



Étude et restauration d'un « Piano Orchestrion Automat. » à entraînement ressort du Musée des Automates à Musique de Seewen (SO).



Figure 1 : "Piano-Orchestrion-Automat. » - n°inv. MMA-71806.

Mémoire présenté par :

Léa Girardin

Pour l'obtention du

Master of Arts HES-SO in Conservation-restoration

Orientation objets scientifiques, techniques et horlogers

Année académique 2023-2024

Remise du travail : 15.07.2024

Jury : 03.09.2024

Nombre de pages : 114

Engagement

« J'atteste que ce travail est le résultat de ma propre création et qu'il n'a été présenté à aucun autre jury que ce soit en partie ou entièrement. J'atteste également que dans ce texte toute affirmation qui n'est pas le fruit de ma réflexion personnelle est attribuée à sa source et que tout passage recopié d'une autre source est en outre placé entre guillemets. »

Date et signature :

Remerciements

La réalisation de cette thèse a été rendue possible grâce à l'aide et au soutien de nombreuses personnes, que je souhaite remercier :

Augustin Duc, conservateur-restaurateur au Musée des automates à musique et mon maître de stage, pour son temps, son aide précieuse sous forme de nombreux conseils, sa confiance en ce projet et son accueil au musée.

Raphaël Lüthi, facteur d'orgue au Musée des automates à musique pour ses connaissances et son aide toujours bienvenue.

Dr. Christoph E. Hänggi, directeur du Musée des automates à musique, pour avoir permis la réalisation de ce travail au sein de son institution.

Dr. Hans Büttiker & René Fuchs, respectivement président et trésorier de la Gesellschaft des Museums für Musikautomaten Seewen (GMS), pour avoir soutenu ce projet financièrement.

Toute l'équipe, toujours de bonne humeur, du Musée des automates à musique : **Katharina Fritschi, Larissa Jacober, Julia Müller, & Natascha Noher**.

Romain Jeanneret, conservateur-restaurateur objets scientifiques et techniques, chargé d'enseignement à la HE-Arc et enseignant référant pour ce travail, pour ses conseils avisés, sa disponibilité et la relecture de mon travail.

Dr. Stefan Brüggerhoff, professeur honoraire de la HTW Berlin et le mentor de ce travail, pour ses conseils et sa disponibilité.

Pour son aide précieuse et sa disponibilité pour la réalisation et l'interprétations des analyses FTIR, je tiens à remercier **Laura Brambilla**, chercheuse à la R&D et chargée de cours à la He Arc.

Laurent Barotte, enseignant en horlogerie au CEJEF à Porrentruy pour son aide précieuse dans l'usinage de deux pignons et le replantage de deux dents sur la roue du mécanisme ; les micro-mécaniciens de la même institution pour le matériel mis à disposition.

Amalita Bruthus, conservatrice-restauratrice peintures et sculptures indépendante chez Atelier AREa à Porrentruy, pour sa spatule chauffante mais surtout pour son aide lors des enrobages/observations d'échantillons.

Tobias Schenkel, conservateur-restaurateur et chargé de cours à la He Arc, pour avoir soutenu le projet par le prêt/don de matériel et outil divers, ainsi que les autres membres du collège de diplôme : **Valentin Boissonnas, Christian Degrigny et Régis Bertholon**.

Dr. Albert Lötzt, anciennement chercheur et chargé de cours à l'université de Munich en chimie physique, passionné d'instruments de musique mécaniques, pour sa relecture très précise de certains passages.

Andreas Seim, conservateur & **Klaus Biber**, conservateur-restaurateur au Deutsches Musikautomaten-Museum Schloss Bruchsal pour leur accueil généreux, la mise à disposition de leur orchestrion et pour la merveilleuse visite guidée de leurs collections.

Maria Margarete Gelder, archiviste, Stadt Bad Saulgau, pour son accueil très sympathique et sa mise à disposition de tous les documents nécessaires.

Christian Schouwey, restaurateur indépendant de meubles et objets en bois à Nods, pour ses conseils pour tout ce qui touche au bois.

Dietmar Linke, chargé de cours à la HTW de Berlin et conservateur-restaurateur indépendant des matériaux synthétiques, pour ses conseils et son expertise.

Anouk Gehrig, chargée de cours à la He Arc et conservatrice-restauratrice de tableaux pour ses conseils avisés sur le collage du revêtement.

Je tiens à remercier également **Silja Meier**, conservatrice-restauratrice de tableaux et **Rie Suzuki** pour leurs avis sur certaines interventions.

Mes amies, mes collègues et futures restauratrices **Zoé Meystre** et **Ziying Li** et ma **famille** pour leur soutien.

Table des matières

| | |
|---|----|
| Remerciements..... | 1 |
| Table des matières | 3 |
| Résumé | 6 |
| Abstract | 7 |
| Zusammenfassung..... | 8 |
| Introduction | 9 |
| 1 Contexte historique..... | 10 |
| 1.1 Brève histoire des instruments de musique mécaniques | 10 |
| 1.2 Qu'est-ce qu'un « Piano Orchestrion Automat. » | 10 |
| 1.2.1 Les origines du « Piano Orchestrion Automat. »..... | 12 |
| 2 Présentation de l'objet | 13 |
| 2.1 Fiche technique | 13 |
| 2.2 Contexte de conservation | 14 |
| 2.3 Histoire matérielle..... | 16 |
| 3 Étude technique | 18 |
| 3.1 Description générale | 18 |
| 3.2 L'instrument de musique | 19 |
| 3.3 Le mécanisme moteur..... | 22 |
| 3.4 Le cabinet | 24 |
| 3.5 Étude technologique des peintures du cabinet et du mécanisme moteur | 26 |
| 3.5.1 Le revêtement noir du cabinet..... | 26 |
| 3.5.2 Le vernis gomme-laque..... | 28 |
| 3.5.3 Les peintures dorées du cabinet | 29 |
| 3.5.4 La peinture du mécanisme moteur..... | 30 |
| 3.5.5 Conclusion de l'étude technologique | 31 |
| 4 Fonctionnement de l'objet | 32 |
| 4.1 Fonctionnement général..... | 32 |
| 4.1.1 Diagramme SADT | 32 |
| 4.1.2 Organigramme des sous-systèmes..... | 33 |
| 4.2 Fonctionnement de l'instrument de musique..... | 35 |
| 4.2.1 La barre de suivi..... | 36 |
| 4.2.2 Les cylindres de transport | 37 |
| 4.3 Fonctionnement du mécanisme moteur..... | 38 |
| 4.3.1 Le monnayeur | 39 |
| 4.3.2 Réglage du volume et de la tonalité..... | 40 |
| 5 Les brevets de Carl Bendel | 41 |

| | | |
|--------|---|----|
| 5.1 | Les modèles d'utilité (D.R.G.M) n°69'132 et n°98'783 | 41 |
| 5.1.1 | Le brevet n°19'316 | 42 |
| 6 | Statut de l'objet : utilitaire, produit fini ou prototype ? | 43 |
| 7 | Valeurs culturelles | 46 |
| 8 | Constat d'état & histoire matérielle | 48 |
| 8.1 | Méthode | 48 |
| 8.2 | L'instrument de musique | 48 |
| 8.3 | Le mécanisme moteur..... | 57 |
| 8.4 | Le cabinet | 61 |
| 8.4.1 | Le contenu du cabinet..... | 65 |
| 8.5 | Synthèse du constat d'état | 65 |
| 9 | Sur la remise en fonction | 66 |
| 9.1 | Le Musée des Automates à Musique de Seewen | 66 |
| 9.2 | La remise en fonction du « Piano-Orchestrion-Automat. » de Carl Bendel..... | 68 |
| 9.2.1 | Évaluation de la remise en fonction | 68 |
| 9.2.2 | Évaluation de la remise en fonction selon la grille de de Bruyn-Ouboter | 68 |
| 10 | Projet de conservation-restauration | 70 |
| 10.1 | Rappel des objectifs..... | 70 |
| 10.2 | Propositions de traitements de conservation-restauration..... | 70 |
| 10.2.1 | Démontage et remontage | 70 |
| 10.2.2 | Nettoyage | 71 |
| 10.2.3 | Stabilisation et homogénéisation des surfaces | 71 |
| 10.2.4 | Lubrification | 73 |
| 10.2.5 | Création de copies | 73 |
| 10.2.6 | Le replantage de deux dents | 74 |
| 10.2.7 | Autres interventions..... | 74 |
| 11 | Interventions de conservation-restauration..... | 76 |
| 11.1 | Démontage et remontage | 76 |
| 11.2 | Nettoyage | 76 |
| 11.2.1 | Dépoussiérage et nettoyage des éléments en bois..... | 76 |
| 11.2.2 | Nettoyage des éléments métalliques..... | 77 |
| 11.2.3 | Nettoyage des éléments en feutre, en cuir, en émail et en caoutchouc | 78 |
| 11.3 | Stabilisation et homogénéisation des surfaces | 79 |
| 11.3.1 | Refixage du placage et du revêtement peinture..... | 79 |
| 11.3.2 | Réintégration picturale des lacunes du cabinet | 80 |
| 11.3.3 | Traitement de la corrosion des alliages ferreux..... | 81 |
| 11.3.4 | Traitement de la corrosion des alliages cuivreux | 82 |

| | | |
|--------|--|-----|
| 11.4 | Lubrification | 83 |
| 11.5 | Création de copies | 83 |
| 11.5.1 | Le levier oscillant de Carl Bendel..... | 83 |
| 11.5.2 | Création de deux ponts en laiton pour l'arbre à marteaux | 84 |
| 11.5.3 | Création de tiges à roulettes et de leurs roulettes | 85 |
| 11.5.4 | Création d'un support à partition | 85 |
| 11.5.5 | Replantation de deux dents d'une roue | 85 |
| 11.5.6 | Création de deux cylindres de transport | 87 |
| 11.6 | Autres interventions..... | 88 |
| 11.7 | Recommandations de remise en état de jeu et d'entretien | 94 |
| 12 | tÉvaluation des traitements | 96 |
| 13 | Conclusion | 98 |
| | Références bibliographiques..... | 100 |
| 14 | Liste des figures | 104 |
| 15 | Liste des abréviations | 112 |
| 16 | Glossaire | 112 |

Résumé

Cette thèse documente le processus de conservation et restauration d'un « Piano Orchestrion Automat. » du Musée des Automates à Musique de Seewen (SO), en vue de sa présentation en état de jeu dans le cadre d'une exposition temporaire consacrée aux pianos automatiques.

Cet objet, fabriqué au début du 20^e siècle est constitué d'un instrument de musique mécanique à cordes frappées et d'un entraînement moteur à ressort. Il est de plus équipé de deux systèmes brevetés par Carl Bendel, un commerçant et « inventeur » allemand.

Les objectifs de ce projet consistent à améliorer la lisibilité de l'objet, stabiliser son état pour assurer sa conservation à long terme et tenter de restaurer sa fonctionnalité.

Les principales problématiques abordées dans ce travail concernent l'étude matérielle et technologique de l'objet, la compréhension de son mécanisme et de son fonctionnement, ainsi que l'élaboration et la mise en œuvre d'un projet de restauration complet.

De nombreuses questions ont également été soulevées concernant le statut de l'objet, son histoire matérielle et l'éthique de la remise en service d'un objet fonctionnel au sein d'une institution patrimoniale, qui peut présenter un risque pour les aspects matériels de l'objet, mais qui présentera également un avantage, car ses aspects immatériels seront restaurés.

Des examens technologiques et des comparaisons avec un autre "Piano Orchestrion Automat" de Carl Bendel provenant des collections du château de Bruchsal (DE) ont fourni des informations pertinentes sur son état de conservation, son degré d'"authenticité" et son historique de conservation.

Les traitements réalisés ont consisté, d'une part, en un démontage complet de l'objet, suivi d'un nettoyage, d'un refixage des soulèvements du placage et d'une stabilisation des surfaces pour améliorer l'apparence esthétique et la lisibilité de l'objet. D'autre part, des interventions visant à restaurer la fonctionnalité ont été effectuées, incluant la création de copies des pièces fonctionnelles trop fragilisées, l'application d'une nouvelle lubrification et la restauration de la fonctionnalité des pièces légèrement dégradées.

Certaines interventions, telles que les analyses scientifiques, le repositionnement de deux dents sur l'une des roues du mécanisme et l'application d'un revêtement en caoutchouc, ont nécessité l'intervention planifiée de spécialistes.

Abstract

This thesis documents the conservation and restoration process of a "Piano Orchestrion Automat." from the Museum of Automated Music in Seewen (SO). It was selected to be displayed in playable condition as part of a temporary exhibition devoted to automatic pianos.

This object, manufactured at the beginning of the 20th century, consists of a mechanical musical instrument with struck strings and a spring motor drive. It is also equipped with two systems patented by Carl Bendel, a German merchant and "inventor".

The objectives of this project are to improve the object's legibility, stabilize its condition to ensure its long-term preservation and attempt to restore its functionality.

The main issues addressed in this work concern the material and technological study of the object, the understanding of its mechanism and function, and the development and implementation of a comprehensive restoration project.

Numerous questions have also been raised concerning the status of the object, its material history, and the ethics of bringing a functional object back into use within a heritage institution, which can present a risk for the material aspects of the object but which will also present a benefit, as its intangible aspects are restored.

Technological examinations and comparisons with another "Piano Orchestrion Automat" by Carl Bendel from the collections of Bruchsal Castle (DE) provided relevant information about its state of preservation, its degree of "authenticity" and its conservation history.

The treatments carried out involved, on the one hand, a complete disassembly of the object, followed by cleaning, reattachment of lifted veneer, and surface stabilization to improve the aesthetic appearance and readability of the object. On the other hand, interventions aimed at restoring functionality were performed, including the creation of copies of overly weakened functional parts, the application of new lubrication, and the restoration of the functionality of slightly damaged parts.

Some interventions, such as scientific analyses, the repositioning of two teeth on one of the mechanism's wheels and the application of a rubber coating required the planned intervention of specialists.

Zusammenfassung

Die vorliegende Arbeit dokumentiert den Konservierungs- und Restaurierungsprozess eines "Piano Orchestrion Automat." aus dem Museum für Musikautomaten in Seewen (SO). Es wurde ausgewählt, um im Rahmen einer Sonderausstellung über automatische Klaviere in spielbarem Zustand gezeigt zu werden.

Bei diesem zu Beginn des 20. Jahrhunderts hergestellten Objekt handelt es sich um ein mechanisches Musikinstrument mit angeschlagenen Saiten und einem Federmotorantrieb. Außerdem ist es mit zwei von Carl Bendel, einem deutschen Kaufmann und "Erfinder", patentierten Systemen ausgestattet.

Die Ziele dieses Projekts bestehen darin, die Lesbarkeit des Objekts zu verbessern, seinen Zustand zu stabilisieren, um seine langfristige Erhaltung zu gewährleisten, und zu versuchen, seine Funktionalität wiederherzustellen.

Den wichtigsten Aspekten, die in dieser Arbeit behandelt werden, betreffen die materielle und technologische Untersuchung des Objekts, das Verständnis seines Mechanismus und seiner Funktion sowie die Entwicklung und Durchführung eines umfassenden Restaurierungsprojekts.

Es wurden auch zahlreiche Fragen zum Status des Objekts, zu seiner materiellen Geschichte und zur Ethik der Wiederinbetriebnahme eines funktionalen Objekts in einer Einrichtung des Kulturerbes aufgeworfen, was ein Risiko für die materiellen Aspekte des Objekts darstellen kann, aber auch einen Nutzen mit sich bringt, da seine immateriellen Aspekte wiederhergestellt werden können.

Technologische Untersuchungen und Vergleiche mit einem anderen "Piano Orchestrion Automat" von Carl Bendel aus den Sammlungen von Schloss Bruchsal (DE) lieferten relevante Informationen über den Erhaltungszustand, den Grad der "Authentizität" und die Erhaltungsgeschichte.

Die durchgeführten Behandlungen umfassten einerseits eine vollständige Demontage des Objekts, gefolgt von einer Reinigung, einer Fixierung der abgelösten Furnierstellen und einer Stabilisierung der Oberflächen, um das ästhetische Erscheinungsbild und die Lesbarkeit des Objekts zu verbessern. Andererseits wurden Maßnahmen zur Wiederherstellung der Funktionalität durchgeführt, darunter die Anfertigung von Kopien der zu stark geschwächten funktionalen Teile, die Anwendung einer neuen Schmierung und die Wiederherstellung der Funktionsfähigkeit leicht beschädigter Teile.

Einige Eingriffe wie wissenschaftliche Analysen, die Neupositionierung von zwei Zähnen an einem der Räder des Mechanismus und das Auftragen eines Gummibelags erforderten den geplanten Einsatz von Spezialisten.

Introduction

Ce travail porte sur la restauration d'un « Piano Orchestrion Automat. » (n° inv. MMA-71806) du Musée des Automates à Musique (MAM) de Seewen (SO)¹, qui a été sélectionné pour être présenté dans la prochaine exposition temporaire consacrée aux pianos automatiques.

Cet objet, fabriqué au début du 20^e siècle est constitué d'un instrument de musique mécanique à cordes frappées et d'un entraînement moteur à ressort. Il est de plus équipé de deux systèmes brevetés par Carl Bendel, un commerçant et « inventeur » allemand : un *monnayeur**² et un système de réglage du volume et de la tonalité

L'objet présente un état de conservation proche d'un état d'abandon, ce qui impacte sa lisibilité, sa conservation sur le long terme et sa fonctionnalité, et rend son exposition actuellement impossible.

La mise au point d'un projet d'intervention cohérent nécessite de comprendre le fonctionnement de l'objet, d'identifier les causes et les conséquences des altérations et leur impact sur les valeurs culturelles associées à l'objet, et de comprendre les enjeux du projet muséographique prévu par le musée.

De nombreuses questions ont été soulevées dans ce travail. D'une part toutes les questions relatives aux aspects matériels : comment démonter le ressort, alors que le musée ne possède pas l'outillage nécessaire ? comment retrouver un état de surface plus homogène sans avoir recours à des interventions invasives et irréversibles ? comment intégrer les nombreuses modifications qui ont été réalisées au cours de la vie de l'objet et quel statut leur accorder ? comment décrire son fonctionnement de manière accessible ?

Ce projet nécessitera également de se pencher sur les questions relatives aux processus qui accompagneront la prise de décision lors de la remise en fonction d'un objet fonctionnel dans un cadre patrimoniale, et ce que cela impliquera en termes de risques/bénéfices.

L'objet fera l'objet de divers examens afin de documenter ses qualités formelles, esthétiques et matérielles, dans le but de comprendre son histoire matérielle, sa signification culturelle ainsi que son fonctionnement. Les qualités extrinsèques de l'objet, liées à son contexte historique et à son association avec Carl Bendel et d'autres fabricants d'instruments de musique mécaniques, seront rassemblées grâce à la consultation de sources primaires et secondaires.

¹ Voir « Liste des abréviations », p.108.

² Les mots en italique suivi d'un astérisque seront définis dans le « Glossaire », p.108.

1 Contexte historique

1.1 Brève histoire des instruments de musique mécaniques

Jusqu'au XIX^e siècle la musique est accessible pour une majorité de la population uniquement lors d'événements publics comme les spectacles de théâtre, les concerts ou le passage de fanfares³. La révolution industrielle va permettre la démocratisation de la musique notamment grâce à la production en série d'instruments de musique mécaniques.

Au tournant du XX^e siècle, la boîte à musique à cylindre, qui a connu un énorme succès au XIX^e siècle⁴, est progressivement remplacée par d'autres instruments, tels que les boîtes à musiques à disques, les pianos mécaniques ou pneumatiques ou encore les orchestrions, qui utilisent des supports sonores interchangeables (disques en carton puis en métal ou livrets de partitions perforées), ce qui va permettre la diffusion des morceaux de musique populaire.

La musique devient omniprésente : les instruments de musique mécaniques colonisent les salons, cafés, restaurants et se trouvent également chez les particuliers, qui peuvent organiser de véritables « concerts à domicile »^{5,6}. À cette époque, les appareils équipés de monnayeur – un système d'activation déclenché par l'insertion d'une pièce de monnaie – font également leur apparition.

1.2 Qu'est-ce qu'un « Piano Orchestrion Automat. »

L'appellation « Piano Orchestrion Automat. » peut se référer à de nombreuses choses⁷. Dans ce cas cependant, elle désigne un instrument à cordes cependant sans clavier, déclenché par une pièce de monnaie, capable de produire une variété de sons différents grâce à la modulation des sonorités d'un seul instrument



Figure 2 : L'inscription « Piano-Orchestrion-Automat. » dans le couvercle de l'instrument.

La partie instrument de l'objet est plus précisément un « Piano Melodico ».

Ce sont des instruments à cordes frappées à 30, 48 ou 73 notes. Dans leur forme la plus simple, ils se présentent comme un « boîtier noir poli monté sur quatre pieds, mesurant 84 cm de longueur, 43 cm

³ Bowers, 1972, p.10.

⁴ Boîtes à musique, 2009 [en ligne].

⁵ Bowers, 1972, p.11.

⁶ Jüttemann, 2019 p.17.

⁷ La définition exacte de chaque terme peut être consultée dans le « Glossaire », p.108.

de largeur et 18 cm de hauteur »⁸, mais ils peuvent également être en forme de table ou de cabinet (Fig.3 à 8)⁹.

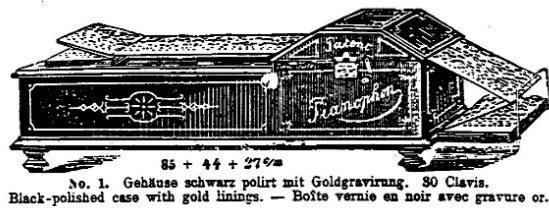


Figure 3 : Forme basique : « Pianophon » à pieds courts de Spaethe.

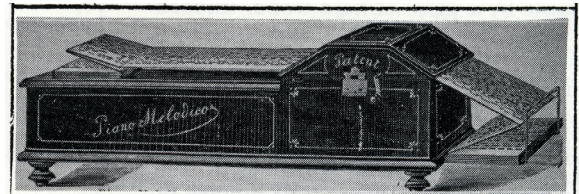


Figure 4 : Forme basique: « Piano Melodico » à 30 notes.



Figure 5 : Version « table » : « Piano Melodico » à 30 notes de Spaethe.

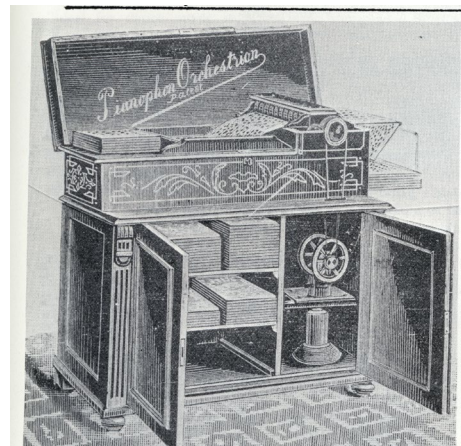


Figure 6 : Version « armoire » : « Pianophon orchestrion » à 30 notes à entraînement à air chaud.



Figure 7 : Version « armoire » - vue fermée : « Piano Melodico Orchestrion » à 30 notes à entraînement à air chaud.



“Piano Orchestrion” Model 1S (in black finish); 1N (walnut). Cost 710 and 720 German marks in 1904.

Figure 8 : Version « armoire » du « Piano Orchestrion » de Bendel, proposé en deux couleurs, « noir » ou « noyer ».

⁸ Löt, 2015, p.9.

⁹ Toutes les illustrations présentées dans ce tableau proviennent de l'encyclopédie de Bowers, 1972, p.361.

Ces objets sont désignés par différentes appellations : « Pianino Melodico », « Pianophon », « Pianophon Orchestrion » ou encore « Piano-Melodico-Orchestrion-Automat »¹⁰. La différence fondamentale réside d'une part dans la taille de l'objet et d'autre part dans le type d'entraînement (manuel ou automatique), mais le mécanisme musical est, à quelques différences près, toujours le même. Celui-ci a été développé par Giovanni Racca, un facteur de piano italien, dans les années 1880 à partir du « Melopiano », un instrument breveté par Luigi Caldera et présenté pour la première fois à l'Exposition universelle de 1867 à Paris. Racca présente un instrument à 30 notes lors de l'exposition musicale de Bologne en 1888, qui sera très bien accueilli par la critique en raison de sa qualité sonore exceptionnelle, rappelant « parfois le cor, le cor anglais, ou même la trompette »¹¹.

La même année, Otto Spaethe de la société Wilh. Spaethe à Gera (Allemagne) obtient les droits exclusifs de fabrication de cet instrument, qu'il renomme « Pianophon »¹². Cet instrument connaîtra un véritable succès en Europe et aux États-Unis entre 1890 et 1910, et sera commercialisé par dizaine de milliers¹³.

1.2.1 Les origines du « Piano Orchestrion Automat. »

L'« ancêtre » de notre « Piano Orchestrion Automat. » est le « Motor-Piano-Melodico-Orchestrion » à moteur à air chaud (Fig.9), que Spaethe présente à la foire de Leipzig en 1891.

Quelques années plus tard, cet instrument sera également commercialisé avec un mécanisme à poids ou à ressort.

Bien que les sources consultées ne permettent pas de déterminer qui a initialement lancé leur commercialisation, Carl Bendel, un commerçant du sud de l'Allemagne, en a fait sa spécialité (Fig.10)¹⁴.



Figure 9 : « Piano-Melodico-Orchestrion » à moteur à air chaud, proposé dans le catalogue de Holzweissig en 1898.



Figure 10 : Annonce de Carl Bendel publiée en mars 1908 dans le Musikalisch-literarischer Monatsbericht.

¹⁰ Bowers indique encore d'autres synonymes : « orchestre automatique », « orchestre » et « piano d'orchestre », mais il est plus rare dans les voir en lien avec ces instruments. Bowers, 1972, p.967.

¹¹ Löt, 2015, p.9. Cependant, la qualité sonore de l'air joué est dépendante de l'arrangement de la musique sur la partition. Source : Greinacher, 2003, p.14.

¹² Löt, 2015, p.12

¹³ Bowers, 1972, p.947.

¹⁴ Musikalisch-literarischer Monatsbericht, 1908, p.105 [en ligne].

2 Présentation de l'objet

2.1 Fiche technique



Figure 11 : Vues des quatre côtés. État avant traitement.¹⁵

¹⁵ Dans certains cas, les photographies montrent l'objet soit avant, soit après traitement. L'option d'utiliser des clichés après traitement a été privilégiée lorsque l'état de conservation des surfaces compromettait la compréhension ou la lisibilité des éléments à présenter. Dans tous les cas, l'état de l'objet avant ou après traitement est systématiquement précisé.

| | |
|---|---|
| N° d'inventaire actuel | MMA-71806 |
| Anciens N° d'inventaire | LM-71806 ; SE-2.10.06 |
| Désignations et synonymes | Piano Melodico, Pianino Melodico, Piano Orchestrion, Piano Melodico Orchestrion, Piano Melodico Automat, Pianophon Orchestrion, Pianophon. |
| Inscriptions (voir lettre dans image) | (A) Dans le couvercle : « Piano-Orchestrion-Automat. » (B) Sur la porte de gauche : « Carl Bendel in Saulgau Würtbg.» (C) Sur la porte de droite : « Fabrikation von Musik Automaten » (D) Sur l'avant du cabinet : « Patent Patent / D.R.G.M. N°69'132 u. 98'783 » (E) Sous le cabinet : « Eilt » (F) Sur le rebord du boîtier de l'instrument : « Arnold (?) 104 » |
| Propriétaire | Musée des Automates à Musique, Seewen (SO) |
| Date de création | Ca. 1899-1909 |
| Lieu de création | Allemagne |
| Date d'acquisition | 1960 |
| Lieu d'acquisition | Sud de l'Allemagne, chez un particulier |
| Fabricants | Carl Bendel, Otto Wilhelm Spaethe |
| Modèles d'utilité & brevets | D.R.G.M. n°19'316 (DE), D.R.G.M. n°69'132 (DE), brevet n°98'783 (CH) |
| Dimensions maximales | Largeur : 109 cm ; Hauteur : 114.5 cm ; Profondeur : 62.5 cm |
| Matériaux | Bois, peinture et vernis, alliage ferreux, alliage cuivreux, caoutchouc, émail, cuir, feutre et textile et polymère |

2.2 Contexte de conservation

Selon un document interne du musée, l'objet a été acquis par Heinrich Weiss, le fondateur du MAM, auprès d'un particulier en 1960 dans le sud de l'Allemagne au prix de 30'000 DM¹⁶. L'objet a certainement d'abord stocké dans les dépôts que Weiss possédait à Bâle, à la Feldbergstrasse¹⁷ avant d'être déménagé à Seewen dans le courant des années 60¹⁸. Depuis l'an 2000, il est stocké dans les réserves du nouveau bâtiment desquelles il n'a plus été sorti depuis.

Le MAM est un musée qui possède une collection unique d'environ 12'000 supports sonores et 1'400 objets, comprenant des « boîtes à musique suisses à cylindres et à disques, des automates à musique,

¹⁶ Fiche interne du musée, *non publiée*.

¹⁷ Weiss, 1998, p.24.

¹⁸ Weiss, 1990, p.254.

des pendules à mouvement musical et des grands instruments mécaniques »¹⁹, qui a vu le jour grâce à la passion que vouait Heinrich Weiss-Stauffacher (1920-2020) aux instruments de musique mécaniques, qu'il commence à collectionner dans les années 1950²⁰.

Weiss était plus qu'un collectionneur, ce qui le captivait vraiment, au point de l'absorber pendant des « jours et des semaines », était la compréhension du fonctionnement des mécanismes, qu'il démontait minutieusement puis remontait une fois les réparations nécessaires à une remise en fonction réalisées. Il perfectionne ces compétences techniques acquises en autodidacte par un apprentissage en mécanique²¹, ce qui lui permet de restaurer et d'entretenir les instruments qu'il achetait chez des particuliers, souvent en mauvais état²².

Dès le début des années 1970, la collection est présentée à Seewen à un public d'amateur venu du monde entier (Fig.12). En 1979, suite à l'abandon d'un projet de musée en collaboration avec le musée historique de Bâle, Weiss décide d'agrandir les espaces d'exposition de Seewen, et créer son propre musée, un lieu qui « vit et s'exprime »²³ qui sera inauguré le 1er avril 1979²⁴.

En septembre 1990, la collection est offerte à la Confédération Suisse, qui fera construire un nouveau bâtiment, achevé en l'an 2000.

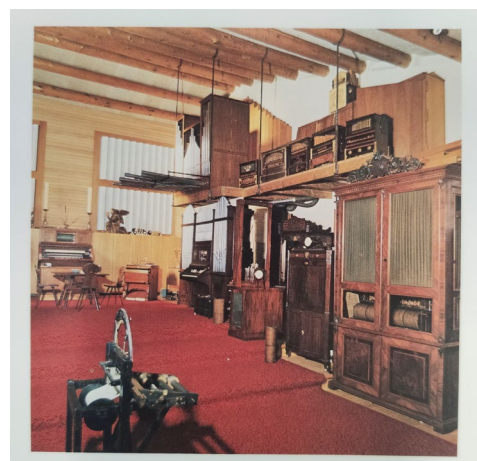


Figure 12 : Le musée en 1975 ©Weiss-Stauffacher 1975.

¹⁹ Museumsgeschichte [en ligne].

²⁰ Weiss, 1998, p.40.

²¹ Id. p.28.

²² Id. p.20. Selon lui, les ventes aux enchères manquaient trop de charme, bien que les objets proposés soient en meilleur état.

²³ Weiss, non daté, p.173, *non publié*.

²⁴ Weiss, 1998, p.201.

2.3 Histoire matérielle

L'objet est assemblé²⁵ dans l'atelier de Carl Bendel à Sauglau entre 1899 et 1908. Il est alors équipé d'un mécanisme à entraînement ressort et du levier oscillant qui a fait l'objet d'une dépose de brevet par Bendel en avril 1899.

Entre sa création et son acquisition par Heinrich Weiss en 1960, l'objet connaît une période d'utilisation intensive, qui laissera les marques d'usures observées sur ses matériaux constitutifs.

Lors d'interventions survenues à divers moments de la vie de l'objet, les cordes et les chevilles d'accordage sont changées, le cabinet et le mécanisme moteur sont peints, les goupilles sont remplacées par des fil de fer, des vis sont perdues... Si la peinture du cabinet a déjà pu avoir été réalisée dans les années 1920, la peinture du mécanisme moteur n'a pu avoir été réalisée avant 1960²⁶.

Entre 1960 et 1975²⁷, date de publication du catalogue raisonné de la collection du Dr. Weiss, l'objet est photographié (Fig.13-14). Il présente alors un bon état de conservation, bien qu'on observe déjà l'écart important entre les planches du plateau du cabinet (C), la présence des cales en bois le long du cadre du boîtier (A) et des ponts de la barre de suivi (B) et que les vis (D) ne semblent pas encore corrodées. Il est aussi moins poussiéreux et ne présente pas encore de traces de moisissures.

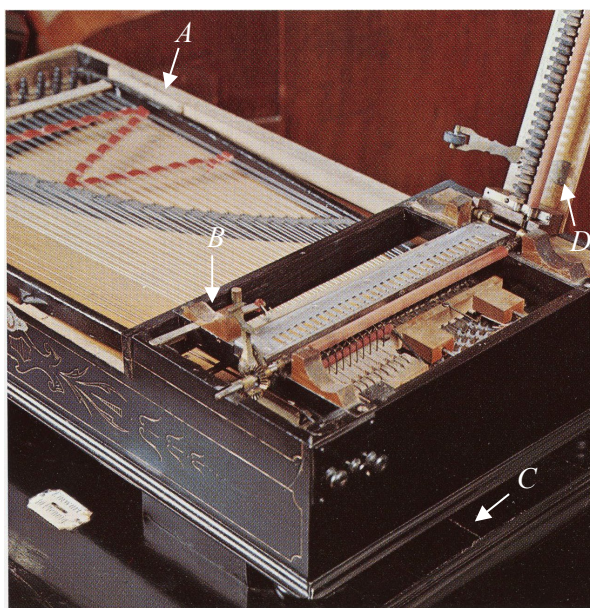


Figure 13 : État de l'objet aux alentours de 1975 ?
©Weiss-Stauffacher 1975



Figure 14 : État de l'objet avant intervention, avril 2024.

²⁵ Löt, 2015, p.25

²⁶ Voir « Étude technologique des peintures du cabinet et du mécanisme moteur », p.23.

²⁷ La date exacte de la prise de la photographie n'est pas connue. Le négatif n'a pas été retrouvé dans les archives du musée, qui méritent d'être d'abord classées. Cependant, d'autres photographies ont été trouvées des autres objets présentés dans le catalogue, ce qui signifierait que la campagne de photographie a eu lieu au musée et pas avant que l'objet ne rejoigne la collection.

Entre 1975 et 1989 - date à laquelle Peter Widmer entre en fonction²⁸ en tant que conservateur-restaurateur – l'objet est exposé à un dégât d'eau, probablement parce qu'il était stocké dans un lieu inadapté.

Lors de son déménagement au tournant du XX^e siècle dans les nouvelles réserves, l'objet est déjà dans le même état de conservation que celui dans lequel il a été trouvé (Fig.15).

La possibilité que ce soit en fait Heinrich Weiss lui-même qui a réalisé la plupart des interventions sur l'objet après son acquisition en 1960 reste une probabilité, qui n'a cependant pas pu être confirmée.

En effet, comme il le mentionne dans ses écrits autobiographiques, il consacre beaucoup de temps et d'énergie à restaurer lui-même les objets de sa collection.



Figure 15 : État de l'objet en 1997. Il présente un état de conservation proche de celui dans lequel il a été trouvé. ©MMA, 2024.

On peut également se demander quelles circonstances ont conduit à l'état actuel de l'objet, alors qu'il a été photographié et présenté dans le catalogue raisonné de la collection, et qu'il s'agit de l'un des rares pianos mélodico de celle-ci. La restauration de la fonction a-t-elle échoué ? Est-ce cela qui aurait poussé Heinrich Weiss à le mettre de côté, préférant exposer les objets fonctionnels ? Des questions qui resteront sans réponse.

²⁸ Il a confirmé n'avoir jamais constaté de dégât d'eau pendant son mandat, qui a duré de 1989 à 2018.

3 Étude technique

3.1 Description générale

Pour simplifier la description, l'objet a été divisé en trois parties principales : l'instrument de musique à cordes frappées, le mécanisme moteur à ressort et enfin le cabinet.

