « en théorie » plus vite et plus simplement. Il part de la fonctionnalité vers le volume et non pas d'un volume que l'on optimise a posteriori.

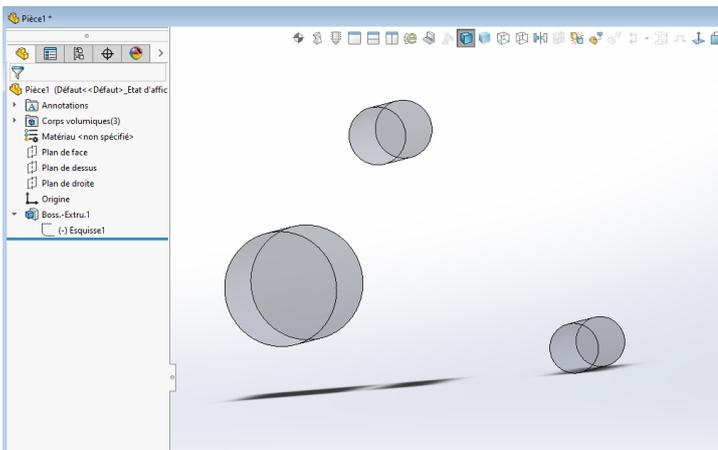
Le logiciel vous contraint à travailler dans le vide (sans matière entre les fonctionnalités) et seulement à partir des éléments absolument incontournables aux fonctionnalités de la pièce ou de l'ensemble.

Prenons un exemple simple : En général, nous dessinons la pièce puis nous mettons les différents trous, renforts et autres formes en partant de fonctionnalités plus ou moins figées.



En conception classique, nous aurions plutôt une pièce du type ci-contre, pour une pièce en alu taillée dans la masse.

Par contre avec du design génératif, il suffit de ne définir que les fonctionnalités et les contraintes mécaniques.

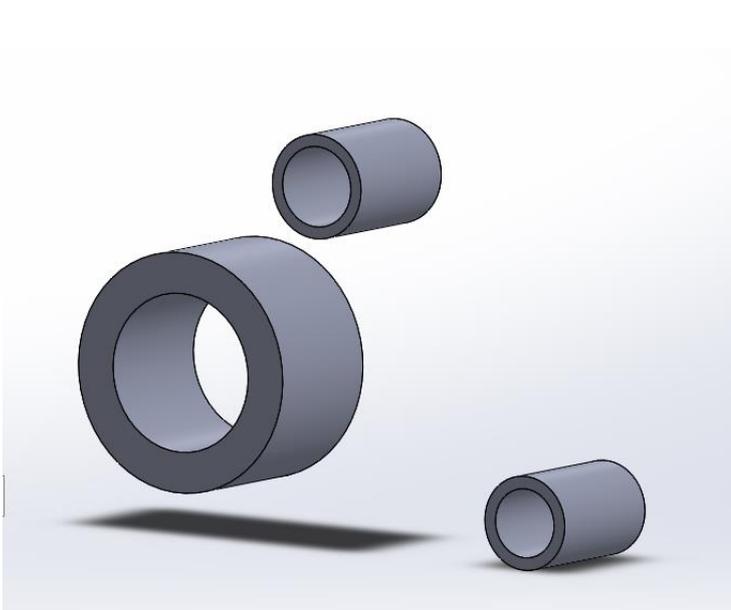


Dans l'exemple ci-contre, nous pourrions penser à trois pièces et non pas une : ce à quoi nous faisons remarquer que ce ne sont pas des pièces mais des fonctionnalités.

Avec le design génératif et à partir des trois informations de base dont j'ai besoin, je peux demander au logiciel de créer la pièce. Évidemment, je me dois d'indiquer les efforts, les translations et rotations possible, les contraintes de déplacement, et également -si c'est incontournable- la matière

minimum que je veux autour des fonctionnalités, etc...

Ci-dessous vous avez un exemple d'information au minimum à fournir.

