

Zeitschrift: Technique agricole Suisse
Herausgeber: Technique agricole Suisse
Band: 81 (2019)
Heft: 6-7

Artikel: Des équipements agricoles sortis d'une imprimante 3D
Autor: Rudolph, Wolfgang
DOI: <https://doi.org/10.5169/seals-1086485>

Nutzungsbedingungen

Die ETH-Bibliothek ist die Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften auf E-Periodica. Sie besitzt keine Urheberrechte an den Zeitschriften und ist nicht verantwortlich für deren Inhalte. Die Rechte liegen in der Regel bei den Herausgebern beziehungsweise den externen Rechteinhabern. Das Veröffentlichen von Bildern in Print- und Online-Publikationen sowie auf Social Media-Kanälen oder Webseiten ist nur mit vorheriger Genehmigung der Rechteinhaber erlaubt. [Mehr erfahren](#)

Conditions d'utilisation

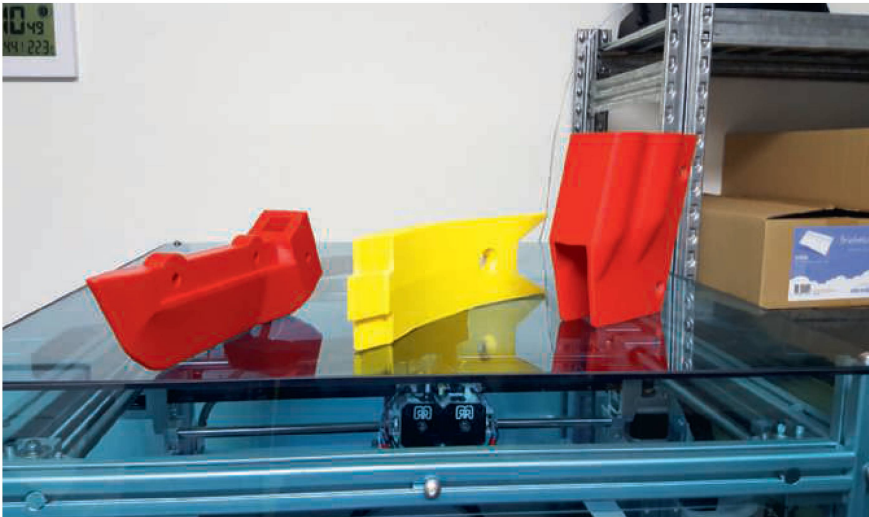
L'ETH Library est le fournisseur des revues numérisées. Elle ne détient aucun droit d'auteur sur les revues et n'est pas responsable de leur contenu. En règle générale, les droits sont détenus par les éditeurs ou les détenteurs de droits externes. La reproduction d'images dans des publications imprimées ou en ligne ainsi que sur des canaux de médias sociaux ou des sites web n'est autorisée qu'avec l'accord préalable des détenteurs des droits. [En savoir plus](#)

Terms of use

The ETH Library is the provider of the digitised journals. It does not own any copyrights to the journals and is not responsible for their content. The rights usually lie with the publishers or the external rights holders. Publishing images in print and online publications, as well as on social media channels or websites, is only permitted with the prior consent of the rights holders. [Find out more](#)

Download PDF: 05.02.2026

ETH-Bibliothek Zürich, E-Periodica, <https://www.e-periodica.ch>



La «Rapid Prototyping» permet à l'entreprise Industriefhof Scherenbostel de raccourcir le temps de réalisation des modèles tridimensionnel, de socs et de diffuseurs sur la photo.

Photo : Industriefhof Scherenbostel

Des équipements agricoles sortis d'une imprimante 3D

La fabrication additive enflamme l'imagination des développeurs de machines. Un joystick peut être réalisé selon les souhaits du client, de même que des constructions légères au design bionique pour une moissonneuse.