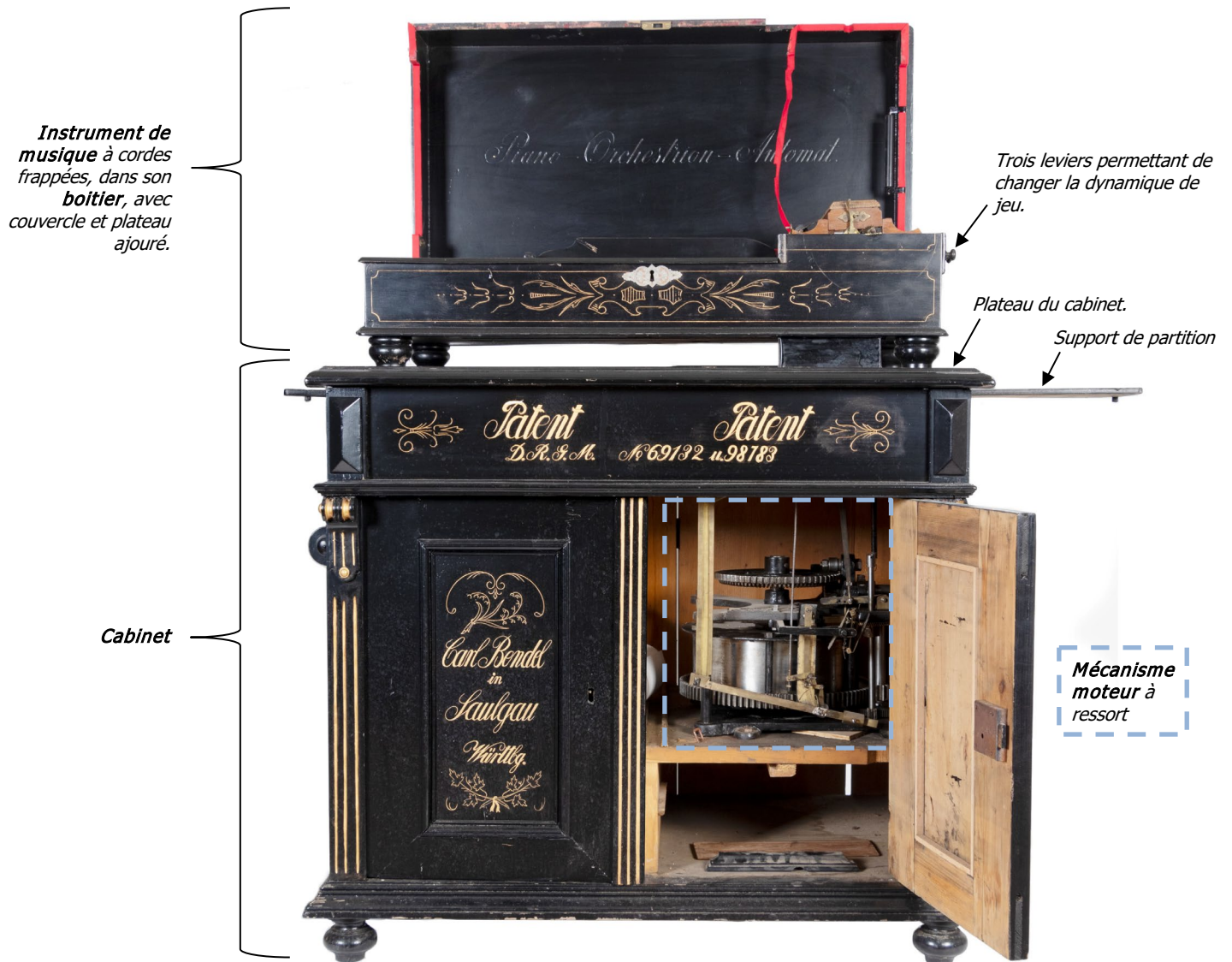


Figure 16 : Vue de face. État avant traitement.

3.2 L'instrument de musique

L'instrument de musique et son mécanisme de jeu sont responsables de la production sonore.

Ils sont contenus dans un boîtier monté sur quatre pieds tournés, mesurant 86 x 20 x 44 cm (sans le couvercle), ce qui correspond à la taille des « Piano Melodico » produits par Racca à partir de 1888²⁹.

Un couvercle équipé d'une serrure permet de le fermer à clé.

Un plateau ajouré (Fig.17) est placé au-dessus des cordes, permettant aux partitions de se déplacer sur le mécanisme de jeu sans les toucher. De plus, un cylindre en bois amovible (Fig.14 - A) ainsi que deux guides (B) assurent que la partition reste bien aplatie et progresse parallèlement aux bords de l'instrument vers le mécanisme de jeu. Les ouvertures du plateau facilitent la diffusion du son. Pour protéger l'instrument de la poussière générée par les partitions, un tissu a été collé au dos du plateau ajouré et est visible à travers les découpes.

Les surfaces sont peintes en noir et ornées de décors gravés et peints en dorés (Fig.18), à l'exception du fond de l'instrument qui est laissé brut (Fig.16).

L'inscription « Piano-Orchestrion-Automat. » est gravée dans le couvercle (Fig.17).

L'instrument (Fig.19) est constitué d'un piano à 54 cordes : 48 cordes en *acier ressort** et 6 *cordes filées** tendues grâce à des chevilles d'accordage (Fig.16 – A) sur un cadre en fonte de fer peint en noir et doré (B), d'un pont en bois noir (C) et d'un étouffoir en feutre rouge (D). Sa portée est limitée, couvrant seulement 30 notes entre A et A#, et n'inclue pas les demi



Figure 17 : Boîtier complet : avec couvercle et plateau ajouré, son cylindre amovible (A) et les guides (B-B'). Les leviers de changement de la dynamique sont visibles à l'extérieur du boîtier (C). État avant traitement.



Figure 18 : Vue de l'arrière avec le couvercle de l'instrument ouvert. État avant traitement.

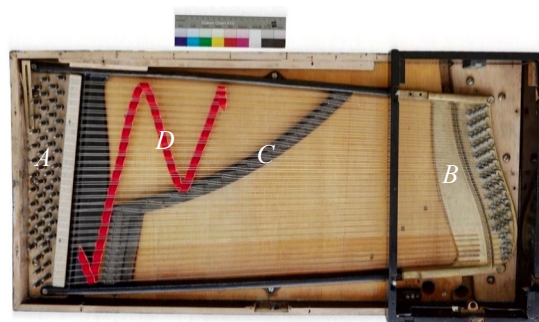


Figure 19 : Instrument vue du dessus. A) Chevilles d'accordage ; B) Cadre en fonte ; C) Pont en bois ; D) Étouffoir en feutre rouge. État après traitement.

²⁹ « Das Piano Melodico besteht aus einem 84 cm langen, 43 cm breiten und 18 cm hohen schwarz polierten Kasten, der auf 4 Füßchen ruht. » Description de l'objet parue dans le Zeitschrift für Instrumentenbau à l'occasion de la foire de Bologne de 1888. Lötzer, 2015, p.9. Greinacher indique les dimensions suivantes : « 87 by 45 by 25 cm without the long legs ». Greinacher, 2003, p.16.

notes intermédiaires d'une *gamme chromatique** complète. La correspondance entre les cordes et les notes, inscrite sur une bande de carton (Fig.20) fixée à l'instrument à l'aide de vis, est la suivante :

1 A - 2 H - 3 C# - 4 D - 5 E - 6 F# - 7 G - 8 G# - 9 A - 10 H - 11 C4 - 12 C# - 13 D - 14 E - 15 F# - 16 G - 17 G# - 18 A - 19 A# - 20 H - 21 C5 - 22 C# - 23 D - 24 D# - 25 E - 26 F - 27 F# - 28 G - 29 G# - 30 A.

Le mécanisme de jeu est constitué d'un assemblage de pièces³⁰ maintenues entre des ponts en bois (Fig.22 – A). Celles-ci comprennent : la barre de suivi à 30 touches mobiles (Fig.22 & 23 – B), desquelles dépassent des goupilles à une extrémité et un ressort à l'autre (Fig.21)³¹.



Figure 20 : Bande de carton avec les notes.

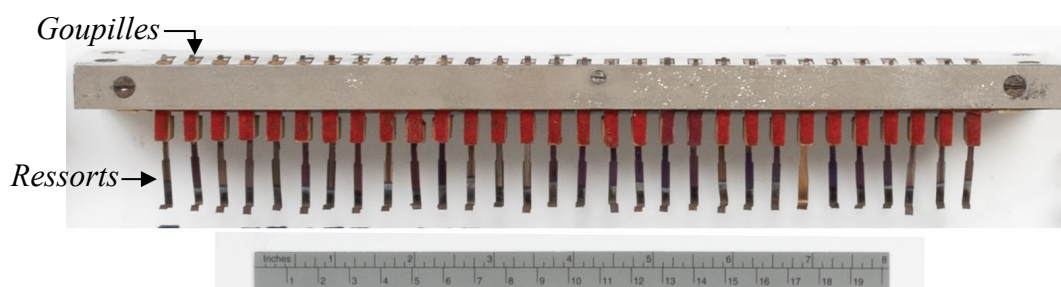


Figure 21 : Barre de suivi démontée, vue de face : les touches avec les goupilles dépassent légèrement du cadre métallique, tandis que les ressorts sont visibles en-dessous. Avant traitement.

Deux cylindres de transports revêtus de caoutchouc (Fig.22 & 23 – C-C'), un cylindre en bois (D) et deux tiges à roulette (F). Le cylindre en bois, un des cylindres de transport et les deux tiges à roulettes sont fixées au couvercle de la barre de suivi (E). Ce modèle est également équipé d'un levier d'arrêt (H), présent uniquement sur les instruments équipés du monnayeur breveté par Carl Bendel. Un arbre oscillant à 30 marteaux en feutre (Fig.22 – I), indépendant du reste du mécanisme, et fixé au cadre de l'instrument (Fig. 24 – en blanc).

L'arbre à 30 marteaux et le cylindre de transport inférieur sont reliés au mécanisme moteur, tandis que le levier d'arrêt est relié au monnayeur

³⁰ Voir « Représentation « en éclatée » des différents éléments du mécanisme de l'instrument », en Annexes, p.3

³¹ Voir « Schéma détaillé de la barre de suivi », en Annexes, p.4.

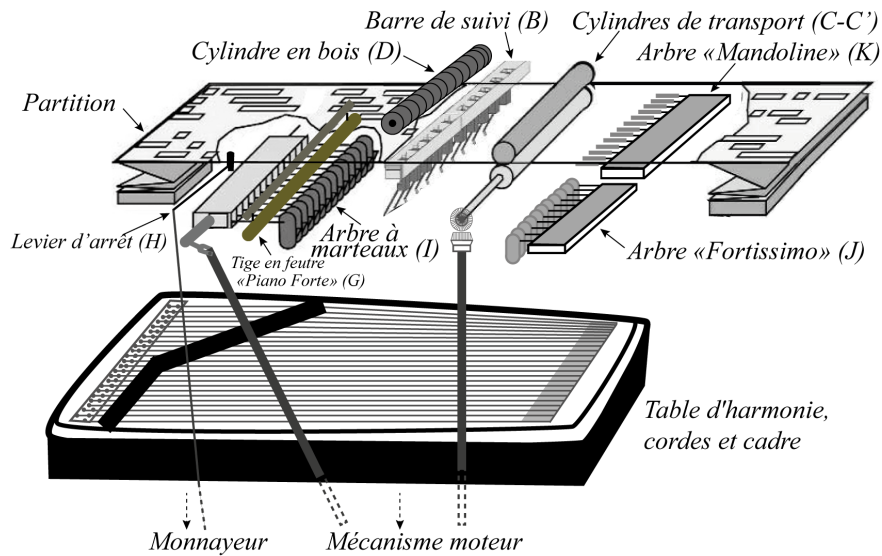


Figure 22 : Éléments principaux d'un Piano Melodico ; schéma de C. Greinacher légèrement modifié.

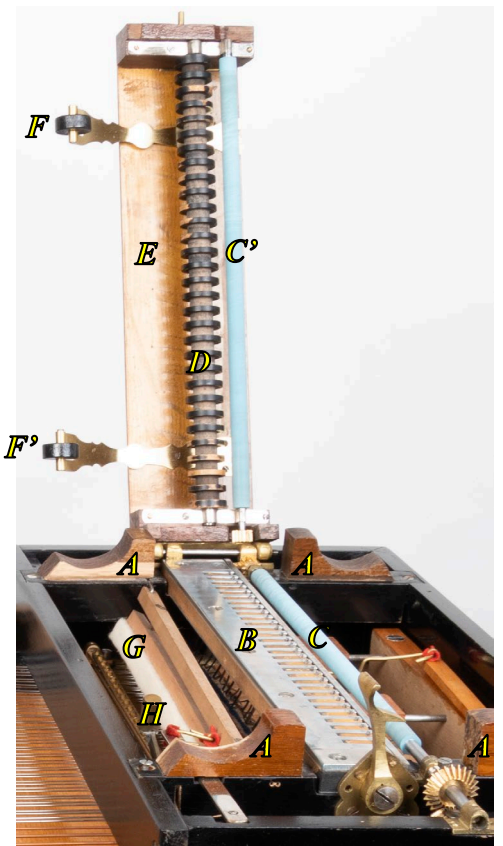


Figure 23 : Mécanisme de jeu. État après traitement.

Le réglage de la *dynamique** du jeu se fait via des poignées situées à l'extérieur du boîtier (Fig.24), reliées à divers arbres : Un arbre à treize marteaux en feutre permet l'effet « Fortissimo » (Fig.22 – J), un autre à dix-sept lanières en cuir pour l'effet « Mandoline » (K) et une baguette recouverte d'un feutre épais pour l'effet « Piano Forte » (G).

La présence de cette tige recouverte d'un feutre épais pour l'effet « Piano Forte » est un indice que l'instrument a été construit par Spaethe. En effet, le système original de Racca est beaucoup plus complexe³².

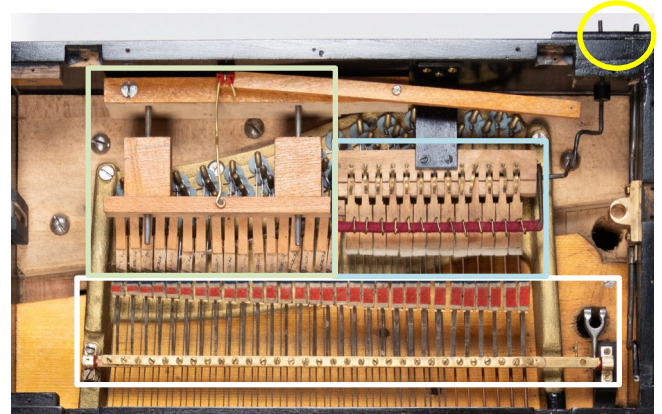


Figure 22 : Vue du dessus. Avec les arbres à 30 marteaux (blanc), 13 marteaux (bleu) et 17 marteaux (vert). Entouré en jaune : Les sorties des tiges reliant les différents arbres à des poignées, ici pas encore remontées. État en cours de traitement.

³² Greinacher, 2003, p.18.

Cette tige est principalement présente pour des raisons commerciales. Elle est en effet réputée pour son inefficacité : son impact sur l'amplitude d'oscillation des marteaux est minime, ce qui rend difficile une transition fluide entre les dynamiques « Piano » et « Forte »³³.

3.3 Le mécanisme moteur

Le mécanisme moteur à ressort est constitué d'engrenages en alliage cuivreux, et en alliage ferreux pour les pièces soumises aux contraintes mécaniques les plus importantes.

Deux pièces sont également en bois : un levier oscillant et sa tige (Fig.25). L'utilisation du bois dans ce cas permet d'avoir des pièces relativement légères, qui ne vont pas trop influencer la vitesse de rotation de la broche du volant. En effet, ce levier doit se déplacer très rapidement, à une fréquence correspondant au tremolo du « Piano Melodico ». Pour minimiser la dépense énergétique de l'entraînement par l'axe du volant, la masse inerte des pièces entraînées doit être réduite au minimum, ce qui fait que le bois présente là un avantage important par rapport au métal.



Figure 23 : Détail du mécanisme moteur : alliages ferreux, cuivreux et bois. État après traitement.

Les pièces reliant les éléments en bois entre eux et au reste du mécanisme ont des inserts. Une analyse FTIR a révélée qu'il s'agit d'un matériau artificiel à base de pulpe de cellulose (Fig.26)³⁴.

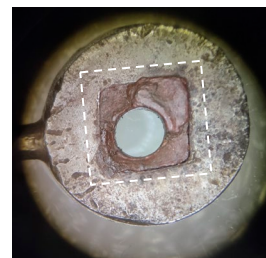


Figure 24 : Insert en pulpe de cellulose. Leica MZ6, 4x

Certaines pièces sont peintes en noir, d'autres en doré. Les surfaces fonctionnelles ne sont pas peintes.

Une plaquette avec l'inscription « C.B. Patent » est rivetée sur la platine supérieure.

Le mécanisme est fixé à l'étagère du cabinet par des vis insérées dans les pieds de la platine inférieure.

³³ Greinacher, 2003, p.18. L'auteure, après avoir testée l'instrument, n'est pas d'accord avec cette observation de Greinacher. L'action de la tige sur le volume est particulièrement importante, et permet de modifier de manière relativement simple l'amplitude sonore.

³⁴ Voir « Spectre FTIR » Fig. 15, en Annexes, p.12.

Le train d'engrenage comprend un ressort dans son « barillet »³⁵ à colonnes, un système d'armement à manivelle avec *rochet** et *cliquets**, un premier *mobile** de transmission en fonte de fer³⁶ avec *pignon** et roue, un deuxième mobile avec pignon et roue *hélicoïdale** dont l'axe est terminé par un pignon conique (Fig.27).

Le mécanisme est également muni d'un volant avec friction de sécurité monté sur une broche à vis sans fin appuyée à un *contre-pivot**, d'un monnayeur et d'un levier oscillant en bois relié à l'arbre à marteaux de l'instrument via une tige en bois également.³⁷

La lame du ressort a une section de 8.15 x 0.14 cm et mesure 10.20 m de long³⁸. La *bonde** est solidaire à l'*arbre du barillet** et au couvercle³⁹. Un *arrêtage**, rivetée au couvercle du barillet, limite le nombre de tours du barillet à 9.80⁴⁰.

Le ressort s'arme avec une manivelle, qui s'insère dans la paroi de droite du cabinet.



Figure 25 : Mécanisme moteur à ressort partiellement démonté. État après traitement.

³⁵ Le terme « barillet » a été utilisé alors qu'il n'y a en réalité pas de tambour : les parois grises visibles sont en fait le ressort. Voir Fig.3-4, en Annexes, pp.5-6 pour un aperçu complet de la nomenclature.

³⁶ Identifié notamment grâce à l'outil de diagnostic MICORR - Iron-based alloys [en ligne] – mais également par d'autres critères pas pris en compte par l'application, tels que le mode de fabrication.

³⁷ Voir Fig. 3 et 4, en Annexes, pp.5-6.

³⁸ La taille du ressort a été mesurée à l'aide d'une ficelle puis calculée selon différentes méthodes. Une première méthode a donnée comme résultat 10.50 m. La longueur théorique du ressort a été calculée et le résultat donne 17.915 m : $L = \pi(R^2 - r^2 / 2e)$, où R = rayon intérieur du tambour [mm], r = rayon de la bonde [mm] et e = épaisseur du ressort. Donc R = 127.5 [mm], r = 17 [mm], e = 1.4 [mm]. Reymondin et al., 1998, p.48.

³⁹ Voir « Schéma du barillet », Fig.5, en Annexes, p.7.

⁴⁰ Le nombre de tours a été défini empiriquement : Le ressort a été totalement désarmé, puis le nombre de tours du barillet a été compté pendant le réarmement du ressort jusqu'au blocage induit par l'arrêtage.

3.4 Le cabinet

Le cabinet, un meuble en bois sur pieds tournés mesurant 109 x 84 x 62.5 cm, constitue la structure portative de l'objet.

Il est équipé de trois portes (deux à l'avant et une à l'arrière), chacune munie d'une serrure, qui permettrait, dans le cas où il y aurait une cloison sur l'étagère supérieure, de ne donner accès qu'à certains espaces à l'intérieur du cabinet.

L'intérieur du cabinet est divisé en deux étagères (Fig.28). Les parois latérales sont munies de poignées vissées, et une fente permet d'insérer et de déployer les supports à partitions. La manivelle pour remonter le ressort s'insère dans la paroi de droite (Fig.29).

Le bois du bâti est principalement un résineux, reconnaissable à la striation longitudinale plus ou moins prononcée et la présence de canaux résinifères qui apparaissent comme des rainures sombres⁴¹.

Les supports des partitions et les planches inscrites sont en bois de feuillu, probablement du bouleau ou du peuplier pour les supports de partitions et les médaillons des portes et du cerisier ou poirier pour le médaillon central⁴².

Les parois du cabinet sont assemblées par collage (des coulures de colle sont visibles à l'intérieur) renforcé par une longue cale, dont l'extrémité émerge à l'arrière du cabinet (Fig.30).



Figure 26 : Vue de face. État avant traitement.



Figure 27 : Côté droit. Rangement du support de partition (bleu). Insert pour la manivelle (blanc). État avant traitement.



Figure 28 : Vue de l'arrière. En bleu : Les cales. La perforation au centre aurait permis de fixer une cloison (orange). État avant traitement.

⁴¹ Sachsse, 1984, p.22.

⁴² Schafflützel, 1982. Observations confirmées par M. Raphaël Lüthi, facteur d'orgue du musée.

L'étagère est assemblée aux parois par une fixation en queue d'aronde. Le plateau est vissé sur les parois - des marques rondes visibles dans le revêtement indiquent l'emplacement des fixations.

Les surfaces extérieures visibles sont recouvertes d'un placage et peintes en noir. L'arrière et l'intérieur sont laissés bruts (Fig-30). L'avant est orné de décors et inscriptions, gravés et peints en doré (Fig.31).

Le plateau du cabinet est ajouré ((A –Fig.32). Une perforation dans chaque coin du plateau permet de fixer l'instrument au cabinet (B). Une fente est prévue pour l'insertion de la pièce de monnaie (C), et trois découpes permettent de relier le mécanisme moteur à l'instrument (D).

Le contenu du cabinet (Fig.33) consiste en quatre rouleaux de partitions sur papier blanc non perforé, 20 livrets de partitions perforées originaux⁴³, une manivelle pour armer le ressort, une carte de visite d'un hôtel à Paris, la clé du boîtier de l'instrument, une pièce de 20 centimes suisse de 1961, un élément en bois noir pour l'instrument de musique (A), un morceau de bois non identifié (B), une copie de la planche E (C), deux planches en bois originales de l'instrument (D+E) et une tige métallique.



Figure 29 : Vue de face. État après traitement.



Figure 30 : Vue du dessus du plateau du cabinet, sans l'instrument, ni les supports de partition et la plaquette émaillée. État en cours de traitement.



Figure 31 : Objets trouvés dans le cabinet.

⁴³ Le carton perforé est « le support d'un arrangement et d'une interprétation musicale. Il se choisit en fonction du type de lecture (pneumatique ou mécanique) et de la gamme (nombres de notes ou de touches) ». Source : Les cartons perforés [en ligne].



Figure 32 : Les planches A, D et E in situ. Vue de dessus de l'instrument, sans son couvercle. État après traitement.



Figure 33 : Partition perforée ouverte.

Le répertoire des livrets de partitions comprend des valse, des opéras, des mazurkas, des polkas et des chansons populaires.

Dix-neuf des vingt livrets mesurent 27.2 cm de haut, correspondant aux dimensions des livrets arrangés par Giovanni Racca pour le « Piano Melodico » à 30 notes. Le plus grand livret, de 30.9 cm de haut, est prévu pour un instrument à 48 notes⁴⁴.

3.5 Étude technologique des peintures du cabinet et du mécanisme moteur

Ce chapitre présente les résultats de l'étude des peintures présentes sur le cabinet et le mécanisme moteur. Cette analyse a été menée en raison des divergences dans l'aspect de surface du cabinet.

3.5.1 Le revêtement noir du cabinet

Sous lumière visible, le cabinet, le support de partition de gauche, la face avant et les côtés du boîtier de l'instrument présentent une surface noire, lisse et brillante. Tandis que la surface à l'arrière du boîtier et sur le support de partition de droite a un aspect plus mat (Fig.36 et Fig.37). Les analyses FTIR ont révélées qu'il s'agissait néanmoins d'un même type de revêtement.

⁴⁴ Greinacher, 2003, p.15.



Figure 34 : Face avant et arrière du boîtier. État avant traitement.

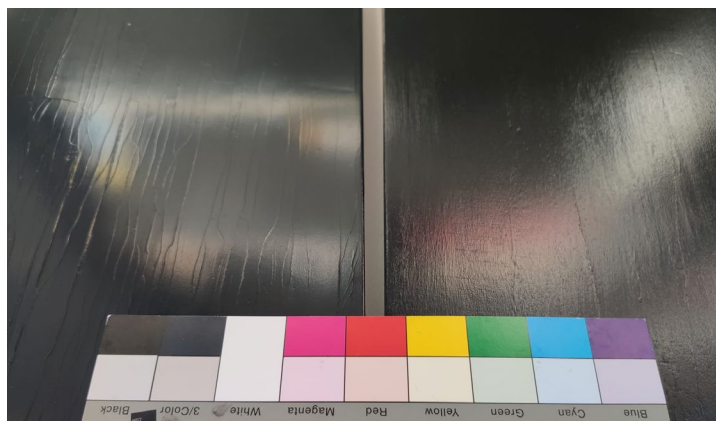


Figure 35 : Vue rapprochées des supports de partition côte à côte. Celui de gauche a une surface beaucoup plus lisse, tandis que la structure du bois est visible sur celui de droite. De plus les deux surfaces montrent des états de dégradation différents. Les taches de couleurs sont des reflets. État après traitement.

Sous lumière ultraviolette⁴⁵ (UV), le revêtement présente une fluorescence de teinte vert-jaunâtre sur le cabinet et bleue claire dans le couvercle de l'instrument (Fig.38 et Fig.39). Selon la littérature, cela peut correspondre à des peintures nitrocellulosiques (fluorescence verte-jaune) ou de l'acétate de polyvinyle (bleu-laiteux)⁴⁶.

⁴⁵ Matériel utilisé : lampe Reskolux® II UV 365 LED, deffner&Johann.

⁴⁶ Conserve O Gram, 2000, p.2.

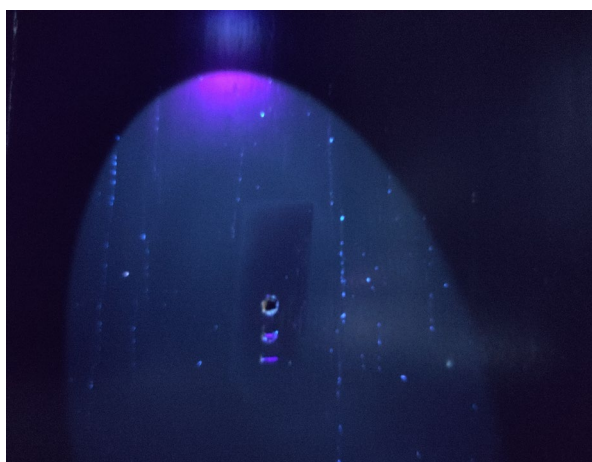


Figure 36 : Très légère fluorescence à la teinte jaune-verte sur le cabinet, ici la paroi de gauche.

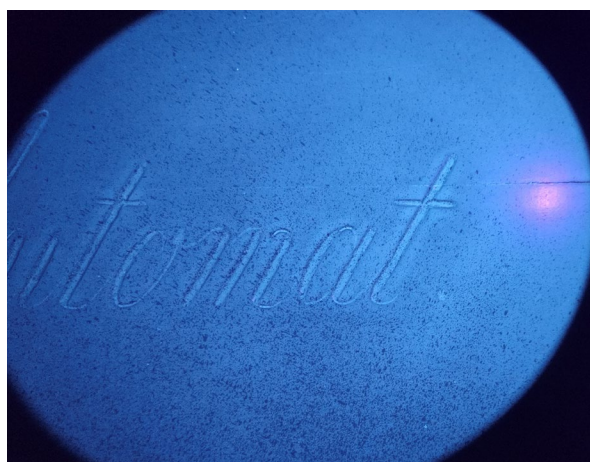


Figure 37 : Fluorescence bleue claire dans le couvercle de l'instrument.

Afin d'avoir une vue globale de l'objet, des échantillons ont été prélevés du plateau du cabinet, des portes avant, du couvercle de l'instrument et de l'arrière du boîtier, puis analysés par spectroscopie infrarouge à transformée de Fourier (FTIR)⁴⁷ et des observations d'échantillons en coupe ont également été réalisées.

Les analyses FTIR ont identifié sur tous les échantillons une peinture⁴⁸ à base de nitrate de cellulose, qui se caractérise par des pics distinctifs vers 1642, 1276, 1060 et 832⁴⁹.

L'observation des mêmes échantillons en coupe a confirmé la présence d'une seule couche de peinture⁵⁰.

La présence de gypse dans l'échantillon du support de partition de gauche peut être un indicateur qu'il s'agit simplement d'une peinture avec une différente formulation⁵¹ que celle employée sur le support de droite.

3.5.2 Le vernis gomme-laque

Un vernis gomme-laque⁵² a été identifié lors d'un examen sous lumière UV. Celui-ci est présent comme vernis transparent sur les éléments en bois non peints de la barre de suivi (Fig.40) et comme laque noire sur les bords internes du boîtier de l'instrument (Fig.41).

⁴⁷ Voir « Spectres FTIR » en Annexes, pp.8-11.

⁴⁸ Il s'agit bien d'une peinture et non d'un vernis. La présence d'un vernis a été écartée après que les analyses FTIR ont identifié du NC sur les deux faces des échantillons.

⁴⁹ Germinario et al., 2015, p.4 et Shashoua, 2008, p.257.

⁵⁰ Voir « Échantillons en coupe » en Annexes, pp.15-16.

⁵¹ Germinario et al. 2016, p.7.

⁵² Conserve O Gram, 2000, p.2.

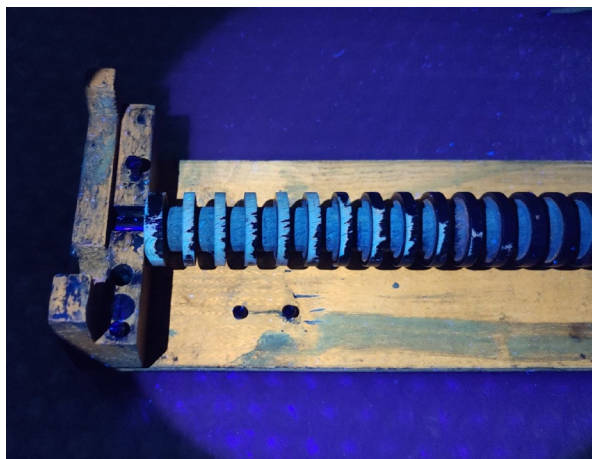


Figure 38 : Fluorescence orange caractéristique de la gomme laque sur le pont de la barre de suivi.

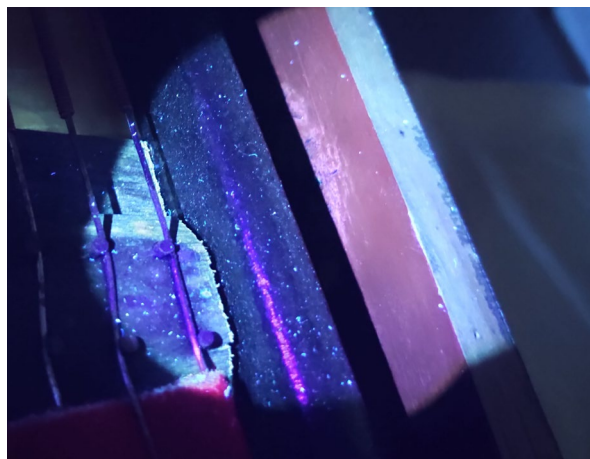


Figure 39 : Fluorescence rouge-orangé sur la paroi interne du boîtier.

La présence d'une bordure noire revêtue de gomme laque à l'intérieur du boîtier de l'instrument est également une caractéristique que l'on retrouve sur l'orchestrion du château de Bruchsal, qui n'est pourtant pas peint en noir⁵³.

La peinture dorée utilisée dans les décors et les inscriptions contient également de la gomme-laque⁵⁴.

3.5.3 Les peintures dorées du cabinet

La peinture dorée, utilisée dans les décors et les inscriptions, se présente sous la forme d'un film de gomme laque posée à la surface du revêtement noir (Fig.42), contenant des paillettes métalliques (Fig.43).



Figure 40 : Porte avant : La dorure est visible sur une épaisse couche monochromatique. Olympus BX60, grossissement 10x.

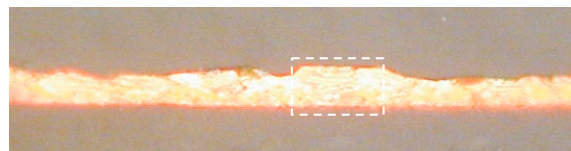


Figure 41 : Paillettes métalliques en forme de « baguettes ». Olympus BX60, grossissement 20x.

Une peinture dorée a été repérée sous le revêtement noir (Fig.44), dans des lacunes situées sur la bordure supérieure du cabinet (deux du côté gauche et une du côté droit -Fig.45).

Le liant n'a pas été identifié, mais l'observation de la coupe d'un échantillon prélevé autour de la lacune n°1 permet de voir qu'il s'agit également d'une peinture contenant des paillettes métalliques (Fig.46).

La peinture dorée présente sur le mécanisme moteur présente les mêmes caractéristiques⁵⁵.

⁵³ Voir Fig.97, en Annexes, p.42.

⁵⁴ Le spectre FTIR de cette analyse a été égaré lors de la rédaction de ce dossier. Cependant, l'analyse a été faite et a confirmé la présence de gomme-laque.

⁵⁵ Voir « Spectre FTIR », en Annexes, Fig.13-14, pp.11-12.

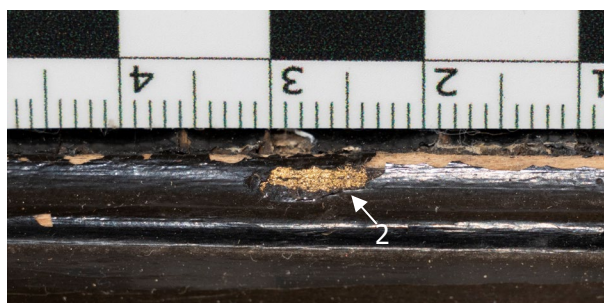


Figure 42 : Peinture dorée présente dans une lacune du revêtement, dans la bordure supérieure du cabinet. Le chiffre correspond à la localisation de la lacune sur la Figure 41.



Figure 43 : Emplacements de la peinture dorée trouvée dans les lacunes. État avant traitement.

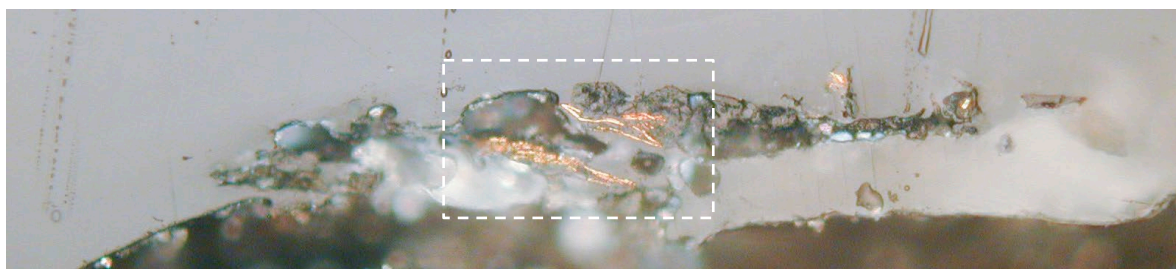


Figure 44 : Un amas de paillettes est visible sur un échantillon de peinture prélevé dans la lacune n°1 (image ci-dessous). Olympus BX60, grossissement 20x.

3.5.4 La peinture du mécanisme moteur

L'analyse FTIR de deux échantillons de peinture prélevés sur le mécanisme moteur a détecté une résine alkyde⁵⁶, un liant synthétique développé dans les années 1920 à partir de polyester. Commercialisées dès 1933, les résines alkydes ont rapidement dominé le marché en remplaçant les peintures à huiles traditionnelles, grâce à leurs excellentes propriétés de revêtement et leur faible coût⁵⁷.

Les échantillons analysés par FTIR ont révélé des correspondances avec les spectres de deux résines alkydes de référence : l'une formulée avec une huile de lin et l'autre avec une huile de soja. Une

⁵⁶ Voir « Spectres FTIR », Fig.15-16, en Annexes, pp.12-13.

⁵⁷ Hofland, 2012, p.274-275.

observation plus précise des spectres a permis de voir une plus grande correspondance entre les pics de l'échantillon analysé et ceux de la résine de référence contenant l'huile de soja⁵⁸.

3.5.5 Conclusion de l'étude technologique

Cette étude démontre que le revêtement noir du cabinet ne peut pas être contemporain de la création de l'objet. En effet, les laques et vernis à base de nitrate de cellulose ne font leur apparition sur le marché qu'en 1920⁵⁹. Un résidu de ruban adhésif de masquage avec des traces de peinture noir présent sur le monnayeur (Fig.47) suggère que l'intervention est même plus récente, car le ruban adhésif n'est commercialisé qu'à partir de 1930⁶⁰. Il n'est cependant pas exclu que certaines surfaces aient été repeintes à différentes époques. Il est peu probable que l'application d'un



Figure 45 : Ruban adhésif de masquage sur le monnayeur à l'endroit où il est fixé dans le cabinet.

revêtement à base de nitrate de cellulose soit l'œuvre de Carl Bendel. En effet, son entreprise aurait rencontré des difficultés vers 1912, l'obligeant à vendre sa maison ainsi que son local commercial⁶¹, de plus, l'arrivée du gramophone a rapidement remplacé ces instruments, qui devaient alors être de véritables « curiosités ». Il est cependant possible que le repeint soit alors le travail d'Heinrich Weiss lui-même, ou alors du vendeur, qui, voulant rendre l'objet plus attrayant, l'aurait peint en noir peu de temps avant son acquisition par Weiss.

Le revêtement peinture du mécanisme est aussi le résultat d'une intervention plus récente. En effet, l'utilisation de peinture alkyde formulée avec de l'huile de soja ne se généralise qu'à partir des années 1960⁶². Une analyse par chromatographie en phase gazeuse permettrait de confirmer la présence d'une huile de soja.

En ce qui concerne la peinture dorée, une analyse au microscope électronique à balayage pourrait déterminer la nature du métal (afin de mieux comprendre la sensibilité du métal présent à la corrosion) et confirmer s'il s'agit d'une *bronzine** à base de paillettes d'or ou de laiton.

