

# INTÉGRER LA RÉTRO-INGÉNIERIE À LA CONCEPTION

CONCEPTION PARAMÉTRIQUE, MODÉLISATION DIRECTE ET PAR FACETTES



LIFECYCLE

INSIGHTS

## FRICITION NUMÉRIQUE DANS LE PROCESSUS DE RÉTRO-INGÉNIERIE

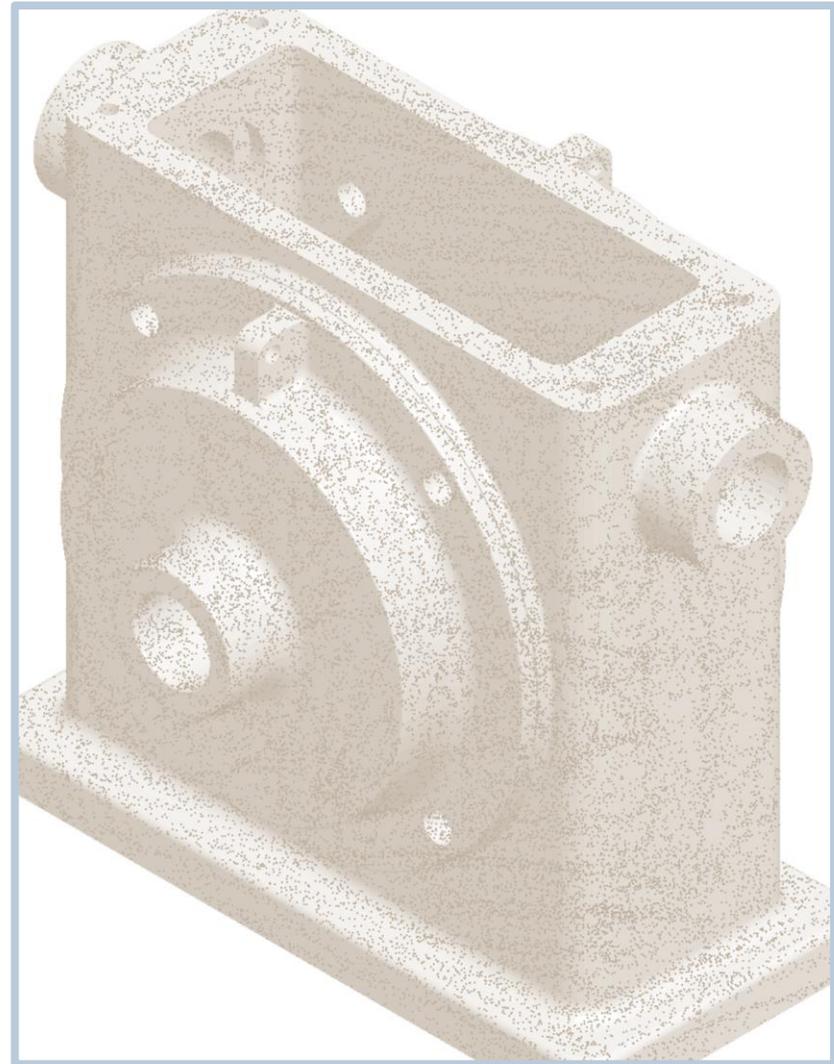
La rétro-ingénierie a toujours été une activité importante dans la conception. Cette pratique, au cours de laquelle les ingénieurs déconstruisent et analysent un objet physique existant pour comprendre comment il a été conçu, a toujours fourni un moyen de recréer des produits. Certaines équipes l'utilisent pour répliquer des produits concurrents. D'autres l'utilisent pour recréer des composants pour lesquels il n'existe aucune documentation technique. D'autres encore s'en servent comme moyen pour identifier la cause profonde des défaillances. Cette pratique est un atout majeur pour les entreprises.

Malgré le rôle important que joue la rétro-ingénierie dans la conception, son intégration dans les processus modernes de développement numérique fait défaut. Les ingénieurs doivent souvent se tourner vers une variété d'applications logicielles compliquées et non intégrées pour mener à bien leur travail. Un grand nombre de frictions dans ce flux de travail numérique nuisent à l'efficacité des activités de rétro-ingénierie. Cette friction affaiblit la productivité des ingénieurs et limite le temps qu'ils peuvent consacrer à la conception et au développement.