Wolfgang Rudolph*

Celui qui a besoin d'un conduit d'air pour son ancienne Agro-Truck Mercedes le recevra désormais non pas de l'entrepôt, mais sorti tout droit d'une imprimante 3D. Le constructeur garantit de cette manière l'approvisionnement d'un total de 30 pièces détachées originales en plastique pour les gammes précédentes de l'« Actros ».

Les experts parlent de procédé additif ou génératif, car ils inversent le terme de fabrication soustractive, désignant le procédé le plus courant jusqu'ici. Les objets ne sont pas créés en usinant une pièce brute à l'aide d'une fraise, d'une meule ou d'un foret. Ils le sont appliquant et en solidifiant du matériau couche par couche selon un plan de construction numérique, sans copeaux et avec uniquement la quantité de matériau contenue dans le produit fini. Ce procédé présente aussi l'avantage d'assurer une conception

de produits d'une souplesse dont les constructeurs ne pouvaient que rêver jusqu'à présent. Il est ainsi possible de construire des éléments porteurs légers et stables qui, avec leurs cavités et la fluidité de leurs transitions, sont conçus à l'image de la nature.

La production s'individualise

Les moyens d'imprimer des designs informatisés sous forme d'objets tridimensionnels composés de toutes sortes de matériaux se sont diversifiés à une vitesse fulgurante. Ce domaine tisse de plus en plus de liens avec celui du développement de machines agricoles. « Cela va rendre leur production plus individuelle », prédit Ben Graepel de la société de conseil berlinoise TriAhead, spécialisée en génie agricole. Il a interrogé 85 fabricants, fournisseurs et instituts de recherche issus du domaine agricole au sujet des risques et des opportunités suscités par l'impression 3D. Afin d'illustrer cette individualisation, Ben Graepel évoque la possibilité de concevoir des joysticks et des indicateurs de

contrôle pour les cabines des machines forestières conformément aux souhaits des utilisateurs. Dans cette optique, la fabrication additive représente une bonne solution de remplacement à la réalisation peu rentable de ces composants selon des procédés conventionnels, tel le moulage par injection, vu leur nombre limité.

En outre, les constructeurs de machines agricoles examinent la possibilité de produire des pièces détachées en impression 3D. La raison en est notamment que la panne d'une moissonneuse ou d'une ensileuse moderne peut entraîner des pertes considérables pour l'agriculteur. Une livraison rapide des pièces détachées est certes un facteur concurrentiel, mais s'accompagne de coûts élevés. « En imprimant ces composants sur commande, les entrepôts et les longs transports pourraient disparaître », explique Fritz Eckert, coordinateur informatique de la division « Digital Product Engineering » du fabricant Claas.

L'individualisation et la fabrication à la demande de pièces détachées sont des tendances que constate aussi Fabian Krauss, responsable du développement commercial d'EOS. La société munichoise fournit des imprimantes 3D, ainsi que les matériaux nécessaires à la fabrication additive et le logiciel requis, et elle travaille déjà avec des entreprises du secteur agricole, selon ses propres déclarations.

Différents procédés

Le terme « impression 3D » désigne aujourd'hui toute une série de techniques de fabrication qui fonctionnent selon différents principes. Deux procédés de base généraux se distinguent :

- la solidification couche par couche de matériau dans un récipient à l'aide de substances de base pulvérisées ou liquides.
- l'application couche par couche de matériau au moyen d'un mécanisme pouvant se déplacer librement sur les trois plans.

Avec le procédé de frittage ou de lit de poudre, la pièce est construite en solidifiant par injection de liant le matériau de construction pulvérisé le long du contour prédéterminé, ou fondue en la chauffant de façon ciblée à l'aide d'un laser ou d'un faisceau électronique. Comme pour tous les procédés d'impression 3D, cela se fait couche par couche. Si le contour d'une couche est terminé, le récipient rempli de poudre s'abaisse légèrement. Après l'application d'une nouvelle fine couche de poudre, le processus de solidification re-

*Wolfgang Rudolph, de Bad Lausick (D), est un journaliste indépendant spécialisé dans les secteurs de l'agriculture, de l'environnement ainsi que des énergies renouvelables.

commence. Cette opération est répétée jusqu'à ce que la pièce soit prête et puisse être retirée du lit de poudre. La gamme de poudres pouvant être employées s'étend des matières plastiques à la céramique, des matériaux naturels comme le miscanthus aux métaux.