Cependant, l'étude ne permet pas de dater la peinture dorée. Il n'est donc pas certain que la peinture trouvée dans les lacunes soit vraiment une peinture « originale » ou le résultat d'une intervention plus récente. Il serait intéressant de comparer sa composition à celle de la peinture présente sur l'orchestrion de Bruchsal, qui semble dans un état plus proche de l'original.

⁵⁸ Voir « Spectres FTIR », Fig.17, en Annexes, p.13.

⁵⁹ Koesling, 1999, p.87.

⁶⁰ Ruban adhésif [en ligne].

⁶¹ Voir « Qui était Karl Robert Bendel ? » en Annexes, p.28

⁶² Standeven, 2006, p.76.

4 Fonctionnement de l'objet

4.1 Fonctionnement général

La méthode « SCHEMATEC » développée par Christian Degriigny et Romain Jeanneret a été utilisée pour décrire le fonctionnement général de l'objet. Cette méthode permet de documenter et d'analyser de manière détaillée les composants d'un objet technique complexe, ainsi que son fonctionnement, afin d'améliorer la compréhension de son état de conservation et de faciliter l'échange d'informations au sein d'un groupe pluridisciplinaire.

4.1.1 Diagramme SADT

Les « entrées/sorties » ainsi que les consommables peuvent être représentés sur un diagramme SADT (Structured Analysis and Design Technique)⁶³ permettant une première interprétation de l'objet et de ces paramètres de fonctionnement. Ainsi, le « Piano Orchestrion Automat. » est un objet qui « consomme » des pièces de monnaie et des partitions. Puis, l'action combinées des consommables à un ressort armé et des réglages, permet de lire une partition de musique, ce qui produit un air musical.

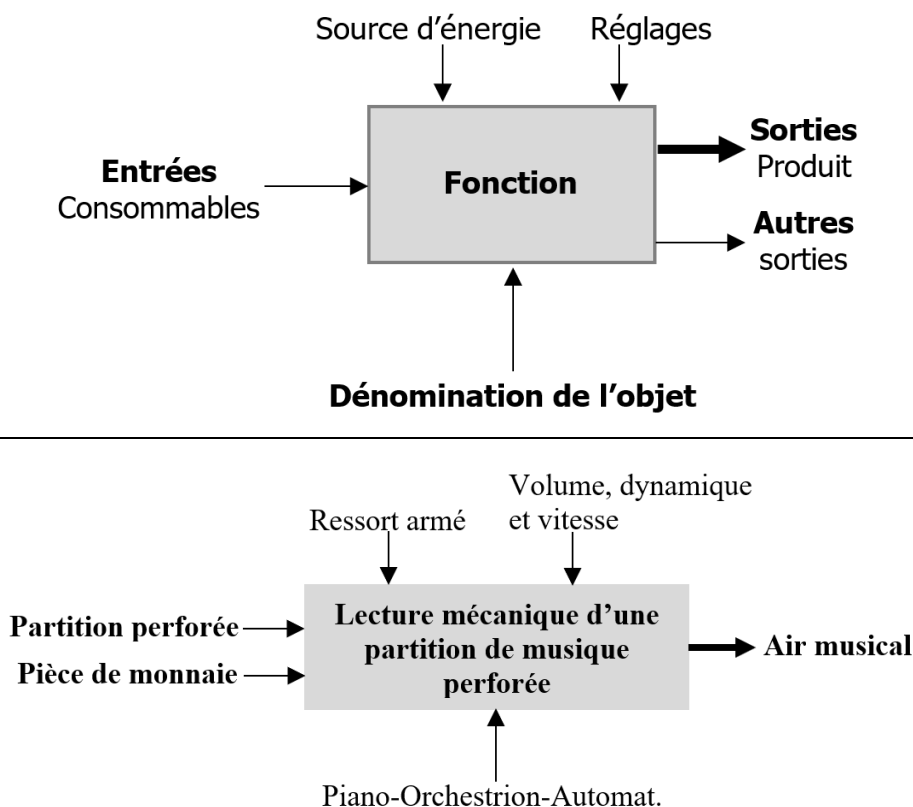


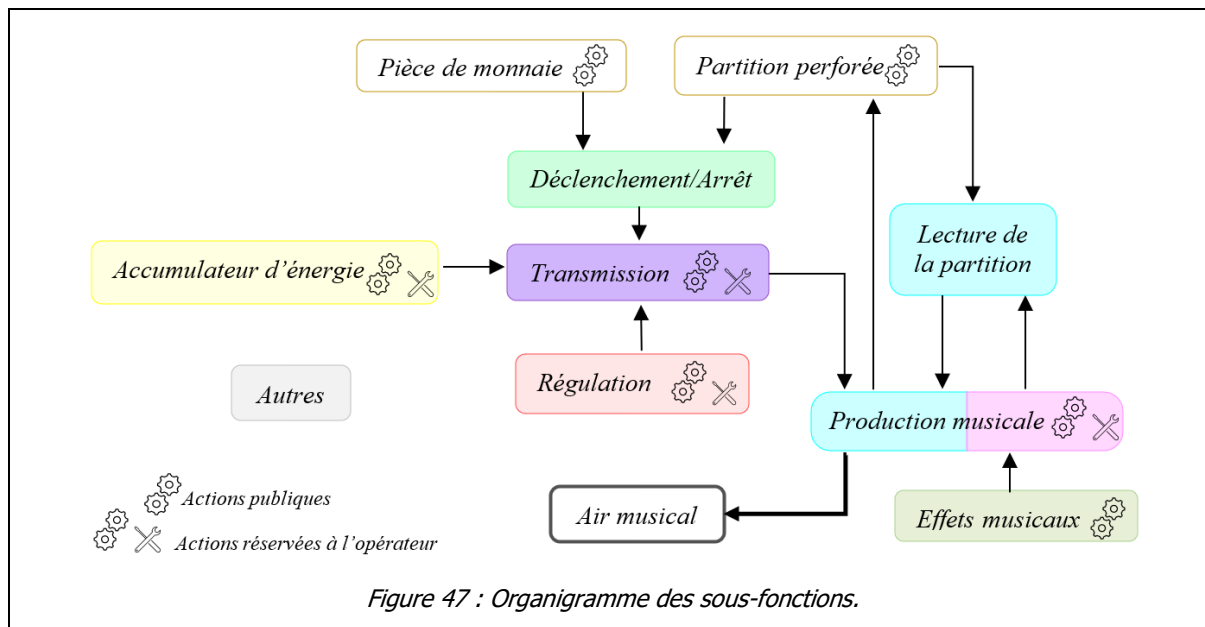
Figure 46 : Diagramme SADT original traduit en français et modifié pour correspondre à l'objet ©SCHEMATEC®.

⁶³ Degriigny et Jeanneret, 2016, p.8.

4.1.2 Organigramme des sous-systèmes

Ce schéma présente les opérations nécessaires au fonctionnement de l'objet et les interactions entre les différents sous-fonctions. Le sens de l'action est indiqué par une flèche simple.

Les éléments ne participant pas au fonctionnement de l'objet mais qui sont néanmoins présents sont groupés sous « Autres », tels que éléments décoratifs, structuraux, etc.

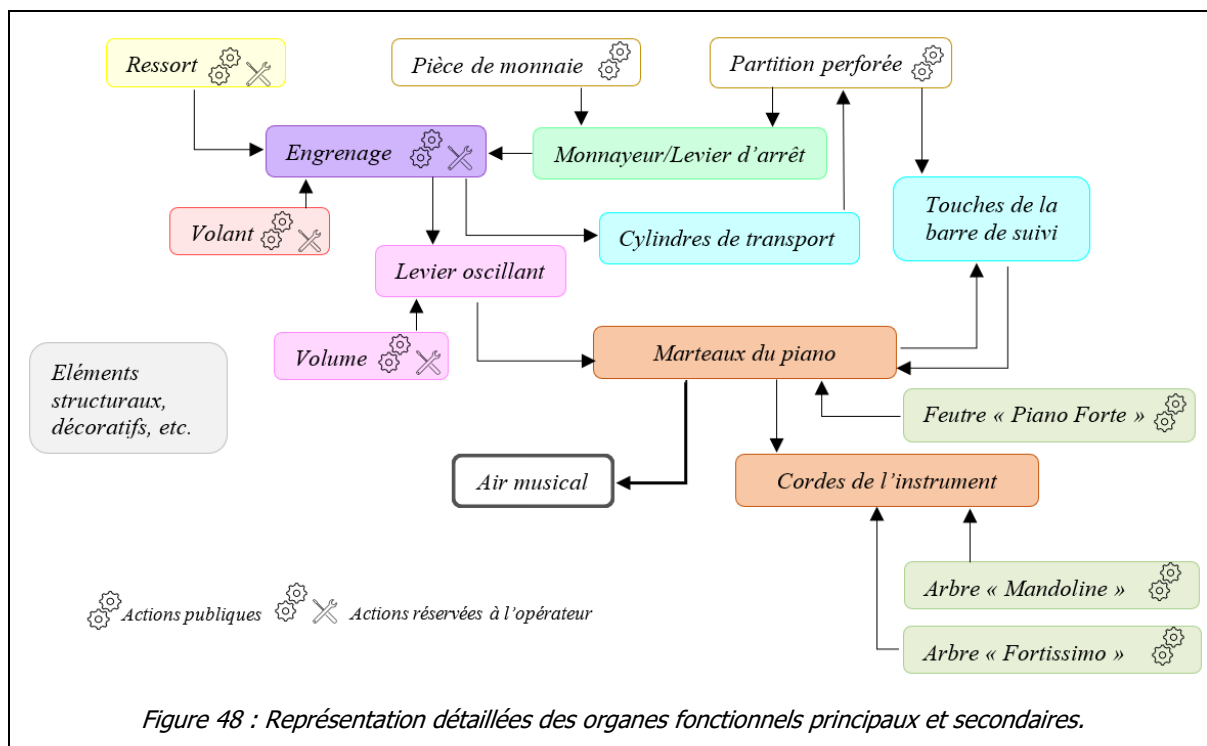


L'impulsion de départ et d'arrêt est donnée par la pièce de monnaie et la partition. L'accumulateur d'énergie alimente les organes de transmissions, qui vont distribuer l'énergie aux sous-organes responsables de la « production musicale ». Ceux-ci vont à leur tour redistribuer une partie de l'énergie à la partition et à la lecture de la partition, ce qui conduit à la création d'un air musical.

Des effets musicaux peuvent influencer, de manière indépendante du système d'énergie centrale, la production musicale. Un système de régulation agit sur l'organe de transmission.

Les interventions possibles pour l'utilisateur/le public incluent le choix et l'installation de la partition, l'insertion d'une pièce de monnaie et la modulation des différents effets musicaux. L'opérateur/propriétaire a accès à l'accumulateur d'énergie, à la transmission, à la régulation et la production musicale.

Dans le schéma suivant, les différents composants fonctionnels de l'objet seront détaillés et identifiés. Les fonctions spécifiques de ces éléments seront ensuite décrites plus en détail dans les chapitres suivants.



Le système est déclenché par la présence d'une partition de musique et d'une pièce de monnaie.

L'énergie produite par la détente d'un ressort préalablement armé par l'opérateur, peut alors être transmise à l'engrenage constitué de deux mobiles.

Un volant permet de réguler la vitesse de l'engrenage.

L'énergie est ensuite distribuée d'une part aux cylindres de transport et d'autre part, via le levier oscillant, à l'arbre oscillant des marteaux du piano. Le levier oscillant comprend également le réglage du volume.

Les cylindres de transport vont faire avancer la partition sur l'instrument. Tandis que les marteaux vont à la fois frapper les cordes de l'instrument et être en communication avec les touches de la barre de suivi, via leur ressort.

Le levier « Piano Forte » agit directement sur les marteaux du piano, tandis que les deux levier « Mandoline » et « Fortissimo » agissent sur les cordes de l'instrument.

Ainsi, la lecture d'une partition et donc la création d'un air musical se fait de manière (presque) totalement automatisée.

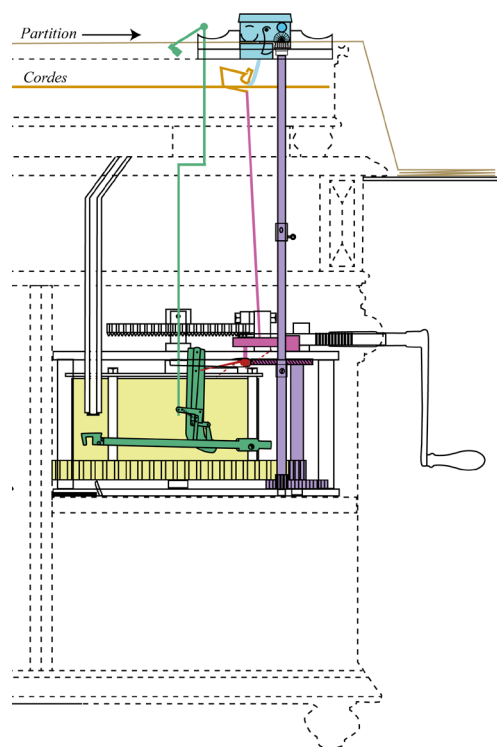
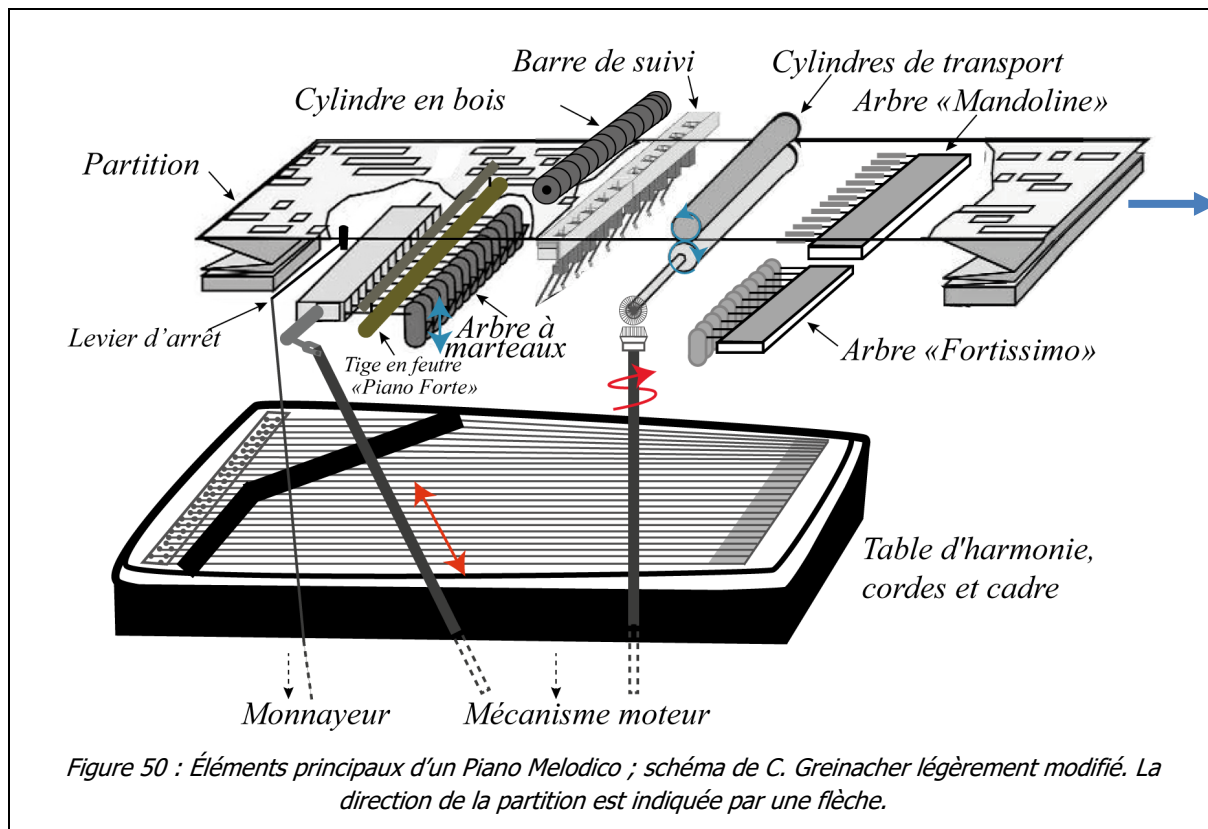


Figure 49 : Les organes fonctionnels sur l'objet.

4.2 Fonctionnement de l'instrument de musique

Dans ce chapitre, nous commencerons par décrire le fonctionnement général de l'instrument de musique. Puis nous examinerons plus en détail le fonctionnement de la barre de suivi et des cylindres de transport.



Le mécanisme de jeu de l'instrument va permettre d'une part le déroulement automatique de la partition, qui sera tirée en avant grâce à la force de frottement induite par le revêtement en caoutchouc des cylindres de transport, et d'autre part, via les touches de la barre de suivi, le décodage de l'air musical, codé sous forme de perforations.

L'énergie fournie par le moteur est transmise via des tiges aux différents composants de l'instrument. Ainsi, un mouvement d'oscillation est induit dans l'arbre à marteaux, tandis qu'un mouvement de rotation est transféré aux cylindres de transport. (Fig.52).

La mise en marche de l'instrument nécessite le placement d'un livret de partition (Fig.53). Pour ce faire, celui-ci est déposé sur le support de



Figure 51 : Partition installée sur l'instrument. État après traitement.

partition de gauche, passé sous la barre amovible du plateau ajouré, puis guidé sur la barre de suivi. Le couvercle de celle-ci est ouvert, et la partition est parfaitement alignée aux bords des ponts en bois. En fermant le couvercle, le cylindre en bois va presser la partition contre la barre de suivi, et le cylindre de transport supérieur va la pincer contre le cylindre de transport inférieur. En se déroulant, la partition viendra se replier sur le support de partition de droite.

La présence d'une partition joue un rôle essentiel dans le déclenchement du mécanisme : en appuyant sur le levier d'arrêt (Fig.54), elle envoie un « signal » au mécanisme moteur, qui dès qu'une pièce de monnaie sera insérée, pourra tourner librement. En effet, sans partition, l'insertion seule d'une pièce de monnaie ne va pas déclencher le moteur.

Lorsque la partition arrive à sa fin, et que le levier d'arrêt peut revenir dans sa position neutre, le mécanisme s'arrête : les cylindres de transport arrêtent de tourner et l'arbre à marteau est immobilisé.



Figure 52 : Photographie optimisées montrant le levier d'arrêt en position « neutre » (à gauche) et en position « basse » (à droite) comme si une partition appuyait dessus. État après traitement.

4.2.1 La barre de suivi

La barre de suivi est l'élément qui va « lire » la partition (Fig.55).

Lorsqu'une partie non perforée de la partition passe sur les touches, celles-ci vont être amenées à pivoter sur leur axe⁶⁴, et leur ressort va venir s'engager dans le « nez » du marteau correspondant, forçant celui-ci à l'immobilité. Lorsqu'une perforation arrive, les touches reviennent en position neutre, ce qui libère le marteau correspondant, qui peut alors frapper la corde (Fig.56).

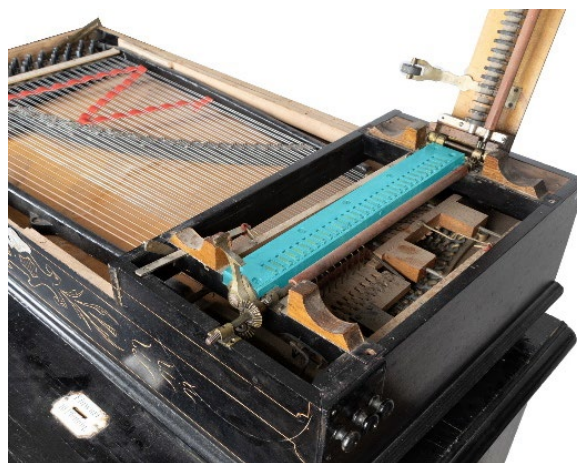
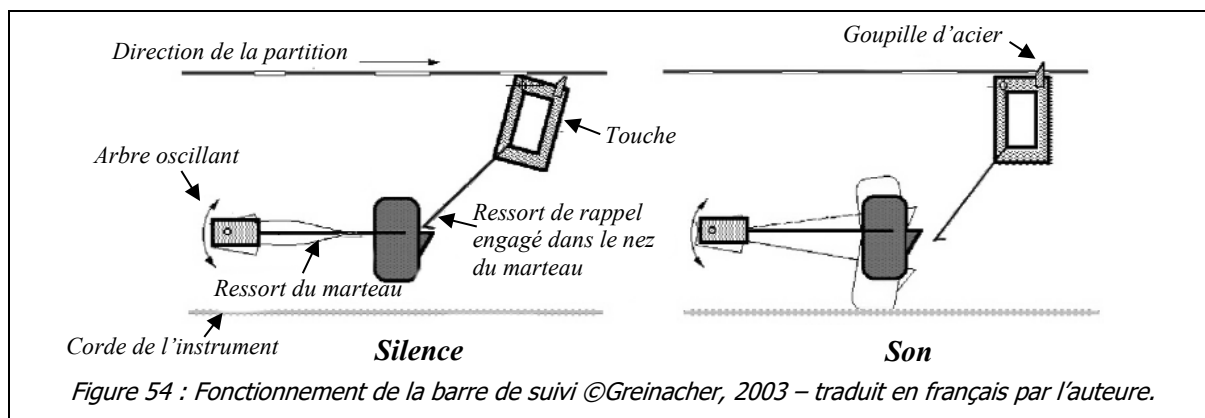


Figure 53 : Photographie optimisée de l'instrument, où la barre de suivi est surlignée en bleu. État avant traitement.

⁶⁴ Voir Fig.2, en Annexes, p.4.



4.2.2 Les cylindres de transport

La traction des partitions se fait grâce à deux axes en alliage ferreux recouvert de caoutchouc, placés l'un au-dessus de l'autre (Fig.57).

L'axe du cylindre de transport inférieur, sur lequel est fixé un pignon conique (F' – Fig.59), engrène dans le pignon conique (F) de l'axe prolongé (E) du deuxième mobile. Un pignon simple, à l'autre extrémité de la tige, engrène avec le pignon simple du cylindre supérieur.



Figure 55 : Les pignons simples des cylindres de transport. État après traitement.

Lorsque l'énergie est transmise au mobile terminé par le pignon conique (F), celui-ci va tourner sur lui-même, entraînant le cylindre inférieur, qui à son tour, entraîne le cylindre supérieur. Les deux cylindres vont alors tourner dans le sens des aiguilles d'une montre. Lorsque la partition est pincée entre ces deux axes, elle est tirée en avant grâce au frottement induit par le revêtement caoutchouc.

Le rapport de transmission entre la roue *menante** (la denture du ressort) et la roue menée (le pignon conique qui actionne les cylindres de transport), est de 1 : 84. Les cylindres de transport, sur une durée de jeu où le barillet tourne 9.8 fois fait 824 rotations. Cela nous a permis de calculer qu'environ 23 mètres de partitions peuvent être jouées si le ressort est complètement armé⁶⁵.

⁶⁵ Pour le détail des calculs, voir « Calculs des rapports de transmission », en Annexes, p.17..

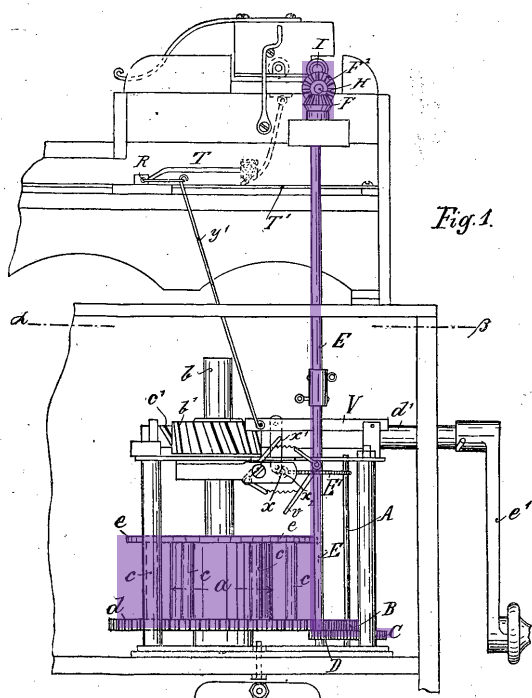


Figure 56 : Photographie optimisée montrant les pignons coniques (F) et (F1) et la tige en caoutchouc (H) - schéma ci-contre pour la correspondance. État après traitement.

Figure 57 : Ci-contre : Vue de face du mécanisme. Les éléments mentionnés dans la description sont surlignés en violet © Brevet n°19316 de Carl Bendel 1899

4.3 Fonctionnement du mécanisme moteur

Le mécanisme moteur est l'élément centrale de la création et de la distribution de l'énergie aux cylindres de transport et à l'arbre à 30 marteaux.

Il est relié aux cylindres de transport via une tige rotative, et à l'arbre à marteaux via une tige inclinée, qui oscille de bas en haut.

Le monnayeur est relié au levier d'arrêt via une tige, dont le mouvement est aussi de bas en haut.

Le mécanisme moteur est constitué des groupes fonctionnels principaux décrits dans les schémas fonctionnels : l'accumulateur d'énergie, le déclenchement et l'arrêt, la transmission et la régulation de la vitesse et du volume (Fig.60).

Le fonctionnement du monnayeur, l'élément principal du système de déclenchement et d'arrêt du mécanisme ainsi que le levier oscillant qui transmet l'énergie à l'arbre à marteaux seront présentés plus en détail dans les chapitres suivants.

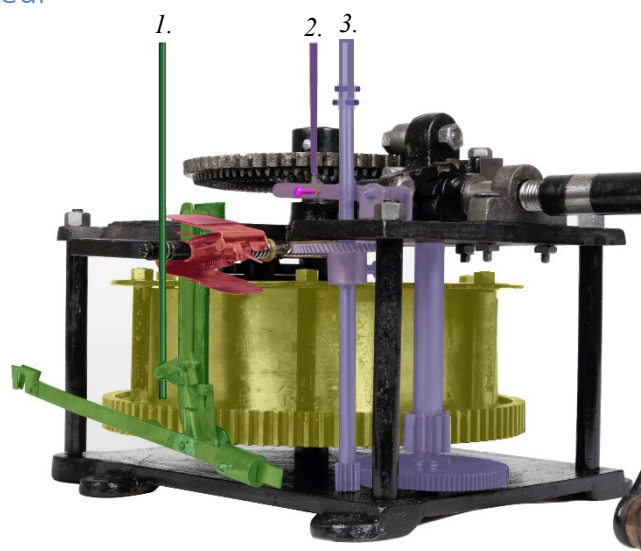


Figure 58 : Photographie optimisée du mécanisme moteur avec les différents groupes fonctionnels : source d'énergie en jaune, déclenchement et arrêt en vert, régulation en rouge et transmission en violet. Le volume peut être changé en déplaçant la vis (en rose) le long du levier oscillant. Les trois tiges le reliant à l'instrument sont numérotées : 1) tige reliée au levier d'arrêt 2) tige reliée à l'arbre à marteaux 3) tige reliée aux cylindres de transport.

4.3.1 Le monnayeur

Le monnayeur⁶⁶ est constitué d'un ensemble de pièces mobiles montées sur le mécanisme moteur et directement dans le cabinet. Celles-ci comprennent notamment un conduit pour le passage de la pièce de monnaie, une tige lestée pivotante, divers bras articulés, ainsi qu'une tige permettant de relier le monnayeur au levier d'arrêt qui se trouve sur la partie instrument de l'objet.

Lorsque la partition appuie sur le levier d'arrêt (en brun dans la Fig.61), celui-ci, via une tige, actionne la rotation du bras articulé en forme de « L » (en vert). L'extrémité du bras, reliée à un ressort, est tirée vers la gauche jusqu'à ce qu'elle bute contre le rebord à l'arrière de la tige lestée (en beige).

Lorsqu'une pièce de monnaie est insérée dans le conduit et tombe sur la tête de la tige lestée, cette dernière pivote sur son axe, permettant ainsi au bras mobile du « L » de se déplacer davantage vers la gauche. Cela empêche la tige lestée, après la chute de la pièce, de revenir à sa position initiale, car le bras mobile est maintenant bloqué contre le rebord (Fig.62). Simultanément, le pivotement de la tige lestée entraîne le bras articulé à goupille (en bleu), qui, en se déplaçant, libère la lame du volant (en rose), lui permettant de tourner librement.

Lorsque la partition arrive à sa fin, le levier d'arrêt relâche le bras articulé en « L », permettant à la tige lestée de reprendre sa position d'origine. En faisant cela, elle fait pivoter le bras articulé à goupille, qui, en revenant à sa place, bloque la lame du ressort du volant, l'arrêtant (Fig.63)⁶⁷.

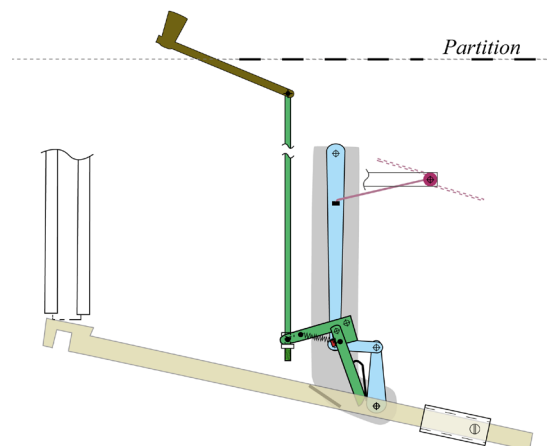


Figure 59 : Monnayeur en position d'arrêt. Il n'y a pas de partition sur l'instrument, le levier (en brun) et les éléments mobiles du monnayeur (la pièce articulée en « L » en verts et le bras articulé à goupille en bleu) sont « inactivés », et la lame du ressort du volant (en rose) est bloquée par la goupille.

⁶⁶ NB : Le terme « monnayeur » est le nom donné à tout système de déclenchement par insertion d'une pièce de monnaie.

⁶⁷ Le fonctionnement pas à pas du monnayeur peut être consulté en Annexes, pp.18-23.

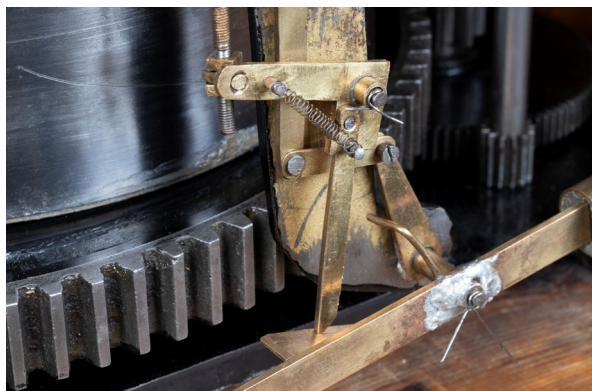


Figure 60 : Détail : L'extrémité du bras mobile en « L » butte contre le rebord à l'arrière de la tige lestée, ce qui permet au mécanisme de tourner car la tige lestée est bloquée dans cette position, ce qui entraîne l'éloignement de la goupille d'arrêt de la lame du ressort du volant. État après traitement.

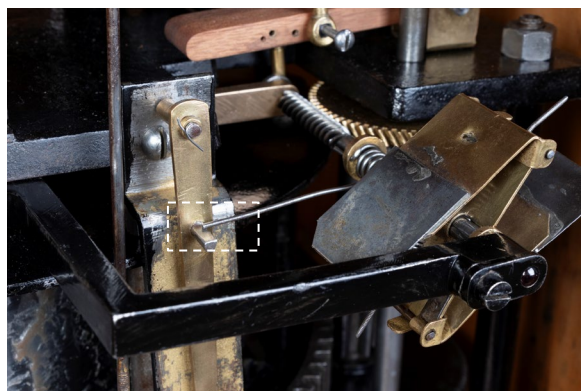


Figure 61 : Détail : la lame du ressort du volant est bloquée par la goupille du bras articulé. État après traitement.

4.3.2 Réglage du volume et de la tonalité

Le système de régulation du volume et de la tonalité, breveté par Bendel, repose sur un levier oscillant en bois. Ce levier présente quatre perforations d'un côté et une unique perforation de l'autre (Fig. 65 – A), par laquelle il est fixé de manière excentrée à l'axe de la vis sans fin via une bielle (B)⁶⁸. Les quatre perforations situées sur la face avant du levier permettent d'y attacher une tige en bois (Fig. 64 & 65 – C), reliée à l'arbre à marteaux du piano (Fig. 64 – D). Ce levier transmet un mouvement d'oscillation via la tige à l'arbre à marteaux du piano, les faisant ainsi frapper les cordes.

L'ajustement du volume se fait en déplaçant le point de fixation de la tige le long du levier, ce qui modifie l'amplitude du mouvement des marteaux et donc le volume sonore. Ce système était conçu pour offrir une utilisation polyvalente de l'instrument, permettant au propriétaire de régler « facilement » le volume selon ses besoins.

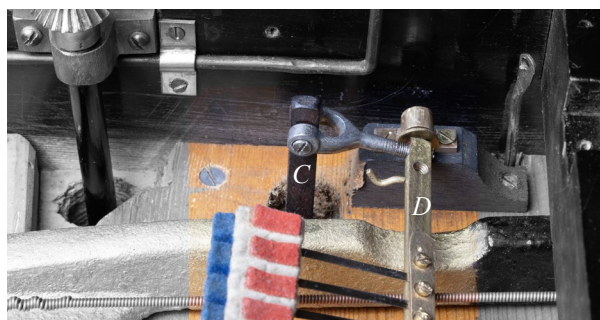


Figure 62 : Photographie optimisée : La tige en bois (C) est reliée à l'arbre à marteau du piano (D). État après traitement.

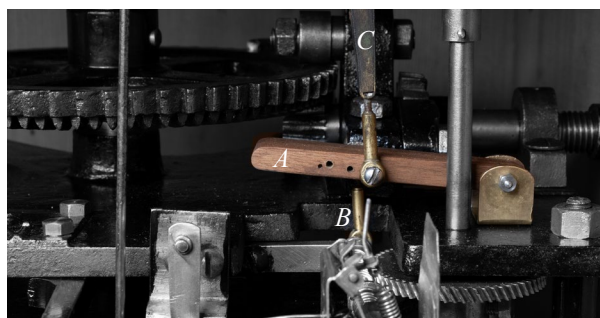


Figure 63 : Photographie optimisée montrant le levier oscillant en bois (A). Bielle reliant le levier à l'axe à vis sans fin qui s'engrène avec la roue hélicoïdale (B). Une tige en bois (C) relie le levier à l'arbre à marteau du piano. État après traitement.

⁶⁸ Voir Fig.33 en Annexes, p.24.

5 Les brevets de Carl Bendel

Karl Robert Bendel⁶⁹ (1869 – 1943) est un commerçant d'instruments de musique mécaniques et d'automobiles de Saulgau (DE). Il se spécialise dans la vente d'orchestrion à entraînement ressort et à poids, et possède même une petite usine dans sa maison d'habitation qui lui permet d'assembler les objets qu'il recevait en pièces détachées⁷⁰ et de proposer un service de réparation.

Bien que Bendel soit avant tout un commerçant, l'intérêt qu'il porte aux instruments de musiques mécaniques le pousse à déposer deux *modèles d'utilité** et un *brevet* * à leur sujet⁷¹ et participer ainsi à leur innovation.

5.1 Les modèles d'utilité (D.R.G.M) n°69'132 et n°98'783

Bendel dépose le même modèle d'utilité intitulé « *Piano-Orchestrion mit einem durch eine Münze auslösbaren die Walze treibenden Federwerk* »⁷² deux fois auprès de l'Office impérial des brevets de Berlin. La première fois le 13 janvier 1897 dans la classe 42 des « instruments », et la deuxième fois le 7 juillet 1898 dans la catégorie 51 des « instruments de musique »⁷³. Ces modèles d'utilité recevront les numéros D.R.G.M.⁷⁴ n°69'132 et D.R.G.M. n°98'783 respectivement.

Bien que le titre puisse induire en erreur, ce modèle d'utilité ne concerne en réalité que le monnayeur.

Les documents originaux n'existant plus⁷⁵, seules des sources secondaires ont permis d'en apprendre davantage.

Une annonce parue le 16 février 1897 dans « Der Oberländer » présente le modèle d'utilité n°69'132 sous un angle plutôt publicitaire, sans donner de détail sur son fonctionnement⁷⁶.

Une reproduction du texte du modèle d'utilité n°98'783 (sans les schémas) publiée en 1901 dans la ZfI⁷⁷ à l'occasion d'une demande de prolongation donne des informations plus précises sur le fonctionnement exact de l'invention, dont la particularité réside dans le fait que l'insertion d'une pièce

⁶⁹ Son nom de naissance est bien Karl Robert Bendel. Cependant « Carl Bendel » est le nom qu'il donne à son entreprise de vente d'instruments de musique mécaniques.

⁷⁰ Löt, 2015, p.25.

⁷¹ Voir « Qui était Karl Robert Bendel ? », en Annexes, p.25.

⁷² Id., p.26. Traduction : « Piano Orchestrion actionné par une pièce de monnaie qui met en mouvement un mécanisme à ressort entraînant le cylindre ».

⁷³ Löt, 2015, p.26.

⁷⁴ D.R.G.M. signifie : « Deutsches Reichs-Gebrauchsmuster ».

⁷⁵ Geschichte des deutschen Patentamts [en ligne].

⁷⁶ Les textes peuvent être consultés en Annexes, pp.28-29.

