



L'effondrement d'Arecibo pourrait-il être le dernier du genre ?

Transformer le diagnostic des pannes, la maintenance prédictive et le développement des produits avec la technologie des jumeaux numériques

Par : Patrick Bohle, vice-président, marketing des solutions , FARO® Technologies, Inc.

www.faro.com

L'année dernière a été riche en mauvaises nouvelles et la communauté scientifique internationale n'y a pas échappé durant les dernières semaines : l'observatoire de [radioastronomie](#) Arecibo de Porto Rico s'est effondré.

L'observatoire faisait l'objet d'un démantèlement précipité suite à la rupture de deux câbles durant l'été et l'automne. La première rupture a généré une brèche de 30 mètres dans la parabole du réflecteur de l'observatoire d'un diamètre de 300 m. Le site avait été fermé temporairement en vue d'effectuer des réparations. La seconde rupture en novembre 2020 a scellé le sort de l'observatoire d'Arecibo puisque les ingénieurs ont conclu qu'il était impossible de sauver l'installation. L'évacuation complète du site a été ordonnée.

Plusieurs [scientifiques](#) considèrent le démantèlement comme un « uppercut scientifique, la fin d'une ère. »

L'effondrement de l'observatoire Arecibo a non seulement été une tragédie pour la communauté scientifique, mais également une perte pour le public dans son ensemble : ce télescope était le plus connu et apparaissait dans différents films comme par exemple la superproduction de James Bond *GoldenEye* et le film *Contact* sorti en 1997. Ceux qui connaissent sa structure emblématique savent qu'Arecibo avait une vraie personnalité : un immense plateau scrutant les cieux, écoutant patiemment les signaux radio provenant d'autres mondes ou

le bruit de fond de l'univers à la recherche de preuves de son origine.

Construit au début des années 60, cette merveille technologique âgée de 57 ans est restée le [plus grand télescope du monde](#) jusqu'en 2016, à la mise en service du télescope FAST (Five-hundred-meter Aperture Spherical radio Telescope) en Chine.

Battu en 2016. Détruit en 2020. Une fin atroce pour un télescope de renom.

« Tout vous semble brouillé ? »

Mais cette tragédie pourrait-elle être la dernière du genre ? Est-il réaliste d'imaginer qu'une défaillance à venir d'une structure, d'un bâtiment ou même d'une pièce assemblée puisse être prédite non pas des semaines ou des mois à l'avance, mais des années en amont, avant même que la production en série de ses composants ne soit lancée ? La technologie des jumeaux numériques peut transformer ce rêve en réalité. Ce processus s'appuie sur la numérisation laser 3D pour convertir les objets physiques en répliques numériques en vue de les surveiller et les modéliser à l'aide d'analyses de données basées sur le cloud effectuées en temps réel.

En fait, durant les prochaines années, le marché mondial des jumeaux numériques devrait connaître un taux de croissance annuel composé (TCAC) proche de [38 %](#) pour peser 16,4 milliards de dollars en 2024. Près de la moitié de cette croissance, soit 41 %, devrait s'observer en Amérique du Nord,

avec une prédominance des secteurs de l'automobile et de l'aérospatiale.

D'une manière générale, la surveillance de la santé structurelle et la maintenance préventive effectuées grâce aux jumeaux numériques illustrent ce que cette technologie peut apporter au monde. Par exemple, dans une [récente étude menée au Royaume-Uni](#), la preuve de concept a été effectuée avec deux ponts ferroviaires du Staffordshire (Midlands de l'Ouest) qui intégraient des capteurs à fibre optique pour mesurer en temps réel « l'évolution des déformations et des contraintes » ainsi que « la distribution des déformations et des contraintes ». Selon le rapport, en associant ces données à la modélisation prédictive par « éléments finis » obtenue grâce aux données des capteurs sur la structure, les informations « peuvent être utilisées pour établir des performances de référence qui seront utilisées dans le cadre d'une surveillance de l'état à long terme et d'une gestion des ressources basée sur les données puisque les données des capteurs qui en résultent sont recueillies tout au long de la durée de vie du pont ».

Autrement dit, les défaillances techniques telles que celles qui ont frappé Arecibo et d'autres sites pourraient prochainement devenir de l'histoire ancienne.

