



SIEMENS

Ingenuity for life




Siemens Digital Industries Software

La fabrication additive

Pièce maîtresse de l'industrie 4.0

[siemens.com/software](https://www.siemens.com/software)



Par définition, la fabrication additive ou additive manufacturing s'oppose à la fabrication soustractive qui consiste à retirer de la matière afin d'atteindre la forme désirée. Basée sur les technologies d'impression 3D, la fabrication additive englobe l'ensemble des processus industriels depuis le prototypage jusqu'à la fabrication finale d'un produit ou d'un composant. Grâce à sa flexibilité et à l'absence de limites en termes de formes et de matériaux, l'additive manufacturing ouvre des perspectives d'innovation encore jamais rencontrées.

Applications les plus courantes :

- Prototypage
- Fabrication d'équipements industriels
- Réalisation de produits personnalisables
- Production de composants en quantité réduite ou de produits en série limitée

Applications en développement :

- Création d'organes et de tissus humains.
- Construction d'édifices architecturaux
- Prêt-à-porter
- Produits alimentaires.
- Maintenance via recharge de matière dans les zones usées

Impacts organisationnels et environnementaux de l'ingénierie de la performance

La fabrication additive, dans son fonctionnement, est la parfaite illustration de ce qui est attendu aujourd'hui lorsque l'on parle d'Industrie 4.0 : optimisation des processus, élimination des silos et respect de l'environnement.

Avec la fabrication additive, l'entame d'un projet n'est plus soumise à l'attente d'un cahier des charges hyper détaillé. Démarrer la conception d'un produit peut en effet se faire à partir d'un premier brief qui permettra de réaliser un prototype, d'en tester les pièces, de vérifier leur fonctionnement et d'alimenter une documentation à partir des différentes remontées. Une phase qui ne prend désormais plus que quelques jours ou semaines contre des mois auparavant voire, parfois, des années.

Les nouvelles technologies de conception vont permettre d'examiner un grand nombre d'approches notamment en termes de design.

"Dans les faits, les produits suivent un processus de fabrication qui s'apparente de très près à celui du logiciel : ils évoluent au cours du temps avec des petites mises à jour et n'ont plus de design figé", précise Emilien Goetz, Additive Manufacturing Consultant chez Siemens Digital Industries Software. Les nouvelles technologies vont permettre d'examiner un grand nombre d'approches notamment en termes de design et obtenir une optimisation au fil de l'eau avec des produits en constante amélioration.

L'agilité au service de la performance

Numérique par essence, l'impression 3D s'intègre naturellement dans une chaîne de traçage logicielle appelée Product Lifecycle Management (PLM). Sont ainsi reliés, au sein d'une même plateforme, l'ensemble des maillons de la chaîne de fabrication : bureau d'étude, atelier, partenaires et parfois clients. Fini les conversions de données chronophages. Ici, la mise en données se fait au départ et l'ensemble des étapes jusqu'à la fabrication requiert une simple propagation des mise-à-jour du modèle. "Cela permet notamment de réaliser des boucles de conception hyper rapides. Être intégré dans une chaîne de traçage permet d'y sauvegarder et de gérer facilement toutes les itérations de toute la chaîne, depuis la conception jusqu'à la production et de manière totalement associative", explique Pascal Devatine, CAD & Additive Manufacturing Portfolio Developer (NX & Solid Edge) chez Siemens Digital Industries Software.



Economie circulaire et éco responsabilité

Un des principes même de l'impression 3D est de réduire drastiquement la consommation de matière. Seul sera en effet consommé la quantité de matériau nécessaire à la fabrication du produit (poudre, résine, polymères, etc.). Par opposition, dans un circuit de fabrication classique, l'usinage d'un bloc massif de matière première peut engendrer jusqu'à 80% de déchets. Par ailleurs, du fait d'une phase de conception plus riche et plus dynamique, il est possible de tout repenser pour alléger les pièces, les rendre plus résistantes et réduire leur nombre. Leur durée de vie s'en voit ainsi fortement augmentée. Le recours à la fabrication additive permet effectivement de penser différemment la conception, en intégrant plus de fonctions au sein d'une même pièce, en optimisant, avec le calcul et la simulation numérique, la performance du produit et la conception des pièces.