⁷⁷ *Zeitschrift für Instrumentenbau*. Löt, 2015, p.26. La référence de la description du modèle d'utilité donnée par Monsieur Löt n'a pas pu être vérifiée. Selon lui, cette définition se trouverait ici « *Verlängerte Gebrauchsmuster* », Deutsche Instrumentenbau-Zeitung, Bd. 2 (Berlin, 1900-1 901), S. 237 », cependant la consultation du document n'a pas permis de retrouver l'extrait mentionné. De plus, il y a une erreur dans la numérotation du volume. Il s'agit en réalité du volume 21 et non 2.

de monnaie va libérer le volant, qui va pouvoir tourner librement tant qu'une partition est en place sur l'instrument.

Il n'a pas été possible, dans le cadre de cette étude, d'évaluer la portée des changements que Bendel apporte au monnayeur, qui est un système pour lequel en tout cas deux brevets ont été déposés avant la date de publication de son modèle d'utilité, par G. Sutter en 1895 en Angleterre et Ch. Hamann en 1896 en Autriche⁷⁸.

Étant donné que les modèles d'utilité permettent justement à des innovateurs locaux d'apporter des modifications mineures à des systèmes déjà existants, il est très probable que les contributions de Bendel soient de cet ordre.

5.1.1 Le brevet n°19'316

Le 12 avril 1899 Bendel dépose un brevet⁷⁹ avec le titre « Mechanisches Musikwerk » en Suisse, qui reçoit le numéro 19'316.

Ce brevet décrit un « mécanisme musical » permettant d'ajuster manuellement l'intensité sonore et la tonalité de l'instrument en déplaçant une tige le long d'un levier (Fig.66 – en bleu), changeant ainsi l'amplitude du mouvement de frappes des marteaux. Ce système devait permettre à chaque acheteur de pouvoir adapter le volume à ses besoins spécifiques.

Bien que les revendications du brevet ne portent que sur les éléments du système décrits précédemment, il convient de les considérer comme faisant partie intégrante du mécanisme moteur, indispensable à leur fonctionnement.

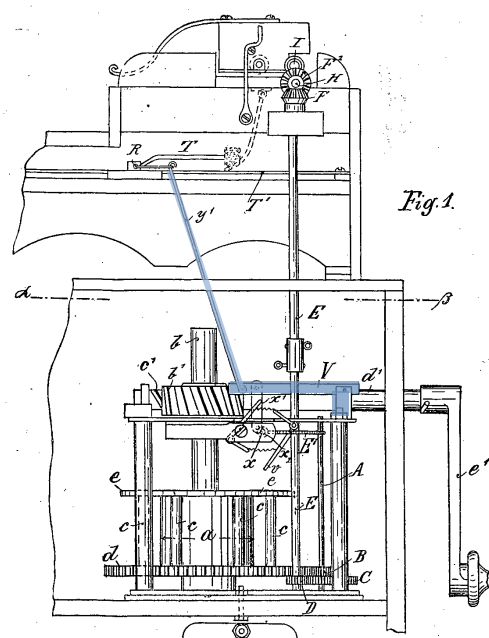


Figure 64 : Vue de face du mécanisme moteur.
Le brevet déposé concerne uniquement les éléments surlignés en bleu dans le schéma.

⁷⁸ Zeitschrift für Instrumentenbau, 1896-97, p.337, 339 et p.461.

⁷⁹ Une reproduction du brevet de Bendel peut être consultée en Annexe pp.30-31.

6 Statut de l'objet : utilitaire, produit fini ou prototype ?

En comparant l'orchestrion du Musée des Automates à Musique (MAM) avec celui du château de Bruchsal (CB), des questions concernant leur statut émergent. Est-ce qu'il s'agit de modèles à caractère publicitaire, utilisés lors de démonstration dans les foires et salons d'instruments de musique mécaniques ? Ou de produits destinés à la vente ? Quelles sont les différences majeures entre ces deux objets, et est-ce qu'il s'agit peut-être de *prototypes* ?

Une des différences majeures entre les deux objets est la présence du système décrit dans le brevet 19'316 sur l'orchestrion du MAM. Le système remplissant la même fonction sur celui du CB est une simple tige extensible (Fig.67 à Fig.70).

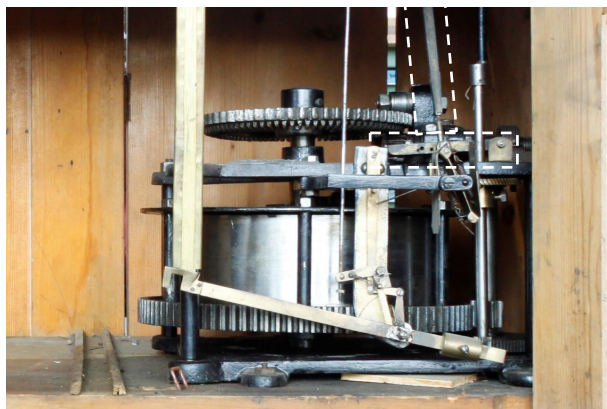


Figure 65 : Le système de réglage du volume correspond exactement aux schémas illustrant le brevet 19'316. État avant traitement.

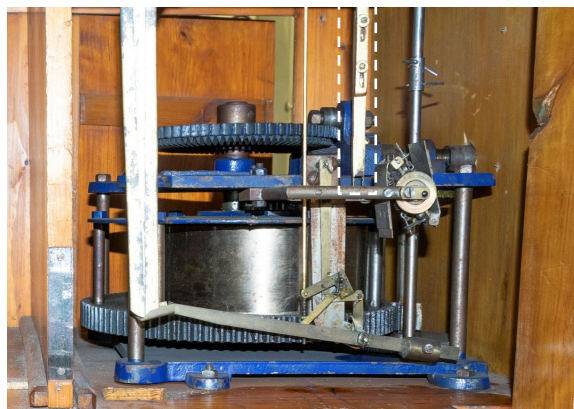


Figure 66 : Le mécanisme de l'orchestrion du CB est similaire à celui de Seewen, à l'exception du système de réglage du volume.

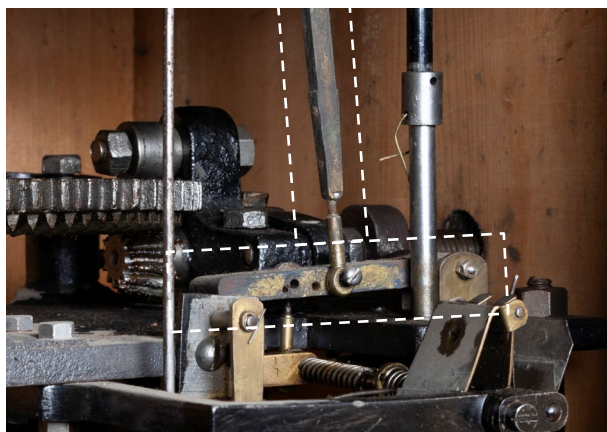


Figure 67 : Détail du système de l'orchestrion du MMA. État avant traitement.

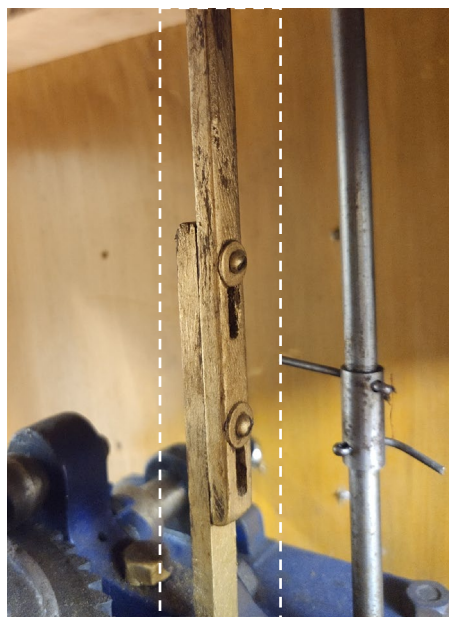


Figure 68 : Détail du système de l'orchestrion du CB.

La comparaison des deux objets nous permet de constater que, de manière générale, la facture de l'instrument du MAM est moins bonne que celle du CB. On remarque en effet que les planches en bois utilisées pour les inscriptions sur notre orchestrion sont d'une essence différente du reste du bâti, alors que l'orchestrion du CB présente une plus grande unité⁸⁰. Des restes d'étiquettes à demi arrachées sont présentes à l'arrière de la planche du médaillon central de l'orchestrion du MAM (Fig.71), suggérant que celle-ci est un réemploi. La qualité de la découpe du passage de la pièce de monnaie est nettement inférieure sur l'orchestrion du MAM comparée à celle du CB (Fig.72). De plus, des perforations visibles autour de la découpe suggèrent qu'un autre élément devait s'y trouver. Et enfin l'extrémité de la tige filetée, qui permettrait d'utiliser l'objet avec une manivelle, dépasse légèrement du boîtier de l'instrument du MAM (Fig.73). En revanche, sur l'orchestrion du CB, elle a été sciée afin d'être à niveau avec la surface. (Fig.74).



Figure 69 : Restes d'étiquettes au revers de la planche des numéros des modèles d'utilité. Il n'a malheureusement pas été possible de les déchiffrer. État avant traitement.

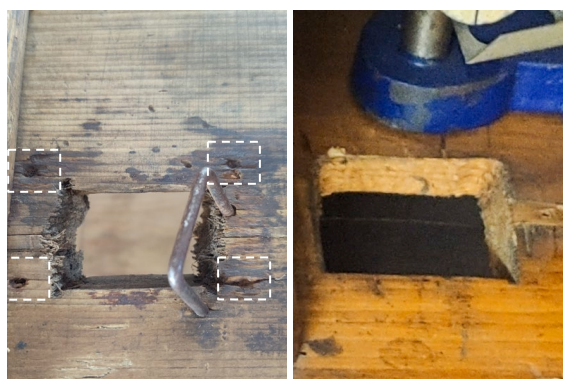


Figure 70 : La découpe dans le plancher de l'orchestrion de Seewen (gauche) est plus grossière que celle de Bruchsal (droite). Perforations encadrées.

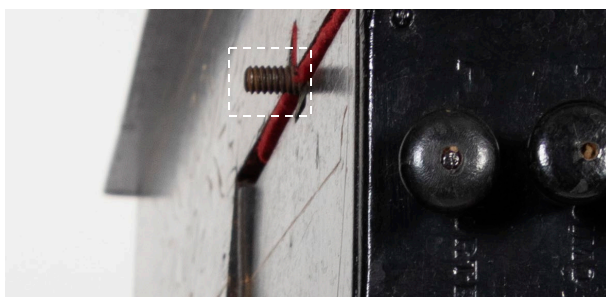


Figure 71 : L'extrémité de la tige filetée dépasse du boîtier (Seewen). État avant traitement.



Figure 72 : L'extrémité de la tige filetée a été sciée (Bruchsal).

⁸⁰ Voir Fig.109, en Annexes, p.45.

Malgré tout, les informations disponibles ne permettent pas de conclure définitivement quant au statut exact de l'objet. Trois options restent envisageables :

- Il s'agit d'un modèle courant destiné à la vente, pour lequel le temps a manqué pour les dernières finitions, ce qui n'affecte en rien le fonctionnement de l'objet. Cette hypothèse est renforcée par la présence de l'inscription « Eilt ! » (urgent !) sous le cabinet (Fig.75).
- Il s'agit d'un modèle de démonstration ou utilitaire ;
- L'orchestrion du MMA est un prototype.



Figure 73 : « Eilt ! » (urgent !) inscrit au crayon bleu sous le cabinet.

La dernière option a été écartée, car, hormis la présence du système décrit dans le brevet, rien ne permet vraiment de la confirmer.

La thèse du modèle utilitaire est remise en cause par la présence des mêmes inscriptions à caractère publicitaire sur l'orchestrion du château de Bruchsal. Il serait en effet étrange qu'un petit fabricant comme Carl Bendel puisse mettre de côté deux automates pour des raisons de démonstration uniquement.

La thèse privilégiant le modèle courant destiné à la vente est retenue, bien qu'il semble que Bendel commercialisait également ses objets avec des motifs floraux (Fig.76)⁸¹.

Cependant, étant donné que Bendel avait une clientèle internationale, il est probable qu'il apposait sa marque de fabrique sur certains modèles pour renforcer sa position et sa visibilité sur le marché des instruments de musique mécanique.



Figure 74 : Modèles destinés à la vente, à la démonstration ou prototypes? État avant traitement.

⁸¹ L'illustration a été reproduite dans l'encyclopédie de Bowers de 1972, cependant sans référence. On peut toutefois penser qu'il s'agit d'une annonce parue dans un catalogue de vente, probablement celui de Spaethe, Holzweissig ou Le Bon. On peut y lire que le « modèle 1S » est proposé en noir tandis que le modèle « 1N » en noyer, pour un prix compris entre 710 et 720 Deutsche Mark en 1904.

7 Valeurs culturelles

Les valeurs culturelles⁸² associées à l'objet ont été définies à la fois grâce à l'examen matériel et historique de l'objet et aux échanges avec le conservateur-restaurateur du musée, Augustin Duc.

L'objet possède une **valeur de recherche** importante. La présence des brevets de Carl Bendel en fait un témoin matériel de l'intérêt porté à l'innovation des instruments de musique mécaniques. Il représente également les typologies d'objets produits en série à la fin du XIX^e, dont l'utilisation était à but commercial (à cause de la présence du monnayeur), ce qui témoigne de l'importance et de la place qu'occupaient ces objets dans la société européenne au tournant XX^e siècle.

Les matériaux utilisés et leur mise en forme témoignent du stade de développement de la technologie de l'époque : les pas des vis ne sont pas encore métriques, une sorte de « plastique » à base de pulpe de cellulose était cependant déjà utilisé.

Cet objet porte également des traces d'interventions diverses réalisées au fil des ans, qui témoignent des différentes manières de procéder et qui sont également des supports d'informations importants des méthodes et du savoir-faire appliqué sur ce type d'objet.

Sa **valeur historique d'association** liée à Carl Bendel, un commerçant d'instrument de musique qui a connu une certaine notoriété dans sa région grâce à la vente d'instruments de musique mécaniques, et son association indirecte avec des personnages ayant joué un rôle important dans le développement d'instruments de musique mécaniques, tels que Giovanni Racca et Wilhelm Spaethe, lui confère également une certaine importance.

Sa **fonctionnalité** est très importante, car il s'agit, avant tout, d'un objet fonctionnel. Un objet en fonction permet de préserver les aspects immatériels liés à l'utilisation, c'est-à-dire « les expériences sensorielles liées à la vue, au son, à l'odeur et au toucher »⁸³ ce qui contribue notamment à sa valeur de recherche.

Aujourd'hui, sa valeur **pédagogique** ou **historique illustrative** est également importante, car l'objet a le potentiel de pouvoir faire découvrir au public la musique spécialement arrangée pour cette typologie d'instrument.

L'objet présente également une valeur **esthétique** grâce à la présence d'éléments ornementaux. Lorsqu'il n'est pas joué, l'instrument peut constituer « une pièce de mobilier élégant »⁸⁴.

⁸² Applebaum, 2010.

⁸³ Barr, 2006, p.11.

⁸⁴ Der Oberländer, 1897.

La forme de l'objet, ses décors en volutes, le texte en calligraphie mais également l'abrasion des surfaces et la patine des éléments métalliques contribuent à donner à l'objet une valeur d'**ancienneté**. Ces observations sont corroborées par la documentation historique de cet objet.

Enfin, sa présence dans une collection muséale lui confère une valeur **patrimoniale**.

Les valeurs de recherche, d'usage et pédagogique sont pondérées par la **rareté** de l'objet. Selon nos recherches, il n'existe aucun autre objet absolument similaire.

8 Constat d'état & histoire matérielle

8.1 Méthode

L'objet a été examiné principalement en lumière visible, en lumière rasante, mais aussi sous lumière ultraviolette (UV)⁸⁵. L'examen sous UV avait pour objectif d'identifier la présence de matériaux organiques (p.ex. colles animales ou vernis), mais aussi d'éventuelles retouches dans la couche picturale. Le constat d'état a également nécessité un démontage complet de l'objet.

Les trois parties principales de l'objet ont été examinées puis décrites l'une après l'autre. Chaque type d'altération est illustrée par une ou plusieurs images représentatives. Une documentation plus complète peut être consultée en annexes⁸⁶, tout comme l'étude comparative avec l'orchestrion des collections du Musée allemand des automates et boîtes à musique du Château de Bruchsal⁸⁷, dont l'état de conservation semble plus complet, et probablement plus proche d'un état original que le nôtre.

8.2 L'instrument de musique

Les surfaces du boîtier de l'instrument présentent des éclaboussures, des griffures et des trous dû à des chocs, et quelques soulèvements et lacunes dans la couche picturale (Fig.77).



Figure 75 : Le couvercle du boîtier présente un léger encrassement, des lacunes et des griffures.

Les surfaces des planches en bois qui recouvrent le mécanisme de jeu et celle du couvercle de la barre de suivi présentent des abrasions, des taches et des lacunes dans le vernis, qui est craquelé et se soulève par endroit (Fig.78).

⁸⁵ Matériel utilisé : lampe Reskolux® II UV 365 LED, deffner&Johann.

⁸⁶ Voir « Photographies complémentaires au constat d'état », en Annexes, à partir de la page 32.

⁸⁷ Voir « Étude comparative », à partir de la page 41.



Figure 76 : Les surfaces des éléments en bois présentent diverses altérations.

Les bords du boîtier présentent des fissures autour des pas des vis de fixation du couvercle et du plateau ajouré (Fig.79). Des fissures sont également visibles autour des vis du système de maintien du couvercle (Fig.80). Celui-ci est de plus non fonctionnel, car les vis manquent.

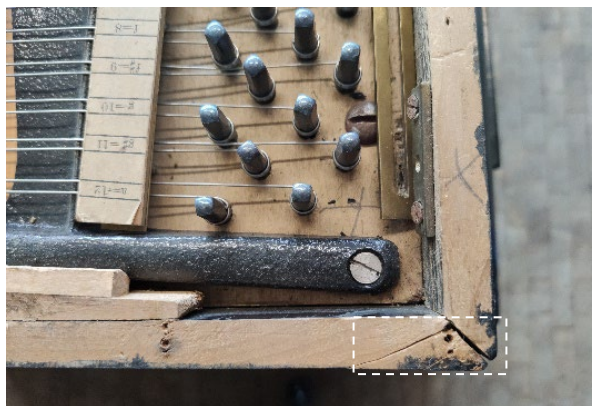


Figure 77 : Fissure autour du pas de vis.

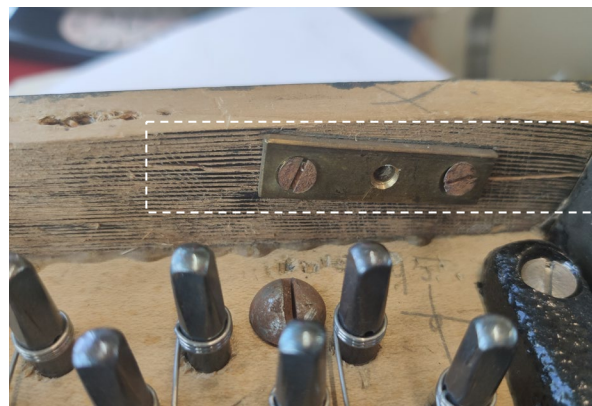


Figure 78 : Fissures autour du système de maintien du couvercle.

La bande de feutre rouge s'est partiellement décollée (Fig.81), tout comme un morceau de la baguette en bois à l'arrière du boîtier (Fig.82). Des analyses FTIR ont révélées que celle-ci avait été collée avec un adhésif polyvinylique⁸⁸. La charnière du couvercle présente des fissures et des déformations (Fig.83). Les guides du plateau ajourés ont été modifiés par sciage et perçage (Fig.84).

⁸⁸ Voir « Spectres FTIR », Fig.19, en Annexes, p.14.



Figure 79 : Bande en feutre décollée.

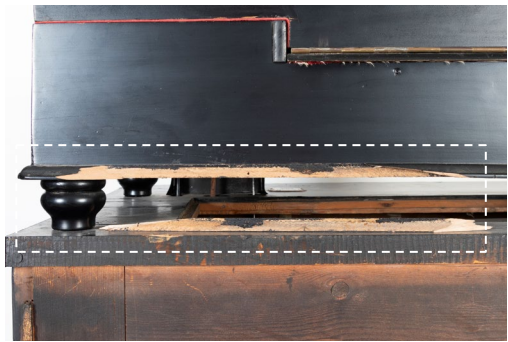


Figure 80 : Baguette arrière partiellement décollée.



Figure 81 : Fissures dans la charnière.



Figure 82 : Découpe à la scie et perçage des guides.

Le textile du plateau ajouré présente des décolorations qui forment une limite claire de la progression de l'eau (Fig.85).

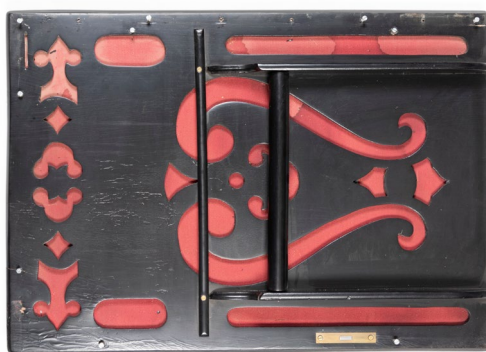


Figure 83 : Vues recto-verso du plateau ajouré.

Une marque en demi-cercle 8.8 cm de diamètre griffe la peinture autour de la tige filetée (Fig.86). Le diamètre correspond à la taille des roues de manivelle utilisées avec un piano mécanique de 30 notes lorsque l'entraînement était manuel ou à air chaud (Fig.87)⁸⁹. Il s'agit probablement d'une tentative de

⁸⁹ Greinacher, 2003, p.17 et Holzweissig, 1997, p.47.

faire fonctionner l'objet avec une manivelle, qui n'a pas été retrouvée avec l'objet. Le couvercle du boîtier a dû être retiré lors de cet essai, car il ne présente pas de marque.



Figure 84 : Abrasion en demi-cercle probablement due à l'utilisation de l'objet avec une manivelle.

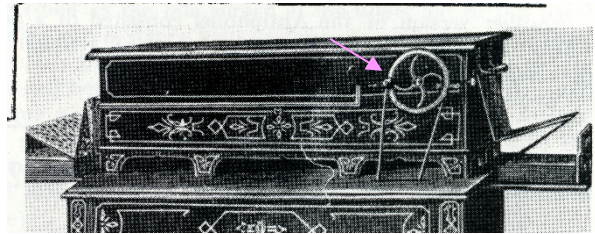


Figure 85 : Orchestrion avec un moteur à air chaud équipé d'une roue avec une poignée. Illustration provenant du catalogue de vente d'Ernst Holzweissig de 1898.

L'instrument est généralement empoussiéré (Fig.88), des débris organiques (cadavres d'insectes) sont visibles sur le plancher de la table d'harmonie, qui est également tachée par des auréoles grisâtres, mais aussi des fissures. Des amas de moisissures sèches sont visibles sur les éléments en bois, notamment le pont noir (Fig.89).



Figure 86 : Empoussièrement du mécanisme de jeu.



Figure 87 : Moisissures et auréoles visibles sur l'instrument. Fissures indiquées par des flèches.

Un total de quatorze vis manque sur le mécanisme de jeu (Fig.90). Les vis présentes sont de formats et de provenances différentes (Fig.91).

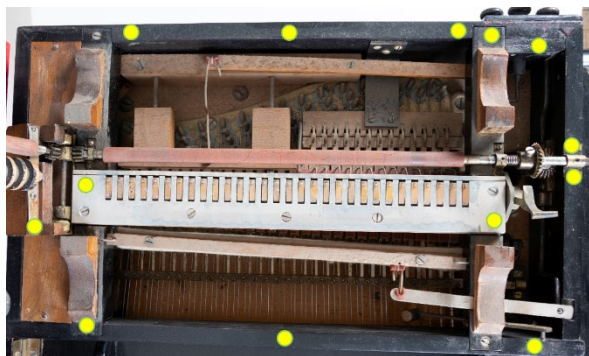


Figure 88 : 14 vis sont manquantes sur le mécanisme de jeu (la 1^{re} n'est pas visible sur la photo).



Figure 89 : Vis trouvées sur le mécanisme de jeu.

Les cordes en acier présentent une corrosion éparse, localisée principalement au-dessus des auréoles (Fig.92). Les cordes filées sont ternies. Les goupilles en acier présentent une corrosion plus importante et généralisée. Les chevilles d'accordage sont en bon état, elles ne présentent que quelques points de corrosion (Fig.93). La bonne conservation des chevilles d'accordage peut être dû à la présence d'un traitement chimique ou à une composition chimique particulièrement stable.

Le pont présente des fissures superficielles autour de certaines goupilles (Fig.92).



Figure 90 : Corrosion éparse et ponctuelle sur les cordes en acier ; Corrosion plus importante des goupilles ; Ternissement des cordes filées ; Fissuration du pont en bois.

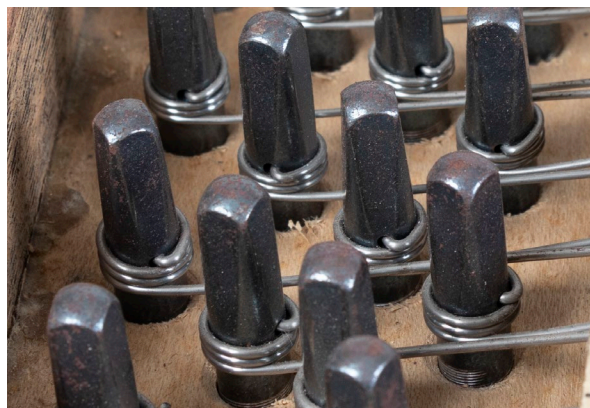


Figure 91 : Corrosion très ponctuelle sur les chevilles d'accordage.

L'orientation des attaches des cordes (Fig.94) est un indice que les cordes filées sont originales, tandis que les cordes en acier ont certainement été changées – ce qui est également suggéré à leur profil légèrement aplati (vers les chevilles d'accordage).



Figure 92 : L'orientation des attaches des cordes est différentes.

Le revêtement caoutchouc des cylindres de transport présente des fissures, un durcissement et des déformations (Fig.95). De plus, il est cassant et n'adhère plus très bien à l'axe métallique.

Les tiges à roulettes en laiton nickelé⁹⁰ sont fissurées (Fig.96). Une des tiges a été réparée par brasure d'une large plaquette métallique.

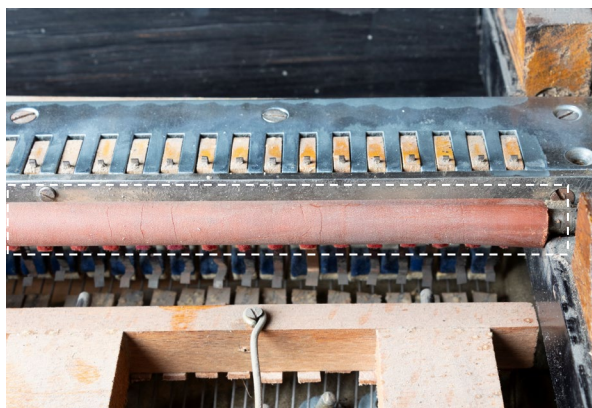


Figure 93 : Fissures et déformations du revêtement en caoutchouc.



Figure 94 : Les deux tiges à roulettes présentent des fissures.

Tous les éléments de la barre de suivi en contact avec les partitions présentes des abrasions : les bordures des ponts en bois (Fig.97), le cadre métallique de la barre de suivi (Fig.98) et le cylindre en bois (Fig.99). Le cadre de la barre de suivi semble aussi avoir été retouché à l'aide d'une peinture grise, imitant le revêtement original.

⁹⁰ Identifié grâce à l'outil de diagnostic MICORR. Brass (CU-ZN) [en ligne].



Figure 95 : Irrégularités dans les bordures des guides de la barre de suivi.



Figure 96 : Légère abrasion du cadre métallique de la barre de suivi.

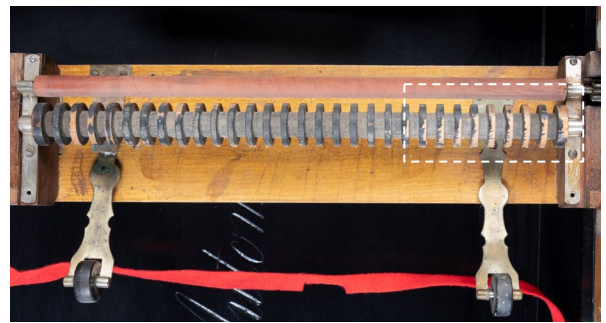


Figure 97 : Lacunes dans la peinture du cylindre en bois.

Les têtes des vis des marteaux de l'arbre à marteaux du piano présentent des déformations mécaniques (Fig.100).



Figure 98 : Les têtes des vis en alliage cuivreux de l'arbre à marteaux présentent des déformations mécaniques plus ou moins importantes.

Les touches de la barre de suivi ne sont pas toutes au même niveau (Fig.101), notamment à cause d'une légère corrosion et encrassement de leur axe, mais aussi à cause de l'usure irrégulière de la plaque en zinc⁹¹ contre laquelle appuient leur ressort à lame (Fig.102).

⁹¹ MICORR Zinc-based alloys [en ligne]. L'autre possibilité, le maillechort, a été écarté car peu probable, notamment à cause de la couleur très gris mat du matériau.

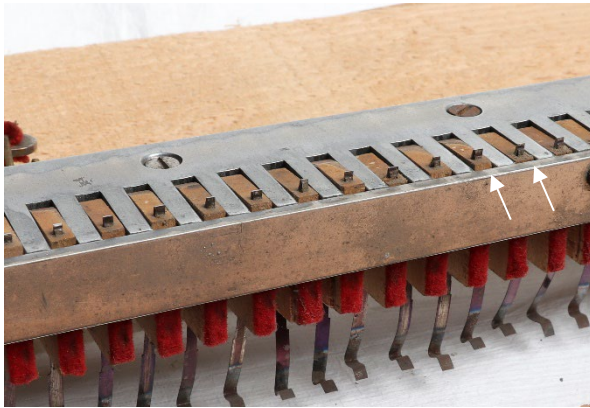


Figure 99 : Les touches ne sont pas au même niveau.

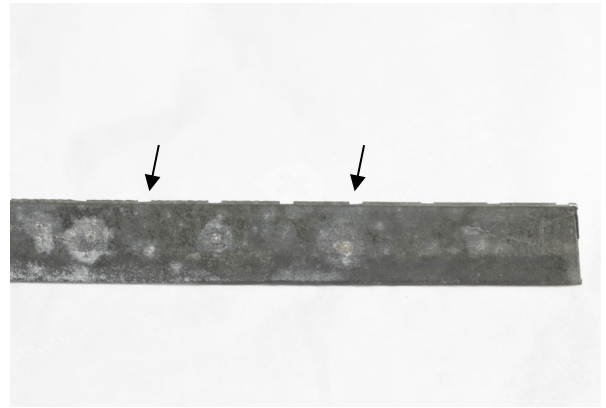


Figure 100 : Usure irrégulière causée par les ressorts lames des touches.

Les feutres présents sur la barre de suivi et sur les touches sont dégradés, déformés et lacunaires (Fig.103-104).

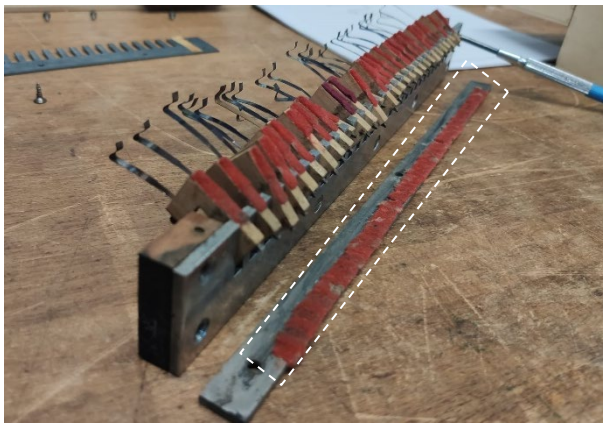


Figure 101 : Le feutre de la plaque avant est dégradé (flèche noire).

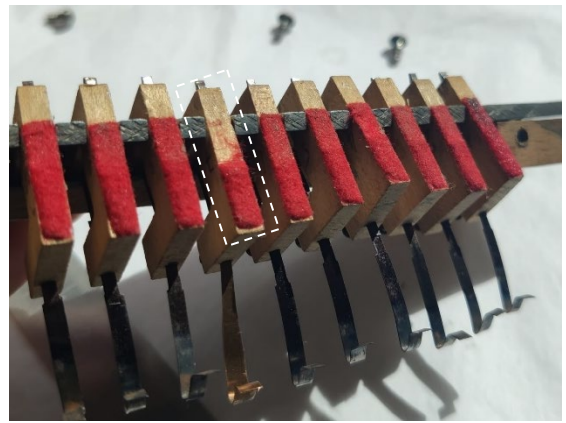


Figure 102 : Le feutre sur les touches est dégradé et/ou lacunaire.

Les feutres d'amortissement des ponts en alliage cuivreux de l'arbre à marteaux sont durcis et encrassés et ne couvrent plus toute la surface interne. Le bord d'un des ponts s'est fissuré (Fig.105).



Figure 103 : Les ponts en alliages cuivreux de l'arbre à marteaux sont ternis, sales et celui de droite est fissuré. L'insert en feutre est très dégradé.

La bordure du pont en bois du couvercle de la barre de suivi s'est fendue, et a été stabilisée par l'ajout d'un clou et d'un fragment de bois. Une vis manque sur le pont métallique (Fig.106-107).

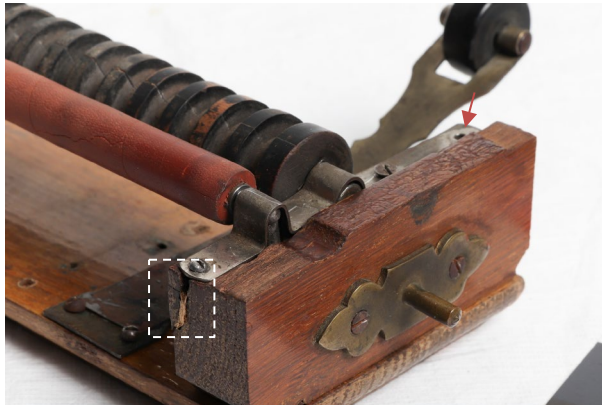


Figure 104 : Emplacement de la pièce présentée à la Figure 103 (encadré blanc). Vis manquante (flèche rouge).



Figure 105 : La pièce a été stabilisée par l'ajout d'un clou et un fragment de bois a été utilisé pour combler la lacune.

De nouveaux ressorts et cales ont été ajoutés aux fixations du cylindre en bois et du cylindre de transport supérieur (Fig.108-109).



Figure 106 : Un ressort et un intercalaire en laiton ont été ajoutés dans la fixation du cylindre en bois de la barre de suivi.



Figure 107 : Les ressorts ont visiblement été changés.

Les poignées des arbres à marteaux des effets musicaux sont fixées grâce à l'ajout d'un fil sur la tige filetée (Fig.110).

8.3 Le mécanisme moteur

Des cales en bois ont été insérées sous le mécanisme, qui n'est maintenu en place que par deux vis (Fig.114 ci-dessous).

Un mélange entre des graisses/huile de lubrification et de la poussière encrasse les surfaces (Fig.111-112). Les lubrifiants sont durcis et encrassés (Fig.113).

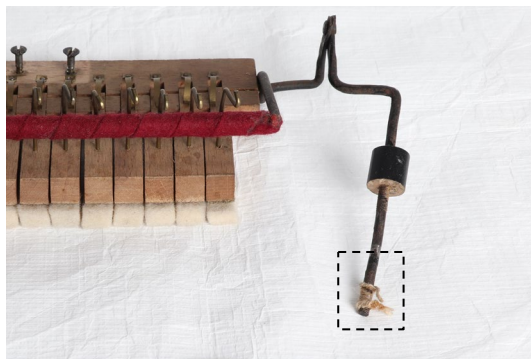


Figure 108 : Fil sur tige filetée pour maintenir la poignée.

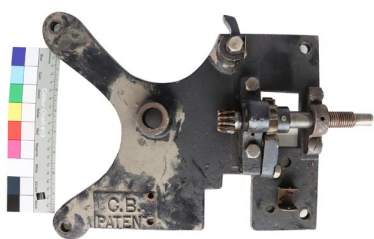


Figure 109 : Platine du mécanisme moteur empoussiérée et encrassée.



Figure 110 : Les surfaces fonctionnelles sont recouvertes d'un film gras et encrassé.



Figure 111 : Lubrifiant durci et encrassé.

Une corrosion de couleur brun-orangé, dure et adhérente mais poudreuse en surface, s'est formée sur les éléments en alliage ferreux non revêtus et non lubrifiés. Les alliages cuivreux présentent un ternissement inhomogène (Fig.114). Aucun revêtement n'a été identifié sur les éléments métalliques sous lumière UV.

La surface peinte de la roue du premier mobile est piquée de cratères de corrosion (Fig.115). La surface des autres éléments métalliques peints est dans un bon état de conservation.

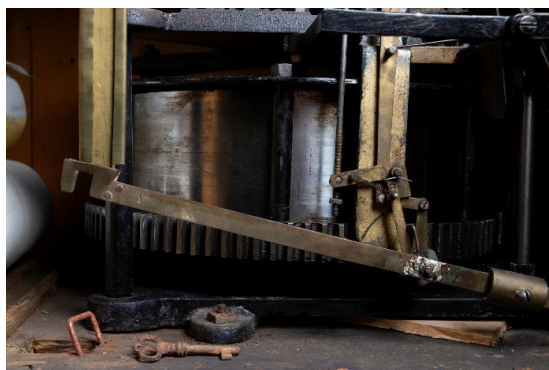


Figure 112 : Ternissement des alliages cuivreux ; Corrosion des alliages ferreux ; Cales sous le mécanisme.

