

# Le projet Chronospédia : le savoir-faire de modélisation 3D en question

Denis Roegel \*

15 juillet 2024

## Résumé

Cette courte note analyse la question du savoir-faire de modélisation 3D dans le projet Chronospédia.

## 1 Le projet Chronospédia

Le projet Chronospédia <sup>1</sup> de F. Simon-Fustier et K. Protassov est un projet développé à partir d'une activité de modélisation 3D d'horloges d'édifice menée depuis 2015 par l'atelier de M. Simon-Fustier dans la banlieue lyonnaise et déclinée au travers de la modélisation de l'horloge horizontale de l'Encyclopédie de Diderot et d'Alembert, de l'horloge d'édifice du château de Vaux-le-Vicomte, de l'horloge électromécanique de l'hôtel de ville de Cluses, des grandes horloges à carillon du palais de Mafra et de quelques autres.

Ce projet a été étendu à partir de 2020 sous l'impulsion de K. Protassov et a maintenant comme ambition de sauvegarder le savoir-faire horloger, essentiellement en ce qui concerne la pendulerie, en s'appuyant sur la 3D, mais aussi en intégrant un certain nombre d'autres types de données.

---

\*Chercheur indépendant en histoire des sciences et techniques (en plus d'une activité de recherche professionnelle), j'ai examiné au cours des vingt dernières années environ un millier d'horloges d'édifice, j'ai publié plusieurs études sur de telles horloges et je suis coauteur du chapitre sur les horloges astronomiques des 19<sup>e</sup> et 20<sup>e</sup> siècles dans l'ouvrage collectif *A general history of horology* (Oxford University Press, 2022). Je mène aussi des travaux de recherche en développement 3D. Ces travaux m'ont notamment conduit à réaliser un modèle 3D de l'ancienne horloge de la cathédrale Notre-Dame de Paris, à réaliser des animations de ce modèle, une application mobile pour cette horloge et une impression 3D de l'horloge à l'échelle 1/3.

1. <https://chronospedia.com>

Cela dit, la motivation première du projet n'est pas le patrimoine, ni la recherche sur le patrimoine, puisque les dirigeants du projet n'ont jamais mené de travaux systématiques d'inventaire horloger, ni publié de travaux de recherche. Le patrimoine et la 3D s'insèrent bien plutôt dans une stratégie d'expansion et correspondent avant tout à un modèle économique<sup>2</sup>.

## 2 Le savoir-faire de modélisation 3D

Comme indiqué ci-dessus, l'atelier de M. Simon-Fustier a modélisé un certain nombre d'horloges depuis 2015. Ces modélisations ont principalement été réalisées avec le logiciel SolidWorks, qui semble avoir initialement été utilisé sans convention. Chronospédia bénéficie depuis quelques années d'un soutien de la part de Dassault Systèmes, le projet fournissant une sorte de publicité gratuite à ce logiciel.

Les modèles 3D ne sont pas directement accessibles, mais sont visibles soit par le biais de diverses animations, soit par des visionneuses 3D. Leur étude fine est de ce fait assez limitée.

Même si les modélisations semblent être de bonne qualité, il s'avère qu'elles ne sont pas sans défauts. La réalité de la modélisation 3D, que ce soit de celles de Chronospédia ou d'autres auteurs, c'est que l'on n'est pas sur quelque chose de binaire. Il n'y a pas d'un côté une horloge modélisée et de l'autre une horloge qui ne l'est pas. On a en fait toute une gradation. Une horloge peut être seulement partiellement modélisée, la modélisation peut être plus ou moins fine, elle peut adopter des simplifications intentionnelles ou non, etc. Une modélisation peut aussi contenir des erreurs, qui ne sont pas toujours connues de l'auteur de la modélisation, par exemple si elles entraînent des collisions uniquement occasionnellement, ce qui peut être le cas avec des mécanismes complexes.

