

## Discours de réception de Monsieur Claude Barlier



### La Fabrication Additive par Stratoconception® et la création de CIRTES : 30 ans de recherche et d'innovation

Monsieur le Président, chers Confrères, Mesdames Messieurs, chers amis.

C'est un grand honneur pour moi aujourd'hui de prononcer ce discours de réception devant vous et j'en suis également très heureux.

Je tiens tout particulièrement à remercier ce soir le Professeur Robert Mainard, grand témoin de mon parcours, qui m'a introduit dans votre compagnie, pour en devenir associé correspondant le 19 février 2010 puis membre titulaire le 23 mai 2014. J'ai un grand plaisir et je suis très honoré de participer depuis 2010 aux séances de l'Académie, même si je ne peux pas toujours y accorder tout le temps que je souhaiterais.

J'ai aussi, bien sûr, grand plaisir à vous proposer cette conférence sur le thème « *La Fabrication Additive par Stratoconception® et la création de CIRTES : 30 ans de recherche et d'innovation* ».

J'ai retenu de vous faire une présentation avec un point de vue orienté « historique » plutôt que « recherche » et l'aspect scientifique et technologique n'est traité qu'au niveau des concepts de base. Toutes les applications, qui illustrent mon exposé, ont été réalisées par nos équipes.

Au travers d'une courte rétrospective sur la fabrication additive – aujourd'hui communément appelée « Impression 3D » –, en France et dans le monde, je vous présenterai l'origine et le développement de notre procédé breveté de stratoconception® et par conséquent, 30 ans de recherche, qui ont conduit à la création de Cirtes puis du pôle VirtuReal, à Saint-Dié-des-Vosges.

Cette première diapositive présente les principales dates historiques, je veux seulement commenter quelques dates clés.

Dès 1985 les premiers travaux sur le procédé de Stratoconception®, ..., en 1988 une première journée productive à Nancy, ... c'est en février 1991 que j'ai pu déposer le premier brevet sur le procédé, puis, à la fin de la même année 1991, créer CIRTES, centre d'Ingénierie et de Recherche, dans l'objectif de développer le procédé, ..., dès 1995, nous avons construit le premier bâtiment de CIRTES et en 1996, nous avons obtenu le trophée INPI de l'innovation, ..., pour former de jeunes ingénieurs capables de transférer ces innovations, nous avons créé en 2000, l'InSIC, un institut de formation d'ingénieurs en partenariat avec Mines Nancy et Mines Albi.

Nous avons, dans le même temps, poursuivi nos recherches qui ont conduit à de nouveaux brevets et tout particulièrement au procédé innovant d'emballage numérique Pack&Strat®, je vais y revenir dans mon exposé, ..., pour assurer le développement de nos travaux vers l'aval, l'industrialisation et la diffusion, nous avons créé en 2011 la plate-forme d'innovation INORI SAS, avec 20 partenaires industriels associés et deux partenaires financiers, la Caisse des Dépôts et la Caisse d'Épargne.

Vous pourrez observer également quelques étapes majeures de partenariats industriels qui nous ont permis de poursuivre notre R&D et de céder des licences de nos travaux, je peux citer PSA, La Poste, ..., et plus récemment, le CEA, Bugatti, ..., j'y reviendrai aussi.

En résumé, le pôle VirtuReal® est constitué aujourd'hui de structures indépendantes, le centre de recherche et développement CIRTES, l'école d'ingénieurs InSIC pour la formation d'ingénieurs et de docteurs, la plate-forme INORI pour le passage de la R&D à l'industrialisation et des structures de diffusion et de services.

L'ensemble accueille aujourd'hui 65 ingénieurs et chercheurs, 140 élèves ingénieurs dans l'école et une dizaine de thésards.

L'objectif du pôle est de tendre vers l'excellence sur le métier du développement rapide de produits. La plate-forme regroupe les différents moyens de la chaîne numérique qui vont de l'image 3D en passant par la simulation numérique pour aller à la fabrication.

La diapo suivante illustre CIRTES, son objet et les principaux segments de marché, ensuite, l'école d'ingénieurs avec ses trois partenaires historiques à la création : l'Université de Lorraine, l'Institut Mines-Télécom et CIRTES, pour finir, la plate-forme d'innovation INORI SAS et ses partenaires associés.

Le pôle VirtuReal® regroupe donc aujourd'hui ces entités complémentaires et indépendantes.

Je vous propose maintenant de revenir aux origines de la fabrication additive appelée aujourd'hui communément « impression 3D ».