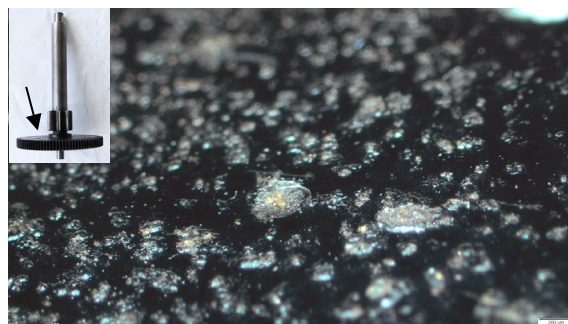


Figure 113 : Corrosion par piqûre sur la pièce en fonte peinte. Microscope Olympus SZ61, grossissement 1.25x.

La surface d'une des vis de fixation de l'instrument, en alliage ferreux semble avoir subi un dérouillage à la brosse d'acier (une analyse par fluorescence des rayons X pourrait confirmer cette hypothèse) (Fig.116).



Figure 114 : La vis supérieure présente une surface métallique brillante, tandis que l'autre présente un état de surface propre à un état après forgeage industriel.

Les dents de la roue en alliage cuivreux présentent une légère abrasion (Fig.117), tandis que deux dents sont cassées sur la roue du premier mobile (Fig.118)



Figure 115 : Abrasion légère des dents.

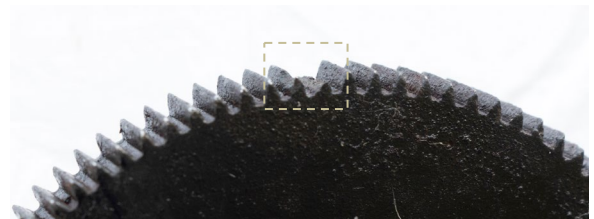


Figure 116 : Dents cassées sur la roue en fonte

Une plaquette en acier souple sert de ressort de rappel du cliquet de la roue d'armage (Fig.119). La tige lestée à été refixée au monnayeur par brasure (Fig.120)

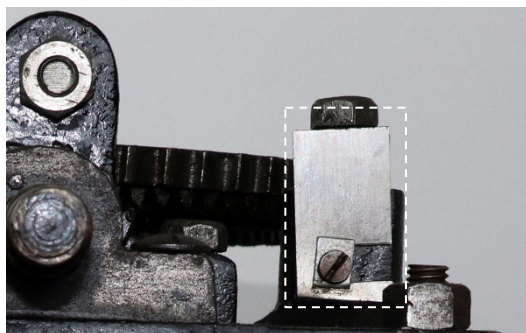


Figure 117 : Ressort de rappel du cliquet de la roue d'armage.

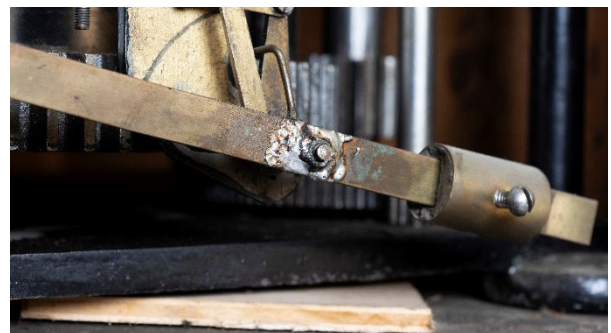


Figure 118 : Brasure volumineuse sur la tige lestée du monnayeur.

Une des vis du pont du cliquet est abrasée sur la surface du filetage (Fig.121-122).



Figure 119 : La face de la vis de droite du pont de la vis d'armement est très abrasée.

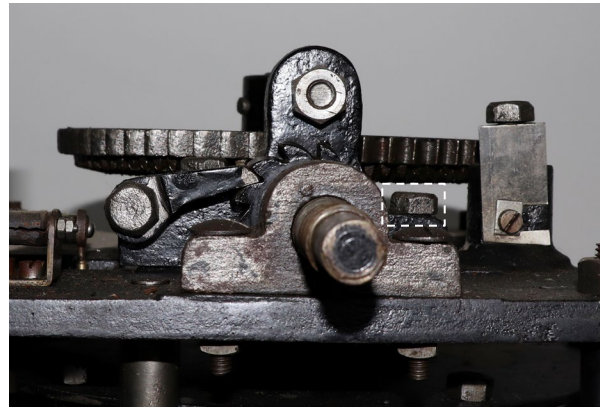


Figure 120 : Vis dont il est question dans la Figure 117.

Des fissures se sont créées autour de l'axe de rotation du levier oscillant en bois (Fig.123-124). Le levier présente également des perforations de diamètres et d'alignement différents (Fig.125).



Figure 121 : Vue in situ : Fentes dans l'axe de rotation du levier oscillant.



Figure 122 : Levier oscillant, vue de côté après démontage.



Figure 123 : Levier oscillant avec quatre perforations.

La plupart des têtes de vis présentent des déformations mécaniques (Fig.126).

Des goupilles manquent ou ont été remplacées par des fils en acier et en alliage cuivreux (Fig.127).

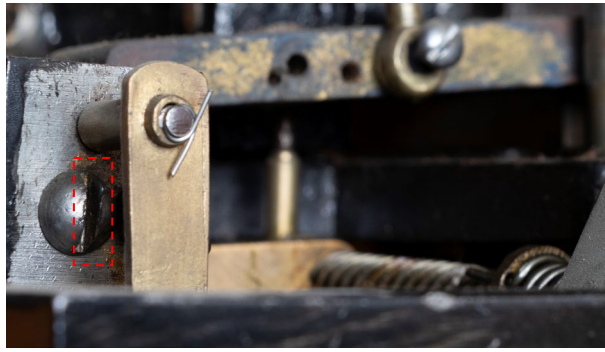


Figure 124 : La plupart des têtes de vis présentent une légère déformation.

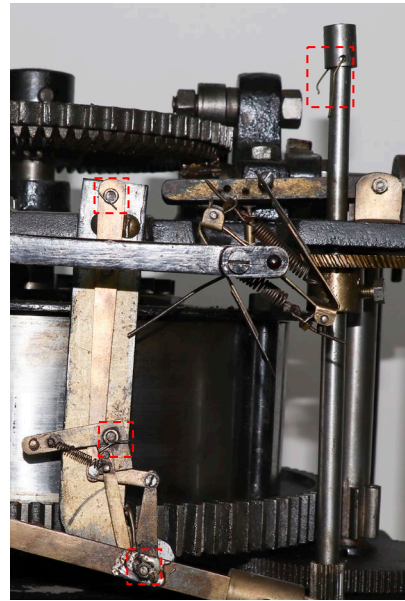


Figure 125 : La plupart des têtes de vis présentent une légère déformation.

Un reste de ruban d'adhésif est collé sur le conduit de la pièce de monnaie (Fig.128).

L'extrémité de la broche du volant en contact avec le contre-pivot présente un aplatissement important (Fig.129), ce qui augmente la surface de contact entre le contre-pivot et le pivot, entraînant un frottement accru lors du mouvement.



Figure 126 : La plupart des têtes de vis présentent une légère déformation.

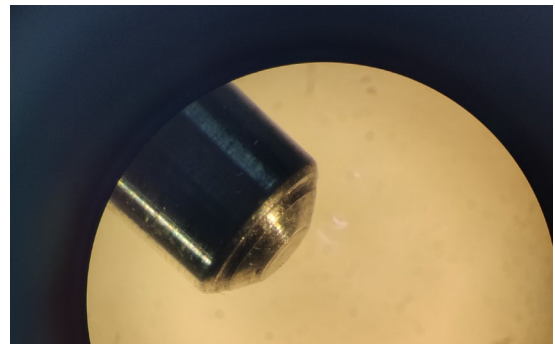


Figure 127 : Aplatissement à l'extrémité de la broche en contact avec le contre-pivot. Leica MZ6, 4x

8.4 Le cabinet

Les surfaces externes présentent un encrassement important, des traces de gouttes et des coulures (Fig.130-131). Des lignes de la limite de la progression de l'eau noires sont visibles à l'arrière du cabinet.



Figure 128 : Encrassement des surfaces.



Figure 129 : Coulures et taches.

Les supports des partitions (Fig.132) et l'intérieur du cabinet présentent un empoussièrément et un encrassement importants. L'étagère supérieure présente également des taches d'huile/graisse et de peinture⁹² (Fig.133).



*Figure 130 : Plateau du cabinet sans l'instrument.
Les supports des partitions sont très encrassés.*



*Figure 131 : Intérieur du cabinet après démontage et
retrait du mécanisme moteur : encrassement
important, tache de peinture et d'huile/graisse.*

Des écarts importants sont visibles entre les planches du plateau du cabinet (Fig.134) et à l'arrière des portes avant. Ces déformations ont provoqué le soulèvement du placage - particulièrement vulnérable à la déformation en raison de sa faible épaisseur – notamment sur le plateau du cabinet (Fig.135) et sur les portes avant (Fig.136).

⁹² Voir « Test de mouillabilité », en Annexes, p.52.

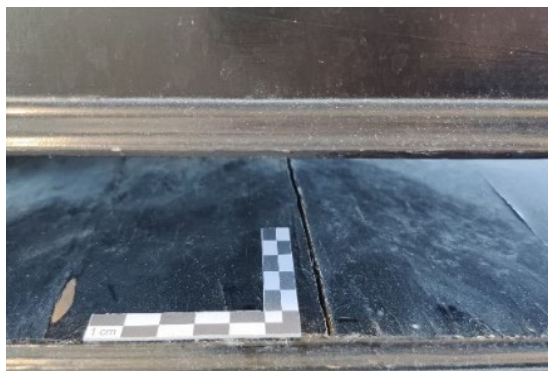


Figure 132 : Écart important entre deux planches du plateau du cabinet.



Figure 133 : Soulèvements du placage et lacunes dans le revêtement noir du plateau du cabinet.

Un craquelé et des lacunes sont présents dans le revêtement peinture du plateau du cabinet, principalement dans le coin avant droit (Fig.137).



Figure 134 : Soulèvements du placage sur les portes.

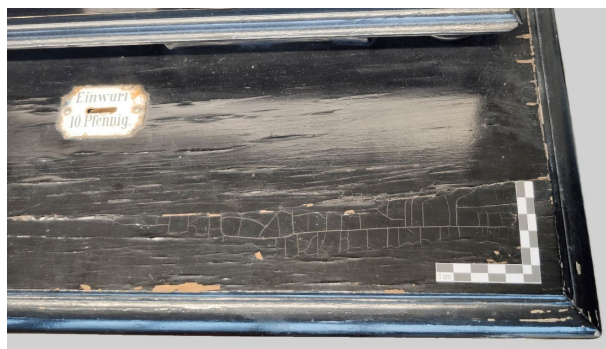


Figure 135 : Lacunes, perte d'adhérence et craquelé dans le revêtement du plateau du cabinet.

Les reliefs d'anciens trous d'envols sont visibles sous le revêtement peinture (Fig.138).

Il semblerait que des interventions de masticage ont dues être réalisées sur le plateau du cabinet, car de la cire et une charge ont été identifiés par FTIR au revers d'échantillons prélevés dans la zone craquelée du plateau⁹³. Ce dépôt est également visible dans certaines lacunes sous la forme d'une sous-couche blanche (Fig.139). Il se peut aussi qu'il s'agisse d'un produit d'entretien du bois.

⁹³ Voir Spectres FTIR, Fig.9, en Annexes, p.9.

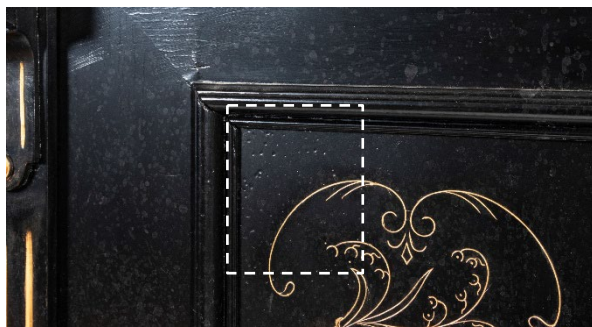


Figure 136 : Des trous d'envols sont visibles sous la peinture, dans le médaillon central uniquement.

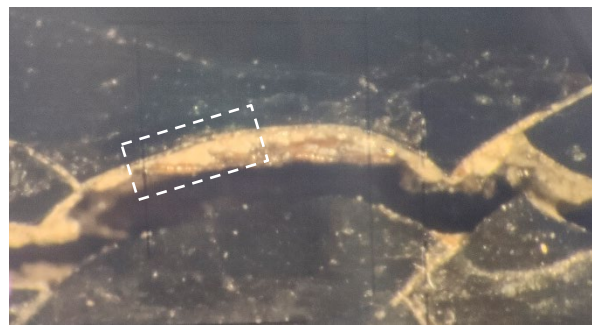


Figure 137 : Une couche intermédiaire constituée de cire avec une charge est visible dans certains craquelés du revêtement. Leica MZ6, 4x.

La porte arrière du cabinet, faite d'une seule planche en bois coupée de manière tangentielle, s'est déformée, et ne peut plus être correctement fermée (Fig.140). Le support de partition de gauche est bloqué à mi-chemin (Fig.141).



Figure 138 : La porte arrière, faite d'une seule planche, est légèrement déformée.



Figure 139 : Le pupitre à partition de gauche est bloqué.

La peinture dorée paraît « essuyée » sur la planche centrale du cabinet (Fig.142).

L'ornement de la porte gauche est manquant, cependant les trous de fixation sont visibles sous le revêtement peinture (Fig.143).



Figure 140 : La peinture dorée a été « essuyée » autour des ornements.



Figure 141 : Trous de perforation de l'ornement encore présent dans le bois.

Un dépôt jaune, sec et cassant recouvre les coins de la plaque en émail (Fig.144-145).



Figure 142 : La plaque en émail est tachée.



Figure 143 : Vue détaillée de la surface. DinoLite® 20x.

Des cales en bois ont été ajoutées derrière les médaillons des portes (Fig.146).

Des restes d'étiquettes sont visibles à l'arrière de la planche du médaillon central (Fig.147).



Figure 144 : Cale à l'arrière des médaillons centraux.



Figure 145 : Restes d'étiquettes.

Les bordures ajourées des supports des partitions manquent (Fig.148), ainsi que la cloison permettant de séparer l'étagère supérieure en deux et le tiroir pour recueillir la monnaie – comme l'indique la présence des baguettes et rails qui auraient servi à maintenir ces éléments (Fig.149). Un manchon manque autour du trou d'insertion de la manivelle.

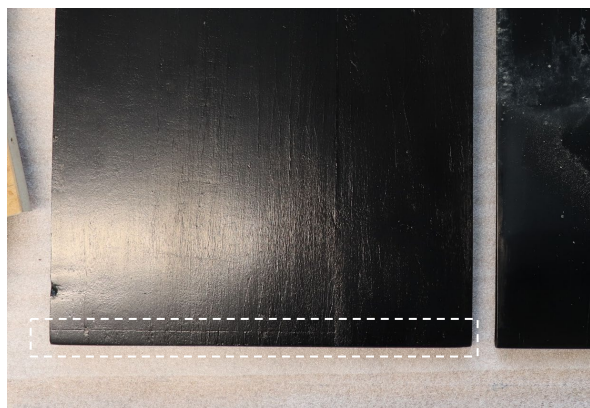


Figure 146 : Marque laissée par un rebord décoré, aujourd'hui disparu.

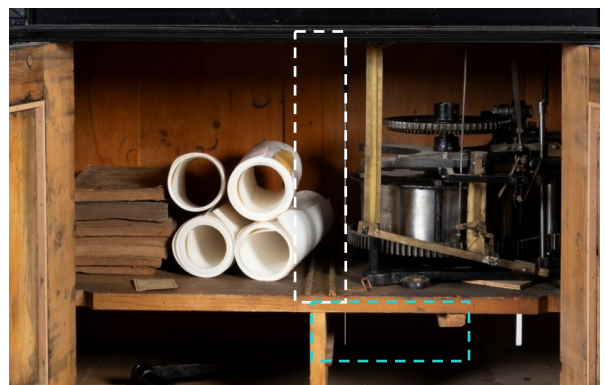


Figure 147 : Cloison manquante en blanc ; tiroir en vert.

8.4.1 *Le contenu du cabinet*

Les différents objets trouvés à l'intérieur du cabinet (Fig.33), présentent différents états de conservation.

Les rouleaux de papier blanc sont poussiéreux et tachés d'une substance jaune. Les élastiques qui les maintiennent enroulés sont cassants et durcis. Les autres éléments en papier (livrets de partitions et une carte de visite), sont très empoussiérés, jaunis et tachés. Les partitions présentent également des fissures et des arrachements, notamment dans les espaces entre certaines perforations. Les planchettes en bois ont également subi un dégât d'eau et sont tachées et encrassées. La clé, en alliage ferreux est très corrodée. La manivelle est dans un bon état de conservation.

8.5 Synthèse du constat d'état

L'examen de l'état de conservation de l'objet a permis d'identifier trois grandes causes d'altérations : les altérations causées par l'environnement et le vieillissement naturel des matériaux, les altérations causées par l'utilisation de l'objet et enfin les modifications apportées à l'objet dans le but de prolonger son utilisation ou d'améliorer son apparence esthétique.

Ces altérations nuisent à la stabilité physico-chimique de l'objet, et mettent en danger sa conservation sur le long terme. Elles affectent également sa lisibilité, qui est perturbée par son apparence négligée, mais surtout son fonctionnement, qui est entravé par le fait que plusieurs éléments indispensables à la fonction (support de partition, roue d'engrenage, cylindres de transports, tiges à roulette, lubrification, etc.) ne peuvent, en l'état, plus remplir leur rôle. Le potentiel de recherche associé à l'objet est également touché, puisque les matériaux se dégradent, se fragilisent et risquent de disparaître.

Les altérations visibles sur les surfaces du cabinet sont certainement dues à un dégât d'eau. L'hygrométrie trop importante ou des variations thermo-hygrométriques trop importantes ont causé les changements dimensionnels du bois, la corrosion des alliages métalliques et l'apparition de moisissures.

La présence d'une lubrification usée et sale a notamment provoqué l'abrasion des dents de la roue en alliage cuivreux, et forme un film sec et dur sur les surfaces fonctionnelles, notamment sur les parois du ressort, qui peut de plus s'acidifier. Le mécanisme moteur peut se gripper par l'action combinée du durcissement des huiles/grasses lubrifiantes, de la corrosion, de l'encrassement et d'une longue période d'immobilisation⁹⁴.

⁹⁴ Tomsin, 2019, p.16.

9 Sur la remise en fonction

D'un point de vue éthique, la remise en état fonctionnel est le seul moyen de retrouver la « fonction », considérée comme l'un « des attributs matériels importants d'un objet à conserver »⁹⁵.

Les questions concernant les avantages et les inconvénients d'une remise en fonction se posent pour chaque institution en charge de patrimoine mobile, et il n'y a pas de solution universelle. En effet, chaque objet est un assemblage unique d'aspects matériels et immatériels inscrits dans un contexte socio-culturel spécifique.

« Retrouver la fonction » n'a donc pas de définition ni de marche à suivre concrète, et peut signifier qu'un objet est remis entièrement ou partiellement en fonction, selon un régime fonctionnel adapté à son état de conservation et au projet culturel du musée. S'il fallait cependant mettre des limites, les raisons justifiant la remise en fonction ne doivent pas relever pas de motivations considérées comme « inacceptables », telles que la publicité, l'augmentation du nombre de visiteurs, ou d'impressionner le conseil d'administration ou la direction⁹⁶.

Il est cependant de plus en plus accepté qu'une remise en fonction « contrôlée » et réalisée dans un environnement adapté aux besoins et limitations de chaque objet - bien qu'elle présente toujours un risque - est plus bénéfique à la conservation de l'objet que « le stockage et l'exposition "sans programme d'entretien systématique »⁹⁷.

9.1 Le Musée des Automates à Musique de Seewen

Lorsqu'Heinrich Weiss commence à s'intéresser aux automates à musique, la restauration des instruments de musique mécaniques à un état fonctionnel était simplement la chose à faire.

Bien que la philosophie concernant le traitement des objets a beaucoup évolué depuis l'ouverture officielle du musée en 1979, la devise « das klingende Museum » (le musée sonnant) reste encore d'actualité et détermine en grande partie les interventions réalisées.

Les écrits de l'historien et collectionneur d'instruments de musique mécaniques Arthur W.J.G. Ord-Hume⁹⁸ exemplifient bien cette évolution.

Dans un ouvrage publié en 1971 ayant pour vocation de transmettre « l'art délicat de la conservation de ces choses », l'auteur explique que les travaux de restauration sont indispensables lorsque l'état de

⁹⁵ Brunott, 2010, p.427.

⁹⁶ Id., p.8.

⁹⁷ En effet, La norme de « usure juste perceptible » (*just noticeable wear standard*) a suggéré que des objets fonctionnant selon un régime fonctionnel limité ont une durée de vie projetée de 10 000 ans avant que l'usure ne devienne un facteur qui impacte la lisibilité de l'objet. Source : Brunott et al., 2010, p.424.

⁹⁸ Arthur W.J.G. Ord-Hume était un ingénieur, restaurateur, historien et collectionneur de boîtes à musique qui a écrit des ouvrages de référence au sujet des instruments de musique mécaniques.

l'objet l'exige, sans pour autant entrer dans les détails en ce qui concerne ce fameux « état de l'objet »⁹⁹.

Il justifie les interventions notamment par le fait que l'absence d'utilisation, au même titre que le vieillissement naturel et celui induit par des variations climatiques trop importantes, portent préjudice à la conservation de l'objet :

*« Player-pianos are delicately adjusted devices of wood, felt, rubber, cloth, tubing, springs, slides, screws and wire. As with every machine, they deteriorate with time and lack of use, dampness and changes of temperature. »*¹⁰⁰

Trente ans plus tard, le même auteur propose une perspective radicalement différente sur le sujet, montrant une évolution significative des attitudes envers les interventions sur les automates musicaux. Sa démarche apparaît désormais plus prudente et respectueuse de la matérialité de l'objet :

*« My work in museum-standard conservation and restoration has to conform to strict guidelines when it comes to replacing materials and this extends to using the same materials as when the instrument was built. (...) This means that a restoration to original condition must use the same materials. »*¹⁰¹

Bien que l'auteur semble indiquer qu'il se base sur des principes déontologiques, cet énoncé reste problématique. Il parle en effet de restauration à un « état original », ce qui soulève évidemment des questions sur comment il détermine cet état original, et l'impact que la restauration va avoir sur la perte d'informations historiques précieuses. De plus, il n'est pas fait mention d'une documentation des interventions, ce qui est évidemment problématique si les matériaux utilisés sont identiques à ceux d'origine, ni des autres principes éthiques qui définissent la profession...

Au MAM, l'évolution des pratiques de conservation-restauration a coïncidé avec un changement dans le personnel responsable de cette tâche. Aujourd'hui, les interventions doivent satisfaire à une série de critères spécifiques, influencés directement par la compréhension du projet muséographique, l'examen approfondi de l'état de conservation de l'objet, l'identification de ses valeurs culturelles et l'assurance qu'un programme de maintenance est garanti¹⁰².

⁹⁹ Ord-Hume, 1971, p.15.

¹⁰⁰ Ord-Hume, 1971, p.16.

¹⁰¹ Ord-Hume, 2004, p.311.

¹⁰² Barr, 2016, p.22.

9.2 La remise en fonction du « Piano-Orchestrion-Automat. » de Carl Bendel

Dans le cadre du projet muséal dans lequel s'inscrit ce travail, le musée a sollicité la restauration de l'objet à un état fonctionnel. Néanmoins, il est légitime de se demander si les risques liés aux interventions de restauration visant à remettre l'objet en fonction et ceux que peut encourir l'objet une fois remis en fonction sont compensés par les bénéfices attendus de cette démarche.

Afin de déterminer le rapport risque/bénéfice de la remise en fonction de l'orchestrion de Carl Bendel, nous avons évalués les qualités matériel et immatérielles de l'objet. La grille d'évaluation mise au point par Vera de Bruyn-Ouboter a également été testée.

9.2.1 Évaluation de la remise en fonction

L'examen matériel et technologique de l'objet a révélé qu'une remise en fonction est envisageable, mais nécessitera diverses interventions, allant du simple nettoyage à la fabrication de nouvelles pièces, qui seront cependant placées sur l'objet de manière temporaire.

L'évaluation de l'impact de la restauration de la fonction sur les aspects matériels et immatériels de l'objet indique que les bénéfices potentiels sont bien plus importants que les risques pour la matérialité de l'objet. En effet, cela permettra d'offrir une expérience audiovisuelle unique au public, d'entendre des airs musicaux arrangés spécifiquement pour ce type d'instrument, et d'évaluer l'impact des innovations de Carl Bendel. De plus, au-delà du projet d'exposition, le musée disposera d'un nouvel objet en état de fonctionnement, nécessitant moins d'entretien qu'un objet laissé à l'abandon¹⁰³.

9.2.2 Évaluation de la remise en fonction selon la grille de de Bruyn-Ouboter

La grille d'évaluation mise au point par de Bruyn-Ouboter en 2018 a été remplie par le conservateur-restaurateur en charge du projet et l'auteure¹⁰⁴. Il s'agit d'un questionnaire permettant d'évaluer l'état matériel et immatériel de l'objet au travers de 18 questions. La somme des valeurs attribuées à chaque question permet de comparer les deux parties¹⁰⁵. Ainsi, si la partie matérielle est supérieure à la partie immatérielle, il est déconseillé de remettre l'instrument en jeu, étant donné que les risques que cela pourrait représenter pour sa matérialité sont trop importants par rapport aux bénéfices potentiels.

Le score obtenu : état matérielle : 12 points sur 27 ; état immatérielle : 24/27 dans un cas et 23/27 dans l'autre¹⁰⁶ est en accord avec l'étude précédente, et soutient que les bénéfices d'une remise en fonction sont nettement supérieurs aux risques que cela pourrait présenter pour l'objet.

¹⁰³ Ashton et Hallam, 1990, p.20.

¹⁰⁴ Voir « Questionnaire de de Bruyn-Ouboter », p.50, en annexes.

¹⁰⁵ de Bruyn-Ouboter & Loeper-Attia, 2023, p.42-43.

¹⁰⁶ Le questionnaire a été rempli de manière indépendante par Augustin Duc, conservateur-restaurateur du musée et l'auteure, nous n'avions pas le même nombre de point sur l'aspect immatérielle.

Bien qu'une décision concernant la remise en fonction soit toujours complexe, l'importance réside dans la documentation des processus décisionnels, par lesquelles l'intervention est justifiée.

10 Projet de conservation-restauration

10.1 Rappel des objectifs

L'objet se trouve actuellement dans un état de conservation proche de l'« abandon ». Pour répondre au mandat du musée et garantir sa conservation à long terme, les interventions suivantes sont nécessaires :

- Stabilisation des surfaces pour assurer leur conservation sur le long terme ;
- Homogénéisation de l'aspect esthétique de l'objet afin d'améliorer la présentation ;
- Restauration de la fonction.

Les interventions prévues n'auront pas d'incidence sur l'authenticité de l'objet, car elles ne modifieront pas son identité. Elles viseront à préserver l'objet tout en respectant ses matériaux et sa typologie d'origine. Si certains composants doivent être remplacés, des matériaux similaires seront utilisés. Cependant, malgré une documentation rigoureuse des modifications apportées et la conservation d'échantillons des matériaux retirés, l'impact sur la valeur de recherche pourrait être significatif. Il existe en effet un risque que la documentation ou les échantillons se perdent au fil du temps.

Les traitements proposés devront répondre à des critères de faisabilité, de retraitabilité, et d'intervention minimale, tout en respectant autant que possible l'historicité et l'aspect esthétique de l'objet. Les produits utilisés devront être compatibles avec les matériaux de l'objet, ne pas être trop toxiques pour l'intervenant, et être facilement accessibles ou déjà disponibles dans l'atelier.

10.2 Propositions de traitements de conservation-restauration

Un démontage complet de l'objet sera nécessaire afin d'avoir accès à tous les éléments à traiter, ce qui permettra également de mieux comprendre le fonctionnement.

Un nettoyage et la stabilisation des surfaces permettra d'éliminer la poussière, l'encrassement et les anciens lubrifiants, mais aussi de retirer la corrosion. Le refixage des soulèvements du placage et du revêtement peinture permettra d'accroître la stabilité et d'améliorer l'aspect esthétique de l'objet. Une réintégration picturale des lacunes sera également nécessaire.

Afin de garantir les meilleures conditions de fonctionnalité, la lubrification devra être refaite, certaines pièces devront être remplacées par des copies et les dents de la roue du mobile devront être replantés.

10.2.1 Démontage et remontage

Le démontage est indispensable pour établir un constat d'état complet et précis, approfondir la compréhension du fonctionnement, et permettre la mise en œuvre de la plupart des traitements.

Afin de minimiser l'impact de cette intervention sur l'objet, de garantir un remontage correct et d'éviter la perte d'éléments, il est important d'avoir une bonne organisation du travail, de réaliser une documentation complète du processus et de travailler avec les outils adaptés.

10.2.2 Nettoyage

L'empoussièrement important, l'encrassement des surfaces, la présence d'anciens lubrifiants et la corrosion des alliages métalliques compromettent la lisibilité de l'objet, son aspect esthétique, sa stabilité physico-chimique et sa fonctionnalité.

La poussière peut être retirée par un nettoyage à sec avec un pinceau doux et une aspiration. La présence de moisissure nécessite le port d'équipement de protection individuelle (masque FFP3 et gants) et l'utilisation d'un aspirateur avec un filtre HEPA.

L'encrassement des surfaces du cabinet est soluble à l'eau et peut être retiré avec un nettoyage en solution aqueuse¹⁰⁷ combiné à une action mécanique légère¹⁰⁸. L'eau peut être apportée à la surface par un coton-tige légèrement humidifié, qui sera roulé à la surface. Si la surface devait être trop mouillée, l'excédent d'eau peut être retiré en tamponnant avec un papier essuie-tout.

Le dépôt graisseux et adhérent sur les surfaces fonctionnelles, mais aussi les anciens lubrifiants peuvent être retirés par des solvants apolaires ou des alcools.¹⁰⁹ L'utilisation de solvant devra se faire dans une pièce bien ventilée ou sous la hotte.

Les pièces sans revêtement peinture présentant un encrassement peuvent être nettoyées dans un bain à ultrason, immergés dans des minigrips® remplis d'isopropanol, tandis qu'un nettoyage manuel est recommandé pour celles ayant un revêtement peinture.

Les anciens lubrifiants peuvent être retirés avec un coton-tige imbibé d'un solvant apolaire. Dans le cas du ressort, il est recommandé d'utiliser un chiffon.

10.2.3 Stabilisation et homogénéisation des surfaces

Les soulèvements dans le revêtement de peinture présentent des risques lors de la manipulation de l'objet, car ils peuvent s'accrocher et être arrachés.

Les éléments en alliage métalliques présentent une corrosion, qui peut compromettre leur stabilité physique et chimique sur le long terme.

¹⁰⁷ Voir « Tests de mouillabilité » p.52 et « Tests de solubilité » en Annexes, p.53.

¹⁰⁸ Les tests de solubilité ont révélé que la surface est sensible à une action mécanique trop importante.

¹⁰⁹ Les cétones ont été écartées à cause de la sensibilité du revêtement peinture.

Le refixage des soulèvements nécessite le choix d'un adhésif compatible avec la surface, qui garde une certaine flexibilité après séchage, qui est réversible et présente une bonne résistance face aux nuisibles¹¹⁰. Il doit également combiner un fort pouvoir adhésif avec une faible viscosité, afin de pouvoir pénétrer sous les soulèvements du placage sans devoir trop soulever celui-ci et risquer de le fissurer ou de le casser.

Trois adhésifs en base aqueuse ont été sélectionnés : Fluka®, Benecel A4C (deux méthylcelluloses) et la colle de peau chaude. Un test de traction a permis de déterminer le rapport entre la concentration des adhésifs et leur pouvoir adhésif¹¹¹. Ce test a permis de déterminer qu'une concentration comprise entre 2 et 3% pour les méthylcelluloses donnait les meilleurs résultats, combinant une faible viscosité à un pouvoir adhésif suffisamment fort.

La colle de peau, bien qu'étant couramment utilisée en ébénisterie¹¹², a été écartée car elle ne remplit pas tous les critères. La méthylcellulose présente les avantages de former des films résistants, de ne pas être sensible à la biodétérioration et d'être très stable sur le long terme¹¹³. Le choix s'est porté sur la Fluka®, qui forme un film légèrement plus brillant que le Benecel, et qui se voit donc moins.

Le retrait de la corrosion ferreuse peut se faire mécaniquement avec de la laine d'acier fine 000 ou par voie chimique en utilisant un agent complexant, tel que l'EDTA (acide éthylènediaminetétraacétique), un complexant qui se lie aux ions métalliques et forme des complexes solubles, qu'il est possible d'éliminer par immersion dans un bain.

Le ternissement des alliages cuivreux sera également traité par voie chimique, en utilisant un agent nettoyant tel que le triammonium citrate (TAC). Les traitements chimiques nécessitent un rinçage abondant et un séchage minutieux des pièces.

Afin de rendre sa lisibilité à l'objet et d'homogénéiser son apparence esthétique, il convient de retoucher les lacunes dans le revêtement, avec un médium compatible avec la surface, ayant une bonne tenue dans le temps et réversible.

La nature poreuse du matériau implique un risque de pénétration de la peinture dans les pores du bois, rendant son retrait complet difficile. Ce phénomène a été observé lors de tests de retouche.

Pour minimiser l'impact des retouches sur le matériau original et garantir leur réversibilité, il est nécessaire d'appliquer une couche isolante entre la peinture et le substrat¹¹⁴.

¹¹⁰ Unger et al., 2001, p.541.

¹¹¹ Voir « Test d'adhérence des adhésifs », en Annexes, p.55.

¹¹² Down, 2015, p.43.

¹¹³ Down, 2015, p.60 et 62.

¹¹⁴ Voir « Tests de réintégration picturale pour le mécanisme moteur », en Annexes, p.58.

La colle de peau a été sélectionnée comme barrière isolante, car elle peut former un film relativement épais qui pénètre peu, voire pas, dans le matériau, reste réversible à l'eau et est compatible avec la surface.

Pour la réintégration picturale, trois produits compatibles avec la surface ont été testés : le Plexigum® PQ 611 à 15% dans du white spirit, le Regalrez® 1094 à 50% dans du Shellsol T, l'Aquazol® 200 à 30% dans de l'eau déminéralisée. Des pigments de noir d'ivoire ont été utilisés pour la mise en teinte. L'acrylique et le Plexigum ont été écartés après une série de tests. L'acrylique a été jugé trop irréversible, et le Plexigum trop mat. Le Regalrez a également été écarté, au profit de l'Aquazol qui présente l'avantage supplémentaire d'être soluble dans l'eau¹¹⁵.

10.2.4 Lubrification

Le retrait des anciennes graisses/huiles de lubrification et l'application d'une nouvelle lubrification permet d'améliorer la stabilité physico-chimique des matériaux, et contribue à restaurer la fonctionnalité en diminuant au maximum les frottements des pièces en mouvement.

Une lubrification doit répondre à des critères de réversibilité, stabilité chimique, compatibilité avec les matériaux, et doit conserver ses propriétés lubrifiantes même lors d'un arrêt prolongé du mécanisme¹¹⁶.

Le choix d'une graisse ou d'une huile de lubrification se fera en fonction de la surface à lubrifier et des contraintes mécaniques.

Il est nécessaire d'intégrer le contrôle de la lubrification dans le programme de maintenance, surtout de la graisse, qui a l'inconvénient d'avoir une durée de vie limitée. Sa structure se détériore sous l'effet du travail mécanique et de l'oxydation due à des températures élevées¹¹⁷.

10.2.5 Création de copies

Lors du constat d'état, des pièces ont été identifiées dont l'état de conservation est trop fragilisé pour leur utilisation. Les interventions de restauration nécessaires pour pouvoir remettre ces pièces en état de jeu ont été jugées trop invasives, et la création de copie a été privilégiée.

Les pièces à remplacer sont les suivantes :

- Le levier en bois de Carl Bendel ;
- Les deux ponts en laiton de l'arbre à marteaux ;

¹¹⁵ Bailão et Cardeira, 2018, p.24

¹¹⁶ Hatahet, 2013, pp.145-149.

¹¹⁷ Lugt, 2009, p.470.

- Les deux cylindres de transport avec leurs pignons ;
- Les deux tiges à roulettes et leurs roulettes ;
- Le support de partition de gauche.

Les nouvelles pièces seront identifiées avec l'abréviation du musée « MMA »¹¹⁸ suivie de l'année « 24 », afin d'être facilement identifiables lors d'une inspection¹¹⁹.

Les pièces originales seront conditionnées dans des mousses taillées et stockées à l'intérieur de l'objet. Un document écrit sera également déposé dans l'objet, informant ainsi les futurs gardiens des diverses interventions effectuées.

10.2.6 Le replantage de deux dents

La roue en fonte de fer du premier mobile a deux dents cassées, ce qui peut compromettre la transmission uniforme de la force, créer des vibrations ou encore accélérer l'usure prématurées des autres mobiles, et donc de compromettre la durabilité de l'engrenage.