Cependant, une nouvelle technologie promet d'éliminer la friction numérique associée à la rétro-ingénierie. On assiste à l'émergence d'outils logiciels qui offrent la bonne combinaison de capacités pour réaliser l'ensemble du flux de travail dans un environnement unique. Cela permet aux ingénieurs de récupérer leur productivité.

C'est sur ce point que se concentre cet eBook. Il passe en revue les détails de la rétro-ingénierie et s'intéresse à la manière dont le processus s'intègre dans la modélisation de concept, la conception détaillée, le prototypage et les tests. Il se penche également sur les solutions numériques traditionnelles et progressives qui soutiennent la rétro-ingénierie, en soulignant leurs avantages et leurs inconvénients.

La rétro-ingénierie est un élément essentiel de la conception. Il est temps d'utiliser les outils qui permettront d'en tirer parti.



## LA RÉTRO-INGÉNIERIE DANS LE PROCESSUS DE DÉVELOPPEMENT

Avant d'aborder la technologie utilisée pour prendre en charge la rétro-ingénierie, il est important de comprendre les bases. Cette section définit comment et pourquoi la rétro-ingénierie est utilisée dans le processus de développement, expose les questions techniques qui doivent être prises en compte, et explore comment elle est utilisée dans les étapes de modélisation de concept, de conception détaillée, de prototypage et de test.

### APPLICATIONS DE LA RÉTRO-INGÉNIERIE

Il existe de nombreuses circonstances au cours du processus de développement dans lesquelles la rétro-ingénierie peut servir, malgré les frictions dans l'exécution de son flux numérique. Le point commun de ces cas est que l'organisation ne dispose pas de documentation technique. Il y a plusieurs raisons qui expliquent cette situation :

- Le produit ou le composant a été développé avant la mise en place de bonnes pratiques de configuration et de contrôle.
- Le produit ou le composant a été développé par une entreprise qui a été rachetée depuis, et la documentation a été perdue pendant la transition.
- Le produit ou le composant faisait partie d'une start-up. Il se peut que la documentation n'ait jamais été faite.
- Le produit ou le composant peut appartenir à un concurrent, encore en activité ou non.
- Un dessin de forme organique est d'abord développé physiquement et doit être converti en une définition numérique.

Les raisons pour lesquelles une entreprise peut avoir besoin de recourir à la rétro-ingénierie dans son processus de développement peuvent varier considérablement. On peut notamment citer les raisons suivantes :

- Un produit ou un composant fonctionnant dans un cycle d'exploitation de longue durée s'est cassé ou doit être remplacé. L'entreprise doit reproduire le produit ou le composant existant pour le remplacer. Par ailleurs, elle doit identifier l'origine de la défaillance pour éviter les problèmes à l'avenir.
- Elle souhaite développer la prochaine génération d'un produit ou d'un composant existant. Elle a besoin d'une représentation numérique de l'item pour l'utiliser comme point de départ pour une nouvelle conception.

### CONSIDÉRATIONS TECHNIQUES

Un processus moderne de rétro-ingénierie commence par une étape technique qui consiste à scanner le produit ou le composant existant. Au cours de ce processus, un scanner laser prend des centaines ou des milliers de mesures tridimensionnelles de l'item. Chaque mesure a un emplacement X, Y et Z dans l'espace. Collectivement, ce nuage de points représente la surface extérieure de l'article. Le processus ne s'arrête toutefois pas là. C'est souvent là qu'il commence.

Une fois l'item scanné, le nuage de points peut être utilisé pour créer un modèle solide, dont la géométrie est différente de la géométrie arrondie et lisse créée par la modélisation paramétrique et directe. La géométrie du modèle solide est générée en créant des facettes planes entre trois points quelconques du nuage. Le résultat est une géométrie maillée qui ne peut pas être manipulée, modifiée ou éditée par des capacités de modélisation directe ou paramétrique. En revanche, la modélisation par facettes permet de modifier cette géométrie.

