

Optimisation de la conception et de l'entretien, via le monde virtuel, grâce au Digital Twin

25 septembre 2020, 02:00

Pascal Pollet

Le Digital Twin (DT) est une représentation virtuelle d'un produit, d'un processus ou d'un système, réels. Dans notre monde industriel axé sur la technologie, le concept est devenu de plus en plus important ces dernières années, y compris dans le domaine de la conception et de la simulation.

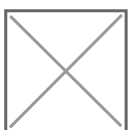
Qu'est-ce qu'un Digital Twin ?

Le *Digital Twin*, ou jumeau virtuel, ou encore copie numérique, s'inscrit dans le modèle d'Industrie 4.0 comme une représentation à l'ordinateur d'un produit, d'un processus ou d'un système. Cette représentation virtuelle peut être utilisée pour la conception, la simulation, le contrôle, l'optimisation et la maintenance de produits et constitue un concept important en matière d'Internet des objets (IoT) industriel. Cette représentation d'un produit physique, d'un processus ou d'un système, permet de mieux comprendre et de modéliser ses performances. Un *Digital Twin* est constamment remis à jour à l'aide de données provenant de plusieurs sources, ce en quoi il diffère des modèles 3D statiques.

L'idée d'un '*Twin*' ou jumeau a été évoquée pour la première fois par la NASA dans le cadre de son programme Apollo. Il s'agissait alors d'une copie réelle du module, grâce à laquelle il était possible de reproduire les problèmes auxquels était confronté le module dans l'espace, et de trouver, depuis la Terre, une manière de les résoudre.

La transformation en '*Digital Twin*' (DT) a été présentée en 2003 dans l'étude '*Digital Twin : Manufacturing Excellence through Virtual Factory Replication*' (Excellence de la fabrication grâce à la réplique en usine virtuelle). La NASA et l'US Air Force ont alors commencé à appliquer le concept de *Digital Twin* dans le domaine de l'aviation.

Depuis, ce concept n'a cessé d'évoluer, d'un cadre 3D à un cadre 5D. Le cadre 3D consistait en une *Physical Entity* (entité physique, c.-à-d. l'objet physique réel), une *Virtual Entity* (entité virtuelle composée d'une série de modèles : modèle géométrique, modèle physique, modèle comportemental et modèle régulateur), ainsi que de la connexion de données et d'informations reliant la *Physical Entity* à la *Virtual Entity*.



Cadre 3D

Le cadre 5D intègre deux nouvelles composantes : *DT-data* et *Services*. *DT-data* comporte les données relatives à l'entité complète, elle les fusionne via différents algorithmes et rend ces données disponibles pour l'ensemble de l'autre entité. La composante *Services* intègre toutes les fonctions de *Digital Twin* dans des services standardisés, avec des interfaces conviviales, pour une utilisation facile à la demande.



Cadre 5D

Les *Digital Twins* sont également classés en niveaux différents, selon l'application, entre le niveau '*Unit Digital Twin*', le niveau '*System Digital Twin*' et le niveau '*System of system Digital Twin*'. Le niveau *Unit* est celui de l'individualité indépendante minimale : une personne, une machine ou un produit. Lorsque les niveaux de différentes unités (*Units*) sont rassemblés, ils forment un niveau système (*System*) comportant plus de fonctionnalités, telles que la planification et l'optimisation des services. Enfin, le niveau *System of systems* est un groupement de niveaux systèmes qui offre plus de fonctionnalités, des informations plus précises et davantage de données disponibles du fait de la croissance des entités physiques et virtuelles.



Les trois niveaux de *Digital Twin*

Avantages du *Digital Twin*

Pendant la **phase de conception**, le DT aide en simulant le comportement du produit le plus précisément possible dans différents environnements ou en simulant différentes conceptions dans un environnement spécifique. Ces simulations conduisent à la conception la plus appropriée, sans qu'il soit nécessaire de construire un prototype physique, ce qui rend le processus de développement plus rapide et moins cher.

Pendant la **phase d'utilisation**, le DT aide à optimiser l'entité physique en effectuant en continu des simulations, afin de trouver le meilleur paramètre pour l'environnement réel et la tâche, en utilisant les données en temps réel de cette entité.