Le protocole envisagé consiste à retirer les deux dents originales par fraisage, puis d'insérer une plaque métallique. Pour le fixage de la plaque, plusieurs options ont été envisagées : le collage, la soudure, le vissage ou le rivetage. La solution par collage a été privilégiée, car elle allie solidité, stabilité dans le temps, une certaine réversibilité et une facilité de mise en œuvre. La soudure présentait trop d'inconnu par rapport au comportement de la pièce lors du chauffage, et aurait aussi endommagé le revêtement de peinture. Le rivetage a été rejeté en raison des risques de fractures de la pièce lors de la frappe, et le vissage a été écarté en raison de sa complexité.

10.2.7 Autres interventions

Le constat d'état a permis d'identifier un certains nombres d'autres éléments sur lesquels il sera nécessaire d'intervenir, dans un but de stabilisation, esthétique et pour restaurer la fonction. Parmi ces éléments figurent notamment ceux particulièrement sujets à la dégradation et à l'usure au fil du temps et de l'utilisation, comme les éléments en feutre des touches de la barre de suivi.

- Les feutres des touches de la barre de suivi devront être changés ;
- Les ressorts de la barre de suivi devront être réglés ;
- Le ruban adhésif du conduit du monnayeur devra être retiré pour empêcher qu'il ne s'acidifie et corrode le métal ;

¹¹⁸ MMA est la version allemande de Musée des Automates à Musique, et a été privilégiée car le personnel est principalement de langue allemande.

¹¹⁹ Ashley-Smith, 1981, p.4

- Les lacunes dans la plaque en émail devront être comblées pour améliorer sa stabilité et son apparence ;
- Des vis et des goupilles devront être ajoutées afin d'améliorer la stabilité ;
- Le retrait et l'ajout de nouvelles bordures aux ponts en bois de la barre de suivi ;
- Le refixage de la réparation de la barre de suivi ;
- Le comblement de la découpe dans le guide du plateau ajouté permettra de positionner correctement la barre amovible ;
- La création d'un support qui permettra de maintenir le couvercle de l'instrument ouvert sans trop solliciter sa charnière.
- Le retrait des deux ressorts du cylindre en bois de la barre de suivi et le remplacement par des cale en laiton, ce qui permet de mieux contrôler le positionner du cylindre vis-à-vis de la surface de la partition, et d'assurer que la force appliquée est homogène.

11 Interventions de conservation-restauration

11.1 Démontage et remontage

L'objet était démonté au fur et à mesure de son traitement. Les pièces ont été documentées et organisées de telle manière à pouvoir les replacer dans leur emplacement d'origine.

Le démontage du ressort a nécessité la mise au point d'une stratégie particulière, car le musée ne dispose pas d'un remontoir de ressort adapté à un ressort de cette taille. Le protocole complet du démontage du ressort se trouve en annexe¹²⁰.

11.2 Nettoyage

11.2.1 Dépoussiérage et nettoyage des éléments en bois

Les surfaces fragiles ont été refixées selon le protocole expliqué ci-après, puis la surface a été dépoussiérée à l'aide d'un pinceau à poil doux et d'une aspiration.

L'encrassement sur le revêtement du cabinet a été retiré avec de l'eau déminéralisée appliquée par des mouvements circulaires légers à l'aide d'un coton-tige légèrement humidifié (Fig.150).

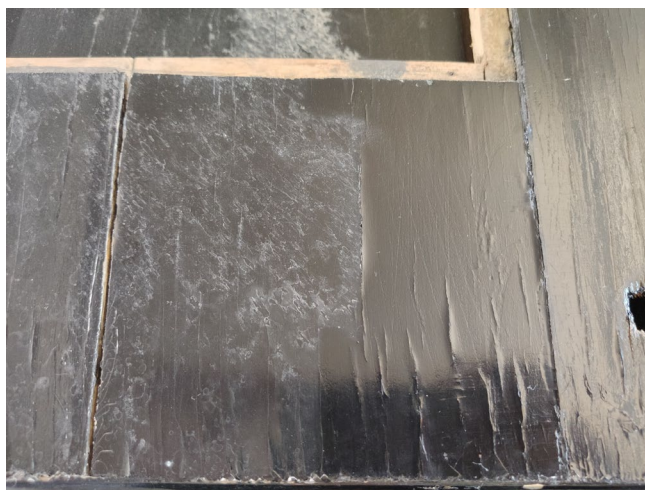


Figure 148 : Le plateau du cabinet en cours de nettoyage

Afin de s'assurer de l'innocuité du traitement, la conductivité et le pH du revêtement de peinture ont été mesurés pour adapter le traitement de manière à adapter le pH de la solution au pH de la surface afin d'obtenir d'avoir une solution isotonique ou légèrement hypertonique¹²¹, c'est-à-dire une solution où la concentration en ions correspond à la concentration en ions de la surface à traiter. Une solution légèrement hypertonique va favoriser le mouvement de l'eau hors de la surface, ce qui peut également être utilisé pour retirer de manière plus efficace les dépôts.

¹²⁰ Voir « Protocole de démontage et de remontage du ressort », en Annexes, p.60

¹²¹ Cremonesi, 2019, p.10, *non publié*.

Les auréoles sur le plancher de l'instrument ont été également retirées avec un nettoyage aqueux. Des cotons-tiges pliés ont permis l'accès à la surface entre les cordes, sans devoir les retirer (Fig.151).



Figure 149 : Table d'harmonie en cours de traitement.

L'encrassement à l'intérieur du cabinet a été retiré avec un nettoyage aqueux.

La tache d'huile n'a pas pu être retirée complètement, car elle a pénétré trop avant dans le bois. Son élimination complète aurait nécessité un ponçage de la surface. La tache a été légèrement atténuée au white spirit appliqué avec un coton-tige (Fig.152).



Figure 150 : Intérieur du cabinet après traitement.

11.2.2 Nettoyage des éléments métalliques

L'encrassement des pièces métalliques non peintes et non bleuies a été retiré en immergeant les pièces dans des minigrips® remplis d'isopropanol et déposés dans le bain à ultrason. Le temps d'immersion était de 10 minutes, à une température de 30°C.

Après le bain, chaque pièce a été traitée individuellement pour éliminer les dépôts les plus tenaces, notamment dans les interstices. Cette opération a été effectuée à l'aide d'un coton-tige et de white spirit (Fig.153-154).

Les éléments avec un revêtement peintures ont été nettoyés manuellement, avec un coton tige et du white spirit (Fig.155-156). Le ressort a été dégraissé avec un chiffon et du white spirit.



Figure 151 : Mobile avant traitement.



Figure 152 : Mobile après traitement.



Figure 153 : Rochet avant traitement.



Figure 154 : Rochet après traitement.

11.2.3 Nettoyage des éléments en feutre, en cuir, en émail et en caoutchouc

Les éléments en feutre de l'instrument (marteaux, étouffoir, banderole) et en cuir (lanières de l'arbre à effet « mandoline »), ont été époussetés avec un pinceau doux et une aspiration.

Après un test de la solubilité de la peinture de l'inscription, la plaquette en émail a été nettoyée avec un coton-tige légèrement imbibé d'eau déminéralisée.

11.3 Stabilisation et homogénéisation des surfaces

11.3.1 Refixage du placage et du revêtement peinture

Les soulèvements dans le placage et les écailles de peinture ont été collés avec l'adhésif Fluka® à 2% dans l'eau déminéralisée.

L'apport de chaleur¹²² a permis de légèrement ramollir le revêtement peinture. Sa température de transition vitreuse est de 70°C¹²³, cependant à cause du vieillissement, il n'a commencé à montrer des signes de ramollissement qu'à partir de 90°C.

L'observation a déterminé que le temps d'application de la spatule chauffante ne devait pas dépasser 20 secondes consécutives, pour éviter les brûlures ou les marques.

Dans le cas des soulèvements le long de la bordure du plateau, dont l'accès est facilité par leur emplacement, l'adhésif a pu être inséré par le côté à l'aide d'un pinceau fin.

Pour les soulèvements qui se situent au milieu de la planche et dont l'accès est plus difficile, les bords de la fente étaient soulevés l'un après l'autre à l'aide d'un scalpel, et l'adhésif était poussé dessous à l'aide d'un pinceau fin (Fig.157).

Dans le cas où le soulèvement n'avait pas provoqué la rupture du revêtement peinture, il a fallu pratiquer une incision au milieu du soulèvement. Pour éviter que la peinture ne se craquèle lors de l'incision, la surface était préalablement enduite d'adhésif, puis laissée séchée. Ensuite, le bord de la fente était soulevé avec une lame de scalpel, et l'adhésif était poussé dessous à l'aide d'un pinceau fin.

La surface collée est ensuite mise sous presse à l'aide de serre-joints pendant 12 heures. Un film siliconé a été placé entre la surface et la cale, afin d'éviter que celles-ci ne se collent entre elles (Fig.158).

L'excédent d'adhésif était ensuite retiré avec un coton-tige humidifié.

¹²² L'apport de solvant sous forme de vapeur a également été testée, mais l'efficacité de cette méthode n'a pas pu être démontrée, et elle a été abandonnée.

¹²³ Shashoua, 2008, p.162.

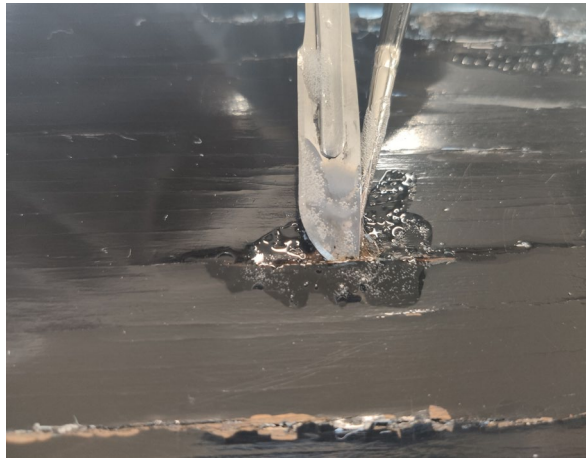


Figure 155 : Le bord de la fissure est légèrement soulevé à l'aide d'un scalpel, et l'adhésif est poussé dessous à l'aide d'un pinceau fin.

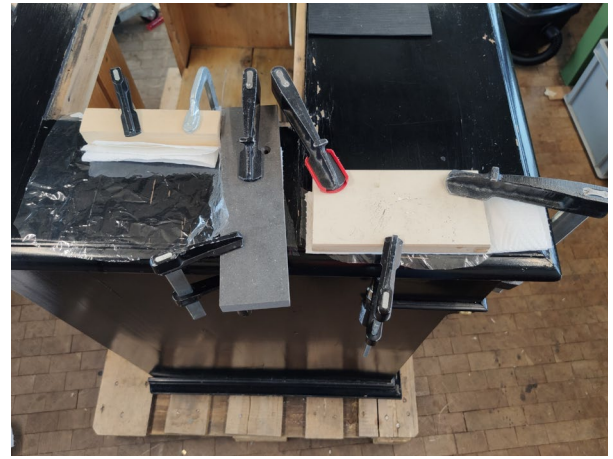


Figure 156 : Les zones collées sont mises sous presse avec des serre-joints.

Lorsque seul le revêtement de peinture se soulève, l'application de chaleur combinée à une légère action mécanique a permis de l'aplatir. Pour le maintenir en place, la surface a ensuite été enduite d'adhésif et mise sous presse (Fig.159-160).

Les écailles de peinture étaient refixées en infiltrant de l'adhésif en-dessous, puis la zone encollée est mise sous presse comme expliqué plus haut.

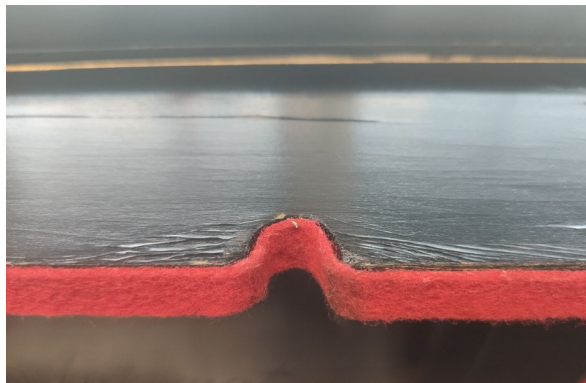


Figure 157 : Soulèvement du revêtement peinture.

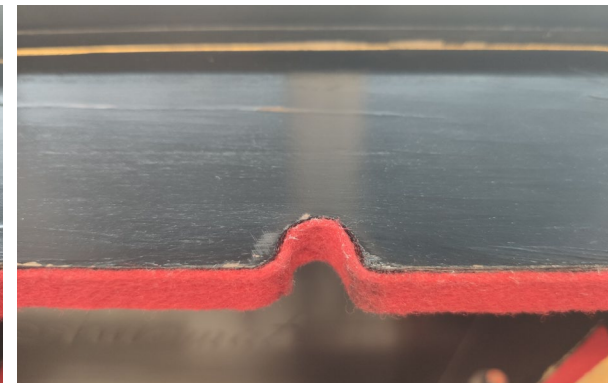


Figure 158 : La surface a été traitée principalement par apport de chaleur et d'une action mécanique.

11.3.2 Réintégration picturale des lacunes du cabinet

La surface à retoucher était préalablement enduite d'un film de colle de peau chaude à 15% dans l'eau déminéralisée. Après un temps de séchage d'une demi-journée, la lacune a été retouchée à l'Aquazol® 200 à 30% dans l'eau déminéralisée, mélangée à des pigments de noir d'ivoire.

Après un temps de séchage de 24h, l'application d'une seconde couche d'Aquazol® 200 plus diluée et sans pigment permettait de retrouver un aspect surface plus brillant. Les retouches restent cependant visibles, car légèrement moins foncées que la surface originale (Fig.161-162).

L'écart entre les planches du cabinet a été comblé avec un insert en balsa, teinté à la peinture acrylique. L'insert a été collé en place avec une colle de peau chaude.



Figure 159 : Plateau du cabinet avant traitement.



Figure 160 : Plateau du cabinet après traitement.

11.3.3 Traitement de la corrosion des alliages ferreux

Hormis pour les deux grandes vis de fixation de l'instrument sur le cabinet (Fig.163-164) qui ont été traitées entièrement mécaniquement, un traitement chimique s'est révélé être nécessaire pour toutes les pièces présentant de la corrosion, en raison de la taille des surfaces ou de leur accessibilité.

Afin d'accélérer le traitement chimique, les surfaces ont été préalablement brossées avec une brosse à poils synthétiques durs et/ou à la laine d'acier extra fine n°000.

Après un dégraissage à l'éthanol, les pièces sont immergées pendant 25 minutes dans un bain d'EDTA disodique (pH 5.5) à 0,1M dans de l'eau déminéralisée. Une action mécanique intermittente à l'aide d'une brosse a permis d'accélérer le traitement et d'obtenir un aspect de surface plus homogène.

Après l'immersion, les pièces sont rincées à l'eau déminéralisée et brossées pour garantir que l'eau de rinçage pénètre partout. Les pièces sont ensuite séchées sommairement avec un papier essuie-tout, puis plongées dans un bain d'éthanol pour éliminer l'eau restante. Enfin, un séchage final est effectué en soufflant de manière contrôlée avec de l'air comprimé.

Les pièces présentant une corrosion plus importante ont dû être immergées plusieurs fois, pour un total d'environ 60 minutes.

Le traitement chimique a cependant donné un aspect de surface gris-mat. Afin de retrouver un peu de brillance, les surfaces visibles des serrures ont encore été légèrement frottée avec de la laine d'acier fine n°000 (Fig.165-166).



Figure 161 : Vis avant traitement.



Figure 162 : Vis après traitement mécanique.



Figure 163 : État de surface des serrures avant traitement.

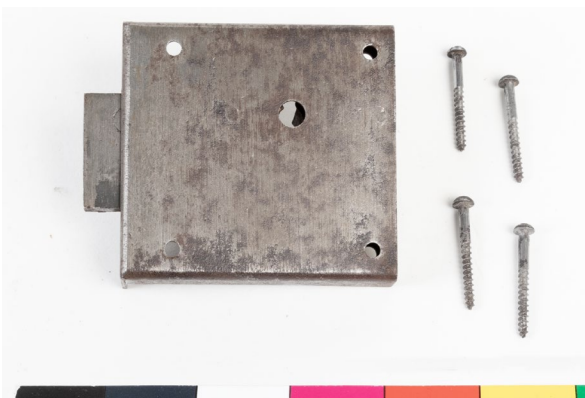


Figure 164 : Serrure de droite après traitement.

11.3.4 Traitement de la corrosion des alliages cuivreux

Après nettoyage et dégraissage, les pièces sont immergées pendant 30 minutes dans une solution de triammonium citrate (TAC) à 0.1M dans de l'eau déminéralisée. La solution a été tamponnée à un pH de 7.3 en utilisant de l'acide pyrophosphorique et de l'hydroxyde de sodium (NaOH).

Après immersion, les pièces sont rincées à l'eau déminéralisée et brossées pour garantir que l'eau de rinçage pénètre partout. Les pièces sont ensuite séchées sommairement avec un papier essuie-tout, puis plongées dans un bain d'éthanol pour éliminer l'eau restante. Enfin, un séchage final est effectué en soufflant de manière contrôlée avec de l'air comprimé (Fig.167-168).



Figure 165 : Monnayeur avant traitement.



Figure 166 : Monnayeur après traitement.

11.4 Lubrification

Le ressort et la roue d'armage ont été graissés avec la graisse Sylita® 1 d'ASEOL, appliquée en couche épaisse à l'aide d'un pinceau (Fig.169).

Le reste du mécanisme a été lubrifié avec l'huile de lubrification Microgliss® D-5 de moebius, appliquée directement sur les engrenages et dans les trous graisseurs.



Figure 167 : Ressort après nettoyage et lubrification.

11.5 Création de copies

11.5.1 Le levier oscillant de Carl Bendel

Un nouveau levier oscillant a été taillé dans un moreau de noisetier¹²⁴. Le choix d'utiliser la même essence de bois que celle de la pièce originale permet de retrouver les conditions d'utilisation originales. Celui-ci a été découpé aux dimensions requises à l'aide d'une scie à ruban, puis poncé avec une ponceuse à bande. Des trous ont été percés aux mêmes emplacements que ceux de la pièce d'origine. Le bois a été huilé pour prévenir les taches dues à la manipulation ou à l'utilisation (comme les projections de graisse), mais il n'a pas été peint pour rester facilement identifiable comme ajout récent (Fig.171).

Pour garantir que la copie possédait des caractéristiques physiques similaires à celles de l'original, les deux pièces ont été pesées¹²⁵ (Fig. 170-171), car l'identification précise de l'essence de bois utilisée s'est avérée difficile en raison de la présence de peinture. La différence de 2 g est attribuée au revêtement de peinture sur la pièce originale.

¹²⁴ Comme il était difficile d'identifier correctement l'essence de la pièce originale à cause des repeints, nous nous sommes basées sur l'expérience d'un des collaborateurs en conservation-restauration du musée.

¹²⁵ Le noyer présente une densité entre 0,55 et 0,75 g/cm³, en fonction des conditions de croissance et de la provenance de l'arbre.



Figure 168 : Poids de la pièce originale.



Figure 169 : Poids de la pièce reproduite.

11.5.2 Création de deux ponts en laiton pour l'arbre à marteaux

Une barre de laiton d'un diamètre de 1 cm a été soudée sur un profilé en laiton de 0.7 cm (Fig.172). Après avoir été découpé à la bonne dimension, la pièce a été limée pour retrouver les dimensions et l'arrondis des pièces originales.

Après perçage, un insert en feutre de 1.9mm d'épaisseur a été collé à la colle de peau chaude à l'intérieur de la perforation puis limé une fois sec, afin de l'adapter au diamètre de la tige.

Cela permet de diminuer les vibrations tout en donnant à la tige suffisamment de jeu pour que son mouvement soit fluide. Les vis originales ont été réutilisées pour fixer les ponts au cadre de l'instrument (Fig.173).

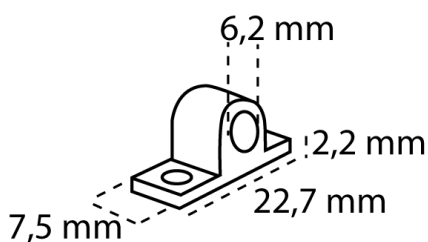


Figure 170 : Ci-dessus : Schéma à l'échelle 1 : 1.
Ci-dessous : ébauche.

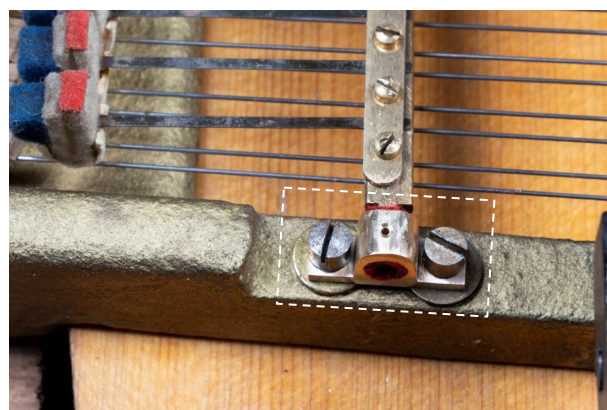


Figure 171 : Un des deux nouveaux ponts en laiton in situ.

11.5.3 Création de tiges à roulettes et de leurs roulettes

Deux plaques en laiton de 0,8 mm d'épaisseur ont été découpées au bocfil dans la forme désirée, puis percées (Fig.174-175).

Les roues, en bois de peuplier, ont été usinées sur un tour automatique et percées. Un manchon en laiton a été introduit au centre de chaque roue pour renforcer la pièce et fournir une surface de contact durable pour l'axe. Les roues ont ensuite été peintes en noir avec une peinture acrylique, puis revêtues de gomme-laque pour accroître la brillance. Les roues sont fixées aux tiges par des axes en acier.



Figure 172 : Tige à roulette en cours de découpe.



Figure 173 : Pièce originale et sa copie.

11.5.4 Création d'un support à partition

Une planche de bois de peuplier de 3 cm d'épaisseur a été coupée en deux pour obtenir deux planches de même longueur. Les surfaces ont été poncées jusqu'à obtenir des bords parfaitement perpendiculaires, puis collées tête-bêche avec un adhésif polyvinylique (Fig.176).



Figure 174 : Planche en cours de séchage.

Après séchage, la planche a été découpée aux dimensions souhaitées, poncée, puis teintée avec une teinture pour bois noire de la marque AquaClou®. Après un premier séchage, la surface a été poncée une deuxième fois, puis reteintée. Enfin, un vernis gomme-laque a été appliqué pour obtenir une finition brillante.

11.5.5 Replantation de deux dents d'une roue

Cette intervention et la suivante ont été réalisées en collaboration avec Monsieur Laurent Barotte à l'école des métiers techniques de Porrentruy, car le musée ne dispose du matériel nécessaire. Monsieur Barotte possède de plus l'expérience requise pour mener à bien ces opérations.

Les dents de la roue du premier mobile ont été usinées dans un acier doux (ETG 100, acier de décolletage), un matériau qui a des propriétés similaires à celle de la fonte de fer et qui est facile à usiner.

Le mobile a été maintenu dans le tour par son axe et appuyé contre une contre-pointe pleine tournante. Une fraise scie en métal dur de 1.80 mm d'épaisseur a été utilisée pour fraiser les dents sur une profondeur de 6 mm, garantissant ainsi une bonne stabilité des nouvelles dents (Fig.177).

Le fraisage des anciennes dents a été réalisé sans lubrification afin d'éviter la présence de résidus d'huile susceptibles de compromettre l'adhérence du collage. Cela n'est cependant pas recommandé pour deux raisons : la fraise s'use plus vite, le travail nécessite plus de temps car on doit faire des plus petites passes.

Après le fraisage des deux espaces vides où viendront se positionner les dents, les deux plaquettes en acier ont été découpées aux dimensions voulues, puis insérées dans les découpes après avoir été légèrement enduites de colle (Loctite 648®) (Fig.1778). Après un temps de séchage de 3 jours, l'excédent de métal a été tourné sur le diamètre et limé sur les faces.

Le fraisage des nouvelles dents a été réalisé en effectuant des passes successives, d'abord de 1/10 mm, puis de 2/100 mm, jusqu'à obtenir le même profil que les dents existantes (Fig.179). Les bavures ont été éliminées à l'aide d'une lime aiguille taille 6.

La roue, une fois les dents taillées, a été montée sur le mécanisme pour tester la conduite de l'engrenage. Ce test a consisté à retenir la roue menée en la freinant avec les doigts tout en poussant la roue menante dans le sens de la marche. Cette procédure a permis de vérifier le bon engrènement des deux roues, l'exactitude du profil des dents et l'efficacité de la transmission du mouvement.

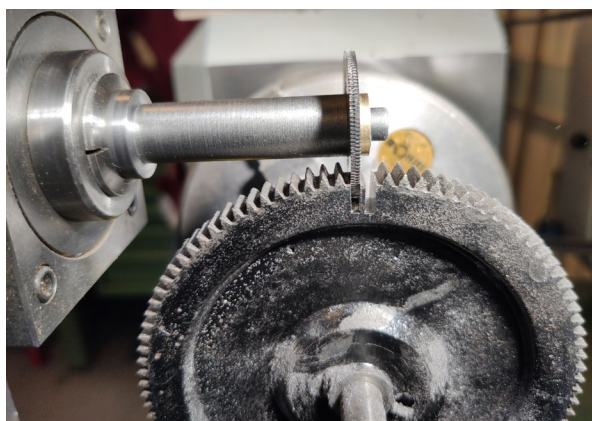


Figure 175 : Fraisage des dents à rapporter.



Figure 176 : Mise en place des plaquettes et collage.



Figure 177 : Usinage terminé.

Les nouvelles dents ont été retouchées pour homogénéiser l'aspect de surface du mobile (Fig.180-181). A cause de la sensibilité de la surface aux cétones et pour éviter d'apporter une solution aqueuse, le choix s'est porté sur le Regalrez® 1093 à 25% dans le Shellsol T mélangé à des pigments de noir de vigne¹²⁶.

Une première couche de Regalrez® était appliquée avec des pigments, puis, après un temps de séchage de 24h, une deuxième couche plus diluée et sans pigment a permis d'apporter de la brillance et de mieux intégrer la retouche dans la surface.

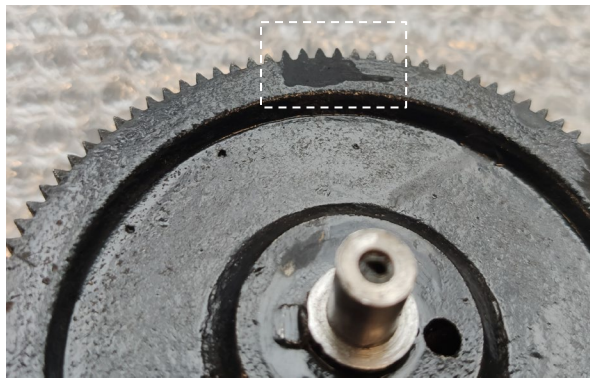


Figure 178 : Application d'une première couche de Regalrez® avec pigments.



Figure 179 : Application d'une deuxième couche de Regalrez® sans pigments.

11.5.6 Création de deux cylindres de transport

Deux tiges en acier d'usinage, profilées rondes, ont été découpées aux dimensions correspondantes aux pièces originales. Une extrémité de chaque tige a été filetée à M2 (pas de 0,4).

¹²⁶ Voir « Tests de réintégration picturale pour le mécanisme moteur », en Annexes, pp.57-58.

Les tiges ont ensuite été envoyées avec un schéma des dimensions nécessaires¹²⁷ à une entreprise spécialisée dans la fabrication de caoutchouc, qui les a revêtues.

La réutilisation des pignons originaux n'étant pas possible en raison de leur taraudage non métrique, il a fallu recréer deux pignons.

Une ébauche en laiton CU ZN 36 de 12 mm de diamètre est centrée sur le tour puis percée au diamètre de 3.3 mm et taraudée à M4 (pas de 0.7).

Les dents sont ensuite fraisées avec une fraise à module en « poussant » l'ébauche qui est maintenue avec une contre-pointe pleine/moitié. La découpe s'est faite sur une distance suffisamment grande pour pouvoir ensuite découper deux pièces d'une longueur de 6.90 mm (Fig.182-183).



Figure 180 : Pignons en cours d'usinage.

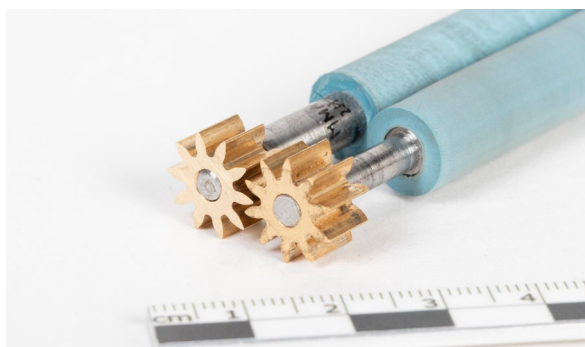


Figure 181 : Les deux pignons sur leurs axes.

11.6 Autres interventions

L'axe des touches de la barre de suivi a été frotté à la laine d'acier fine n°000 puis dégraissé. Les inserts en feutre dans les perforations par lesquelles les touches sont montées sur l'axe ont été légèrement arrondis par perçage.

Les feutres des touches ont été retirés et remplacés (Fig.184-185). Pour retirer les feutres qui étaient collés à la colle de peau, ils ont été humidifiés. Les nouveaux feutres ont également été collés à la colle de peau chaude. Le feutre qui se trouvait entre les touches et la platine de la barre de suivi a été retiré et conservé dans un minigrip® identifié avec le numéro d'inventaire de l'objet. Quatre échantillons des feutres originaux des touches également.

Les ressorts du cylindre en bois de la barre de suivi ont été retirés et remplacés avec des cales en laiton. Les pièces originales ont été conservées dans un minigrips® identifié avec le n° d'inventaire de l'objet.

¹²⁷ La mesure du diamètre vient de : Greinacher, 2003, p.17, car l'état déformé ne permet pas de la mesurer sur l'objet.

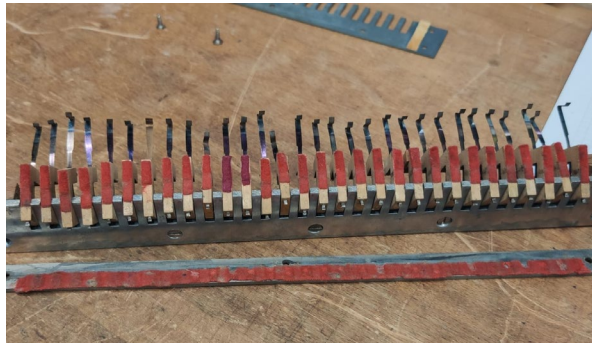


Figure 182 : La barre de suivi avant traitement (vue par en-dessous).



Figure 183 : La barre de suivi en cours de traitement (vue par en-dessus).

La fissure autour du pas de vis du pont en bois du couvercle de la barre de suivi a été renforcée. Le clou a été retiré, et la fissure a été collée à la colle de peau chaude. Le collage a été maintenu sous presse dans un étau (Fig.186).

Après séchage, l'espace a été comblé avec un morceau de chêne, qui a ensuite été mis en teinte avec une peinture acrylique.

Pour prévenir toute nouvelle fissuration, la pièce a été maintenue dans l'étau lors du revissage de la vis (Fig.187).

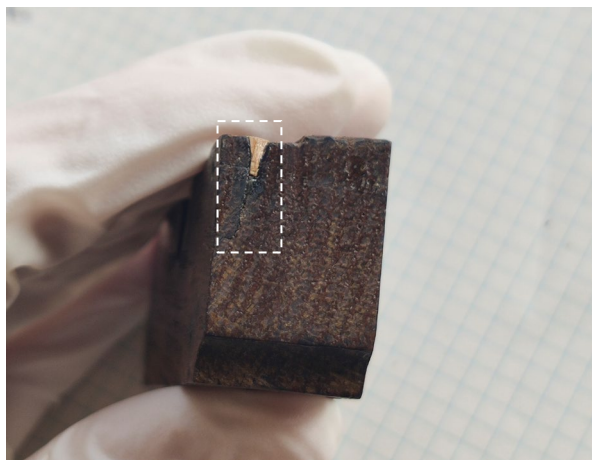


Figure 184 : Après collage et comblement à l'aide d'un morceau de chêne.



Figure 185 : La vis a été remplacée en maintenant la pièce dans un étau.

Les bordures des ponts en bois de la barre de suivi présentent des abrasions importantes, qui vont entraver la marche de la partition sur la barre de suivi (Fig.188).

Ces pièces ont été démontées des ponts, puis la bordure inférieure a été retirée à l'aide d'un ciseau à bois.

Un morceau de chêne¹²⁸ a été découpé et collé avec de la colle de peau. Une fois sèche, la pièce a été taillée au ciseau à bois. Le choix de la même essence de bois doit permettre aussi de retrouver les conditions d'utilisation originales (Fig.189).



Figure 186 : La bordure inférieure du pont en bois est fortement abrasée.



Figure 187 : Pièce en cours de taillage.

La découpe à la scie dans le guide du plateau ajouré a été comblée avec un morceau d'aulne¹²⁹ (Fig.190). Celui-ci a été découpé aux dimensions voulues, puis collé avec une colle de peau. L'excédent de matériel a été retiré avec un ciseau à bois. Les lacunes ont été comblées avec un mélange à consistance pâteuse à base de colle de peau et craie de champagne. La surface a été retouchée à l'Aquazol® 200 et des pigments.

L'arrondis de l'extrémité du pivot de la broche du volant a été restauré par usinage (Fig.191). La broche a été fixée dans le tour 102, puis la pointe a été légèrement meulée puis polie avec une pierre abrasive. La restauration de l'arrondi est essentielle pour avoir une surface de frottement la plus petite possible.

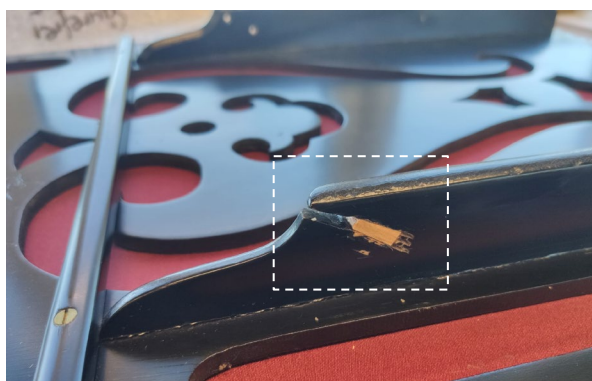


Figure 188 : Insert en cours de taillage.

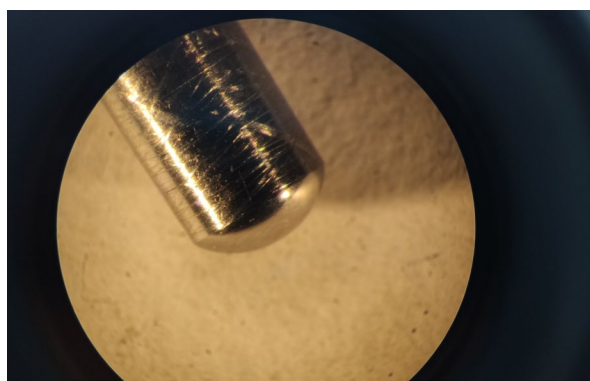


Figure 189 : Extrémité du pivot après remodelage.

¹²⁸ M. Lüthi confirme qu'il s'agit bien d'un chêne, identifié grâce aux stries foncées. Source : Schafflützel, 1982, p.119.

¹²⁹ Le bois a été identifié par M. Lüthi.

Des vis ont été ajoutées sur les ponts de la barre de suivi, sur le couvercle de la barre de suivi (Fig.192), et sur les planches qui viennent se positionner de part et d'autre de la barre de suivi (Fig.34).



Figure 190 : Les vis changées ou ajoutées sont indiquées par des flèches bleues.

La bande de feutre qui s'était décollée du bord du couvercle a été recollée avec de la colle de peau chaude. La surface du feutre a d'abord été enduite de colle pour éviter qu'il n'absorbe tout l'adhésif. Les traces de l'ancien adhésif ont été retirées de la bordure avec un chiffon humide. Après séchage, de la colle a été appliquée sur la bordure du boîtier, puis le feutre a été repositionné et maintenu légèrement sous presse (Fig.193-194).



Figure 191 : État avant traitement.



Figure 192 : État après traitement.

Le morceau de baguette en bois décollé de l'arrière du boîtier de l'instrument a été recollé avec de la colle de peau chaude. Les résidus de l'ancien adhésif ont été retirés des surfaces à l'aide d'acétone, puis la baguette a été repositionnée. Avant l'application de la colle, la surface a été légèrement chauffée de manière contrôlée avec un sèche-cheveux industriel.

La colle a été infiltrée à l'aide d'un pinceau fin, puis le collage a été mis sous presse à l'aide de serre-joints.

Les lacunes ont été comblées avec un mélange à base de colle de peau et de craie de champagne de consistance pâteuse, puis retouchées à l'Aquazol® 200 mélangé à des pigments noirs (Fig.195-196).

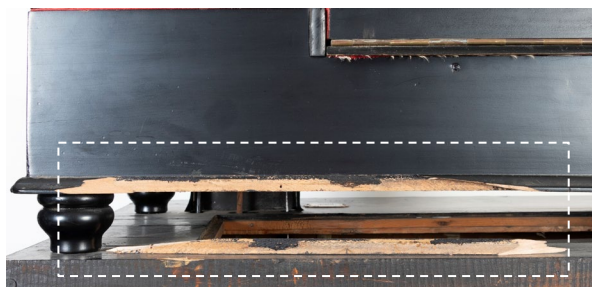


Figure 193 : État avant traitement.