La stéréolithographie consiste à fabriquer une pièce dans un bac rempli de photopolymère liquide en l'irradiant ponctuellement de lumière UV. Cela a l'effet d'attacher les molécules à ces endroits où elles durcissent. Le niveau de remplissage du bac est légèrement augmenté à chaque nouvelle couche. Ces imprimantes génèrent des surfaces particulièrement lisses. Le procédé par lit de poudre et la stéréolithographie garantissent une grande liberté de formes et permettent d'imprimer des structures complexes. Cependant, les dimensions des chambres de travail remplies de poudre ou de liquide limitent la taille des composants.

De plus grandes dimensions sont possibles si le matériau est fusionné pour former des structures tridimensionnelles à l'aide d'un mécanisme totalement mobile, comme un bras robotisé. Pour composer les couches, du plastique sous forme de fil (filaments) passe par une buse chaude et se liquéfie (principe du pistolet à colle chaude), ou la tête d'impression projette de minuscules gouttes de photopolymère liquide qui, comme pour la stéréolithographie, sont immédiatement irradiées par de la lumière UV (impression 3D PolyJet). Des porte-à-faux stabilisent l'imprimante de façon autonome avec des structures de soutien qui sont enlevées lors du travail de finition.

Pour les objets métalliques, l'alimentation en matériau pour l'impression se fait sous forme de fils à souder ou de poudre métallique injectée de façon précise. Dans ce cas, un laser ou un faisceau électronique assure la fusion ultra-précise le long du contour prédéterminé.

Moteur électrique complet

Parallèlement, les scientifiques effectuent des recherches au sujet d'une technologie de fabrication additive dans laquelle les têtes d'impression appliquent des pâtes composées de poudre métallique ou céramique et de liants aux endroits prédéfinis. De cette manière, une pièce déjà solidifiée par un processus de durcissement, mais pas encore résistante, se développe dans l'imprimante. C'est ce que l'on appelle une pièce crue. Celle-ci est ensuite frittée et devient un corps stable après avoir subi un traitement thermique. Le four de frittage permet d'optimiser les propriétés des différents matériaux. Un moteur électrique fabriqué entièrement selon ce procédé a été présenté en 2018. À l'avenir, cette innovation facilitera la production de dispositifs de réglage robustes et sur mesure, comme l'exigent par exemple les capteurs des machines agricoles.

Les imprimantes 3D les plus courantes, qui ne coûtent déjà plus si cher, fonctionnent avec des filaments selon le principe du pistolet à colle chaude (stratification par fusion). Le créateur de ce procédé, l'entreprise américaine Stratasys, a forgé le terme «Fused Deposition Modeling» (dépôt de matière fondue) pour le désigner. Une telle imprimante se trouve dans l'atelier de Horst



Les composants pour le dispositif d'éjection des capsules de trichogrammes sur les drones agricoles de l'entreprise Rucon sont construits couche par couche dans une imprimante 3D. Photo : Carmen Rudolph

Brehm, à la fois agriculteur à temps partiel à Bischberg (Bavière) et ingénieur. «Je m'ensers pour fabriquer des petites pièces, comme des poignées pour des connecteurs hydrauliques, des supports pour téléphone portable ou des encadrements pour phares arrière pour moi ou pour des connaissances», explique Horst Brehm. Il utilise un programme de CAO gratuit pour dessiner les pièces et estime que l'achat de l'imprimante a déjà été rentabilisé.

Des pièces faites maison ?