## LA RÉTRO-INGÉNIERIE DANS LA MODÉLISATION DE CONCEPT

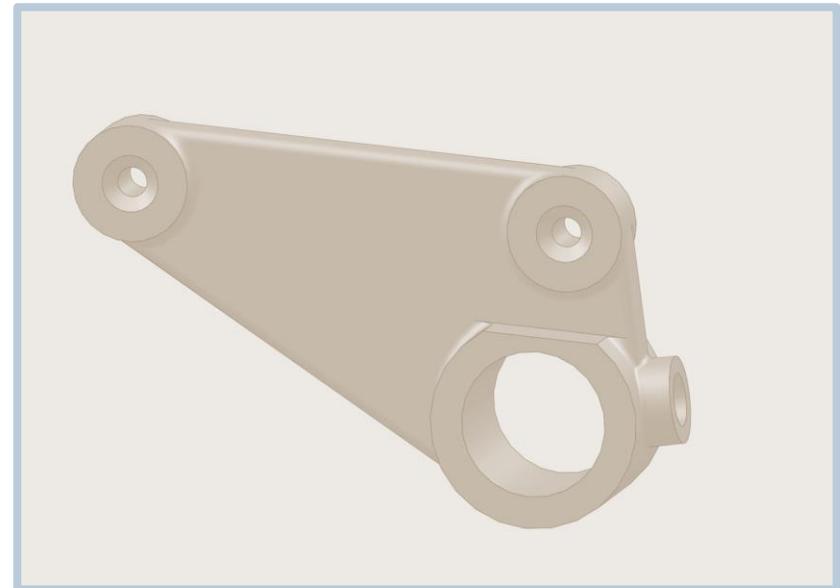
Pendant cette étape, les ingénieurs travaillent sur une série d'idées qui pourraient potentiellement répondre aux exigences de forme et de fonction. Ils recherchent des conceptions qui répondent aux exigences de fabricabilité. En fonction du rôle que la conception joue dans le produit ou le système au sens large, les ingénieurs explorent davantage d'alternatives ou passent à d'autres conceptions.

Les représentations géométriques de ces conceptions peuvent varier énormément de l'une à l'autre. Certains ingénieurs utilisent des méthodes de conception descendantes pour délimiter des volumes et des emplacements de composants spécifiques. D'autres vont peaufiner leurs idées avec des esquisses 2D ou 3D développées à partir de courbes, de lignes et de surfaces. À ce stade, les représentations obtenues ne sont pas encore des modèles 3D détaillés, celles-ci seront obtenues lors de la phase de conception détaillée.

La rétro-ingénierie peut jouer plusieurs rôles dans la modélisation de concept. Elle peut servir à capturer la taille et la forme d'un produit ou d'un composant existant comme contexte pour la nouvelle conception. Cette capacité permet aux ingénieurs de concevoir autour de l'item existant et d'évaluer si leurs exigences ont été satisfaites. Dans ce scénario, il n'est pas vraiment nécessaire de transformer la géométrie maillée du composant scanné en un modèle arrondi. Cette fonction peut être remplie une fois que le composant existe.

La rétro-ingénierie peut également permettre d'utiliser le composant scanné comme point de départ pour une nouvelle conception. La nouvelle idée peut hériter de certains traits et caractéristiques de l'article existant, mais diverger considérablement dans d'autres domaines. Dans ce contexte, la géométrie maillée sert de ligne directrice pour créer une nouvelle géométrie à l'aide de méthodes traditionnelles, notamment la modélisation paramétrique et directe.

Un troisième cas, mais d'une importance capitale, consiste à utiliser directement la géométrie maillée du composant scanné. Grâce aux capacités de modélisation par facettes, l'ingénieur peut modifier directement la géométrie maillée. Cela comprend l'ajout ou la suppression de matériau, et peut inclure la modification de la géométrie maillée. Dans ce cas, il est important de combiner la géométrie arrondie, créée avec la modélisation paramétrique et directe, avec la géométrie maillée, créée et modifiée avec la modélisation par facettes. Dans ce scénario, il n'est peut-être pas nécessaire de transformer cette géométrie maillée en une géométrie arrondie, surtout si l'article sera produit par fabrication additive.