Un des principes mêmes de l'impression 3D est de réduire drastiquement la consommation de matière.

“C'est, par exemple, le cas des brûleurs présents dans les turbines fabriquées par Siemens Energy. Pour brûler efficacement des gaz comme l'hydrogène, qui implique des problématiques spécifiques comme une température de combustion très élevée, il a fallu repenser les brûleurs afin de les rendre plus résistants et donc de les remplacer moins souvent”, illustre Emilien Goetz. S'ajoutent à cela des réductions de délais de production mais aussi des coûts de transports et de stockage. Enfin, certaines pièces pourront faire l'objet d'une réparation par un simple retour dans le circuit d'impression. In fine, tout en fabricant au plus près du client, la fabrication additive s'inscrit directement dans un modèle d'économie circulaire associé à une forte réduction de l'impact environnemental.

Industrialiser le “sur-mesure”

A l'heure de la personnalisation, l'industrie peut recourir à la fabrication additive pour concevoir des produits qui répondent au plus proche des besoins de chaque personne. Il ne s'agira donc plus d'avoir un catalogue de standards, mais des produits personnalisables grâce à de nouveaux modes de conception comme la modélisation procédurale. Ici, l'idée est d'axer la création d'un modèle à partir d'un ensemble de règles au lieu de le faire au travers de l'action d'un utilisateur. Cela permet d'avoir une série de “templates” qui seront ensuite adaptés automatiquement ou manuellement en fonction des demandes. “De plus en plus d'outils sur le marché sortent du schéma de CAO classique pour proposer ce type d'approche souvent appelée computational ou algorithmic modeling. Dans une optique de personnalisation, il est alors en effet très facile d'intervenir sur ces géométries en modifiant les quelques paramètres des règles de conception qui leurs sont associés, explique Pascal Devatine. On parle aussi parfois de modélisation scriptée. Un cadre de vélo est, par exemple, beaucoup plus facilement adaptable à la morphologie du cycliste sans devoir repartir d'une feuille blanche.”



Relations et collaborations optimisées dans les organisations

Une des grandes révolutions de l'Industrie 4.0, portée notamment par l'impression 3D, est de favoriser la collaboration entre bureau d'étude, bureau des méthodes et atelier. Dans la fabrication additive, plus personne ne travaille dans son coin. Avant, lorsqu'un produit quittait le bureau d'étude, bureau des méthodes et atelier devaient se débrouiller. Avec la mise en œuvre de la fabrication additive, le bureau d'études se doit de concevoir en tenant compte de toutes les implications liées aux processus d'impression.

Les chaînes de production sont plus agiles et peuvent rapidement fabriquer des nouvelles versions de produits voire des produits complètement différents