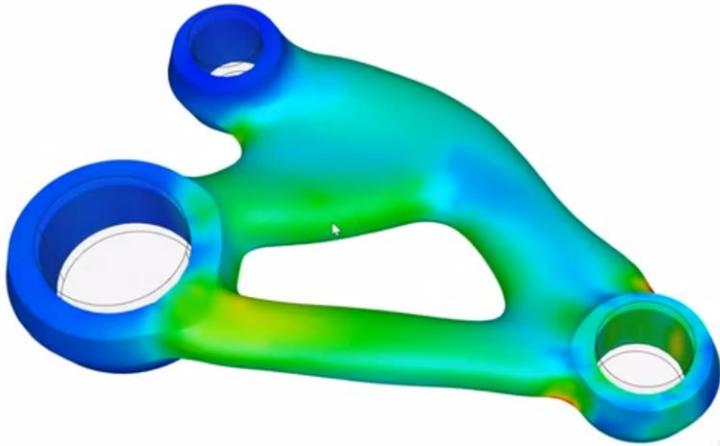


Ce qui donne à peu près ceci puisque je dis au logiciel que j'aurais besoin de ces masses autour des alésages.

Une fois les données techniques et les contraintes imposées, si je ne donne pas de contraintes supplémentaires autres que je veux imprimer en 3D le logiciel va me générer cela. (Source PTC)

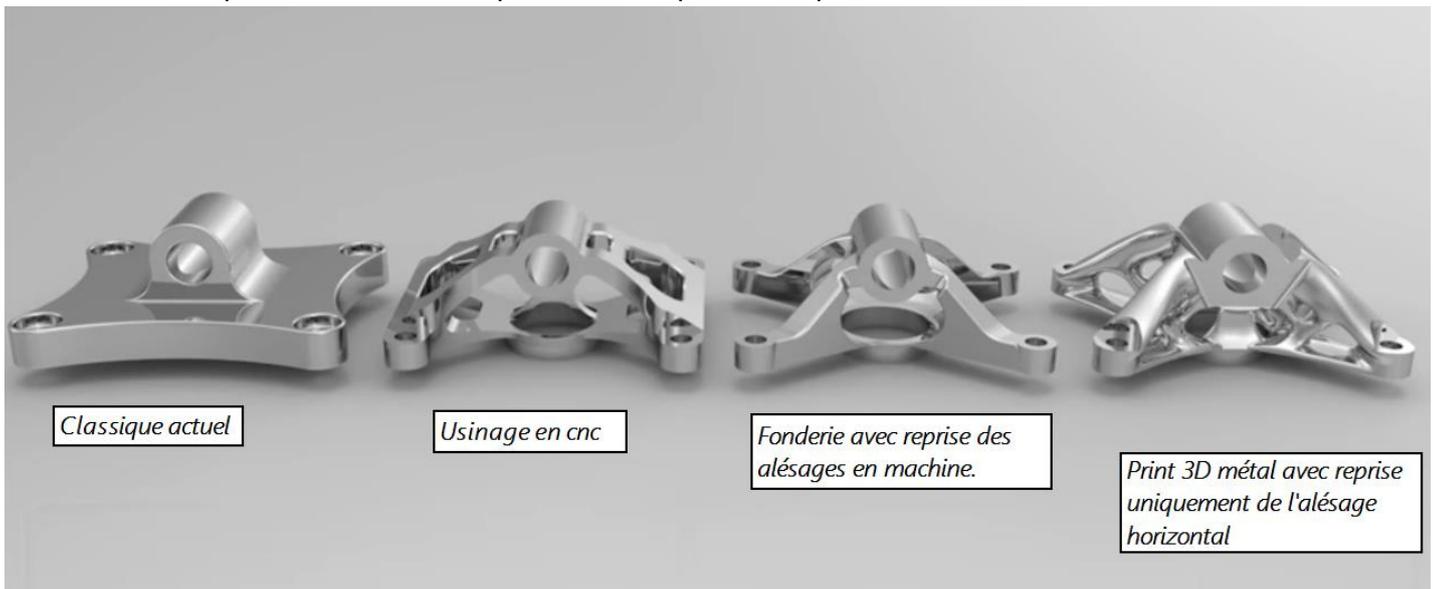


Il donne aussi sans reprise le résultat de ce que j'aurais obtenu si j'avais fait aussi une simulation PEF ou une optimisation.



En design génératif, je peux aussi définir au départ que la pièce sera faite en fraisage CNC avec plus ou moins de sophistication en fonction de l'enjeu et du coût de l'usinage (les rayons à la fraise à boule coûtent cher)

Voici une même pièce réalisée selon quatre modes prédéfinis par avance.