Cela signifie-t-il que tout un chacun sera bientôt en mesure d'imprimer ce dont il a besoin dans son atelier ou chez lui ? Les experts de l'impression 3D considèrent que cela est peu probable et peu souhaitable. Néanmoins, la fabrication additive est une technologie clé pour le développement futur de la production.

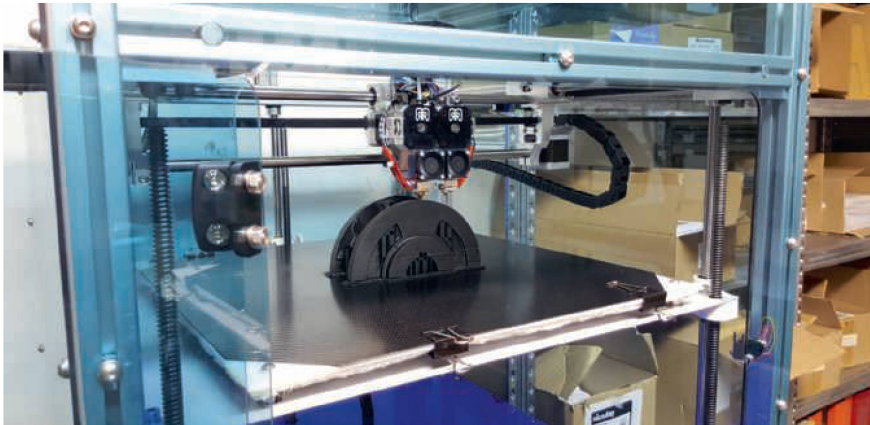
Certains défis sont encore à relever, et ce dès la phase de préparation. Si l'on veut obtenir une roue dentée, celle-ci doit certes être disponible sous forme de fichier CAO tridimensionnel, mais les données doivent aussi être traitées de façon à rendre l'impression possible. En outre, lors du tranchage («slicing»), l'objet numérique est dé-



À l'université de Schmalkalden, plusieurs projets de recherche portent sur l'impression 3D, entre autres dans le but de fabriquer des composants pour les machines agricoles. Photo : Carmen Rudolph

Des moteurs plus légers

Les développeurs de Renault Trucks ont conçu un prototype de moteur dont les bielles oscillantes et leurs supports sont fabriqués par une imprimante 3D sur métal. L'économie de composants et le façonnement optimal réduisent de 120 kg le poids du moteur à 4 cylindres. Il est dès lors 25% plus léger que le groupe moteur de fabrication conventionnelle. D'après Renault Trucks, la stabilité des pièces de moteur construites par fabrication additive a pu être prouvée lors d'un essai de 600 heures.



Ce modèle de demi-barbotin destiné à un épandeur d'engrais prend forme dans une imprimante 3D, couche par couche. Photo : Industriefhof Scherenbostel

coupé en couches horizontales bidimensionnelles («layer») à l'aide d'un logiciel spécial. L'imprimante 3D ne peut construire l'objet qu'en constituant ces couches. Au vu de la multitude de composants d'un tracteur ou d'une moissonneuse, les constructeurs et les fournisseurs d'équipements agricoles ont encore du pain sur la planche pour maîtriser le traitement de toutes ces données, même si nombre d'entre eux disposent désormais de versions numériques de CAO 3D de la plupart des pièces.

Qu'en est-il des copies illégales ?

A l'instar de toute donnée informatique, le fichier d'impression d'un composant hautement complexe peut être copié et l'objet peut alors être fabriqué illégalement. «C'est pourquoi nous cherchons à créer un système de gestion des droits numériques pour nos imprimantes 3D qui permettrait soit de ne transférer les données que par tranche après avoir supprimé le paquet de données précédent, soit de n'autoriser la fabrication que d'un nombre prédéfini d'unités», explique Fabian Krauss, gestionnaire d'EOS. Cependant, les constructeurs et les départements de développement devront aussi, à l'avenir, s'adapter aux nouvelles possibilités

offertes par la fabrication additive dès les premières ébauches. Les encoches, par exemple, sont souvent circulaires parce que le foret utilisé pour les réaliser est rond. La fabrication additive permet d'opter pour une autre forme, peut-être plus appropriée, sans effort supplémentaire. Le conseiller en affaires Ben Graepel affirme que «nombre de fabricants de machines agricoles décèlent du potentiel pour les prochaines générations de produits et encouragent, au sein de leurs départements de développement, une approche de conception adaptée à l'impression 3D». Il considère que cette attitude est judicieuse étant donné les longues phases de développement dans la technologie complexe des machines agricoles.