Il aurait par exemple été possible de surveiller l'intégrité à long terme de la structure en détectant la résistance à la traction de ses câbles primaires et auxiliaires à l'aide d'un laser 3D et de capteurs de surveillance adaptés. De la même manière, des simulations du modèle pourraient prendre en compte les contraintes physiques causées par les ouragans fréquents, les tremblements de terre périodiques, l'humidité quasi constante de la région ainsi que l'impact de ces contraintes sur les performances structurelles pluridécennales. Les données météorologiques et sismiques, historiques et en temps réel, amélioreraient la précision de la simulation numérique. Même si les ingénieurs effectuent déjà des contrôles réguliers des structures qu'ils construisent,

la création d'un jumeau numérique permet d'obtenir des informations plus complètes en temps quasi-réel et de réagir bien plus vite.

Ceci est valable non seulement pour la prévision des défaillances et la surveillance de l'état de santé des structures construites il y a longtemps comme Arecibo, mais aussi pour toute structure (comme une usine) ou pièce (comme une turbine d'avion) qui doit être surveillée et modélisée au cours des phases de construction ou de modernisation si l'utilisation devient différente ou doit être adaptée. Les câbles auxiliaires d'Arecibo ont été ajoutés dans les années 90 sans bénéficier d'une maintenance prédictive. Mais essayez d'imaginer ce qu'il se passera lorsque la prochaine génération de télescopes terrestres, disons dans 20 ans, éclipsera le FAST chinois et sera construite de A à Z à l'aide de la technologie des jumeaux numériques.

Les jumeaux numériques pour une stratégie gagnant-gagnant

De façon synthétique, les jumeaux numériques permettent d'obtenir un produit plus performant, plus solide et plus sécurisé qui sera potentiellement mis sur le marché en un temps record. Ils améliorent également la flexibilité pour un partage de données à distance plus rapide. Les fabricants peuvent ainsi accéder aux plans partout dans le monde, tout en bénéficiant d'une synchronisation complète entre les ressources physiques et numériques.

Pour finir par le meilleur, pratiquement tous les secteurs peuvent profiter de ces avantages, et les consommateurs aussi. Pour le secteur automobile, la collecte des données des jumeaux numériques à partir de véhicules sur route en temps réel pourrait fournir un jour des indicateurs de performances qui pourraient s'avérer précieux pour faire progresser la conception de véhicules, améliorer les normes de sécurité et d'efficacité et peut-être favoriser l'adoption rapide des véhicules électriques

grâce à des batteries plus performantes associées à une technologie de freinage régénératif améliorée. Pour les fabricants, les produits peuvent également commencer leur cycle de vie uniquement dans le domaine numérique puisqu'un modèle 3D permet de simuler des performances réelles.



Les usines de fabrication d'automobiles peuvent aussi utiliser les jumeaux numériques afin de surveiller aussi bien la durabilité et les performances des bâtiments, que l'exploitation et les activités de maintenance ou la santé et le bien-être des passagers et employés. Dans un avenir proche, toutes les usines bénéficieront des avantages suivants : des cycles de vie de planification/construction raccourcis, des délais de production pour les voitures et les modèles plus courts, une fiabilité et une efficacité améliorées, une meilleure automatisation et peut-être le plus intéressant, la possibilité d'adopter une approche « fabriqué sur place » en copiant les caractéristiques de conception d'une usine physique afin de fabriquer ailleurs, au plus près du marché de la demande. Ces démarches ont de fortes répercussions sur les économies d'échelle.

Les avions peuvent également bénéficier du potentiel offert par la maintenance préventive et la fabrication en usine. Grâce aux capteurs à distance et aux données partagées via le cloud, les indicateurs tels que la performance des turbines, les contrôles hydrauliques et le système de contrôle environnemental de l'avion (particulièrement important dans l'ère post-covid) peuvent

être surveillés instantanément et améliorés avant qu'un problème ne survienne. Dans cette situation, un jumeau numérique peut débiter virtuellement avec des performances maximisées, même avant que les premières pièces physiques de l'avion ne soient assemblées.

Tout ce qu'il faut savoir sur le jumeau numérique



Pour adopter la technologie des jumeaux numériques, la clé est de comprendre la différence entre jumeau numérique et modèle numérique.

Les modèles numériques sont des représentations statiques de ressources physiques. Cette technologie a connu son essor dans les années 80. Un jumeau numérique est un modèle 3D survitaminé, un « document vivant » qui est synchronisé avec la ressource physique. Si cette ressource est modifiée, le modèle numérique se met à jour en conséquence grâce à un logiciel basé sur le cloud et aux différentes technologies de l'Internet des objets (IoT) qui développent la ressource physique. L'envie d'adopter cette technologie ne doit pas faire oublier cette différence.