(Source - CATIA Function-driven Generative Design for Lightweight Engineering)

Nous constatons que nous avons un peu de mal à voir la différence avec l'optimisation topologique. Cependant, la différence est importante et a défaut de la définir, tentons de l'approcher.

Nous pourrions nous en tirer par une pirouette en disant que dans les deux cas, nous faisons de l'optimisation. Certes ! sauf que l'enjeu n'est pas du tout le même.

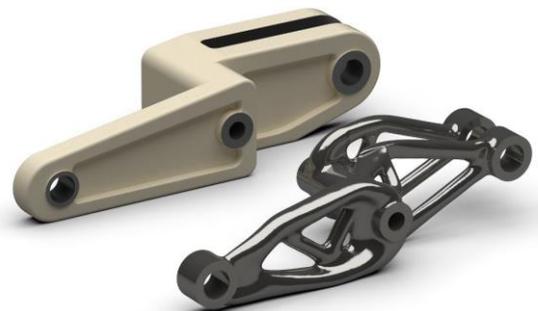
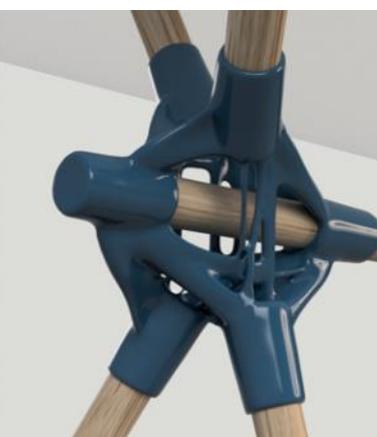
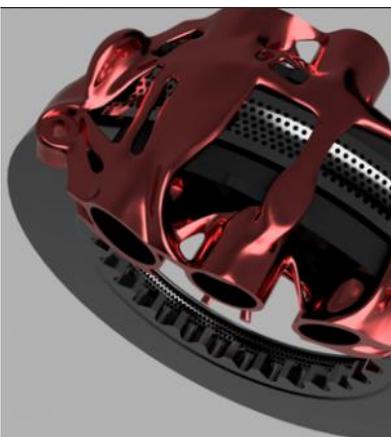
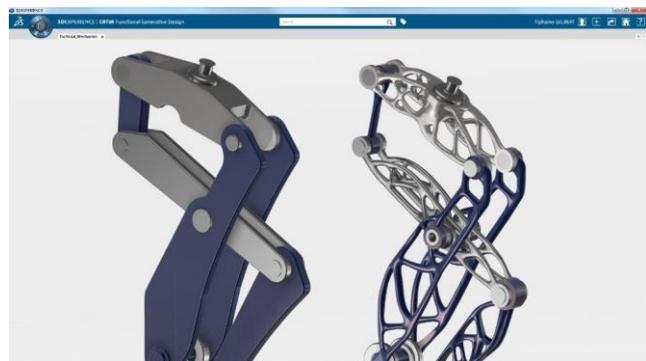
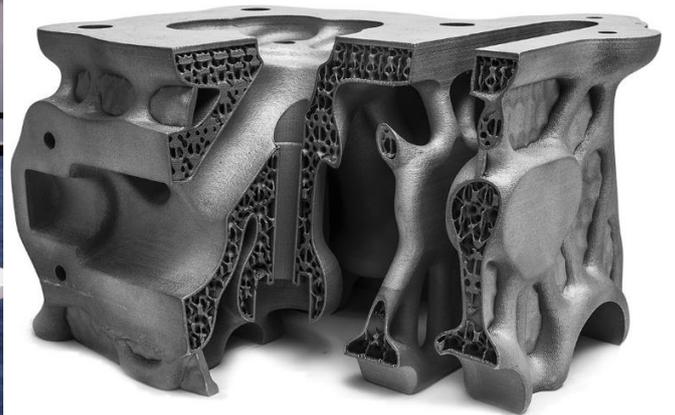
Dans un cas, l'optimisation « corrige partiellement par soustraction de matière ». Toutefois l'optimisation ne se fait en général que sur les formes et volumes déjà créés ce qui a été fait, (souvent de façon trop détaillée) ce qui contraint inutilement le logiciel d'optimisation.