Dans une précédente conférence à l'Académie, je vous ai exposé une rétrospective de l'évolution des outils de conception-fabrication des années 70 aux années 90. Aujourd'hui, je reviens au milieu des années 80 où, à plusieurs endroits, au même moment dans le monde, nous sommes quelques-uns à nous poser la question : comment pourrait-t-on réaliser numériquement, rapidement et directement des pièces 3D, aux formes complexes tant intérieures qu'extérieures. Dans la même période, nos collègues médecins travaillent en imagerie numérique sur le scanner du corps humain. Dans ce cas les coupes issues du scanner sont utilisées pour reconstruire l'image du corps en 3D, à partir de logiciels informatiques.

Dans le concept de la fabrication additive – ce qu'on appelait à l'époque le prototypage rapide – cette fois l'idée est inversée, à partir du fichier numérique d'une pièce, nous effectuons un tranchage virtuel du modèle pour le décomposer en strates afin de reconstituer ensuite une pièce en trois dimensions en superposant des couches de matières. Il faut se souvenir qu'à l'époque, à la fin des années 80, aucun algorithme de logiciel de conception assistée par ordinateur ne permettait de trancher un objet numérique à partir d'un plan quelconque. Trois approches se sont développées simultanément pour reconstituer la matière à partir de son état initial de liquide, de poudre ou de solide. Notre approche à l'époque a été d'utiliser la matière à l'état solide et plus particulièrement, à partir des matériaux en plaques, pour développer et breveter le procédé de stratoconception®, j'y reviendrai après.

Ce n'est qu'en 2014 que les travaux de normalisation sur la fabrication additive ont permis de proposer une classification en sept principes physiques de base d'addition de la matière, comme nous pouvons le voir sur la diapositive. Notre procédé fait partie de ces procédés normalisés.

C'est donc seulement à la fin des années 80, que le concept de Fabrication Additive est alors rendu possible par :

- L'avancée de la CAO volumique,
- La puissance des calculateurs,
- Les travaux de recherche sur les matériaux,
- Les bases mathématiques de la modélisation géométrique 3D,
- Les premiers algorithmes de tranchage virtuel d'un modèle géométrique.

Pour la première fois, il est possible de fabriquer directement et numériquement des pièces 3D avec des formes complexes intérieures et extérieures, sans rupture de la chaîne numérique, à partir de matériaux à l'état initial liquide, solide ou sous forme de poudre.

Les applications se multiplient d'abord pour permettre la réalisation de maquettes et de prototypes mais aussi des œuvres d'art.

C'est dans les années 2000 qu'apparaît la première extension du concept vers l'outillage rapide. Cette fois, il est possible de réaliser directement des outillages par les procédés de fabrication par couches, afin d'obtenir des préséries de pièces en bonne matière, à partir des grands procédés industriels lourds.

Une deuxième extension du concept apparaît presque simultanément et de manière naturelle : la fabrication directe. Cette fois, l'idée est de fabriquer directement des pièces série, à partir des procédés de Fabrication Additive, sans aucun autre procédé de mise en forme.

La diversification des besoins et l'évolution des machines vont ensuite faire émerger très vite les « imprimantes 3D professionnelles » qui rendent ces outils accessibles aux bureaux d'études et aux petites entreprises puis, aujourd'hui, au grand public, sous forme de machines encore plus légères, disponibles en vente directe en kit sur internet : « les imprimantes 3D personnelles ». Mais l'enjeu le plus important réside dans les équipements industriels et les applications pour le développement de nouveaux produits.

Aujourd'hui, tous ces procédés sont donc regroupés sous le vocable de « Fabrication Additive ».

La dernière partie de mon exposé est centrée sur le procédé de Stratoconception®. Vous pouvez voir sur le schéma de principe : le fichier numérique de définition de la pièce, l'étape de tranchage numérique, l'étape de mise en mise en panoplie virtuelle des couches en trois dimensions, la réalisation physique de ces couches par découpe laser ou micro-fraisage rapide, avant de procéder à l'assemblage des différentes couches pour reconstituer l'objet physique final en trois dimensions.

La diapositive suivante met en évidence la stratégie de recherche que nous menons depuis 30 ans c'est-à-dire que nous développons simultanément une recherche propre interne et une recherche appliquée contractuelle. Vous remarquerez que dans les deux cas, nous travaillons sur les mêmes axes, sur les mêmes bases et sur une recherche simultanée sur l'aspect logiciel, procédé et matériau.