## LA RÉTRO-INGÉNIERIE DANS LA CONCEPTION DÉTAILLÉE

À ce stade du développement, les ingénieurs sélectionnent une modélisation de concept vérifiée et la détaillent entièrement pour ensuite la valider, en vérifiant qu'elle répond aux exigences de forme, d'intégration physique et de fonctions. Pour optimiser les performances du produit, ils doivent explorer des alternatives de certains aspects de la conception. Cela est particulièrement vrai quand il s'agit de trouver des compromis entre des exigences conflictuelles, comme les considérations de poids, de charge structurales ou de coûts.

La représentation géométrique numérique de la conception à ce stade est un modèle 3D entièrement détaillé. Ces modèles sont souvent construits à l'aide de capacités de modélisation directe et de conception paramétrique, lesquelles permettent d'obtenir une géométrie parfaitement arrondie.

Comme c'était le cas pour la modélisation de concept, la rétro-ingénierie joue de nombreux rôles dans la conception détaillée. La géométrie maillée d'un produit ou d'un composant scanné peut être utilisée comme contexte pour la conception détaillée. De nombreuses autres conceptions peuvent être développées autour de cet objet tout en vérifiant les exigences. Dans ce scénario, il n'est pas vraiment nécessaire de transformer l'item scanné en un modèle arrondi.

La rétro-ingénierie peut également servir de base à une nouvelle conception détaillée. La numérisation de l'item peut être utilisée comme guide pour créer une nouvelle géométrie arrondie en utilisant les capacités de modélisation paramétrique et directe. Les ingénieurs peuvent ainsi accélérer leur travail au lieu de partir de zéro.

Une autre utilisation de la rétro-ingénierie est d'utiliser la géométrie maillée comme conception détaillée. Les capacités de modélisation par facettes peuvent être utilisées pour modifier et ajuster la géométrie maillée, y compris en ajoutant ou en retirant du matériau, pour toutes les modifications nécessaires. Ce modèle peut ensuite être envoyé pour la fabrication, en particulier si des approches additives sont utilisées pour la production.

Dans chacun de ces cas, la possibilité de combiner les capacités de modélisation paramétrique, directe et par facettes est cruciale. Les ingénieurs peuvent modifier la géométrie maillée, soit comme géométrie de conception, soit comme référence. De plus, ils peuvent créer des géométries arrondies, selon les besoins.



## LA RÉTRO-INGÉNIERIE DANS LE PROTOTYPAGE ET LES TESTS

Lorsqu'un modèle arrive au stade du prototypage et des tests, il existe sous sa forme physique. L'objectif essentiel est de vérifier que sa conception répond pleinement aux exigences définies. Un modèle validé qui ne donne pas satisfaction peut revenir dans cette phase. Le prototypage et les tests peuvent ensuite être utilisés pour identifier la ou les causes premières de l'échec avant modification.

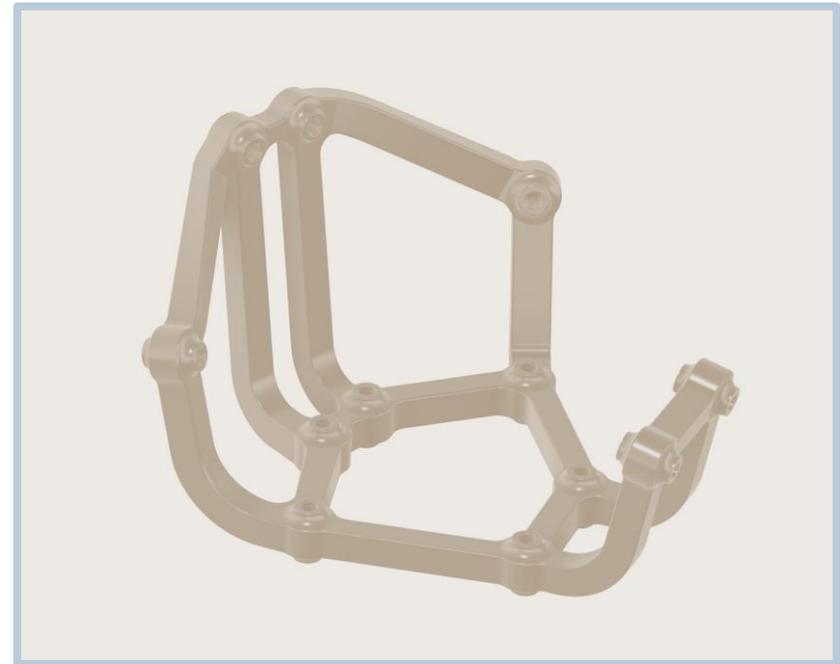
D'un point de vue géométrique, la première fois qu'un modèle 3D détaillé passe officiellement du monde numérique au monde physique, c'est lors du prototypage et des tests. À ce stade, il faut utiliser des capacités de fabrication (la génération de parcours d'outils CNC ou l'impression 3D) pour réaliser la conception dans le monde physique.