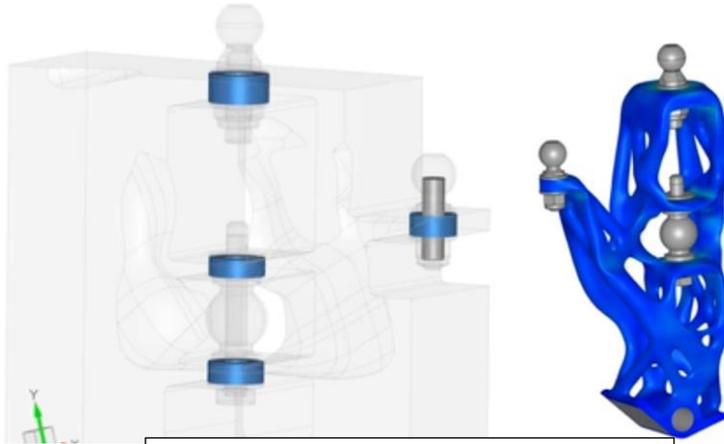
Par contre, le design génératif crée directement la matière qui entoure les fonctionnalités absolument essentielles. Il prend en compte aussi les zones réservées : c'est-à-dire des espaces où il n'a pas le droit de générer de la matière. Il prend en compte la matière qui doit être impérativement conservée, par exemple autour des alésages. Dans les faits les possibilités sont bien plus nombreuses mais nous ne rédigeons pas ici, une aide en ligne. Le design génératif fait mieux et en une seule étape, qui demanderaient autrement beaucoup d'itérations.

Quelques exemples

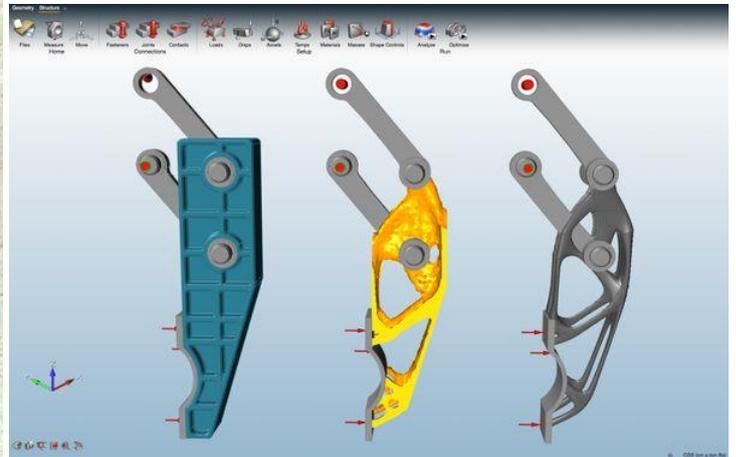
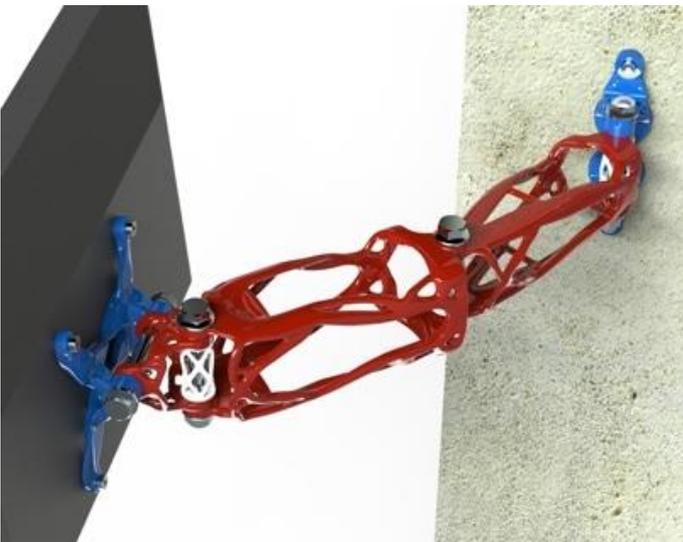


(source © Kevin Poireault)





Définition simple avant et résultat après



QUESTIONNEMENTS ET CONSEQUENCES

Pour finir ce petit tour d'horizon, nous devons mettre en lumière certains points qui seront très structurants pour l'avenir professionnel du concepteur lui-même.

1°) Est-ce la panacée ?