Pour les projets d'architecture, de construction et d'ingénierie partout dans le monde, le jumelage numérique peut :

- Améliorer l'efficacité sur l'ensemble du cycle de vie du produit ou de la ressource.

- Apporter des informations sur les modèles d'utilisation en temps réel qui seront intégrées aux simulations numériques en 3D afin d'améliorer encore le processus.
- Prédire les défaillances et effectuer la maintenance à partir des données du monde réel qui sont introduites dans le modèle.
- Créer un « fil numérique » qui permet de connecter à distance des systèmes et processus disparates.
- Corriger les problèmes sans intervenir sur la ressource physique.
- Mieux comprendre les interactions entre les systèmes au sein des systèmes qui complètent un produit fini (bâtiments, avions, automobiles, etc.).
- Surveiller et évaluer les structures historiques et les points de repère pour effectuer une maintenance en continu ou une réparation précise.

Avec l'essor considérable de l'IoT dont le marché devrait peser [1,3 milliard de dollars](#) d'ici 2026 et comprendre 75 milliards d'appareils connectés, le jumelage numérique ne pourra que se développer. Bien qu'il soit impossible de s'affranchir des frais initiaux et de la migration des données, le retour sur investissement des jumeaux numériques reste élevé, ce qui justifie leur mise en œuvre.

Les « mondes miroirs » matérialisés

Le monde était bien différent lors de la mise en service de l'observatoire d'Arecibo en 1963. L'[Atlas](#), l'un des premiers superordinateurs, a commencé à fonctionner au Royaume-Uni avec une capacité mémoire de 48 000 mots, soit environ 96 kilooctets. Les premiers articles scientifiques, qui étaient encore loin d'aborder le matériel à proprement parler pour l'informatique en réseau et qui sont la bases de l'ère numérique, ne sont arrivés que quatre ans plus tard. Aujourd'hui, la technologie des jumeaux numériques résulte de ces premiers efforts.

Même si les entreprises et les fabricants se remettent tout juste de la pandémie mondiale, pour devancer la concurrence, ils doivent adopter des solutions innovantes destinées à accélérer la prise de décision, distribuer les données plus rapidement et partager ces informations à distance avec les parties prenantes du monde entier.

La technologie des jumeaux numériques est l'approche de modélisation en temps réel qui permet d'y parvenir.

Le plan en six points pour développer votre stratégie de jumeaux numériques

- 1 Évaluer les ressources** : Faites le point sur vos installations et votre stock. Quel est le coût actuel de la maintenance et de la surveillance ? Les temps d'arrêt sont-ils fréquents ? Combien de temps durent-ils ? Quel est le coût de la main d'œuvre et des heures supplémentaires pour gérer les urgences ? Quel est votre délai de prise de décision actuel ?
- 2 Externaliser ou gérer en interne** : La stratégie des jumeaux numériques peut être entièrement confiée à un tiers ou gérée en interne. Identifiez l'approche qui répondra le mieux à vos besoins et évaluez la capacité de votre équipe interne à la gérer.
- 3 Rechercher la contribution des parties prenantes** : Identifiez où et comment maximiser l'alignement entre toutes les parties impliquées dans la surveillance des ressources. De quelle manière la modélisation avec jumeaux numériques s'intégrera-t-elle à vos workflows existants ? Quel est le retour sur investissement attendu pour une telle initiative ?
- 4 Connaître la concurrence** : Renseignez-vous sur la localisation et les activités des responsables d'exploitation et d'installations sur de sites similaires ou apparentés. Est-ce que tous les acteurs de votre région sont en train d'adopter des stratégies de jumeaux numériques ? Consultez les publications spécialisées, en prenant soin de noter les signatures des invités ou toute citation qui traite du sujet dans l'article. Suivez les réseaux sociaux.
- 5 Consulter les sites Web des fournisseurs** : Passez du temps sur les sites des fournisseurs afin de comprendre leurs gammes de produits et d'identifier ceux qui correspondent le mieux à vos besoins. Affinez votre recherche en sélectionnant 2 ou 3 options, contactez les fournisseurs et demandez une démonstration. Vérifiez que la démonstration comprend un exemple d'installation qui illustre les workflows du début à la fin. Enfin, demandez aux fournisseurs d'analyser votre installation ou votre ressource physique sur site.
- 6 Obtenir l'adhésion de l'équipe** : Impliquez les directeurs informatiques, les responsables d'exploitation et l'équipe de direction. Une fois les budgets approuvés, prenez les dernières décisions avec le directeur financier ou le personnel autorisé à valider des achats.