L'une des principales utilisations de la rétro-ingénierie dans le domaine du prototypage et des tests est de recréer rapidement un produit ou un composant existant afin de valider les performances d'autres conceptions. Ici, la rétro-ingénierie est utilisée pour répliquer un objet existant. Elle est ensuite utilisée avec les nouvelles conceptions à des fins de test. Dans ce cas, aucune modification n'est apportée à l'item qui a été recréé.

L'utilisation de la rétro-ingénierie pour dupliquer un objet existant afin d'identifier l'origine d'une défaillance est un cas assez similaire, mais légèrement différent. Le but ici n'est pas d'explorer ou de vérifier les modifications de conception, mais plutôt de comprendre comment et pourquoi l'item a échoué. Une fois que cela est clair, l'entreprise peut lancer une autre phase de conception pour modifier ou remplacer cet élément existant par quelque chose de nouveau.

La rétro-ingénierie peut également être utilisée pour simuler des modifications potentielles sur un produit ou un composant, puis pour les tester. Dans ce scénario, développer un modèle 3D à partir de la numérisation est important, afin de modifier la géométrie maillée rapidement.

Comme dans le cas de la modélisation de concept et de la conception détaillée, la possibilité de combiner les capacités de modélisation paramétrique, directe et par facettes est essentielle pour la rétro-ingénierie dans le prototypage et les tests. Les ingénieurs peuvent modifier la géométrie maillée, soit comme géométrie de conception, soit comme référence. De plus, ils peuvent créer des géométries arrondies, selon les besoins.



## UTILISER DEUX APPLICATIONS DISTINCTES

Dans le cadre de la modélisation de concept, de la conception détaillée, du prototypage et des tests, la rétro-ingénierie est une activité de conception essentielle. Toutefois, les technologies traditionnellement utilisées pour soutenir la rétro-ingénierie peuvent freiner le flux de travail numérique, car elles ne sont pas intégrées.

### DEUX TYPES DE GÉOMÉTRIES POUR TROIS TYPES DE CONCEPTION

En règle générale, la modélisation géométrique traditionnelle se présente sous deux formes : conception paramétrique ou modélisation directe. La conception paramétrique peut être utilisée pour créer un modèle, une primitive après l'autre, en utilisant des contrôles dimensionnels paramétriques. La modélisation directe, quant à elle, permet aux ingénieurs de modifier la géométrie existante en la poussant, la tirant ou en la faisant glisser. Ces deux approches de modélisation font appel à la géométrie surfacique, qui est représentée par des surfaces planes ou courbes.