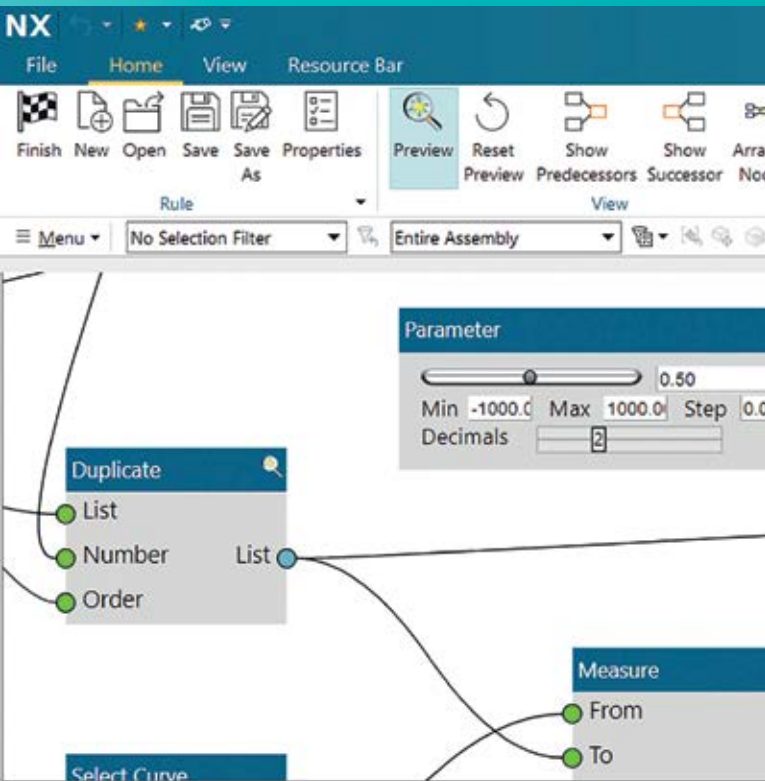
Dans ce contexte, la plateforme Additive Manufacturing Network (AMN) va permettre de faciliter la diffusion de la fabrication additive dans l'entreprise. L'ambition de cette plateforme web est de faciliter le dialogue entre ceux qui conçoivent, qui ne sont pas des spécialistes du procédé ou des matériaux associés, et ceux aux compétences suffisamment pointues pour dire ce qui est faisable ou non. La plateforme permet également de gérer tout le workflow d'appel d'offre, les devis et le processus d'impression de manière traçable et sécurisée. Tous les acteurs de l'entreprise disposent ainsi d'un environnement sécurisé et d'un accès facilité aux experts.

Bénéfices de l'Additive Manufacturing Network

- L'adoption de la fabrication additive est étendue et facilitée dans l'entreprise
- Les chaînes de production sont plus agiles et peuvent rapidement fabriquer des nouvelles versions de produits voire des produits complètement différents
- Les collaborateurs peuvent connaître à tous moments la disponibilité des imprimantes au sein d'une même entreprise
- L'entreprise peut mesurer l'adoption de la fabrication additive en son sein et analyser les coûts et bénéfices associés
- Lorsque les moyens d'impressions en interne ne sont plus suffisants ou inadaptés, l'entreprise peut faire appel aux très nombreuses sociétés de service en impression 3D référencées sur la plateforme.

De la modélisation Convergente à l'usinage

Des logiciels repensés pour booster la chaîne de production



L'impression 3D n'est pas seule révolutionnaire. Pour la démocratiser, les outils de conception ont dû évoluer afin d'exploiter la puissance et la liberté offertes par cette technologie.

Depuis plus de 30 ans, les outils de Conception Assistée par Ordinateur (CAO) paramétriques fonctionnent à partir d'enchaînements de fonctions historisées délivrant, au final, des géométries difficiles voire impossibles à éditer. Ce qui posait au final peu de problèmes puisque, jusqu'alors, il s'agissait essentiellement d'usiner des formes simples.

Mais, depuis, les besoins ont évolué. Il est en effet désormais question d'apporter des modifications de façon régulière quand il ne s'agit pas, comme évoqué plus avant, de fabriquer un produit à partir de besoins spécifiques.

"Avec la modélisation historisée, lorsqu'on souhaite modifier ne serait-ce qu'un paramètre sur une pièce décrite par une centaine de fonctions, on édite la deuxième fonction de l'arbre et on recalculer les 98 qui suivent pour mettre à jour le modèle. Non seulement ce temps de calcul alourdit le processus, mais il engendre également de multiples risques d'erreurs", précise Emilien Goetz.

"Les géométries sont vivantes, moins figées. C'est de la programmation visuelle."