A titre d'exemple, sur les diapositives suivantes nos travaux portent sur des algorithmes de tranchage virtuel, sur les procédés d'assemblage et d'imbrication des couches en 3 dimensions. Nous travaillons également pour concevoir et fabriquer des fonctionnalités à l'inter-couches et ainsi permettre d'intégrer de l'intelligence dans les objets.

Ces travaux sont réalisés au travers de projets de R&D collectifs européens, nationaux et surtout à partir d'un partenariat industriel très structuré.

Sur le sujet de la fabrication additive fonctionnalisée, nous venons de signer en 2015 un partenariat important avec le CEA : la fabrication additive du CIRTES associée aux capteurs du CEA LETI pour développer une véritable filière d'outils, outillages et pièces instrumentées, c'est-à-dire connectables.

Les diapositives suivantes mettent en évidence la gamme de produits, logiciels et machines que nous avons développée en partenariat avec quatre fabricants français de machines-outils.

Je vous propose également d'illustrer le procédé par quelques exemples de maquettes, pièces et outillages pour les secteurs de l'aéronautique, de l'automobile, de l'énergie, du luxe, ...

Pour finir mon exposé, comme je l'ai évoqué sur la première diapositive, Pack&Strat® est notre dernière innovation brevetée. Cette fois, notre idée – à partir de notre besoin –, consiste à créer virtuellement puis à réaliser en fabrication additive la contre-forme d'un objet et ainsi réaliser directement et très rapidement un véritable emballage numérique 3D.

Les travaux ont commencé en 2005, le brevet international a été déposé en 2007, la première délivrance en Chine en fin 2013 puis celle en Europe en début 2014. Nous avons entrepris aujourd'hui la création d'une activité nouvelle à partir de notre structure INORI avec l'appui de la Caisse des Dépôts et de la Caisse d'Épargne. Cette activité nous semble très prometteuse comme le montre les partenariats récents que nous avons menés avec La Poste et plus récemment une implantation du procédé, avec succès, dans les usines Bugatti de Molsheim.

## **Conclusion**

En conclusion, la Fabrication Additive est aujourd'hui présente dans pratiquement tous les secteurs d'activité. Les procédés ne cessent de proposer de nouveaux matériaux, d'accroître la qualité des pièces réalisées, de réduire les coûts des pièces et des machines, de réduire les délais d'obtention des pièces et de permettre la réalisation de pièces de plus en plus grandes.

Pour le concepteur, la fabrication additive offre la possibilité d'intégration de nouvelles fonctionnalités dans la pièce (pièce creuse, structure plus fine, mélange possible de matériaux, ...), diminution du nombre de pièces dans un ensemble, ...

L'évolution est majeure et irréversible, la chaîne numérique et la fabrication additive apportent des outils nouveaux qui bouleversent et ouvrent considérablement le champ des possibles en matière de création industrielle et individuelle.

Nos travaux, initiés au milieu des années 80 ont résisté au temps. Ils nous ont permis de créer le CIRTES puis le pôle VirtuReal® et surtout de mettre sur un marché très concurrentiel, un procédé français innovant avec un potentiel important, qui devrait aujourd'hui permettre un véritable développement économique.

Rien n'aurait abouti sans un travail d'équipe important, mes principaux collaborateurs sont à mes côtés depuis l'origine, je leur rends hommage.



## Notes

- C. BARLIER - Le procédé de prototypage rapide par Stratoconception® - Actes des premières Assises Européennes du Prototypage Rapide - Ecole Polytechnique, Palaiseau - 2-3 juin 1992.
- C. BARLIER - Le CIRTES, centre européen de prototypage rapide de l'ESSTIN à Saint-Dié-des-Vosges - Actes des deuxièmes Assises Européennes du Prototypage Rapide - Ecole Polytechnique, Palaiseau - 26 mai 1993.
- ML. SPAAK - Le prototypage Rapide - Pour comprendre et analyser les enjeux - ADIT - mars 1995.
- C. BARLIER et coaut. – Référentiel « Conception en mécanique industrielle », partie 6. - Editions DUNOD - 1996-2003.
- A. BERNARD - G. TAILLANDIER – Le Prototypage Rapide - HERMES - 1998.
- A. GEBHARDT - Rapid Prototyping - Werkzeuge für die schnelle Produktentstehung - Hanser - 2000.
- C. BARLIER - A. BERNARD - Fabrication Additive - Du Prototypage Rapide à l'Impression 3D - Editions DUNOD - Septembre 2015.