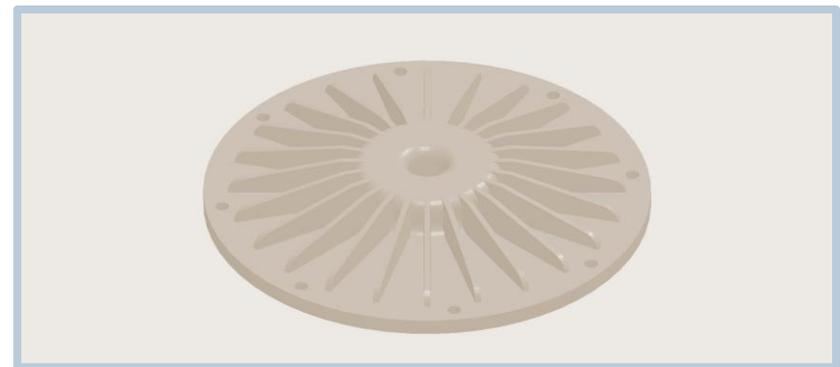
La géométrie maillée, en revanche, utilise un nuage de points représentant la surface extérieure d'une conception. Certaines applications de CAO transforment ce nuage de points en géométrie volumique en créant des triangles ou des trapèzes plans, puis en les combinant dans un volume "étanche". La modélisation par facettes permet aux ingénieurs d'améliorer la qualité du maillage obtenu et de modifier cette géométrie en ajoutant ou en enlevant du matériau.

Comme indiqué précédemment, il y a des cas où les ingénieurs doivent développer une géométrie surfacique (lissée) ainsi qu'une géométrie maillée. Au stade de modélisation de concept, ils doivent travailler avec des croquis et des espaces définis parallèlement à la géométrie maillée des composants scannés. Lors de la phase de conception détaillée, les ingénieurs créent des modèles 3D en prenant en compte la géométrie maillée. Dans le cadre du prototypage et des tests, ils doivent produire rapidement des composants à partir de ces géométries surfaciques et de la géométrie maillée.

### UTILISER DEUX APPLICATIONS DISTINCTES

Les logiciels de CAO habituellement employés pour créer des modèles 3D et d'autres éléments utilisent souvent une combinaison de modélisation paramétrique et de modélisation directe, qui aboutissent toutes deux à des géométries surfaciques. Ensemble, elles permettent de développer des modélisations de concept et des conceptions détaillées qui aboutissent ensuite à la création de composants physiques. Malheureusement, rares sont les outils de CAO qui proposent une modélisation par facettes en plus de ces capacités.

Comme la plupart ces logiciels ne peuvent pas fonctionner avec la géométrie maillée, les ingénieurs doivent se tourner vers d'autres solutions. Certaines applications autonomes spécifiques, comme celles qui proposent le matériel à balayage laser, fournissent une application similaire à la CAO qui inclut la modélisation par facettes. Théoriquement, les ingénieurs peuvent utiliser à la fois des applications CAO traditionnelles et ces applications spécifiques. Mais ce scénario présente de nombreux inconvénients.



## ENVIRONNEMENTS DE CONCEPTION DISPARATES

Lors des phases de modélisation de concept, de conception détaillée et de prototypage et de tests, les ingénieurs doivent souvent associer les modélisations paramétrique, directe et par facettes de façon **interchangeable**. Par exemple, l'utilisateur peut travailler sur des données de facettes, puis créer une structure paramétrique et ensuite la modifier à l'aide de la modélisation directe, avant d'utiliser à nouveau la modélisation par facettes. Si ces trois fonctionnalités ne sont pas disponibles dans une seule application, alors les ingénieurs ne peuvent pas effectuer ce type d'opération. Ils doivent exporter les données de conception à partir du logiciel de CAO, pour les importer dans l'autre logiciel.

## TRANSFÉRER DES DONNÉES DE CONCEPTION

Si vous avez déjà transféré des géométries entre des applications CAO, vous connaissez probablement les problèmes que cette méthode implique. En déplaçant un modèle d'un logiciel à un autre, les surfaces, les lignes ou les points manqués finissent souvent mal alignés ou disparaissent tout simplement. Ces défauts invalident le modèle, dans la mesure où celui-ci ne représente plus fidèlement la conception. Les ingénieurs doivent résoudre ces problèmes chaque fois qu'ils font passer leurs géométries d'un type de logiciel à un autre.

La même situation peut se produire lors du transfert d'une géométrie entre des applications de CAO traditionnelles et des applications spécialisées de type CAO. Résultat : davantage de temps perdu pour l'ingénieur et un véritable obstacle pour le projet de développement.