L'une des causes des problèmes de certaines modélisations est l'absence de *paramétrage* des pièces. Les horloges qui sont modélisées le sont souvent à partir de mesures prises directement sur les horloges. Malheureusement, ces mesures peuvent être entâchées d'erreurs et des complications peuvent apparaître, notamment du fait de l'accumulation de telles imprécisions. Pour ne prendre qu'un seul exemple, lorsque deux roues dentées engrènent, on peut mesurer les rayons des roues et leur entraxe, mais une meilleure manière de faire consiste à recalculer les rayons à partir des entraxes. Non seulement les rayons pourront s'adapter automatiquement si l'entraxe est modifié, mais l'engrènement sera aussi meilleur. C'est souvent le fait

---

2. Voir à ce sujet les références bibliographiques en fin de document renvoyant vers des analyses plus approfondies et plus synthétiques du projet Chronospédia.

d'utiliser certaines mesures directes au lieu de les recalculer qui conduit à des problèmes de collision. Ces problèmes passent souvent inaperçus, en particulier lorsqu'il n'est pas possible de s'approcher suffisamment des pièces, ou lorsque les pièces sont en mouvement, mais elles sont visibles lorsqu'il est possible d'examiner les modèles 3D de près.

J'ai pu observer de tels problèmes au sein du projet Chronospédia, notamment sur l'une des horloges du palais de Mafra. M. Simon-Fustier a d'ailleurs lui-même reconnu l'existence de ces problèmes dans le rapport de restauration de l'horloge de l'hôtel de ville de Cluses. Ces problèmes peuvent être résolus soit par des ajustements manuels, mais évidemment inconfortables, soit par un meilleur paramétrage des pièces. Mais paramétrer les constructions est difficile et nécessite quelquefois des calculs bien plus complexes que le calcul d'un rayon à partir d'un entraxe.

Il faut noter que les auteurs du projet Chronospédia ne sont pas du tout impliqués dans le développement 3D et ne sont finalement que des utilisateurs de divers logiciels de CAO. Cette utilisation élémentaire de la 3D est la cause principale des problèmes que j'ai signalés. Une vraie expertise en 3D implique plus qu'une familiarité avec un logiciel comme SolidWorks, elle implique d'avoir des connaissances et une pratique théorique, d'avoir une compréhension des objets manipulés, des méthodes de construction, des formats de fichier, etc. Une vraie expertise en 3D se traduit aussi par des travaux de recherche et des publications théoriques, un volet totalement absent des activités du projet Chronospédia<sup>3</sup>.

La question du format de stockage doit aussi être examinée de près, puisque tous les formats ne permettent pas de stocker les mêmes informations. Si le format STEP est bien adapté pour des objets en 3D rigides, il n'est pas suffisant pour les animations. Par ailleurs, un mécanisme peut contenir des pièces flexibles, comme des ressorts, et ces pièces ne peuvent pas se réduire à des fichiers 3D statiques. Il est donc essentiel de pouvoir représenter ces pièces, de manière portable et ouverte, en plus du format STEP qui serait utilisé pour les pièces rigides. Cette question ne semble pas du tout avoir été développée par les auteurs de Chronospédia. Tout au plus lit-on que les fichiers sources des modèles 3D seront déposés dans le Conservatoire National des Données 3D (CND3D)<sup>4</sup> [1], mais cette base de données est essentiellement destinée à des données d'acquisition patrimoniales par nuage de points, donc peu pertinente pour les horloges d'édifice, et par ailleurs absolument inadaptée aux autres données que Chronospédia entend gérer. Par ailleurs, je ne suis pas sûr que le CND3D donne l'accès

---

3. Pour être exact, un seul membre du comité de pilotage de Chronospédia a une vraie expertise en 3D, à savoir Frédéric Noël, mais cette expérience ne semble pas s'être traduite concrètement dans la méthodologie de Chronospédia.

4. <https://3d.humanities.science>

aux fichiers source, en tous cas pas toujours.