Des techniques de modélisation de pointe pour une nouvelle approche de la CAO

Il y a dix ans, est apparue chez Siemens la modélisation Synchronique. Pour la première fois, il devenait possible d'interagir directement sur le modèle sans tenir compte de son historique de construction. Les modèles importés d'un outil de CAO concurrent, dits "morts", devenaient encore plus simples à modifier que dans la CAO d'origine. Cela sans aucune dépendance de conception. Les formats d'échange standardisés comme le JT ou le STEP AP242 (pour STandard for Exchange of Product model data) ont même renforcé l'intérêt de la modélisation Synchronique.

Un peu plus tard, l'arrivée de l'Algorithmic Modeling a marqué un vrai tournant avec une nouvelle façon de modéliser au travers de scripts. "Il s'agit cette fois de scripter l'enchaînement de fonctionnalités les unes derrière les autres et, ensuite, de faire évoluer les paramètres d'entrées pour voir la géométrie évoluer en temps réel.", explique Emilien Goetz. Dans les faits, au lieu de modéliser interactivement, cela se fait à partir de briques visuelles. "Les géométries sont vivantes, moins figées. C'est de la programmation visuelle.", illustre Emilien Goetz. Utiliser de l'algorithmique modeling pour générer un modèle implicite, par exemple, donne une puissance extraordinaire au concepteur qui sait manipuler les équations mathématiques. C'est aujourd'hui très prisé dans des domaines comme celui de la performance énergétique, notamment pour les échangeurs thermiques dont les typologies de formes et de structures ne peuvent pas être modélisées en CAO traditionnelle mais uniquement avec des équations mathématiques telles que les gyroïdes". Siemens Digital Industry Software est à ce jour le seul sur le marché à faire ça.

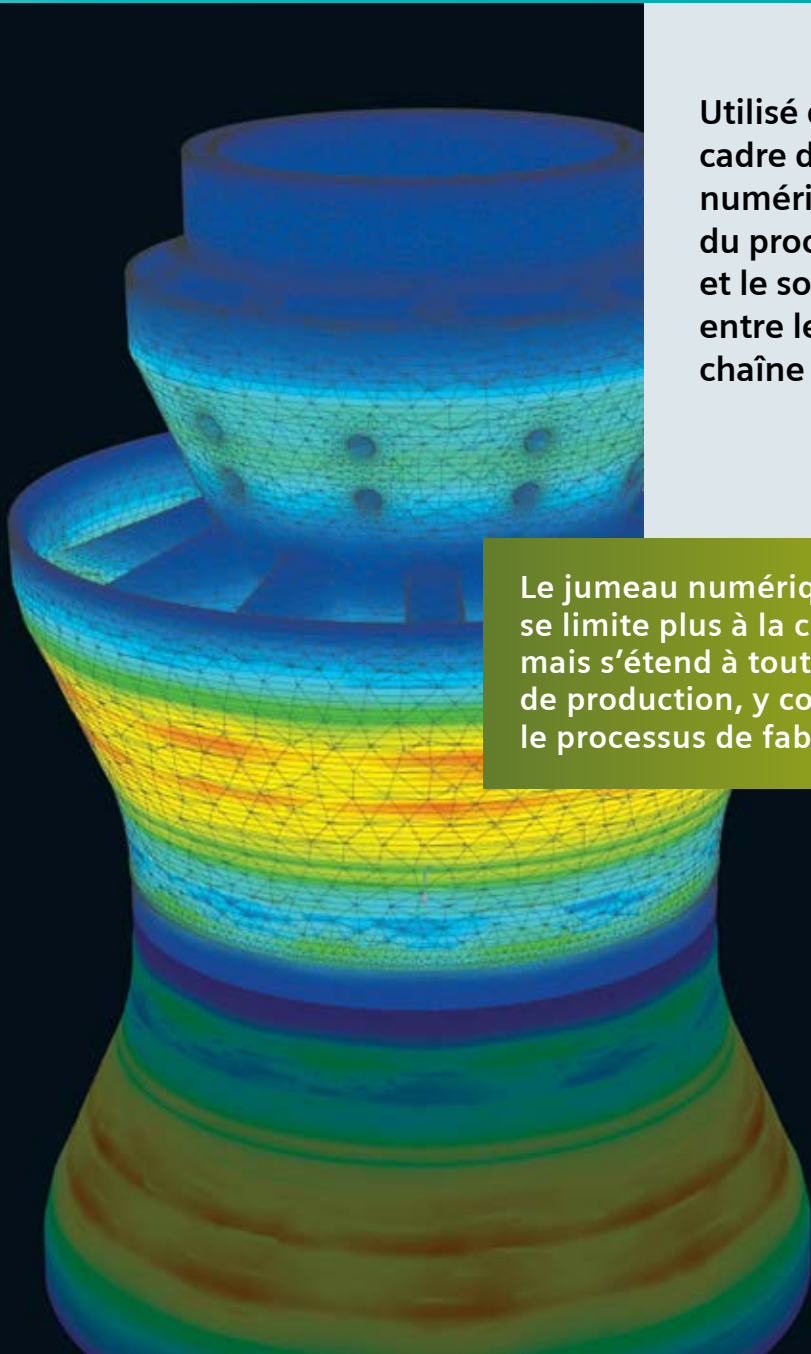
Modélisation Convergente : l'innovation Siemens