## POINTS CLÉS

Les ingénieurs peuvent exploiter les outils de CAO traditionnels utilisés pour soutenir la rétro-ingénierie et les allier à un ensemble de logiciels non intégrés, mais cela peut freiner le flux de travail numérique. La non-intégration des systèmes limite les ingénieurs dans leurs conceptions. Ils doivent consacrer énormément de temps à résoudre les problèmes liés au transfert de géométrie d'un logiciel à l'autre. Pendant toutes ces années, ils auraient préféré disposer de solutions alternatives, mais c'était du seul moyen d'exécuter des processus de rétro-ingénierie dans le développement de produits.

## UN SEUL ENVIRONNEMENT DE CONCEPTION

Au cours de l'année passée, une nouvelle technologie a vu le jour. Celle-ci facilite le processus de rétro-ingénierie dans le cycle de développement. Certaines applications de CAO ont enrichi leurs capacités de manière à intégrer les modélisations directe, paramétrique et par facettes. Au-delà de l'importation de données de nuages de points et de la création de la géométrie maillée qui en résulte, les enjeux de l'application de la rétro-ingénierie sont majeurs.

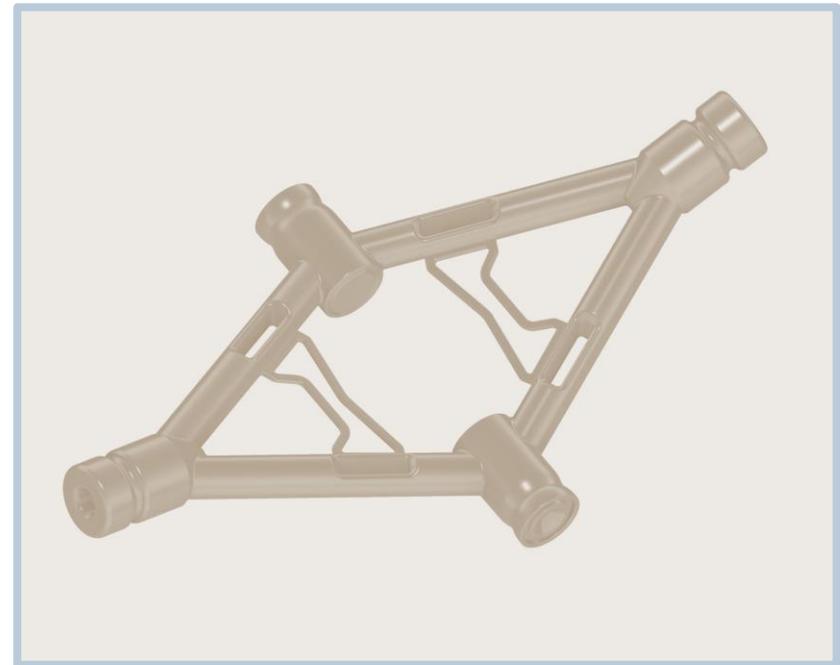
Si les ingénieurs sont amenés à créer une géométrie surfacique à partir des données scannées, le flux de travail se simplifie. Toutes les fonctionnalités de modélisation se trouvent dans un environnement unique, ce qui signifie que les ingénieurs ont toujours accès à l'outil adapté à leurs besoins.

Autre cas intéressant, les ingénieurs n'ont pas besoin de transformer les composants scannés en géométrie surfacique. La modélisation par facettes fournit les outils nécessaires pour modifier la conception sans ces étapes intermédiaires qui prennent beaucoup de temps. Cela vaut en particulier pour les composants qui seront fabriqués par impression 3D, laquelle repose déjà sur la géométrie maillée.

Dans les cas où un composant de rétro-ingénierie doit être utilisé pour contextualiser de nouvelles conceptions, le flux de travail est également simplifié. Les ingénieurs n'ont qu'à lire le nuage de points et scanner en utilisant les capacités de modélisation paramétrique et directe, selon les besoins. Le composant scanné sert de référence.