Le vendeur enthousiaste vous dira que oui. Un ingénieur d'un grand éditeur de logiciels affirmait même que d'ici à deux ou trois versions de son logiciel actuel, le paramétrique aurait totalement disparu. Mais entre le dire et le faire, il y a la moitié de la mer. Voici quelques objections que j'ai posées. Il n'est pas correct de faire croire qu'en une seule action, on définira la pièce car même dans le cas d'Airbus avec sa cloison de cabine lorsque l'on regarde un peu les faits on lit ceci (source Autodesk) *Toutes les combinaisons possibles d'une solution sont passées en revue dans le but de déterminer la meilleure option. Dans le cas présent, 10 000 variantes de conceptions ont été générées pour cette seule cloison.*



Évidemment avec les impératifs de sécurité très élevés et l'enjeu des gains de poids dans un avion volant quelques dizaines d'années, on comprend que l'on s'y reprenne à plusieurs fois avant d'arriver au résultat intégrant une multitude de contraintes difficilement cernable dès la première itération.

2°) qu'est-ce que cela implique.

Avec le design génératif, la phase de dessin laisse place à la réflexion sur les contraintes à donner à l'algorithme, mais surtout nous contraint à imaginer dès le départ l'ensemble des fonctionnalités, ce qui n'est pas toujours évident surtout avec les machines spéciales avec l'intégration des pièces sur étagères.

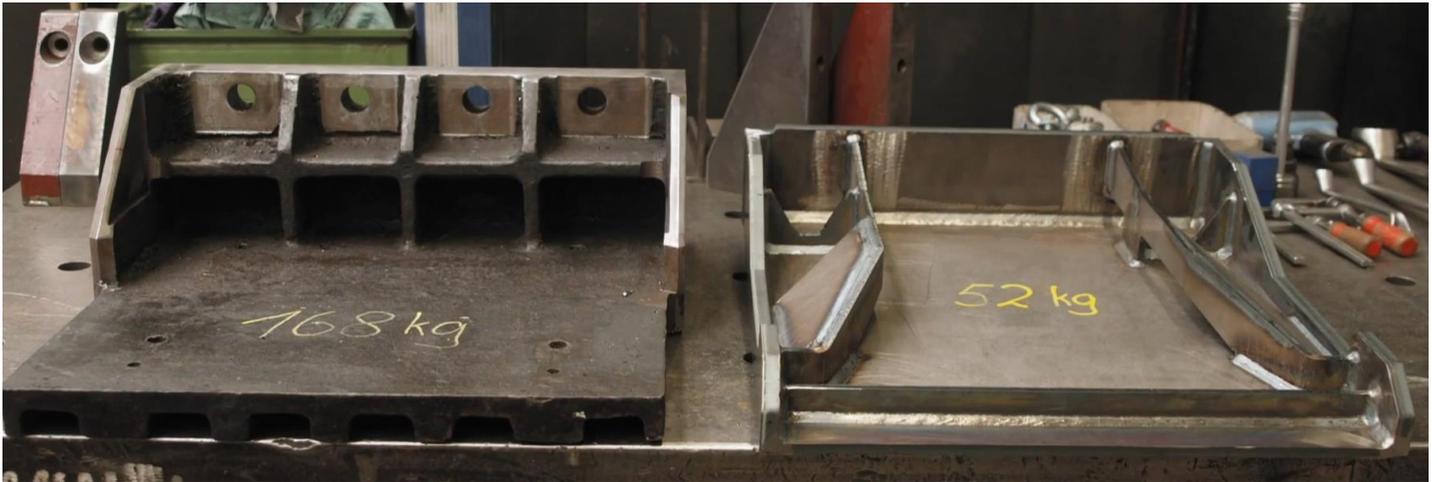
Le design génératif est approche algorithmique du design industriel, dans laquelle l'opérateur ne définit pas des points, des lignes et des surfaces mais plutôt les contraintes physiques que le composant doit supporter » : Mme Erin Bradner, Autodesk

Il y a quand même d'autres avantages que le « Time To Market » dont on nous rabat les oreilles. On peut noter que des pièces plus sophistiquées n'ont pas un coût qui augmente de façon proportionnelle à la sophistication bien au contraire. C'est même ce qui peut rendre les pièces fabriquées en « print3D » moins onéreuses. La complexité de fabrication coûte dans ce cas bien moins cher qu'en usinage classique. Les autres postes d'économie viennent de la diminution des montages nécessaires, de la diminution du nombre de pièces et du coût d'acquisition de celles-ci dus aux frais d'approvisionnement, transport. Tous ces éléments montrent une dé-complexification drastique des pièces.