En parallèle de la modélisation explicite, c'est-à-dire analytique ou Brep, a émergé la modélisation implicite : ici le modèle existe sous la forme d'une équation mathématique et n'a pas de représentation visuelle exacte. "Nous utilisons un maillage qui, d'après le résultat des équations, va générer une représentation à l'écran. Cela étend presque à l'infini les possibilités de conception.

Il est désormais possible de combiner géométries analytiques et géométries facétisées pour obtenir une géométrie hybride.

C'est une nouvelle approche de la CAO, et l'ensemble des technologies de conception que nous proposons peut-être mixé sur notre unique plateforme de CAO", explique Pascal Devatine. La fabrication additive tend donc à tirer les bénéfices de toutes les approches de modélisation et de numérisation via un scanner. C'est dans cet esprit que Siemens a mis au point la modélisation Convergente. La combinaison de surface exactes (Brep) avec des surfaces maillées (Standard Tessellation Language ou STL) dans un même modèle, sans forcer le concepteur à reconstruire des surfaces exactes à partir de son maillage (ingénierie inversée), permet d'obtenir une géométrie hybride ou modèle convergent. La conception s'en trouve largement facilitée sans remise en cause des capacités de simulation ou de fabrication.

Le jumeau numérique, pilier de l'ingénierie de la performance



Utilisé depuis longtemps dans le cadre de la conception, le jumeau numérique est également au cœur du processus de fabrication additive et le socle de tous les échanges entre les différentes parties de la chaîne de production.

Le jumeau numérique ne se limite plus à la conception, mais s'étend à toute la chaîne de production, y compris le processus de fabrication.

