

mais encore thermiques (dilatation), aérodynamiques (frottements), magnétiques et électriques (polarisation) ou encore acoustiques (montres à répétition minutes).

Au vu du nombre important d'éléments constitutifs d'une montre, il peut sembler illusoire de modéliser une montre dans ses moindres détails. S'il est toujours possible d'effectuer des approximations pertinentes pour simplifier les modèles, de nouveaux outils de simulation globale ont cependant commencé à s'imposer depuis quelques années.

**La montre mécanique est et restera un puits de questions scientifiques complexes pour de nombreuses années.**

Ainsi, l'approche de modélisation et de simulation globale d'un mouvement s'effectue par la représentation de ses composants sous forme de blocs interconnectés.

La modélisation interne de chaque bloc peut être de complexité modulable. Lorsqu'on souhaite connaître de façon très précise le comportement d'un jeu réduit de composants en interaction à l'intérieur d'un bloc, on effectue en général une «simulation par la méthode des éléments finis». Cette dernière se base sur un modèle géométrique précis des éléments à simuler qui est obtenu par conception assistée par ordinateur (CAO). La mise en œuvre du modèle numérique s'effectue alors via un logiciel de simulation.

**Vers des montres encore plus performantes**

La seconde étape importante dans la démarche de modélisation mathématique est l'optimisation des processus régissant le fonctionnement d'une montre mécanique. Le gain potentiel est certain: un design amélioré, de plus belles sonneries, davantage de précision ou une réserve de marche accrue, ce qui peut conduire aussi à des coûts de production plus compétitifs. Toutes ces considérations peuvent être regroupées en un problème d'optimisation: quelle est la meilleure combinaison de paramètres permettant de satisfaire un but fixé a priori, qu'il soit technique, esthétique ou commercial? On parle alors de contrôle optimal ou de simulation inverse. Les outils mathématiques sous-jacents deviennent plus évolués, nécessitant des techniques et des algorithmes de minimisation. Que l'on se rassure, l'expertise du «maître-horloger» n'est toutefois pas en péril: les mathématiques et l'optimisation sont utilisées comme des outils d'aide à la décision qui se nourrissent d'un savoir-faire de terrain. Avec l'émergence de la montre digitale connectée, certaines voix s'élèvent déjà et prétendent que la montre mécanique n'est plus qu'un «beau bijou avec un moteur». En fait, c'est un univers à part entière, source d'innombrables questions scientifiques pour les mathématiciens appliqués d'aujourd'hui et de demain, qui font que la montre mécanique est et restera un puits de questions scientifiques complexes pour de nombreuses années. ■

## QUELLE HEURE EST-IL?



## ALBERT CLOCK, UNE MONTRE POUR EXERCER SES NEURONES

Pour celles et ceux de nos lecteurs dont l'article ci-joint dépasserait encore par trop les compétences mathématiques, l'Albert Clock propose de recommencer par la base: additions, soustractions, multiplications! Cette horloge digitale d'origine française, qui fait actuellement l'objet d'un appel au financement en ligne sur la plateforme Kickstarter, permet d'entraîner petits et grands au calcul mental afin de déchiffrer l'heure qu'il est – un exercice qui se perd avec la profusion d'ordinateurs, tablettes et autres smartphones. Quatre niveaux de complexité sont disponibles. Un jus d'orange, un calcul mental et vous voilà prêts à démarrer votre journée, à l'heure ou en retard selon vos aptitudes mathématiques du moment... (SM)

# Toolwatch.io: mesurer la précision de sa montre sur internet



**Développé par de jeunes horlogers débordant d'enthousiasme, le site Toolwatch.io propose de calculer le degré de précision de son garde-temps. Rencontre.**



PAR SERGE MAILLARD

Vincent Satiat, Marc Montagne et Mathieu Nayrolles

On peut innover en Suisse romande dans le secteur horloger, sans pour autant produire des montres. C'est ce que démontrent Vincent Satiat, Marc Montagne et Mathieu Nayrolles: les trois amis dans leur vingtaine – le premier analyste business chez Vacheron Constantin, le second ingénieur chez Jaeger-LeCoultre et le troisième informaticien au Canada – proposent avec Toolwatch.io un outil simple et efficace pour mesurer la précision de sa montre mécanique.

«La création d'un compte est gratuite, précise Vincent Satiat. L'utilisateur établit une première mesure sur le site en synchronisant sa montre avec notre horloge de référence (un compte à rebours est disponible pour la synchronisation). Enfin, pour établir avec certitude la dérive, l'utilisateur doit prendre une deuxième mesure au minimum douze heures plus tard suivant la même procédure (un e-mail automatique de rappel est envoyé). Le résultat sera donné au dixième de seconde près.»

nière acoustique. Cela nous a motivés à lancer le site.» Les trois entrepreneurs en herbe se consacrent à leur start-up sur leur temps libre. Quid de monétiser leur création? «Nous n'y songeons pas pour l'instant, nous essayons d'abord d'améliorer l'expérience utilisateur. Mais il pourrait être envisageable d'apporter des fonctionnalités payantes ou de monétiser notre homepage à moyen terme. Nous verrons en fonction des souhaits de nos utilisateurs», précise Vincent Satiat.

**Lancé début avril, le site cumule aujourd'hui 2'500 utilisateurs et 5'000 montres testées.**

A côté de l'outil de mesure, les jeunes créateurs ont mis en ligne blog sur l'entretien des montres qu'ils alimentent régulièrement afin de partager leur passion de l'horlogerie. «Il y a des liens de plus en plus évidents entre horlogerie traditionnelle et nouvelles technologies, poursuit Marc Montagne. Nous y participons à notre manière.» ■

**MONTRES ÉROTIQUES**  
«Couvrez cette montre que je ne saurais voir!»