Mais le savoir-faire de modélisation ne concerne pas que la réalisation du modèle lui-même, qui peut se faire de diverses manières, que ce soit avec un logiciel commercial comme SolidWorks ou Autocad Inventor, ou avec des logiciels libres, ou encore avec des solutions très particulières comme la génération directe de fichiers 3D de manière non interactive. Il est par exemple parfaitement possible de programmer la création de fichiers STEP sans utiliser l'un des nombreux logiciels de CAO disponibles. Il y a tout un éventail de possibilités, mais l'essentiel est ensuite de pouvoir communiquer et d'avoir des données qui puissent être importées dans le logiciel que l'on utilise.

Le savoir-faire de modélisation s'exprime aussi dans la capacité à rendre un modèle accessible et ainsi à le faire vivre. La solution la plus simple qui consiste à rendre un modèle globalement accessible, par exemple sous la forme d'un unique fichier STEP, est une solution certes pratique, mais aussi très limitée. Quoiqu'un tel fichier puisse être chargé dans SolidWorks, Rhino, ou la plupart des autres logiciels de CAO, si le modèle comporte des centaines de pièces, il ne sera pas facile d'accéder uniquement à certaines pièces, de faire des modifications, etc. Une bonne modélisation doit non seulement être paramétrée, mais elle doit aussi être *modulaire*. Cela signifie que dans le cas d'un assemblage comme une horloge, il est indispensable de fournir aussi de manière séparée les éléments constituant cet assemblage, et cela sous forme de fichiers distincts. C'est ce que j'ai fait pour ma modélisation de l'ancienne horloge de la cathédrale Notre-Dame de Paris. Chacun des 359 éléments du modèle est disponible séparément, notamment sous la forme d'un fichier STEP. De plus, pour chaque pièce, des informations sont fournies pour sa localisation dans l'espace, ce qui permet par exemple de reconstituer l'assemblage complet à partir de ses éléments. Ma manière de faire n'est pas la seule (je me suis par exemple limité à des translations et les pièces ne forment pas une structure arborescente), mais elle représente un point de départ.

Il faut en fait aller encore plus loin et imaginer que la modularité ne se limite pas au découpage d'un assemblage en ses constituants. Il faut aller plus loin que la simple interopérabilité des logiciels. Tout comme un édifice est constitué de composantes réalisées par différentes entreprises, il faudrait voir dans l'assemblage d'une horloge (ou de toute autre machine) des éléments susceptibles d'être conçus par différentes personnes et même par différents logiciels. On devrait pouvoir modéliser une horloge en faisant fabriquer le rouage de mouvement avec SolidWorks, le rouage de sonnerie des quarts avec Autocad Inventor et le rouage de sonnerie des heures avec Rhino, puis assembler le tout, sans que l'on se rende compte le moins du

monde de l'emploi de plusieurs logiciels différents. Une telle approche est parfaitement possible, mais elle nécessite de repenser toute la stratégie de Chronospédia, et aussi sa politique d'ouverture. La méthodologie actuelle de Chronospédia me paraît beaucoup trop rigide et l'absence d'ouverture du projet bloque ses propres développements.

## Références

- [1] Boudart (Titouan) et Protassov (Konstantin). – La 3D au secours du patrimoine horloger. CHRONOSPEDIA : Encyclopédie virtuelle du savoir horloger. In : *JC3DSHS 2023, Les Journées du Consortium 3D SHS, Novembre 2023, Lyon, France.* – 2023. [5 pages].
- [2] Mairie de Besançon. – Accord de consortium Projet Chronospedia, 23 février 2023, 2023. [en ligne].
- [3] Roegel (Denis). – 3D and horological heritage: Chronospedia's narrative of the preservation of horology's know-how — a dissenting voice, 2024. [sur <https://roegel.wixsite.com/science/works>].
- [4] Roegel (Denis). – Chronospédia: why does (almost) everyone support an obviously bogus project?, 2024. [sur <https://roegel.wixsite.com/science/works>].
- [5] Simon-Fustier (François), Protassov (Konstantin) et Albaret (Lucie). – Chronospedia — Encyclopédie virtuelle du savoir horloger. *Horlogerie Ancienne*, vol. 91, mai 2022, p. 118–130.