Simuler la fabrication pour mieux concevoir

Le jumeau numérique ne se limite plus seulement à la conception, mais s'étend à toute la chaîne de production, y compris le processus de fabrication. Parmi les étapes les plus coûteuses figure notamment la mise au point du processus d'impression de la pièce aux bonnes dimensions. Pour imprimer correctement une pièce, il faut actuellement, bien entendu, faire des tests. Ce qui revient parfois à imprimer 3 à 10 fois la pièce avant de trouver les paramètres qui vont permettre de livrer une pièce conforme d'un point de vue dimensionnel et structurel. C'est le cas, par exemple, pour l'impression d'une pièce métallique sur lit de poudre où l'importance de définir la bonne orientation de la pièce est cruciale. Pour ce faire, le concepteur va définir son orientation sur le plateau d'impression en fonction de son expérience et définir ensuite les typologies de support. Après impression, il peut découvrir que ces derniers se sont arrachés ou que la pièce s'est déformée après leur retrait et qu'elle n'est donc plus conforme. Il va donc devoir recommencer pour trouver un meilleur couple de paramètres, choisir une autre orientation et faire, ainsi de suite, des essais/erreurs très coûteux. Avec la simulation, tous ces tests se font désormais virtuellement à partir du jumeau numérique. "C'est très impactant en termes de coût mais aussi de délais, ajoute Pascal Devatine. Le jumeau numérique permet de gagner beaucoup de temps. La mise au point se fera virtuellement, avant l'impression, à l'aide de nos outils de simulation du procédé pour automatiser la recherche de la meilleure orientation, identifier les défauts, les points d'intervention et les corrections à appliquer, etc avec l'ambition d'obtenir une pièce imprimée bonne du premier coup."



Décloisonner conception et fabrication

L'idée est donc de numériser ce processus de simulation du processus à différentes étapes. En aval de la partie préparation et mise en données, pour vérifier et, éventuellement, corriger la géométrie par compensation. En amont, pour automatiser la recherche de la meilleure orientation de la pièce en fonction de la typologie et des paramètres de la machine, de la poudre, et fournir ainsi au préparateur la meilleure orientation pour bien imprimer dès le premier coup.

Pour minimiser les supports, le concepteur doit prendre en compte la phase de fabrication dans sa phase conception.

Cela peut même servir le concepteur, puisqu'il y a des cas où la conception de la pièce sera pensée par rapport à l'orientation de son impression. Pour minimiser les supports, par exemple. Le concepteur pourra donc prendre en compte la phase de fabrication dans sa phase conception. Cela sans être un spécialiste du procédé. Il pourra voir et valider la bonne orientation de sa pièce à chaque étape de sa conception. "On peut également avoir des phénomènes thermomécaniques liés au lasage lors d'une impression lit de poudre, ajoute Pascal Devatine. Dans ce cas-là, on risque d'avoir des points chauds qui peuvent altérer la qualité de la pièce sur certaines couches. Ces phénomènes peuvent être détectés avec la technologie Siemens. Nous proposons depuis un an des outils qui permettent de faire l'analyse de ces problèmes de points chauds et de correction de la trajectoire de lasage par le jumeau numérique afin d'être certain que la pièce ne va pas se déformer."

Siemens propose actuellement deux outils de simulation du procédé d'impression 3D sur lit de poudre métallique : AM Part Optimizer, dédié au concepteur, vérifie en amont que la pièce répond aux spécificités du processus de fabrication additive ; Simcenter 3D AM, en aval, valide la mise en production et peut détecter de multiples risques d'échec, ligne de retrait, collision racleur, etc.

À propos de Siemens Digital Industries Software

Filiale de Siemens Digital Industries, Siemens Digital Industries Software est un fournisseur leader mondial de solutions logicielles qui pilote la transformation digitale de l'industrie, en créant de nouvelles opportunités pour permettre aux fabricants d'innover. Avec un siège social aux États-Unis à Plano (Texas) et plus de 140 000 clients à travers le monde, nous travaillons avec des entreprises de toutes les tailles pour changer la manière dont les idées prennent vie, la manière dont les produits sont fabriqués et la manière dont les produits et biens en opération sont utilisés et compris.

Pour en savoir plus sur nos produits et services logiciels de Siemens Digital Industries Software, visitez [siemens.com/software](https://www.siemens.com/software) ou suivez-nous sur [LinkedIn](#), [Twitter](#), [Facebook](#) et [Instagram](#).

Siemens Digital Industries Software – Where today meets tomorrow.

Siemens France : 0800 905670

© Siemens 2021. Une liste des marques Siemens pertinentes peut être trouvée [ici](#).
Les autres marques appartiennent à leurs propriétaires respectifs.
77227-C8 3/19 A