Le DT permet aussi l'**entretien à distance** : un expert étudie un problème directement dans le DT et une personne sur site apprend ensuite comment le résoudre. Avant de se rendre sur place pour résoudre le problème, cette personne s'exerce sur le DT via la réalité augmentée (augmented reality ou AR). Aucun contact physique entre l'expert et la personne sur place n'est donc nécessaire, et les frais de déplacement restent donc limités.

Le DT permet l'**entretien prédictif** : le DT permet de comparer les données en temps réel avec les données historiques, en tenant compte de l'usure et de l'environnement de l'entité physique, et ainsi de prédire le moment le plus approprié pour l'entretien. Lorsqu'il s'agit d'un composant faisant partie d'un *System-of-system Digital Twin*, il peut comparer les données en temps réel de l'entité physique avec les données d'autres *Digital Twins* qui ont une usure et un environnement similaires.

En résumé, le *Digital Twin* représente la conception et l'entretien les moins chers, la conception et la détection de problèmes les plus rapides, une optimisation continue et un entretien prédictif.

Mise en œuvre de la Virtual Entity

L'entité virtuelle d'un DT est constituée d'une série de modèles. Le nombre et le type des modèles mis en œuvre dépend de l'utilisation du DT.

Le premier modèle est le **modèle géométrique**, une représentation du modèle dans un espace 3D, dans lequel l'objet physique est inscrit quant à sa forme, son matériau ou l'assemblage des composants.

Le deuxième modèle est le **modèle physique**, qui reproduit les caractéristiques physiques telles que la vitesse et la puissance. Ce modèle reflète aussi les phénomènes physiques tels que la déformation et la corrosion.

Le troisième modèle, le **modèle comportemental**, décrit le mécanisme de réaction et le comportement de l'entité, comme par exemple la dégradation des performances sous l'effet d'influences externes.

Enfin, le **modèle régulateur** se compose d'un certain nombre de règles construites à partir de données historiques de l'entité physique (Physical Entity) en utilisant une technique différente, telle que l'apprentissage automatique (*machine learning*). Ce modèle procure à l'entité virtuelle (*Virtual Entity*) la possibilité d'optimiser et de prédire par rapport à l'entité physique (*Physical Entity*).

Les données de cette entité physique doivent être importées dans l'entité virtuelle pour s'assurer qu'elle correspond le plus possible à l'entité physique, et permettre à l'entité virtuelle de réaliser une meilleure optimisation et prévision de l'entité physique.

Exemples tirés de la pratique

Les capteurs connectés à un produit physique collectent des données et les renvoient au DT. Exemple : des capteurs dans un moteur d'avion peuvent détecter quand des pièces doivent être remplacées ou réparées. Ainsi, Rolls Royce, fabricant de moteurs à réaction, utilise le système *Engine Health Management* (Gestion de la santé du moteur) pour surveiller l'état de milliers de moteurs via des capteurs intégrés et des signaux satellites en direct. Ces données sont utilisées pour améliorer les programmes d'entretien. Enfin, ils peuvent être également utilisés pour le processus de conception d'origine d'un moteur d'avion. Le DT du moteur d'avion indiquerait ces nouvelles informations, que l'on retrouve dans le système de gestion du cycle de vie des produits du constructeur (*Product Lifecycle Management*).

Certaines entreprises disposent de modèles numériques de lignes de production complètes, sur lesquelles elles peuvent simuler et tester des cycles de production pour préparer des modifications. Black & Decker, fabricant d'outillages électriques, a élargi le concept DT pour inclure des modèles numériques de lignes d'assemblage et autres systèmes de fabrication, lui permettant d'augmenter sa productivité et son efficacité. Des modèles performants doivent également permettre de préparer les lignes de production virtuelles aux nouveaux produits et configurations de produits, afin de réduire au minimum les temps de permutation.

Cet article Techniline est basé sur un article paru dans le cadre du Machining 4.0. Ce projet interrégional offre aux PME qui souhaitent en savoir plus sur l'application des nouvelles technologies (Industrie 4.0) dans l'industrie de l'usinage, un accès gratuit à l'expérience et aux conseils des centres de connaissances européens, dont Sirris.

Sources

- <http://www.machining4.eu>
- <https://www.researchgate.net>
- <https://www.essentracomponents.com>

Auteurs



Pascal Pollet