Guider la pièce au lieu de la tête d'impression

Dans cette optique, des scientifiques de la TH Köln (université technique de Cologne) développent actuellement une méthode à trois axes pour réaliser une fusion couche par couche de matières plastiques. Avec ce nouveau procédé d'impression 3D, la pièce est guidée par un robot articulé. En outre, la tête d'impression peut changer de position pour rejoindre un autre axe. «Le fait que l'objet à fabriquer se déplace librement autour de la tête d'impression réduit le nombre de restrictions auxquelles l'impression 3D est soumise jusqu'à présent», explique Ulf Müller, directeur du laboratoire des systèmes de fabrication de la TH Köln. Cela permet de ne pas se limiter exclusivement à une construction de bas en haut. A la place, le matériau est toujours ajouté aux endroits les plus judicieux selon la stratégie de fabrication. Un composant pourrait par exemple être fabriqué de sorte que les structures surplombantes soient toujours soutenues par la pièce elle-même. Les structures de support deviendraient alors

inutiles dans la plupart des cas. Cette méthode a généré des gains de temps atteignant 80% lors de différents essais.

Période de développement raccourcie

Jusqu'ici, le modèle créé par une imprimante est l'application la plus courante de la fabrication additive dans le machinisme agricole. La méthode du prototypage rapide est aussi utilisée dans la société Industriefhof Scherenbostel, à Wedemark, pour développer des pièces détachées et d'usure. «Cela nous permet de réaliser en quelques heures une première version tridimensionnelle des nouveaux composants, comme un soc ou un support», précise Thomas Anderla, responsable produit. Cela aide surtout lors de la coopération avec les constructeurs d'équipements d'origine et raccourcit considérablement le temps de développement. Le modèle en plastique est utilisé pour le packaging. Ce terme technique désigne la meilleure disposition possible des composants dans l'engin agricole. Cela permet de tester, grande nature, l'emplacement convenant le mieux à tel ou tel composant imprimé. Selon Thomas Anderla, il fallait auparavant confectionner des moules coûtant plus de 1000 euros pour couler les nouvelles pièces. Si une modification était ensuite apportée au composant, les moules étaient à refaire.

Dans la nouvelle division «Digital Product Engineering» du fabricant Claas à Harsewinkel, deux imprimantes 3D sont utilisées depuis peu, principalement pour la création de prototypes.

Bien qu'elle en soit encore à ses balbutiements, la fabrication additive est déjà économiquement viable dans certains domaines, mais aussi dans la production unitaire ou en série. Ainsi, l'entreprise Rucon GmbH l'entreprise, à Grossschwabhausen en Thuringe, élabore des drones spéciaux destinés à l'agriculture et à la sylviculture en utilisant des imprimantes 3D. «Nous nous en servons pour fabriquer différents composants pour les équipements spéciaux des drones, comme le dispositif d'éjection des capsules de tri-chogramme visant à lutter contre la pyrale du maïs», rapporte Jörg Ruppe, directeur général.

Les experts affirment que l'impression 3D va certes multiplier les possibilités de fabrication, mais qu'elle ne se substituera pas entièrement aux procédés classiques : «Les techniques de moulage, de forgeage et de laminage seront encore utilisées dans un siècle.»



Fritz Eckert, expert en fabrication additive du fabricant Claas, devant une imprimante 3D dans la division «Digital Product Engineering» de l'entreprise. Photo : Claas