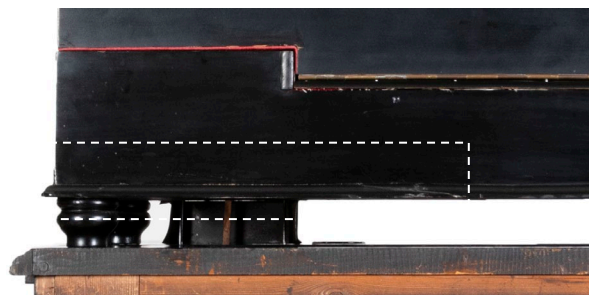


Figure 194 : État après traitement.

Les résidus jaunis (de nature inconnue) présents sur la plaquette en émail (Fig.197) ont été retirés mécaniquement en les grattant légèrement avec un scalpel, sous binoculaire. Les lacunes ont ensuite été isolées avec du Paraloid B72 à 15% dans l'acétone. Un revêtement peinture en base aqueuse de la marque WACO a permis de faire une mise en teinte de la lacune. Puis, celles-ci ont été comblées avec une cire microcristalline (Cosmoloid H80 à >40% dans le Shellsol T), appliquée avec une spatule et un pinceau. Après évaporation du solvant, la surface a été légèrement polie avec une lame de scalpel (Fig.198).



Figure 195 : État avant nettoyage.



Figure 196 : État après restauration. ©Raphael Lüthi, 2024

Une copie de l'ornement qui orne la porte avant de droite a été réalisée en papier. Plusieurs tests ont été nécessaires afin de trouver la teinte et la luminosité correspondante (Fig.199). Une fois ces paramètres sélectionnées, l'ornement a été imprimé, découpé puis collé sur un carton épais avec une colle blanche. La réplique a ensuite été collée à la surface avec la Fluka® à 2% dans de l'eau déminéralisée.

Le reste d'adhésif de masquage a été retiré du conduit du monnayeur car il peut s'acidifier et corroder le métal. L'application de plusieurs gels d'acétone à 20% ont été nécessaires à son retrait complet (Fig.200).



Figure 197 : Tests de la teinte et de la luminosité des ornements imprimés.



Figure 198 : État avant nettoyage.

Un schéma de la planche ajourée manquante a été dessiné à partir du modèle présent sur l'orchestrion de Bruchsal, afin que le musée puisse la recréer s'il le souhaite (Fig.201-202).



Figure 199 : L'orchestrion de Bruchsal a servi de modèle.

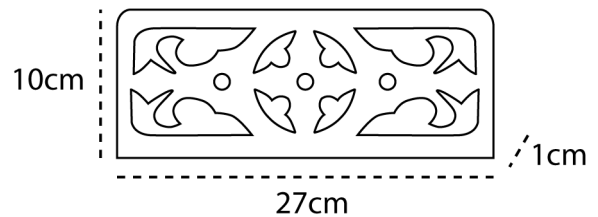


Figure 200 : Illustration reproduite d'après la planchette de l'orchestrion de Bruchsal, ci-contre.

11.7 Recommandations de remise en état de jeu et d'entretien

Lors de la mise en jeu de l'instrument, il est conseillé de limiter le temps de jeu en choisissant les partitions les plus courtes que possible ou en restreignant la présentation de l'instrument en état de fonctionnement à des événements occasionnels, comme des visites guidées spéciales¹³⁰.

Afin de préserver les partitions originales, il sera nécessaire d'en réaliser une copie.

Lors de chaque utilisation, il est important de s'assurer que la partition est guidée de manière parfaitement parallèle aux guides et aux ponts en bois de la barre de suivi, et que le ressort est suffisamment armé.

Étant donné que l'objet est équipé d'un monnayeur qui pourrait inciter les visiteurs à insérer des pièces de monnaie, il est recommandé de placer un cache ou un panneau signalant l'interdiction d'utiliser l'objet sans la présence d'un/e guide. Il faut également ranger la manivelle hors de portée du public.

L'objet doit être conservé dans des conditions climatiques stables et à l'abris de la lumière directe du soleil. Une température comprise entre 18°C et 22°C et une humidité relative entre 45% et 55% sont recommandés.

Le dépoussiérage des surfaces externes doit se faire uniquement avec un chiffon microfibre sec ou un plumeau, afin d'éviter d'arracher des soulèvements du revêtement peinture qui n'auront pas été suffisamment refixés.

L'état de la lubrification doit être régulièrement contrôlé.

Lors de la manipulation de l'objet, il est important de porter des gants en nitrile ou en coton. Lors de la mise en fonctionnement de l'objet, il est recommandé de privilégier l'utilisation de gants en coton, car remonter le ressort avec des gants en nitrile est difficile, ceux-ci ayant tendance à se coincer sur la poignée de la manivelle. Le port de gants permet également de minimiser la formation de marques sur le revêtement, particulièrement sensible aux dépôts de graisse, qui se manifestent sous forme de traces brillantes.

Il est fortement recommandé d'éviter de soulever l'objet par les poignées qui paraissent plus décoratives que fonctionnelles.

Pour éviter la dissociation des éléments originaux démontés, il est conseillé de les replacer sur l'objet une fois son exposition terminée. Toutefois, afin d'éviter la mise en marche de manière impromptue de l'objet, il faut s'assurer que le ressort soit complètement désarmé et que la manivelle n'est pas installée.

Il est aussi recommandé de dissocier les tiges reliant le mécanisme de jeu au mécanisme moteur.

Afin de soulager la charnière du couvercle qui présente des fissures importantes, il est recommandé de créer un support.

¹³⁰ En effet, dans des conditions normales, un objet fonctionnel est présenté lors de chaque visite guidée, en moyenne trois fois par jour, six jours sur sept.

12 tÉvaluation des traitements

Les traitements ont permis de redonner à l'objet une meilleure lisibilité et un aspect de surface soigné, permettant ainsi sa présentation dans le cadre de l'exposition. L'état de conservation des matériaux a été stabilisé, contribuant à améliorer sa préservation à long terme.

Les éléments originaux retirés temporairement sont conditionnés dans des mousses et conservés à l'intérieur de l'objet. Ils seront réinstallés après l'exposition. Les pièces recréées ont été fabriquées avec les mêmes matériaux que les pièces originales afin de maintenir des conditions matérielles similaires. Cependant, leurs surfaces ont été laissées brutes pour les rendre facilement reconnaissables, et elles ont été marquées par l'abréviation du musée et la date.

La retouche a permis de retrouver un aspect de surface plus homogène. Elle peut cependant avoir un aspect plus clair selon le type et la direction de l'éclairage, ce qui devra être pris en compte dans le projet muséographique.

La fonction a été partiellement restaurée. Le mécanisme moteur entraîne le mécanisme de jeu de l'instrument, mais des difficultés apparaissent lorsqu'une partition est installée. Le temps a manqué pour effectuer les derniers réglages.

De manière générale, les traitements sont satisfaisants. Cependant, des phases de tests chronophages mais aussi la taille des surfaces et la quantité de pièces à traiter, ont empêché l'achèvement de certaines interventions avant la date limite de ce travail. Parmi les tâches inachevées, on peut citer la fixation du couvercle du boîtier, la création de deux plaquettes ajourées pour les supports des partitions ou encore la finition du support de partition de gauche¹³¹.



Figure 201 : Cabinet après traitement.¹³²

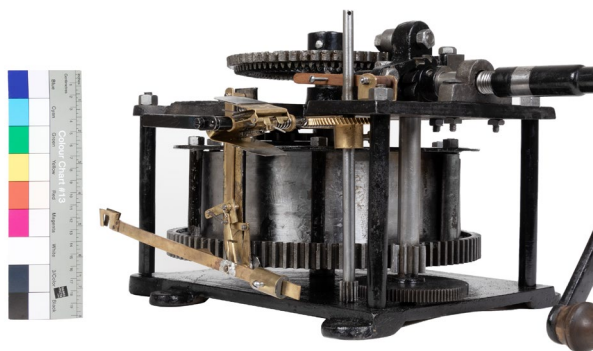


Figure 202 : Mécanisme moteur à ressort après traitement.

¹³¹ La majorité des restaurations non effectuées avant la soumission du dossier ont été réalisées par la suite et sont documentées dans les annexes, à la fin du document. Cela inclut également les réglages de l'instrument, qui ont permis de rétablir sa fonctionnalité.

¹³² Des photographies après traitement peuvent être consultées en Annexes, à partir de la page 66.

Une des complexités de ce travail, résidait dans le fait que le projet de conservation devait sans cesse être réadapté au fil des nouvelles découvertes faites lors du démontage et de l'examen de l'objet.

Parmi les principes en vigueur en conservation-restauration, celui de la retraitabilité a particulièrement influencé le choix des traitements. L'objet présente déjà de nombreux signes de modifications (plus ou moins réussies), ce qui nous a incités à intervenir le moins possible sur sa substance. Cela a notamment motivé le choix, a priori peu optimal, d'utiliser de la colle de peau comme couche isolante pour les retouches. Le vieillissement de la colle de peau est bien documenté, et elle a tendance à devenir cassante, ce qui peut mener au retrait involontaire des retouches, de plus, le vieillissement combiné de la colle de peau et de l'Aquazol® est inconnu. Le musée a néanmoins accepté ce choix, notamment à cause du haut degré de réversibilité de cette intervention, du fait que la durée d'exposition de l'objet sera courte et que l'étendu des surfaces à traiter en cas de retrait est faible.

Le traitement des soulèvements du placage et du revêtement sur le plateau du cabinet a suscité de nombreux doutes, et a été l'occasion de débats avec le facteur d'orgue et le conservateur-restaurateur du musée. En effet, si pour l'un la solution résidait dans le retrait complet du placage et la pose d'un nouveau, pour l'autre le placage original et son revêtement peinture devaient être conservés. En effet, une intervention de cette envergure ne se justifiait pas dans le cadre des objectifs du projet.

Bien que l'aspect de la surface présente encore des imperfections, les interventions ont néanmoins permis de refixer les soulèvements qui présentaient le risque d'arrachement et d'homogénéiser l'aspect général, ce qui contribue grandement à améliorer la lisibilité de l'objet, mais surtout de conserver l'intégrité matérielle de l'objet et sa valeur historique.

Le textile du plateau ajouré et les objets en papier (livrets de partitions) n'ont pas été traités. Il s'agit de matériaux dont la prise en charge doit se faire par des conservatrices-restauratrices spécialisées.

13 Conclusion

Ce travail a porté sur le traitement d'un 'Piano Orchestrion Automat.', un instrument de musique mécanique à cordes frappées à entraînement mécanique. L'objet, qui fait partie des collections du Musée des Automates à Musique de Seewen (SO) depuis plus de 60 ans, se trouvait dans un état de conservation proche de l'abandon. Ce projet a été motivé par le souhait du musée de le présenter en état de fonctionnement lors de la prochaine exposition temporaire dédiée aux pianos automatiques.

Les objectifs définis en amont du projet ont été partiellement atteints. Si la lisibilité et la conservation de l'objet sont grandement améliorées par les interventions, la remise en fonction n'a pas pu être retrouvée car le temps pour finaliser les réglages a manqué.

Bien qu'il ait fallu constamment réadapter le projet de conservation-restauration au fil des découvertes faites lors du démontage et de l'examen de l'objet, la restauration de la fonction n'a jamais été remise en question. En effet, les traitements nécessaires n'ont que peu ou pas compromis l'historicité de l'objet et son intégrité matérielle. Si l'objet peut être remis en fonction, les bénéfices perçus seront d'autant plus importants.

Les questions concernant les pratiques de remise en fonction d'un objet mobile au sein d'une institution patrimoniale ont été abordées de manière superficielle, mais mériteraient d'être approfondies, car c'est un sujet passionnant.

L'étude matérielle a d'une part permis la compréhension et la description du fonctionnement de l'objet, mais aussi de gagner de nouvelles perspectives sur son histoire matérielle. Les analyses ont révélé que le revêtement peinture n'est pas contemporain de la création de l'objet, qui a également subi de nombreuses modifications mineures au cours de sa vie, principalement dans le but de conserver ou restaurer sa fonction, tandis qu'une observation précise des altérations a permis de déterminer que l'objet a connu une période d'utilisation intense avant son entrée au musée.

L'étude historique a permis d'associer à l'objet d'autres noms de personnalités bien plus influentes dans le développement des instruments de musique mécaniques que Carl Bendel. On suppose que l'assemblage du cabinet et du mécanisme moteur est l'œuvre d'Otto Wilhelm Spaethe, un fabricant d'instrument de musique mécaniques Leipzig, tandis que l'instrument lui-même est probablement une création de Giovanni Racca, l'inventeur du « Piano Melodico », de qui Spaethe avait acquis une licence pour la commercialisation de ces instruments. Cette étude a également permis de mieux comprendre son rôle dans la société.

Les traitements réalisés présentent un potentiel élevé de retraitabilité et ont également permis de conserver les pièces originales les plus compromises au travers de la création de copies, qui sont temporairement installées sur l'objet.

L'utilisation de matériaux similaires aux matériaux originaux était inévitable, cependant tous les changements ont été documentés, afin de pouvoir établir clairement la chronologie des modifications.

Le cadre général de ce travail a également permis de mieux comprendre les tenants et aboutissants de la profession de conservatrice-restauratrice au sein d'une institution patrimoniale. La collaboration avec des spécialistes d'autres domaines, nécessaire pour certaines interventions (comme le replantage des dents de la roue du mobile ou la pose d'un revêtement en caoutchouc sur les axes), a été une expérience enrichissante, qui a exigé une planification et une coordination rigoureuses pour éviter tout retard dans le travail.

Références bibliographiques

- Appelbaum, 2010:** Appelbaum, Barbara. *Conservation Treatment Methodology*. Routledge, Londres, 2010.
- Ashley-Smith, 1981 :** Ashley-Smith, J. « The ethics of conservation ». In *The Conservator - Symposium on Furniture Conservation, Victoria and Albert Museum, April 30th 1981*. The Conservator, vol 6, 1982, pp. 1-5.
- Ashton and Hallam, 1990:** Ashton, John and Hallam, David. « The conservation of functional objects - an ethical dilemma ». In *AICCM Bulletin*, 16:3, pp.19-26.
- Automate [en ligne] :** *Automate* [En ligne]. Larousse, non daté [consulté le 4 mai 2024]. <https://www.larousse.fr/dictionnaires/francais/automate/6746>
- Bailão et Cardeira, 2018 :** Bailão Ana et Cardeira Liliana Q. « Mixing and matching. A survey of retouching materials ». In *Postprints Rech 4, Academy of arts, university of split, Croatia, June 2018*. Croatie, 2018, pp.23-29.
- Barr, 2006 :** Barr, J. *The Conservation of Working Objects: Development of a Conservation Management Tool*. Artlab Australia, 2006.
- Boîtes à musique, 2009 [en ligne] :** *Boîtes à musique* [En ligne]. Daniel Troquet, Dictionnaire Historique de la Suisse (DHS), 2009 [consulté le 24 mai 2024]. <https://hls-dhs-dss.ch/fr/articles/013978/2009-02-23/>
- Bowers, 1972 :** Bowers, David Q. *Encyclopaedia of Automatic Musical Instruments*. Vestal Press Ltd, New York, 1972.
- Brunott et al., 2010 :** Brunott, Michael, et al. « Conservation maintenance programs for functional objects ». *Metal 2010*, Caroline du Sud, Etats-Unis, pp.421-429.
- Cinteza & Niculescu, 2009 :** Cinteza, Ludmila Otilia & Niculescu, Gheorghe. « Diagnosing efficiency of cleaning old wooden objects using new o/w microemulsions with environmental friendly components ». In Uzielli, Luca (dir.). *Wood Science for Conservation of Cultural Heritage - Florence 2007*. Firenze University Press, 2009.
- Coin-op Orchestrion, 2015 [en ligne] :** *Evolution of the American Coin-op Orchestrion* [En ligne]. Rick Crandall, 2015 [consulté le 4 avril 2024]. <https://www.rickcrandall.net/a-nickel-for-music-in-the-early-1900s-evolution-of-the-american-orchestrion/>
- Conservation Strategies for Heritage Machinery ». In *Journal of the American Institute for Conservation*, vol. 56, n°2, 2017, pp.81-95.
- Conserve O Gram, 2000 :** Conserve O Gram. « The Use Of Ultraviolet Induced Visible-Fluorescence In The Examination Of Museum Objects, Part II ». *National Park Service*, 1/10, 2000.
- Cordes filées [en ligne] :** *Cordes filées* [En ligne]. JB Chatel, non daté [consulté le 4 avril 2024]. <https://www.pianoinfo.fr/piano/corde-piano/>
- Cremonesi, 2019 :** Cremonesi, Paolo. *Developing and Evaluating Treatment Interventions: Cleaning*. HE-Arc CR. Neuchâtel, 2019, non publié.
- de Bruyn-Ouboter et Loeper-Attia, 2023 :** de Bruyn-Ouboter, Vera et Loeper-Attia, Marie-Anne. « Entretien avec Vera de Bruyn-ouboter Autour de son questionnaire sur les aspects matériels et immatériels d'un instrument de musique ». In *ARRAFU*, CRBC vol 40, 2023, pp.41-48.
- De Wit, 1896-1897 :** De Wit, Paul. *Zeitschrift für Instrumentenbau*. Volume 17, Leipzig, 1896-1897.
- De Wit, 1902-1903 :** De Wit, Paul. *Zeitschrift für Instrumentenbau*. Volume 23, Leipzig, 1902-1903 .
- Degrigny et Jeanneret, 2016 :** Degrigny Christian et Jeanneret Romain. *Schematec methodology*. HE-Arc CR. Neuchâtel, 2016, non publié.
- Der Oberländer, 1880 :** Der Oberländer, Amts- und Anzeigenblatt für den Oberamtsbezirk Saulgau, N°50 Saulgau, 27.04.1880.

- Der Oberländer, 1891** : Der Oberländer, Amts- und Anzeigenblatt für den Oberamtsbezirk Saulgau, N°196, Saulgau, 19.12.1891.
- Der Oberländer, 1897** : Der Oberländer, Amts- und Anzeigenblatt für den Oberamtsbezirk Saulgau, N°38, Saulgau, 17.02.1897.
- Der Oberländer, 1902** : Der Oberländer, Amts- und Anzeigenblatt für den Oberamtsbezirk Saulgau, N°6, Saulgau, 09.01.1902.
- Der Oberländer, 1906** : Der Oberländer, Amts- und Anzeigenblatt für den Oberamtsbezirk Saulgau, N°75, Saulgau, 02.04.1906.
- Der Oberländer, 1912** : Der Oberländer, Amts- und Anzeigenblatt für den Oberamtsbezirk Saulgau, N°126, Saulgau, 05.06.1912.
- Dictionnaire de l'horlogerie [en ligne]** : *Dictionnaire de l'horlogerie* [En ligne]. Fédération de l'industrie horlogère suisse, 2023 [consulté le 4 juin 2024]. Application pour smartphone.
- Dolan, 2003** : Dolan, Emily Iuliano. « The Origins of the Orchestra Machine ». *Current Musicology*, 76, 2003, pp.7-23.
- Donau-Bodensee-Zeitung, 1943** : Donau-Bodensee-Zeitung, N°295, Saulgau, 16.12.1943.
- Down, 2015** : Down, Jane L. *Compendium des adhésifs pour la conservation*. Gouvernement du Canada, Institut canadien de conservation, 2015.
- Dynamique [en ligne]** : *Dynamique* [En ligne]. Emastered, 17 février 2022 [consulté le 4 mai 2024]. <https://emastered.com/fr/blog/music-terms>
- E.C.C.O., 2003** : E.C.C.O. *Professional Guidelines (II) : Code of Ethics*. European Confederation of Conservator-Restorers' Organisations, Brussels, 2003.
- Georges et al., 2000** : Georges, Patrick et al. *L'essence du bois. Manuel d'identification macroscopique des bois du mobilier français - XVI-XXe siècle*. Editions du Patrimoine, Centre des Monuments Nationaux, 2000.
- Germinario et al., 2015** : Germinario Giulia et al. « Chemical characterisation of spray paints by a multi-analytical (Py/GC-MS, FTIR, μ -Raman) approach ». In *Microchemical Journal*, 2015.
- Geschichte des deutschen Patentamts [en ligne]** : *Geschichte des deutschen Patentamts* [En ligne]. Deutsches Patent- und Markenamt, 26.05.2023 [consulté le 12 juin 2024]. https://www.dpma.de/dpma/wir_ueber_uns/geschichte/index.html
- Gonin et le Touzé, 2002** : Gonin, Frédéric et Le Touzé, Denis. *Manuel d'analyse harmonique et tonale*. De Plein Vent, Vals-les-Bains, 2002.
- Greinacher, 2003** : Dr. Greinacher, Christian F. C. « The Origins of the Orchestra Machine ». *Carousel Organ*, 14, 2003, pp.14-22.
- Hatahet, 2013** : Hatahet, Ryma. *L'illusion du mouvement, Étude et conservation-restauration d'un Double projecteur Gaumont, environ 1926, La Cinémathèque française, Paris. : Recherche d'un lubrifiant adapté à la conservation statique et en atmosphère intérieure d'engrenages métalliques ouverts*. Travail de mémoire Master de l'Institut national du patrimoine (INP), Paris, 2013.
- Hofland, Ad. 2012** : Hofland, Ad. « Alkyd resins: From down and out to alive and kicking ». *Progress in Organic Coatings*, vol. 73, 2012, pp.274-282.
- Holzweissig, 1997** : «Ernst Holzweissig Nachf. Music boxes and Automaton, 1898». In *Catalog Reprint Series*. Theriault's Gold Horse Publishing, 1997.
- Jan W. Gooch, 2002** : Gooch, Jan W. *Lead-Based Paint Handbook*. Topics in Applied Chemistry, Springer, Boston, 2002. Chapitre 2, History of Paint and Coatings Materials, pp. 13–35.
- Koesling, 1999** : Koesling, Volker. *Vom Feuerstein zum Bakelit. Historische Werkstoffe verstehen*. AdR, Arbeitsgemeinschaft der Restauratoren, Theiss, Stuttgart, 1999.
- L'acier à ressort [en ligne]** : *L'acier à ressort* [En ligne]. Runsom, non daté [consulté le 4 avril 2024]. <https://www.runsom.com/fr/blog/guide-to-spring-steel/>

La table d'harmonie du piano [en ligne] : *La table d'harmonie du piano* [En ligne]. JB Chatel, non daté [consulté le 4 avril 2024]. <https://www.pianoinfo.fr/piano/table-harmonie-piano/>

Les cartons perforés [en ligne] : *Les cartons perforés* [En ligne]. Orgue de barbarie, [consulté le 4 avril 2024]. <https://www.orgues-de-barbarie.com/cartons-perfores/>

Lötz, 2015 : Löt, Albert. « Musikwerke mit Heissluftmotor. Kapitel II: Das Piano Melodico ». *Das Mechanische Musikinstrument*, 124, 2015, pp.6-29.

Lugt, 2009 : Lugt, Piet M. « A Review on Grease Lubrication in Rolling Bearings ». *Tribology Transactions*, vol. 52:4, 2009, pp.470-480.

Matero, 1994: Matero, Frank G. « Conservation of Architectural Metalwork: Historical Approaches to the Surface Treatment of Iron ». In Scott, David A., Podany Jerry, Considine, Brian B. (ed.). *Ancient & Historic metals, conservation and scientific research, Proceedings of a Symposium organized by the J. Paul Getty Museum and the Getty Conservation Institute, November 1991*. The J. Paul Getty Trust, electronic edition, 2007, pp.197-228.

Mechanisches Musikwerk (Brevet), 2019 [en ligne] : *Mechanisches Musikwerk* [En ligne]. Espacenet, 2019. [consulté le 4 avril 2024].

https://worldwide.espacenet.com/publicationDetails/biblio?II=2&ND=3&adjacent=true&locale=fr_EP&FT=D&date=19000630&CC=CH&NR=19316A&KC=A

MICORR Brass (CU-ZN) [en ligne] : *Brass (CU-ZN)* [En ligne]. MICORR, non daté [consulté le 4 mai 2024]. https://micorr.org/visual_inspection/home/#!/result?version=latest

MICORR Iron-based alloys [en ligne] : *Iron-based alloys* [En ligne]. MICORR, non daté [consulté le 4 mai 2024]. https://micorr.org/visual_inspection/home/#!/result?version=latest

MICORR Zinc-based alloys [en ligne]. *Zinc-based alloys* [En ligne]. MICORR, non daté [consulté le 4 mai 2024]. https://micorr.org/visual_inspection/home/#!/result?version=latest

Monnayeur [en ligne] : *Monnayeur* [En ligne]. Le Robert, non daté [consulté le 4 avril 2024]. <https://dictionnaire.lerobert.com/definition/monnayeur>

Museumsgeschichte [en ligne] : *Museumsgeschichte* [En ligne]. Museum für Musikautomaten Seewen, SO [consulté le 4 avril 2024].

<https://www.musikautomaten.ch/mma/de/home/museum/museumsgeschichte.html>

Musikalisch-literarischer Monatsbericht, 1908 [en ligne]: *Musikalisch-literarischer Monatsbericht*, p.105, 1908 [En ligne]. Internet Archive, non daté [consulté le 4 juin 2024].

<https://archive.org/details/Musikalisch-literarischerMonatsbericht1908/page/n105/mode/2up>

Nicolet, 1980: Nicolet, J.C. *Pendulerie*. Technicmedia, Besançon, 1980

Oiseau automate, non daté [en ligne] : *400 av.J.-C. L'oiseau automate d'Archytas de Tarente, Grèce* [En ligne]. Atelier Canope, non daté [consulté le 4 avril 2024]. https://atelier-canope-95.canoprof.fr/eleve/Automates%20et%20robots/res/robot.dossierHtml/co/01colombeTarente_2.html

Ord-Hume, 1973 : Ord-Hume, W.J.G. *Player piano - the history of the mechanical piano and how to repair it*. A. S. Barnes, South Brunswick, 1971.

Ord-Hume, 2004 : Ord-Hume, W.J.G. *Automatic Pianos: A Collector's Guide to the Pianola, Barrel Piano, & Aeolian Orchestrille*. Schiffer Pub., 2004.

Patents [en ligne] : *Patents* [En ligne]. WIPO, non daté [consulté le 12 juin 2024]. <https://www.wipo.int/en/web/patents/>

Piano [en ligne] : *Piano* [En ligne]. Larousse, non daté [consulté le 4 mai 2024]. <https://www.larousse.fr/dictionnaires/francais/piano/60693>

Prototype [en ligne] : *Prototype* [En ligne]. Larousse [consulté le 14 mai 2024]. <https://www.larousse.fr/dictionnaires/francais/prototype/64610>

Reymondin, Charles-André et al. 1998 : Reymondin, Charles-André et al. *Théorie de l'horlogerie*. Fédération des Écoles Techniques, 1998.

Ruban adhésif [en ligne] : How the Invention of Scotch Tape Led to a Revolution in How Companies Managed Employees [En ligne]. Smithsonian magazine, 20 juin 2019 [consulté le 4 mai 2024]. <https://www.smithsonianmag.com/innovation/how-invention-scotch-tape-led-revolution-how-companies-managed-employees-180972437/>

Sachsse, 1984 : Dr. Sachsse, Hanno. *Einheimische Nutzhölzer und ihre Bestimmung nach makroskopischen Merkmalen*. Paul Parey, Hambourg et Berlin, 1984.

Scott, 2002 : Scott, David A. *Copper and Bronze in Art. Corrosion, colorants, conservation*. The Getty Conservation Institute, Los Angeles, 2002.

Selwyn, 2004 : Selwyn, Lyndsie. *Métaux et corrosion. Un manuel pour le professionnel de la conservation*. Institut Canadien de Conservation, Ottawa, 2004.

Selwyn et Tse, 2008 : Selwyn, Lyndsie et Tse, Season. « The chemistry of sodium dithionite and its use in conservation ». *Studies in Conservation*, 53:2, pp.61-73.

Schafflützel, 1982 : Schafflützel, Hans. *Nutzhölzer, Herkunft, Merkmale, Eigenschaften, Verwendung*. Verband schweizerischer Schreinermeister und Möbelfabrikanten, Zürich, 1982.

Shashoua, 2008 : Shashoua, Yvonne. *Conservation of plastics. Materials science, degradation and preservation*. Butterworth-Heinemann, Elsevier Ltd., Grande Bretagne, 2008.

Standeven, 2006 : Standeven, Harrier. « Cover the Earth: A history of the Manufacture of Household Gloss Paints in Britain and the United States from the 1920s to the 1950. » In Learner, Thomas J. S. et al. (ed.) *Modern Paints Uncovered. Proceedings from the Modern Paints Uncovered Symposium, London, 16-19 may 2006*, The Getty Conservation Institute, Londres, 2006 pp.75-82.

Tétréault, 1999 : Tétréault, Jean. « Revêtements pour l'exposition et la mise en réserve dans les musées ». *Bulletin technique de l'ICC*, volume 21, 1999, pp.1-48.

Tomsin, 2019 : Tomsin, Philippe. « La restauration, la conservation et la valorisation du patrimoine technique semi-mobilier. Examen de quelques problématiques spécifiques ». *CeROArt*, vol. 11, 2019, pp.1-23.

Utility models [en ligne] : *Utility models* [En ligne]. WIPO, non daté [consulté le 12 juin 2024]. https://www.wipo.int/patents/en/topics/utility_models.html

Verbo Saulgauer Zeitung 1937 : Verbo Saulgauer Zeitung – Der Oberländer, N°226, Saulgau, 30.09.1937.

Wain, 2017 : Wain, Alison. « The Importance of Movement and Operation as Preventive Conservation Strategies for Heritage Machinery ». *Journal of the American Institute for Conservation*, 56:2, 2017, pp.81-95.

Weiss, 1990 : Weiss, Heinrich. *Schaffen, Bauen und Erfinden*. Friedrich Reinhardt Verlag, Basel, 1990.

Weiss, 1998 : Weiss, Heinrich. *Früh biegt sich, was ein Haken werden will*. Friedrich Reinhardt Verlag, Basel, 1998.

Weiss, 2020 : Dr. Weiss, Fritz. *Die Geschichte des Handels- und Gewerbevereins der Stadt Bad Saulgau von der Gründung 1862 bis zur Auflösung 1934*. Pas d'édition, Allemagne, 2020.

Weiss, non daté : Weiss, Heinrich. Manuscrit, Seewen, non daté, non publié.

Weiss-Stauffacher, 1975 : Weiss-Stauffacher, Heinrich. *Musikautomaten und mechanische Musikinstrumente*. Orell Füssli Verlag, Zürich, 1975.

14 Liste des figures

| | |
|--|----|
| Figure 1 : «Piano-Orchestrion-Automat. » - n°inv. MMA-71806. | 1 |
| Figure 2 : L'inscription « Piano-Orchestrion-Automat. » dans le couvercle de l'instrument. | 10 |
| Figure 3 : Forme basique : « Pianophon » à pieds courts de Spaethe. | 11 |
| Figure 4 : Forme basique: « Piano Melodico » à 30 notes..... | 11 |
| Figure 5 : Version « table » : « Piano Melodico » à 30 notes de Spaethe..... | 11 |
| Figure 6 : Version « armoire » : « Pianophon orchestrion » à 30 notes à entraînement à air chaud. . | 11 |
| Figure 7 : Version « armoire » - vue fermée : «Piano Melodico Orchestrion » à 30 notes à entraînement à air chaud..... | 11 |
| Figure 8 : Version « armoire » du « Piano Orchestrion » de Bendel, proposé en deux couleurs, « noir » ou « noyer ». | 11 |
| Figure 9 : « Piano-Melodico-Orchestrion » à moteur à air chaud, proposé dans le catalogue de Holzweissig en 1898. | 12 |
| Figure 10 : Annonce de Carl Bendel publiée en mars 1908 dans le Musikalisch-literarischer Monatsbericht. | 12 |
| Figure 11 : Vues des quatre côtés. État avant traitement. | 13 |
| Figure 12 : Le musée en 1975 ©Weiss-Stauffacher 1975..... | 15 |
| Figure 13 : État de l'objet aux alentours de 1975 ? ©Weiss-Stauffacher 1975..... | 16 |
| Figure 14 : État de l'objet avant intervention, avril 2024. | 16 |
| Figure 15 : État de l'objet en 1997. Il présente un état de conservation proche de celui dans lequel il a été trouvé. ©MMA, 2024. | 17 |
| Figure 16 : Vue de face. État avant traitement. | 18 |
| Figure 17 : Boitier complet : avec couvercle et plateau ajouré, son cylindre amovible (A) et les guides (B-B'). Les leviers de changement de la dynamique sont visibles à l'extérieur du boitier (C). État avant traitement..... | 19 |
| Figure 18 : Vue de l'arrière avec le couvercle de l'instrument ouvert. État avant traitement..... | 19 |
| Figure 19 : Instrument vue du dessus. A) Chevilles d'accordage ; B) Cadre en fonte ; C) Pont en bois ; D) Étouffoir en feutre rouge. État après traitement. | 19 |
| Figure 20 : Bande de carton avec les notes. | 20 |
| Figure 21 : Barre de suivi démontée, vue de face : les touches avec les goupilles dépassent légèrement du cadre métallique, tandis que les ressorts sont visibles en-dessous. Avant traitement. | 20 |
| Figure 22 : Éléments principaux d'un Piano Melodica ; schéma de C. Greinacher légèrement modifié. | 21 |
| Figure 23 : Mécanisme de jeu. État après traitement | 21 |
| Figure 24 : Vue du dessus. Avec les arbres à 30 marteaux (blanc), 13 marteaux (bleu) et 17 marteaux (vert). Entouré en jaune : Les sorties des tiges reliant les différents arbres à des poignées, ici pas encore remontées. État en cours de traitement. | 21 |
| Figure 25 : Détail du mécanisme moteur : alliages ferreux, cuivreux et bois. État après traitement... | 22 |

| | |
|---|----|
| Figure 26 : Insert en pulpe de cellulose. Leica MZ6, 4x | 22 |
| Figure 27 : Mécanisme moteur à ressort partiellement démonté. État après traitement..... | 23 |
| Figure 28 : Vue de face. État avant traitement. | 24 |
| Figure 29 : Côté droit. Rangement du support de partition (bleu). Insert pour la manivelle (blanc). État avant traitement..... | 24 |
| Figure 30 : Vue de l'arrière.En bleu : Les cales. La perforation au centre aurait permis de fixer une cloison (orange). État avant traitement. | 24 |
| Figure 31 : Vue de face. État après traitement. | 25 |
| Figure 32 : Vue du dessus du plateau du cabinet, sans l'instrument, ni les supports de partition et la plaquette émaillée. État en cours de traitement. | 25 |
| Figure 33 : Objets trouvés dans le cabinet. | 25 |
| Figure 34 : Les planches A, D et E in situ. Vue de dessus de l'instrument, sans son couvercle. État après traitement. | 26 |
| Figure 35 : Partition perforée ouverte. | 26 |
| Figure 36 : Face avant et arrière du boîtier. État avant traitement. | 27 |
| Figure 37 : Vue rapprochées des supports de partition côte à côte. Celui de gauche a une surface beaucoup plus lisse, tandis que la structure du bois est visible sur celui de droite. De plus les deux surfaces montrent des états de dégradation différents. Les taches de couleurs sont des reflets. État après traitement. | 27 |
| Figure 38 : Très légère fluorescence à la teinte jaune-verte sur le cabinet, ici la paroi de gauche. | 28 |
| Figure 39 : Fluorescence bleue claire dans le couvercle de l'instrument..... | 28 |
| Figure 40 : Fluorescence orange caractéristique de la gomme laque sur le pont de la barre de suivi. | 29 |
| Figure 41 : Fluorescence rouge-orangé sur la paroi interne du boîtier. | 29 |
| Figure 42 : Porte avant : La dorure est visible sur une épaisse couche monochromatique. Olympus BX60, grossissement 10x. | 29 |
| Figure 43 : Paillettes métalliques en forme de « baguettes ». Olympus BX60, grossissement 20x. | 29 |
| Figure 44 : Peinture dorée présente dans une lacune du revêtement, dans la bordure supérieure du cabinet. Le chiffre correspond à la localisation de la lacune sur la Figure 41. | 30 |
| Figure 45 : Emplacements de la peinture dorée trouvée dans les lacunes. État avant traitement. | 30 |
| Figure 46 : Un amas de paillettes est visible sur un échantillon de peinture prélevé dans la lacune n°1 (image ci-dessous). Olympus BX60, grossissement 20x..... | 30 |
| Figure 47 : Ruban adhésif de masquage sur le monnayeur à l'endroit où il est fixé dans le cabinet... .. | 31 |
| Figure 48 : Diagramme SADT original traduit en français et modifié pour correspondre à l'objet ©SCHEMATEC®..... | 32 |
| Figure 49 : Organigramme des sous-fonctions..... | 33 |
| Figure 50 : Représentation détaillées des organes fonctionnels principaux et secondaires. | 34 |
| Figure 51 : Les organes fonctionnels sur l'objet. | 34 |