Tous ces scénarios mettent en évidence un point important ; à savoir les activités que cette nouvelle génération de logiciels de CAO permet aux ingénieurs d'éviter : *de transférer leurs données de conception*. Puisque toutes ces fonctionnalités existent dans un seul environnement, il n'est pas nécessaire de transférer les données 3D, scannées ou autres, entre les différentes applications logicielles. Le développement peut être effectué en intégralité dans le même environnement. Les ingénieurs ne perdent plus de temps à résoudre les problèmes de géométrie et peuvent se concentrer sur la conception.

Globalement, l'intégration de la modélisation par facettes, au même titre que la modélisation paramétrique et directe, est une aubaine pour les ingénieurs qui souhaitent exploiter la rétro-ingénierie dans leurs processus de développement. Elle évite les frictions numériques dans le flux de travail, ce qui permet aux ingénieurs de plutôt se consacrer à la conception.



## RÉSUMÉ ET CONCLUSION

La rétro-ingénierie est une pratique de longue date dans le développement de produits. Pourtant, alors que la conception s'est transformée en une série de flux de travail numériques, les technologies utilisées pour permettre la rétro-ingénierie n'ont pas évolué.

### LA RÉTRO-INGÉNIERIE DANS LE DÉVELOPPEMENT DE PRODUITS

En tant que pratique, la rétro-ingénierie est utilisée dans de nombreuses étapes du développement. Dans le cadre de la conception et de la conception détaillée, les items scannés peuvent servir de base ou de contexte pour de nouvelles idées de conception ou des modèles détaillés. Lors de la phase de prototypage et de tests, la rétro-ingénierie permet d'explorer rapidement des itérations, d'analyser et d'identifier l'origine des problèmes, ainsi que de valider de nouvelles conceptions. La rétro-ingénierie joue un rôle essentiel.

Scanner un item génère un nuage de points composé de centaines ou de milliers de mesures. Cela peut être utilisé pour créer une géométrie solide en générant des facettes planes entre trois points quelconques du nuage. Le résultat est une géométrie maillée qui ne peut pas être manipulée, modifiée ou éditée par des capacités de modélisation directe ou paramétrique. En revanche, la modélisation par facettes permet de modifier cette géométrie.

### UTILISER DEUX APPLICATIONS DISTINCTES

Traditionnellement, les applications de CAO offraient des capacités de modélisation paramétrique et directe, mais pas de modélisation par facettes. Afin de créer un modèle 3D d'un composant scanné, les ingénieurs se sont tournés vers des applications spécialisées de type CAO qui proposent la modélisation par facettes. Cela a limité leurs efforts de conception, car aucun environnement unique ne fournit les modélisations paramétrique, directe et par facettes, qui sont toutes nécessaires pour explorer de nouvelles options de conception. L'utilisation de deux applications distinctes a obligé les ingénieurs à

traduire les données de conception de l'une à l'autre. Ces transferts de données aboutissent souvent à une géométrie brisée dont la réparation prend beaucoup de temps.

### UN SEUL ENVIRONNEMENT DE CONCEPTION

L'année dernière, certaines applications de CAO ont enrichi leurs capacités de manière à intégrer les modélisations directe, paramétrique et par facettes. Les ingénieurs peuvent ainsi transformer les données scannées en géométrie surfacique. Ils peuvent utiliser les données scannées comme contexte pour développer de nouvelles conceptions. Il n'y a plus besoin de transformer et de traduire ces modèles, ce qui leur fait gagner un temps considérable. Dans l'ensemble, ces applications de CAO ont éliminé un nombre important de frictions numériques dans le flux de travail de la rétro-ingénierie.

### CONCLUSION GÉNÉRALE

La rétro-ingénierie continue d'être une activité essentielle du processus de développement. Avec l'émergence des applications de CAO proposant les modélisations paramétrique, directe et par facettes, les ingénieurs peuvent optimiser leur productivité et consacrer plus de temps à la conception.

© 2017 LC-Insights LLC

**Chad Jackson** est analyste, chercheur et blogueur pour le cabinet d'études [Lifecycle Insights](#). Il publie ses réflexions et ses analyses sur les technologies utilisées dans l'ingénierie, dont la CAO, l'IAO, le PDM et le PLM.



[chad.jackson@lifecycleinsights.com](mailto:chad.jackson@lifecycleinsights.com)