

La tomographie à rayons X synchrotron, un outil unique et innovant au service de la production horlogère

Olivier Guiraud

Docteur en tomographie & expert
Rubis Control
21 Chemin Grenet, CH - 1214 Vernier -Genève
o.guiraud@rubiscontrol.com – www.rubiscontrol.com

Le secteur de l'horlogerie, reconnu pour son savoir-faire d'exception et ses créations mêlant tradition et innovation, fait face à des défis croissants liés à l'évolution des matériaux et des procédés de fabrication. Travaillant souvent avec des matériaux précieux, tels que l'or, le platine ou des alliages spécifiques, les horlogers doivent assembler des pièces complexes à des échelles microscopiques, parfois de l'ordre du micron. À cela s'ajoute l'augmentation des fonctionnalités des montres modernes, qui intègrent de plus en plus de composants tout en miniaturisant les systèmes pour répondre aux exigences esthétiques et techniques. L'avènement de la fabrication additive – ou impression 3D – bouleverse également les conceptions et les designs, ouvrant la voie à des structures plus complexes et à des géométries jusqu'ici impossibles à produire.

Dans ce contexte d'innovation permanente, le contrôle qualité doit s'adapter pour maintenir le très haut niveau de précision et de fiabilité, véritable marque de fabrique de l'horlogerie suisse. Les méthodes traditionnelles de contrôle, bien que très avancées, montrent parfois leurs limites lorsqu'il s'agit de vérifier l'intégrité des pièces sans les détériorer, en particulier pour les nouveaux designs issus de procédés comme la fabrication additive. C'est ici qu'intervient la tomographie à rayons X synchrotron, une technologie innovante et unique, qui permet de repousser les frontières du contrôle non destructif par rayons X.

Un outil de contrôle non destructif adapté aux matériaux précieux, denses et complexes

La tomographie à rayons X synchrotron se distingue par sa capacité à analyser l'intérieur des objets de manière extrêmement précise, sans les altérer. Cette technologie consiste à projeter des rayons X d'une intensité exceptionnelle, produits par un synchrotron, à travers les pièces et le matériau à examiner. Les rayons traversent les matériaux et sont plus ou moins absorbés en fonction des propriétés physiques locales des matériaux, permettant d'obtenir une cartographie 3D complète (interne et externe) et de façon non destructive de la densité locale des pièces et des matériaux les constituant. Que ce soit pour détecter des microfissures, des défauts invisibles à l'œil nu sur les ébauches ou encore pour vérifier l'assemblage des méca-

nismes horlogers, cette technologie offre des capacités d'analyse inégalées, allant bien au-delà des méthodes conventionnelles.

En comparaison avec les tomographes traditionnels utilisant des tubes à rayons X micro-foyers, les synchrotrons offrent une résolution bien supérieure, avec des tailles de pixel pouvant descendre sous le micron pour des scans 3D standards et rapides. De plus, le temps d'acquisition est fortement réduit grâce à la brillance des sources synchrotron, permettant d'obtenir des images en haute définition en quelques minutes voire quelques secondes seulement, alors qu'une tomographie traditionnelle peut nécessiter plusieurs heures pour un résultat équivalent.

Pour illustrer ces avantages, considérons quelques exemples spécifiques à des pièces horlogères :

Capacités journalières de scan 3D

Type de pièce	Source synchotron	Source micro-foyer 225 kV
Carrures ou montres complètes	> 100	environ 5
Mouvements	> 1'000	environ 10
Petites pièces	> 10'000	> 50

Tableau 1 : Comparatif des capacités journalières de scan 3D en utilisant une source synchotron et une source de laboratoire micro-foyer de 225kV.

Juin 2025

Pouvoir de pénétration

Matériaux	Source synchotron	Source micro-foyer 225 kV
Aluminium	300mm	200mm
Titane	200mm	100mm
Acier	100mm	25mm
Or	40mm	5mm

Tableau 2 : Comparatif du pouvoir de pénétration des photons générés par les sources synchotron et micro-foyer de 225kV.

Bulletin SSC n° 99

Une technologie au service de l'ensemble du cycle de vie horloger

L'un des principaux atouts de la tomographie synchrotron réside dans sa polyvalence. Elle s'applique non seulement à la recherche et développement (R&D), mais également à la production, au service après-vente (SAV) et même à la lutte anti-contrefaçon avec la possibilité pour les horlogers d'avoir un état zéro de la montre assemblée et livrée au client. Dans la phase de R&D, elle permet d'étudier avec une précision inédite les prototypes et nouveaux matériaux, en s'assurant que leur structure interne est conforme aux attentes. Pour la production, elle intervient comme un outil de contrôle qualité avancé, garantissant par exemple que

chaque ébauche n'a pas de défauts internes, permettant ainsi d'entamer le travail d'usinage en garantissant qu'il n'y aura pas de rebus induit par la matière.

Grâce à sa capacité d'analyse non destructive et à sa haute résolution, la tomographie synchrotron est également un atout majeur pour le service après-vente. En effet, elle permet d'examiner en détail les pièces défectueuses sans nécessiter leur démontage, facilitant ainsi le diagnostic et la réparation. Cela représente un avantage considérable pour les maisons horlogères souhaitant garantir une qualité irréprochable et prolonger la durée de vie de leurs montres.