Prenons quelques cas concrets sur lesquels j'ai un peu de mal à voir comment il faudrait s'y prendre :

- 1° - tout ce qui est fait en tôlerie par exemple une armoire électrique fermée, une trémie, etc...
- 2° - toutes les pièces alambiquées qui sont créées au quotidien et qui n'ont pas obligatoirement besoin d'être allégées, mais où le gain peut être ailleurs.
- 3° - tout ce qui est fait en surfacique, mais qui nécessite des allègements dans les faces cachées (typiquement les pièces injectées pour l'électroménager et autre objet de la vie quotidienne)
- 4° - toutes les pièces moulées genre carter de boîte de vitesses.
- 5° - tout ce qui est relatif à la chaudronnerie et notamment tout ce qui est bâti ou construction soudée. Toutefois cela existe, mais comme ce type de montage est remplacé par du « print3D » nous ne sommes plus dans du mécano soudé. Il faudrait comparer les deux prix de revient surtout là où il y a beaucoup de soudure avec des gros cordons ou plusieurs passes.

Voici toutefois un exemple d'utilisation dû au design génératif en mécano soudure. (source Groupe Claudius Peters GmbH,)



De plus, même si le logiciel demande dès le départ de choisir le type de fabrication usinage ou print3D, on se rend compte qu'il y a des ouvertures et autres enlèvements de matière (tel un alésage H7 ou des taraudages) ou des zones réservées qui ne peuvent pas toujours être connues à l'avance.

Il faudra bien spécifier les reprises d'usinages et il faut savoir si ce logiciel génère aussi des MEP qui permettraient de signifier toutes les reprises en usinages. A l'occasion, je demanderai une précision sur ce point.

Quand l'ingénieur annonce un peu rapidement ou tout du moins, incomplètement qu'il n'y aura plus de paramétrique, il faudra bien qu'il y ait des fonctions équivalentes pour rajouter ou retirer de la matière parce qu'il est difficile de tout prévoir dès le début : surtout si l'on travaille à plusieurs.

Si vous n'avez plus de fonctions paramétriques eh bien, vous serez obligé d'exporter vers un logiciel utilisant encore le paramétrique et de faire des allers et retours import-export, avec tous les bugs que cela génère.

Autres points qui montrent encore le gap à franchir : le nombre d'usieurs, ouvriers qui sont incapables de lire en 3D. Combien de tablettes, écrans tactiles et autres systèmes modernes existent dans les ateliers pour remplacer ou tout du moins permettre de lire de la 3D qui remplacera à terme les plans 2D ?

Les concepteurs eux-mêmes comme nous l'avons entre aperçu devront opérer un sacré changement de cadre de référence et façon d'imaginer leurs pièces et pire les assemblages avant conception.

Nous voyons l'effort constant des éditeurs de logiciels pour déspecialiser les fonctions de l'entreprise. Par exemple par la mise à disposition d'outils qui ne sont plus seulement utilisables seulement par des ingénieurs calculs hautement qualifiés. Ces éditeurs cherchent aussi à mettre à disposition des logiciels pour des « end users, mais dans les faits l'évolution se fait très lentement et à la marge pour l'instant.

Le logiciel qui nous a été présenté est comme le conducteur utilisé par le chef d'orchestre : la symphonie est magnifique en un seul mouvement, mais quand on regarde les partitions de chaque pupitre (chaque métier) on voit qu'il a quand même beaucoup de bémols à la clé.

Et Solidworks ??

Me direz-vous et bien à part Xdesign <https://www.visiativ-industry.fr/solidworks-xdesign-en-10-points/> qui fait plus de l'optimisation topologique que du génératif design, je n'ai aucune information sur le sujet.

A noter que Xdesign tente de nous emmener vers le logiciel 100% dans le cloud, ce qui est le meilleur moyen d'avoir des revenus récurrents pour l'éditeur. Ainsi, ceux qui ne payeront pas la redevance annuelle ne pourront plus travailler. Heureusement, il existe et existera toujours des logiciels standalone permettant de s'affranchir au moins un certain temps de l'obligation d'utiliser un logiciel 100% cloud.

N'hésitez pas à faire des commentaires, car le but, c'est d'échanger des points de vue sur l'avenir et les impacts futurs sur nos métiers.

Cordialement

Pierre