Enfin, la lutte contre la contrefaçon bénéficie également de cette technologie avancée. En analysant les structures internes des montres authentiques, il devient possible d'éta-

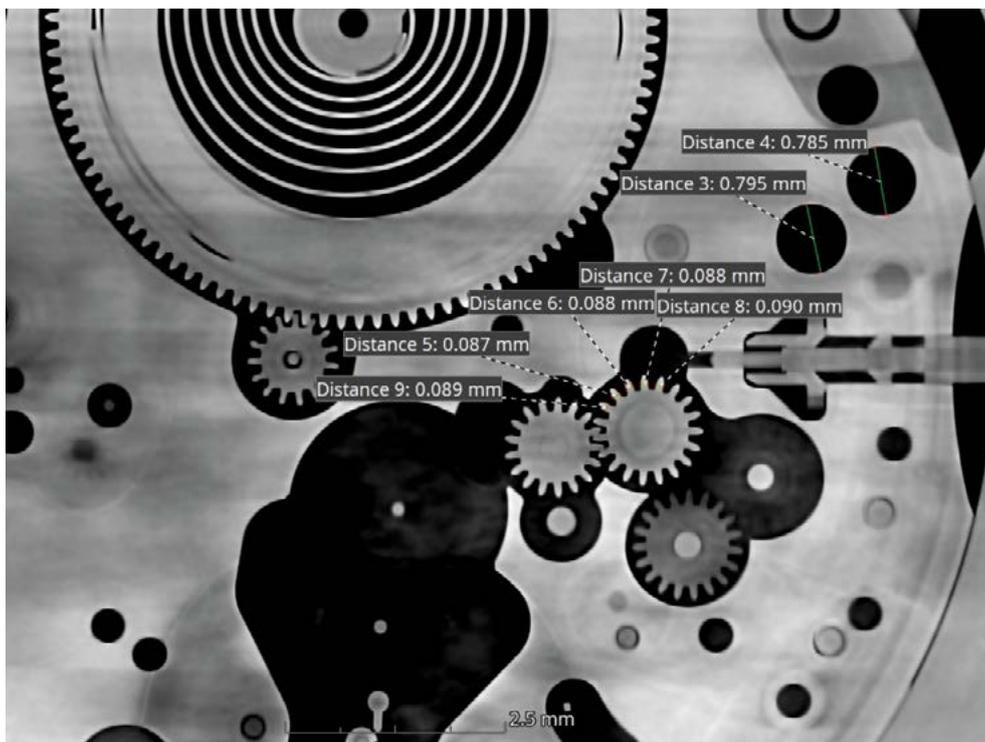
blir une signature unique pour chaque modèle et de détecter rapidement toute tentative de reproduction frauduleuse. Cette approche renforce la traçabilité et la sécurité des produits sur le marché du luxe.

Cependant, un inconvénient de cette technologie est la nécessité de transporter les pièces jusqu'au synchrotron pour réaliser les analyses. Cette contrainte logistique peut limiter l'accessibilité et l'utilisation régulière de cette technologie pour certains fabricants.

Pour répondre à cette problématique, Rubis Control, société suisse basée à Genève, s'appuie sur l'expertise de son centre de tomographie Rubis CT, implanté à proximité immédiate du synchrotron à Grenoble. Ce positionnement stratégique permet de faciliter l'accès à cette technologie de

pointe pour les clients suisses, en combinant la proximité du site d'analyse avec la relation de confiance d'un interlocuteur local. Grâce à cette organisation, les horlogers peuvent bénéficier des performances du synchrotron dans un cadre fluide, maîtrisé et adapté à leurs besoins industriels.

En conclusion, la tomographie à rayons X synchrotron représente un outil révolutionnaire pour l'industrie horlogère. Son extrême précision, sa rapidité d'acquisition et ses capacités d'analyse inégalées en font une technologie de choix pour répondre aux défis actuels du secteur. En intégrant cette méthode dans leurs processus, les horlogers peuvent non seulement garantir une qualité irréprochable, mais aussi repousser encore davantage les limites de l'innovation et du design horloger. ■



Coupe de l'intérieur d'une montre extraite du volume 3D acquis par microtomographie synchrotron.

L'ISO-GPS UN FREIN ?

NON, UN CONTRÔLE TOTAL SUR VOS PRODUITS.

COMPRENEZ ET APPLIQUEZ L'ISO-GPS

35 ANS D'EXPÉRIENCE

DANS LA FORMATION ET LA CONCEPTION HORLOGÈRE

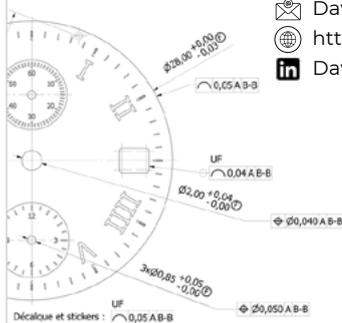
- UN FORMATEUR QUI PARLE HORLOGER
- UN SUPPORT DE COURS ILLUSTRÉ AVEC DES EXEMPLES HORLOGERS
- UNE PRESTATION ADAPTÉE SELON VOS BESOINS

NOUS CONTACTER

✉ David.pousset@poussetcotation.ch

🌐 <https://poussetcotation.ch/>

🌐 David Pousset



Pousset Cotation

SSC Société Suisse de Chronométrie

Banque de données Chronométrie

Votre accès direct au savoir-faire horloger



Plus d'informations en ligne



<https://www.ssc.ch/publications/banque-de-donnees-chronometrie>



ROBERT
LAMINAGE

ENGINEERED METALS
FOR PRECISION INDUSTRIES

COILED STRIP | CUT TO LENGTH | DIAL BLANKS | DISCS

WWW.ROBERTLAMINAGE.CH

Robert Laminage SA | La Jaluse | CH-2400 Le Locle | T. +41 (0)32 933 91 91 | info@robertlaminage.ch