| | |
|--|----|
| Figure 52 : Éléments principaux d'un Piano Melodico ; schéma de C. Greinacher légèrement modifié. La direction de la partition est indiquée par une flèche. | 35 |
| Figure 53 : Partition installée sur l'instrument. État après traitement. | 35 |
| Figure 54 : Photographie optimisées montrant le levier d'arrêt en position « neutre » (à gauche) et en position « basse » (à droite) comme si une partition appuyait dessus. État après traitement. | 36 |
| Figure 55 : Photographie optimisée de l'instrument, où la barre de suivi est surlignée en bleu. État avant traitement. | 36 |
| Figure 56 : Fonctionnement de la barre de suivi ©Greinacher, 2003 – traduit en français par l'auteure. | 37 |
| Figure 57 : Les pignons simples des cylindres de transport. État après traitement. | 37 |
| Figure 58 : Photographie optimisée montrant les pignons coniques (F) et (F1) et la tige en caoutchouc (H) - schéma ci-contre pour la correspondance. État après traitement. | 38 |
| Figure 59 : Ci-contre : Vue de face du mécanisme. Les éléments mentionnés dans la description sont surlignés en violet © Brevet n°19316 de Carl Bendel 1899. | 38 |
| Figure 60 : Photographie optimisée du mécanisme moteur avec les différents groupes fonctionnels : source d'énergie en jaune, déclenchement et arrêt en vert, régulation en rouge et transmission en violet. Le volume peut être changé en déplaçant la vis (en rose) le long du levier oscillant. Les trois tiges le reliant à l'instrument sont numérotées : 1) tige reliée au levier d'arrêt 2) tige reliée à l'arbre à marteaux 3) tige reliée aux cylindres de transport. | 38 |
| Figure 61 : Monnayeur en position d'arrêt. Il n'y a pas de partition sur l'instrument, le levier (en brun) et les éléments mobiles du monnayeur (la pièce articulée en « L » en verts et le bras articulé à goupille en bleu) sont « inactivés », et la lame du ressort du volant (en rose) est bloquée par la goupille. | 39 |
| Figure 62 : Détail : L'extrémité du bras mobile en « L » butte contre le rebord à l'arrière de la tige lestée, ce qui permet au mécanisme de tourner car la tige lestée est bloquée dans cette position, ce qui entraîne l'éloignement de la goupille d'arrêt de la lame du ressort du volant. État après traitement. | 40 |
| Figure 63 : Détail : la lame du ressort du volant est bloquée par la goupille du bras articulé. État après traitement. | 40 |
| Figure 64 : Photographie optimisée : La tige en bois (C) est reliée à l'arbre à marteau du piano (D). État après traitement. | 40 |
| Figure 65 : Photographie optimisée montrant le levier oscillant en bois (A). Bielle reliant le levier à l'axe à vis sans fin qui s'engrène avec la roue hélicoïdale (B). Une tige en bois (C) relie le levier à l'arbre à marteau du piano. État après traitement. | 40 |
| Figure 66 : Vue de face du mécanisme moteur. Le brevet déposé concerne uniquement les éléments surlignés en bleu dans le schéma. | 42 |

| | |
|---|----|
| Figure 67 : Le système de réglage du volume correspond exactement aux schémas illustrant le brevet 19'316. État avant traitement. | 43 |
| Figure 68 : Le mécanisme de l'orchestrion du CB est similaire à celui de Seewen, à l'exception du système de réglage du volume. | 43 |
| Figure 69 : Détail du système de l'orchestrion du MMA. État avant traitement. | 43 |
| Figure 70 : Détail du système de l'orchestrion du CB..... | 43 |
| Figure 71 : Restes d'étiquettes au revers de la planche des numéros des modèles d'utilité. Il n'a malheureusement pas été possible de les déchiffrer. État avant traitement. | 44 |
| Figure 72 : La découpe dans le plancher de l'orchestrion de Seewen (gauche) est plus grossière que celle de Bruchsal (droite). Perforations encadrées..... | 44 |
| Figure 73 : L'extrémité de la tige filetée dépasse du boîtier (Seewen). État avant traitement..... | 44 |
| Figure 74 : L'extrémité de la tige filetée a été sciée (Bruchsal). | 44 |
| Figure 75 : « Eilt ! » (urgent !) inscrit au crayon bleu sous le cabinet..... | 45 |
| Figure 76 : Modèles destinés à la vente, à la démonstration ou prototypes? État avant traitement.... | 45 |
| Figure 77 : Le couvercle du boîtier présente un léger encrassement, des lacunes et des griffures. | 48 |
| Figure 78 : Les surfaces des éléments en bois présentent diverses altérations..... | 49 |
| Figure 79 : Fissure autour du pas de vis..... | 49 |
| Figure 80 : Fissures autour du système de maintien du couvercle..... | 49 |
| Figure 81 : Bande en feutre décollée. | 50 |
| Figure 82 : Baguette arrière partiellement décollée..... | 50 |
| Figure 83 : Fissures dans la charnière. | 50 |
| Figure 84 : Découpe à la scie et perçage des guides. | 50 |
| Figure 85 : Vues recto-verso du plateau ajouré. | 50 |
| Figure 86 : Abrasion en demi-cercle probablement due à l'utilisation de l'objet avec une manivelle... | 51 |
| Figure 87 : Orchestrion avec un moteur à air chaud équipé d'une roue avec une poignée. Illustration provenant du catalogue de vente d'Ernst Holzweissig de 1898..... | 51 |
| Figure 88 : Empoussièrement du mécanisme de jeu. | 51 |
| Figure 89 : Moisissures et auréoles visibles sur l'instrument. Fissures indiquées par des flèches..... | 51 |
| Figure 90 : 14 vis sont manquantes sur le mécanisme de jeu (la 14 ^e n'est pas visible sur la photo). . | 52 |
| Figure 91 : Vis trouvées sur le mécanisme de jeu. | 52 |
| Figure 92 : Corrosion éparse et ponctuelle sur les cordes en acier ; Corrosion plus importante des goupilles ; Ternissement des cordes filées ; Fissuration du pont en bois..... | 52 |
| Figure 93 : Corrosion très ponctuelle sur les chevilles d'accordage..... | 52 |
| Figure 94 : L'orientation des attaches des cordes est différentes. | 53 |
| Figure 95 : Fissures et déformations du revêtement en caoutchouc. | 53 |
| Figure 96 : Les deux tiges à roulettes présentent des fissures. | 53 |
| Figure 97 : Irrégularités dans les bordures des guides de la barre de suivi. | 54 |

| | |
|--|----|
| Figure 98 : Légère abrasion du cadre métallique de la barre de suivi. | 54 |
| Figure 99 : Lacunes dans la peinture du cylindre en bois..... | 54 |
| Figure 100 : Les têtes des vis en alliage cuivreux de l'arbre à marteaux présentent des déformations mécaniques plus ou moins importantes..... | 54 |
| Figure 101 : Les touches ne sont pas au même niveau. | 55 |
| Figure 102 : Usure irrégulière causée par les ressorts lames des touches. | 55 |
| Figure 103 : Le feutre de la plaque avant est dégradé (flèche noire)..... | 55 |
| Figure 104 : Le feutre sur les touches est dégradé et/ou lacunaire. | 55 |
| Figure 105 : Les ponts en alliages cuivreux de l'arbre à marteaux sont ternis, sales et celui de droite est fissuré. L'insert en feutre est très dégradé. | 55 |
| Figure 106 : Emplacement de la pièce présentée à la Figure 103 (encadré blanc). Vis manquante (flèche rouge). | 56 |
| Figure 107 : La pièce a été stabilisée par l'ajout d'un clou et un fragment de bois a été utilisé pour combler la lacune. | 56 |
| Figure 108 : Un ressort et un intercalaire en laiton ont été ajoutés dans la fixation du cylindre en bois de la barre de suivi. | 56 |
| Figure 109 : Les ressorts ont visiblement été changés. | 56 |
| Figure 110 : Fil sur tige filetée pour maintenir la poignée. | 57 |
| Figure 111 : Platine du mécanisme moteur empoussiérée et encrassée..... | 57 |
| Figure 112 : Les surfaces fonctionnelles sont recouvertes d'un film gras et encrassé..... | 57 |
| Figure 113 : Lubrifiant durci et encrassé. | 57 |
| Figure 114 : Ternissement des alliages cuivreux ; Corrosion des alliages ferreux ; Cales sous le mécanisme..... | 57 |
| Figure 115 : Corrosion par piqûre sur la pièce en fonte peinte. Microscope Olympus SZ61, grossissement 1.25x. | 57 |
| Figure 116 : La vis supérieure présente une surface métallique brillante, tandis que l'autre présente un état de surface propre à un état après forgeage industriel. | 58 |
| Figure 117 : Abrasion légère des dents. | 58 |
| Figure 118 : Dents cassées sur la roue en fonte | 58 |
| Figure 119 : Ressort de rappel du cliquet de la roue d'armage. | 58 |
| Figure 120 : Brasure volumineuse sur la tige lestée du monnayeur. | 58 |
| Figure 121 : La face de la vis de droite du pont de la vis d'armement est très abrasée..... | 59 |
| Figure 122 : Vis dont il est question dans la Figure 117..... | 59 |
| Figure 123 : Vue in situ : Fentes dans l'axe de rotation du levier oscillant. | 59 |
| Figure 124 : Levier oscillant, vue de côté après démontage..... | 59 |
| Figure 125 : Levier oscillant avec quatre perforations..... | 59 |
| Figure 126 : La plupart des têtes de vis présentent une légère déformation. | 60 |

| | |
|---|----|
| Figure 127 : La plupart des têtes de vis présentent une légère déformation. | 60 |
| Figure 128 : La plupart des têtes de vis présentent une légère déformation. | 60 |
| Figure 129 : Aplatissement à l'extrémité de la broche en contact avec le contre-pivot. Leica MZ6, 4x..... | 60 |
| Figure 130 : Encrassement des surfaces. | 61 |
| Figure 131 : Couleurs et taches. | 61 |
| Figure 132 : Plateau du cabinet sans l'instrument. Les supports des partitions sont très encrassés. .. | 61 |
| Figure 133 : Intérieur du cabinet après démontage et retrait du mécanisme moteur : encrassement important, tache de peinture et d'huile/graisse. | 61 |
| Figure 134 : Écart important entre deux planches du plateau du cabinet..... | 62 |
| Figure 135 : Soulèvements du placage et lacunes dans le revêtement noir du plateau du cabinet..... | 62 |
| Figure 136 : Soulèvements du placage sur les portes..... | 62 |
| Figure 137 : Lacunes, perte d'adhérence et craquelé dans le revêtement du plateau du cabinet..... | 62 |
| Figure 138 : Des trous d'envols sont visibles sous la peinture, dans le médaillon central uniquement. | 63 |
| Figure 139 : Une couche intermédiaire constituée de cire avec une charge est visible dans certains craquelés du revêtement. Leica MZ6, 4x. | 63 |
| Figure 140 : La porte arrière, faite d'une seule planche, est légèrement déformée..... | 63 |
| Figure 141 : Le pupitre à partition de gauche est bloqué..... | 63 |
| Figure 142 : La peinture dorée a été « essuyée » autour des ornements..... | 63 |
| Figure 143 : Trous de perforation de l'ornement encore présent dans le bois. | 63 |
| Figure 144 : La plaque en émail est tachée. | 64 |
| Figure 145 : Vue détaillée de la surface. DinoLite® 20x. | 64 |
| Figure 146 : Cale à l'arrière des médaillons centraux..... | 64 |
| Figure 147 : Restes d'étiquettes. | 64 |
| Figure 148 : Marque laissée par un rebord décoré, aujourd'hui disparu. | 64 |
| Figure 149 : Cloison manquante en blanc ; tiroir en vert. | 64 |
| Figure 150 : Le plateau du cabinet en cours de nettoyage..... | 76 |
| Figure 151 : Table d'harmonie en cours de traitement. | 77 |
| Figure 152 : Intérieur du cabinet après traitement..... | 77 |
| Figure 153 : Mobile avant traitement. | 78 |
| Figure 154 : Mobile après traitement. | 78 |
| Figure 155 : Rochet avant traitement..... | 78 |
| Figure 156 : Rochet après traitement..... | 78 |
| Figure 157 : Le bord de la fissure est légèrement soulevé à l'aide d'un scalpel, et l'adhésif est poussé dessous à l'aide d'un pinceau fin..... | 80 |
| Figure 158 : Les zones collées sont mises sous presse avec des serre-joints..... | 80 |
| Figure 159 : Soulèvement du revêtement peinture. | 80 |

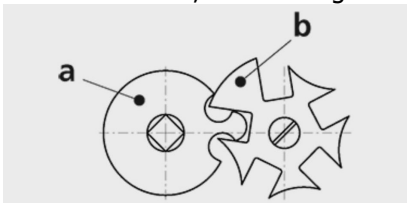
| | |
|--|----|
| Figure 160 : La surface a été traitée principalement par apport de chaleur et d'une action mécanique. | 80 |
| Figure 161 : Plateau du cabinet avant traitement..... | 81 |
| Figure 162 : Plateau du cabinet après traitement..... | 81 |
| Figure 163 : Vis avant traitement..... | 82 |
| Figure 164 : Vis après traitement mécanique..... | 82 |
| Figure 165 : État de surface des serrures avant traitement. | 82 |
| Figure 166 : Serrure de droite après traitement. | 82 |
| Figure 167 : Monnayeur avant traitement. | 83 |
| Figure 168 : Monnayeur après traitement..... | 83 |
| Figure 169 : Ressort après nettoyage et lubrification. | 83 |
| Figure 170 : Poids de la pièce originale. | 84 |
| Figure 171 : Poids de la pièce reproduite. | 84 |
| Figure 172 : Ci-dessus : Schéma à l'échelle 1 :1. Ci-dessous : ébauche..... | 84 |
| Figure 173 : Un des deux nouveaux ponts en laiton in situ..... | 84 |
| Figure 174 : Tige à roulette en cours de découpe. | 85 |
| Figure 175 : Pièce originale et sa copie. | 85 |
| Figure 176 : Plaque en cours de séchage..... | 85 |
| Figure 177 : Fraisage des dents à rapporter. | 86 |
| Figure 178 : Mise en place des plaquettes et collage..... | 86 |
| Figure 179 : Usinage terminé. | 87 |
| Figure 180 : Application d'une première couche de Regalrez® avec pigments. | 87 |
| Figure 181 : Application d'une deuxième couche de Regalrez® sans pigments. | 87 |
| Figure 182 : Pignons en cours d'usinage. | 88 |
| Figure 183 : Les deux pignons sur leurs axes. | 88 |
| Figure 184 : La barre de suivi avant traitement (vue par en-dessous). | 89 |
| Figure 185 : La barre de suivi en cours de traitement (vue par en-dessus)..... | 89 |
| Figure 186 : Après collage et comblement à l'aide d'un morceau de chêne..... | 89 |
| Figure 187 : La vis a été remplacée en maintenant la pièce dans un étau. | 89 |
| Figure 188 : La bordure inférieure du pont en bois est fortement abrasée..... | 90 |
| Figure 189 : Pièce en cours de taillage..... | 90 |
| Figure 190 : Insert en cours de taillage..... | 90 |
| Figure 191 : Extrémité du pivot après remodelage..... | 90 |
| Figure 192 : Les vis changées ou ajoutées sont indiquées par des flèches bleues. | 91 |
| Figure 193 : État avant traitement. | 91 |
| Figure 194 : État après traitement. | 91 |
| Figure 195 : État avant traitement. | 92 |

| | |
|--|----|
| Figure 196 : État après traitement. | 92 |
| Figure 197 : État avant nettoyage. | 92 |
| Figure 198 : État après nettoyage..... | 92 |
| Figure 199 : Tests de la teinte et de la luminosité des ornements imprimés. | 93 |
| Figure 200 : État avant nettoyage. | 93 |
| Figure 201 : L'orchestrion de Bruchsal a servi de modèle. | 93 |
| Figure 202 : Illustration reproduite d'après la planchette de l'orchestrion de Bruchsal, ci-contre. | 93 |
| Figure 203 : Cabinet après traitement. | 96 |
| Figure 204 : Mécanisme moteur à ressort après traitement. | 96 |

15 Liste des abréviations

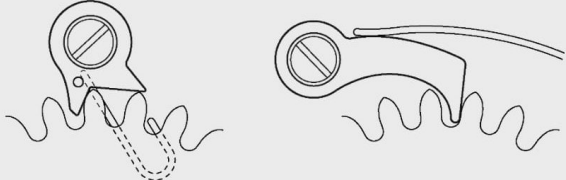
| | |
|-----------------|---|
| CB | Château de Bruchsal |
| CH | Suisse |
| D.R.G.M. | Deutsches Reichs-Gebrauchsmuster |
| DE | Allemagne |
| FTIR | Spectroscopie Infrarouge à Transformée de Fourier |
| M | Mole |
| MAM | Musée des Automates à Musique de Seewen |
| SO | Canton de Soleure |
| UV | Ultraviolet |
| ZfI | Zeitschrift für Instrumentenbau |

16 Glossaire

| Terme | Définition |
|---|--|
| Acier ressort ¹³³ | <p><i>L'acier à ressort est un type d'acier spécifiquement utilisé pour fabriquer des ressorts et des composants élastiques, car il peut reprendre sa forme originale après avoir été plié, comprimé ou allongé. Cette capacité, connue sous le nom d'élasticité à l'état trempé et revenu, est due à la limite d'élasticité élevée de l'acier, qui provient de sa composition spécifique et de son processus de durcissement.</i></p> <p>Les aciers à ressorts sont généralement constitués d'une teneur en carbone moyenne à élevée, généralement d'environ 0,5 à 1,0 pour cent.</p> |
| Arbre du barillet ¹³⁴ | <p>Corps cylindrique de formes diverses sur lequel sont fixés ou tournent d'autres organes. En horlogerie, le terme d'arbre est surtout utilisé pour le support du barillet (arbre de barillet). Arbre, axe et tige sont des expressions équivalentes. Les horlogers ont l'habitude de dire arbre de barillet (et non axe), axe de balancier (et non arbre), tige d'ancre (et non axe). Arbre de barillet : support du barillet et de son ressort. Il comporte une partie cylindrique, appelée bonde, munie d'un crochet auquel est attachée l'extrémité intérieure de la lame du ressort. L'arbre pivote d'une part dans la platine et de l'autre dans le pont de barillet.</p> <p>Dispositif comportant un doigt b fixé sur l'arbre de barillet et une petite roue a en forme de croix de Malte pivotant sur le couvercle du barillet. Ce mécanisme limite le nombre de tours, donc le degré d'armage du barillet.</p> |
| Arrêtage |  |

¹³³ L'acier à ressort [en ligne].

¹³⁴ Toutes les définitions et les illustrations des mots en italique proviennent de l'application pour smartphone « Dictionnaire de l'horlogerie » publié par la Fédération de l'industrie horlogère suisse [en ligne].

| | |
|---|---|
| Automat ¹³⁵ | Les termes « Automat. » (allemand) ou « automatic » (anglais) étaient utilisés par certains fabricants d'instruments de musique mécaniques pour désigner un instrument déclenché par l'insertion d'une pièce de monnaie. Cependant, l'appellation « instrument de musique automatique » désigne également tout instrument capable de reproduire de la musique préprogrammée sur un cylindre, un disque ou une partition perforée, sans que l'opérateur doive posséder des connaissances musicales. |
| Bonde | Partie de l'arbre du barillet qui porte le crochet auquel est attaché le ressort. |
| Brevet ¹³⁶ | Un brevet est un droit exclusif accordé pour une invention, qui est un produit ou un procédé offrant, en général, une nouvelle manière de faire quelque chose ou proposant une nouvelle solution technique à un problème. Pour obtenir un brevet, des informations techniques sur l'invention doivent être divulguées au public dans une demande de brevet. |
| Bronzine ¹³⁷ | Des poudres de laiton de diverses compositions et couleurs, brossées ou pressées sur des mordants à base d'huile siccative ou d'oléorésine appliqués sur la surface en fer, puis vernies pour leur éclat et leur protection. |
| Cliquet | Levier muni d'un bec qui pénètre dans la denture d'une roue sous l'action d'un ressort. Le cliquet a généralement pour fonction de permettre le mouvement de la roue dans un sens seulement et de bloquer cette roue qui arme un ressort, p.ex. rochet au barillet.  |
| Contre-pivot | Pierre non percée, plate d'un côté et bombée de l'autre. (...) Ce dispositif améliore la stabilité du frottement et diminue l'usure des surfaces en contact. |
| Cordes filées ¹³⁸ | Les cordes graves du piano sont dites cordes filées car elles sont constituées de 2 fils. Un fil principal, fait d'acier carboné, appelé le fil d'âme et un deuxième fil, fait de cuivre, enroulé autour du premier fil. Le fil d'âme possède exactement les mêmes caractéristiques que les cordes à piano d'acier. Le deuxième fil permet d'augmenter le poids de la corde et lui permet de produire un son plus grave. L'augmentation du poids de la corde permet par ailleurs de prolonger la durée de vibration de cette corde. |
| Croix de Malte | Voir arrêlage. |
| Dynamique ¹³⁹ | La dynamique fait référence à l'énergie globale d'un morceau, généralement mesurée en fonction du volume sonore ou de la douceur du morceau |
| Engrenage hélicoïdal | En mécanique. Les dentures sont taillées en hélices et les axes peuvent se croiser sous des angles quelconques. Le nombre des dents en prise pendant l'engrènement reste constant ; les pressions sont réparties sur plusieurs dents. Le fonctionnement de ce genre d'engrenage est doux et silencieux. |
| Gamme chromatique ¹⁴⁰ | En théorie de la musique, l'échelle chromatique, ou gamme chromatique, est une échelle musicale composée de douze degrés, séparés les uns des autres par un demi-ton. |
| Menant, menante | Qui conduit. Une roue menante en conduit une autre. Dans le rouage de la montre, les roues sont menantes et les pignons menés. |
| Mobiles | Dans une montre, les roues et les pignons. |

¹³⁵ Bowers, 1972, p.947.

¹³⁶ Patents [en ligne]. Traduits de l'anglais par l'auteure.

¹³⁷ Matero, 1994, p.202.

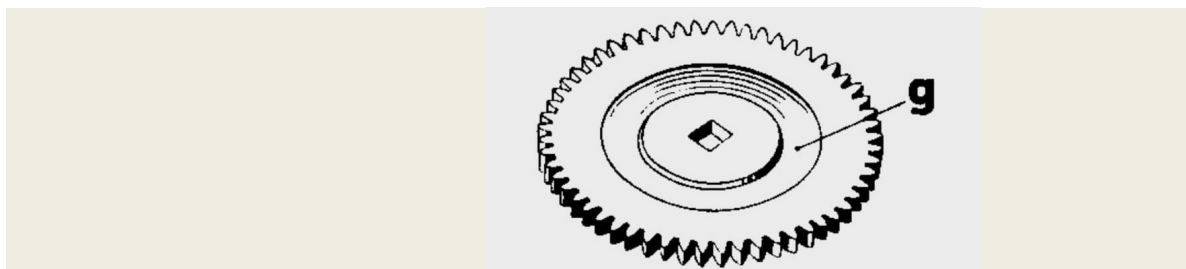
¹³⁸ Cordes filées [en ligne].

¹³⁹ Dynamique [en ligne].

¹⁴⁰ Gonin et le Touzé, 2002, p.7.

| | |
|--|--|
| Modèle d'utilité ¹⁴¹ | Système similaire aux systèmes des brevets, valables uniquement dans certains pays. En général, par rapport aux brevets, les systèmes de modèle d'utilité exigent le respect de conditions moins strictes (par exemple, un niveau d'inventivité plus faible), ont des procédures plus simples et offrent une durée de protection plus courte. Conçus principalement pour répondre aux besoins des innovateurs locaux, les exigences et les procédures pour obtenir une protection ainsi que la durée de la protection varient d'un pays à l'autre. Ils sont parfois appelés « brevets à court terme », « innovations utilitaires » ou « brevets d'innovation ». |
| Monnayeur ¹⁴² | Appareil commandé par l'introduction d'une pièce de monnaie. La définition du terme « orchestrion » a évolué depuis sa première utilisation, attestée à la fin du XVIII ^e siècle, lorsqu'il désignait un instrument combinant un piano et un orgue, possédant une certaine valeur esthétique mais nécessitant l'intervention d'un musicien professionnel en raison de sa complexité ¹⁴³ . Pendant le XIX ^e siècle, ce terme est utilisé de manière variée pour décrire divers types d'instruments, tels que des orgues de barbaries, des orchestrions à piano avec ou sans clavier avec effets de percussion, ou encore de petits orchestrions de style « cabinet », regroupant plusieurs instruments ¹⁴⁴ . À la même époque, des instruments tels que les boîtes à musique à disques (tels que le « Polyphon » ou le « Symphonion »), les pianos pneumatiques ou mécaniques (comme le « Regina Sublima » ou le « Piano Melodico »), les pianos à cylindres ou encore les organettes (tels que l'« Orchestrion Harmonette ») étaient également qualifiés d'orchestrions, une appellation contestée par certains collectionneurs aujourd'hui ¹⁴⁵ . Au tournant du XX ^e siècle, ce terme désignait plus spécifiquement un instrument de taille conséquente, offrant une expérience acoustique similaire à celle d'un orchestre, grâce à la combinaison de différents types d'instruments ou à la modulation des sonorités d'un seul instrument, comme un instrument à cordes frappées ou à vent ¹⁴⁶ . |
| Orchestrion | |
| Piano ¹⁴⁷ | Instrument de musique à cordes frappées muni d'un clavier. |
| Pignon | En horlogerie, organe denté qui compte généralement 6 à 14 dents ou ailes. |
| Prototype ¹⁴⁸ | Premier exemplaire construit d'un ensemble mécanique, d'un appareil, d'une machine et qui est destiné à en expérimenter en service les qualités en vue de la construction en série. |
| Rapporter des dents | Supprimer, limer sur une roue les dents défectueuses, ajuster et souder une plaquette de laiton dans laquelle on façonne à la lime les dents manquantes. |
| Roue de rochet | Roue dentée, fixée par un carré sur l'arbre de barillet de la montre. Un cliquet, non représenté ici, immobilise le rochet dans le sens du désarmage. Les rochets sont quelquefois munis d'une gouge polie g. Syn. ou équiv.: (anc.) rochet de remontoir. |

¹⁴¹ Utility models [en ligne]. Traduits de l'anglais par l'auteure.¹⁴² Monnayeur [en ligne].¹⁴³ Dolan, 2003, p.10 et 11.¹⁴⁴ Bowers 1972, p.967.¹⁴⁵ Id.¹⁴⁶ Jüttemann, 2019, p.282.¹⁴⁷ Piano [en ligne].¹⁴⁸ Prototype [en ligne].



**Table
d'harmonie¹⁴⁹**

Surface en bois ou en peau, de fine épaisseur, sur laquelle passent les cordes des instruments. La table d'harmonie du piano a pour fonction de transmettre et d'amplifier le son des cordes du piano.

¹⁴⁹ La table d'harmonie du piano [en ligne].

**Étude et restauration d'un « Piano Orchestrion Automat. » à
entraînement ressort du Musée des Automates à Musique de
Seewen (SO).**

ANNEXES

Mémoire présenté par :

Léa Girardin

Pour l'obtention du

Master of Arts HES-SO in Conservation-restoration

Orientation objets scientifiques, techniques et horlogers

Année académique 2023-2024

Remise du travail : 15.07.2024

Jury : 03.09.2024

Nombre de pages : 83

Table des matières

| | |
|---|----|
| Table des matières | 1 |
| I. Schémas et illustrations | 3 |
| a. Représentation « en éclatée » des différents éléments du mécanisme de l'instrument | 3 |
| b. Schéma détaillé de la barre de suivi | 4 |
| c. Mécanisme moteur et nomenclature | 5 |
| d. Schéma du barillet | 7 |
| II. Spectres FTIR | 8 |
| e. Peintures du cabinet | 8 |
| f. Peinture du mécanisme moteur | 12 |
| g. Autres | 14 |
| III. Échantillons en coupe | 15 |
| h. Calculs des rapports de transmission | 17 |
| i. Schémas du monnayeur | 19 |
| j. Schéma du réglage du volume et de la tonalité | 25 |
| IV. Qui était Karl Robert Bendel ? | 26 |
| k. Les modèles d'utilité (D.R.G.M) n°69'132 et n°98'783 | 29 |
| l. Le brevet n°19'316 de Carl Bendel | 31 |
| V. Photographies complémentaires au constat d'état | 33 |
| m. Instrument | 33 |
| n. Mécanisme moteur | 34 |
| o. Cabinet | 36 |
| VI. Étude comparative avec l'orchestrion de Bruchsal | 42 |
| VII. Questionnaire de de Bruyn-Ouboter | 50 |
| VIII. Tests de mouillabilité | 52 |
| IX. Tests de solubilité | 53 |
| X. Tests d'adhérence des adhésifs | 55 |
| XI. Tests de réintégration picturale pour le revêtement du cabinet | 55 |
| XII. Tests de réintégration picturale pour le mécanisme moteur | 58 |
| XIII. Protocol de démontage et de remontage du ressort | 60 |
| XIV. Photographies après traitement | 66 |
| XV. Données techniques et fiches de sécurité des produits utilisés | 70 |
| p. Aquazol® 200 | 70 |
| q. Methocel MC - Fluka® | 71 |
| r. Plexigum® PQ 611 | 73 |
| s. Regalrez® 1094 | 74 |

| | | |
|-------|---|----|
| XVI. | Interventions réalisées après le rendu du dossier..... | 75 |
| t. | Les ponts en laiton de l'arbre à marteau | 75 |
| u. | La création d'une nouvelle pièce du maintien du couvercle ouvert | 75 |
| v. | Déplacement de l'accroche du ressort | 76 |
| w. | Tests de consolidation des déchirures dans les partitions | 77 |
| XVII. | Réglages réalisés après le rendu du dossier..... | 77 |
| x. | Réglage de la hauteur des marteaux..... | 77 |
| y. | Réglages : Ajustement de l'emplacement et de l'alignement des marteaux..... | 78 |
| z. | Réglages : Ajustement de la hauteur des goupilles et de leur forme | 79 |
| aa. | Réglages : Hauteur et angle d'inclinaison des ressorts | 79 |
| bb. | Réglages : Ajustement de la force de pression du cylindre en bois et des cylindres de transport..... | 80 |
| cc. | Réglages : Ajustement de la distance entre les deux guides du plateau ajouré | 81 |
| dd. | Réglages : Ajustement de la force des ressorts de rappel des touches | 82 |
| ee. | Réglages : Ajustement du positionnement et de l'angle de contact des ressorts de l'arbre « Fortissimo » | 82 |
| ff. | Réglages : Accordage de l'instrument | 83 |

I. Schémas et illustrations

a. Représentation « en éclatée » des différents éléments du mécanisme de l'instrument

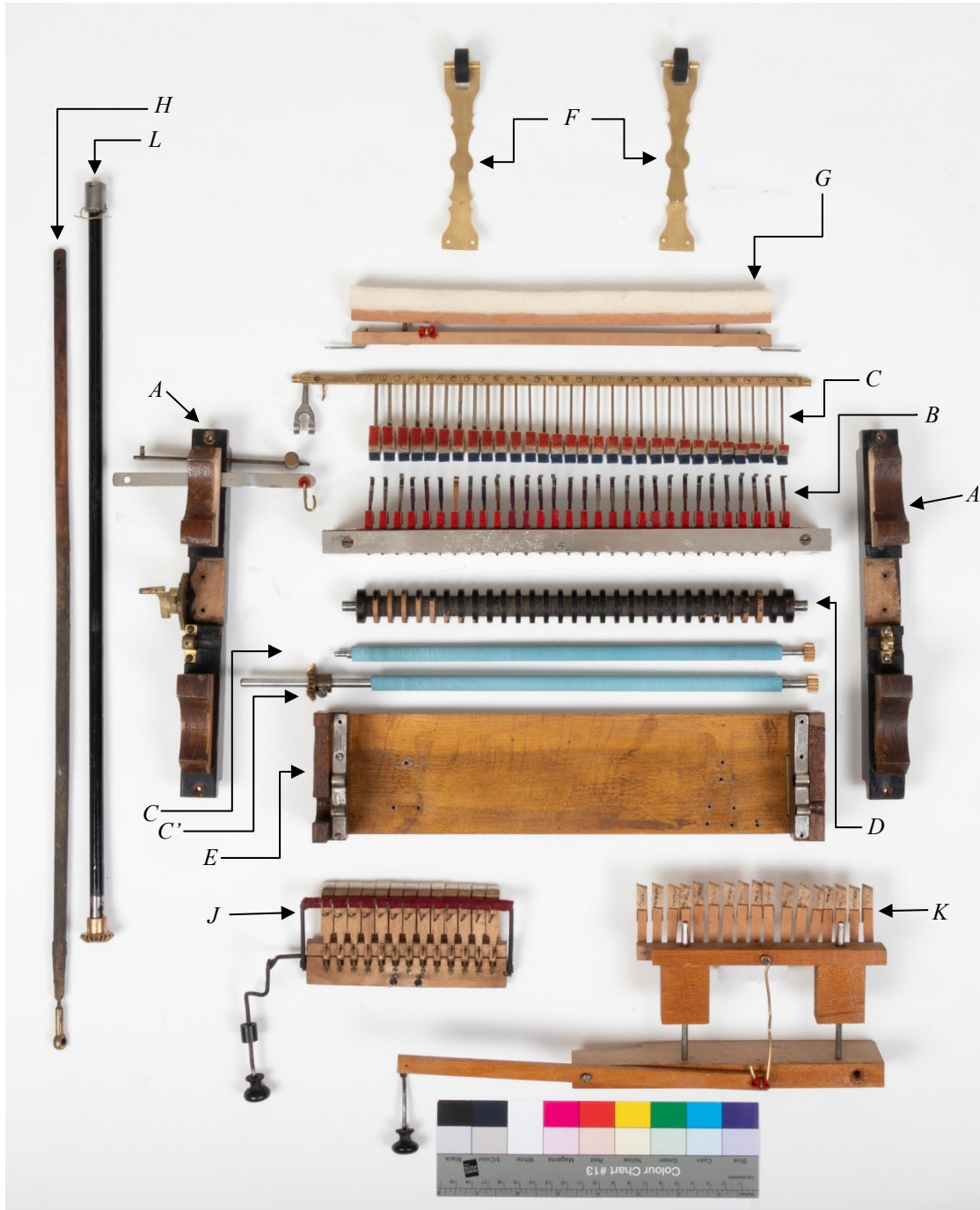


Figure 1 : Éléments constituant le mécanisme du jeu automatique de l'instrument. Après traitement.

Le mécanisme de l'instrument est constitué des éléments suivants : A) Ponts en bois ; B) Barre de suivi ; C-C') Cylindres de transport ; D) Cylindre en bois ; E) Couvercle de la barre de suivi ; F-F') Tiges à

roulettes ; G) Tige recouverte d'un feutre pour l'effet Piano Forte ; H) Tige en bois reliée d'une part au levier oscillant du mécanisme moteur et d'autre part à l'arbre à marteau; I) Arbre à marteaux du piano ; J) Arbre pour l'effet « Fortissimo » ; K) Arbre pour l'effet « Mandoline » ; L) Tige métallique qui est en fait un prolongement de l'axe du deuxième mobile, et qui, grâce à son pignon conique, engrène dans le pignon conique du cylindre de transport inférieur.

b. Schéma détaillé de la barre de suivi

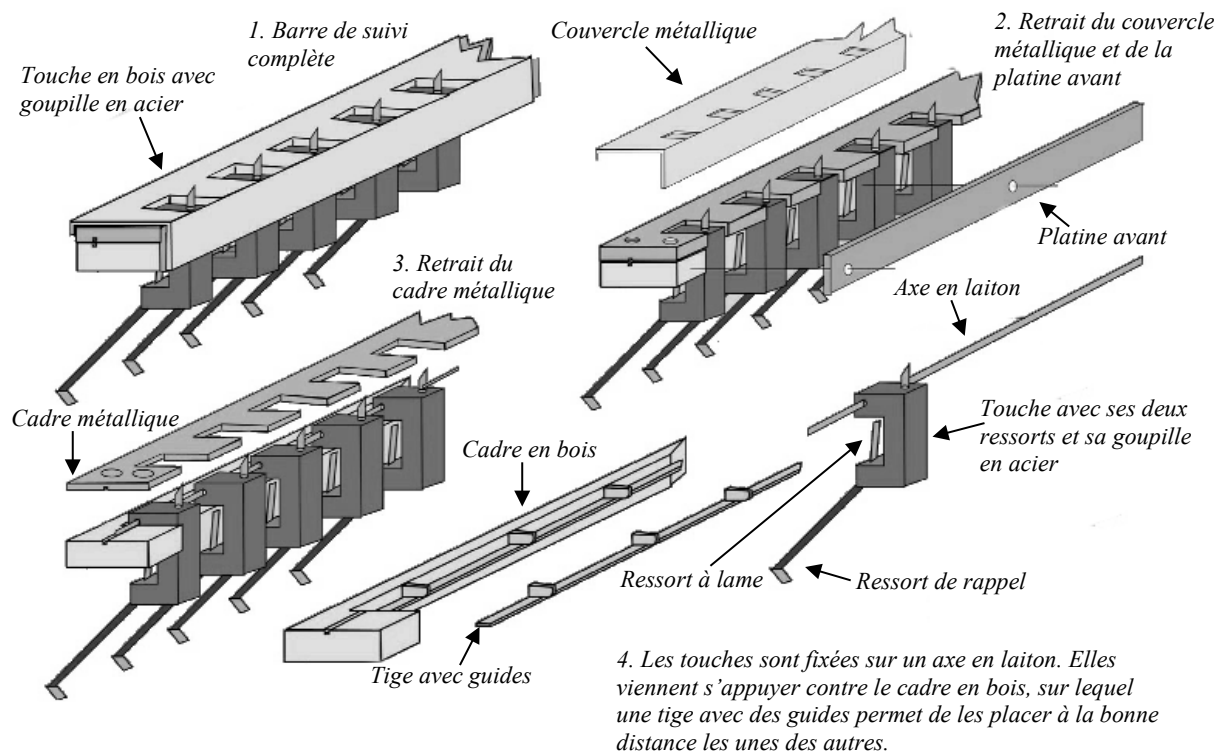


Figure 2 : Le démontage pas à pas de la barre de suivi ©C. Greinacher, 2003 – traduit en français par l'auteur.

c. Mécanisme moteur et nomenclature

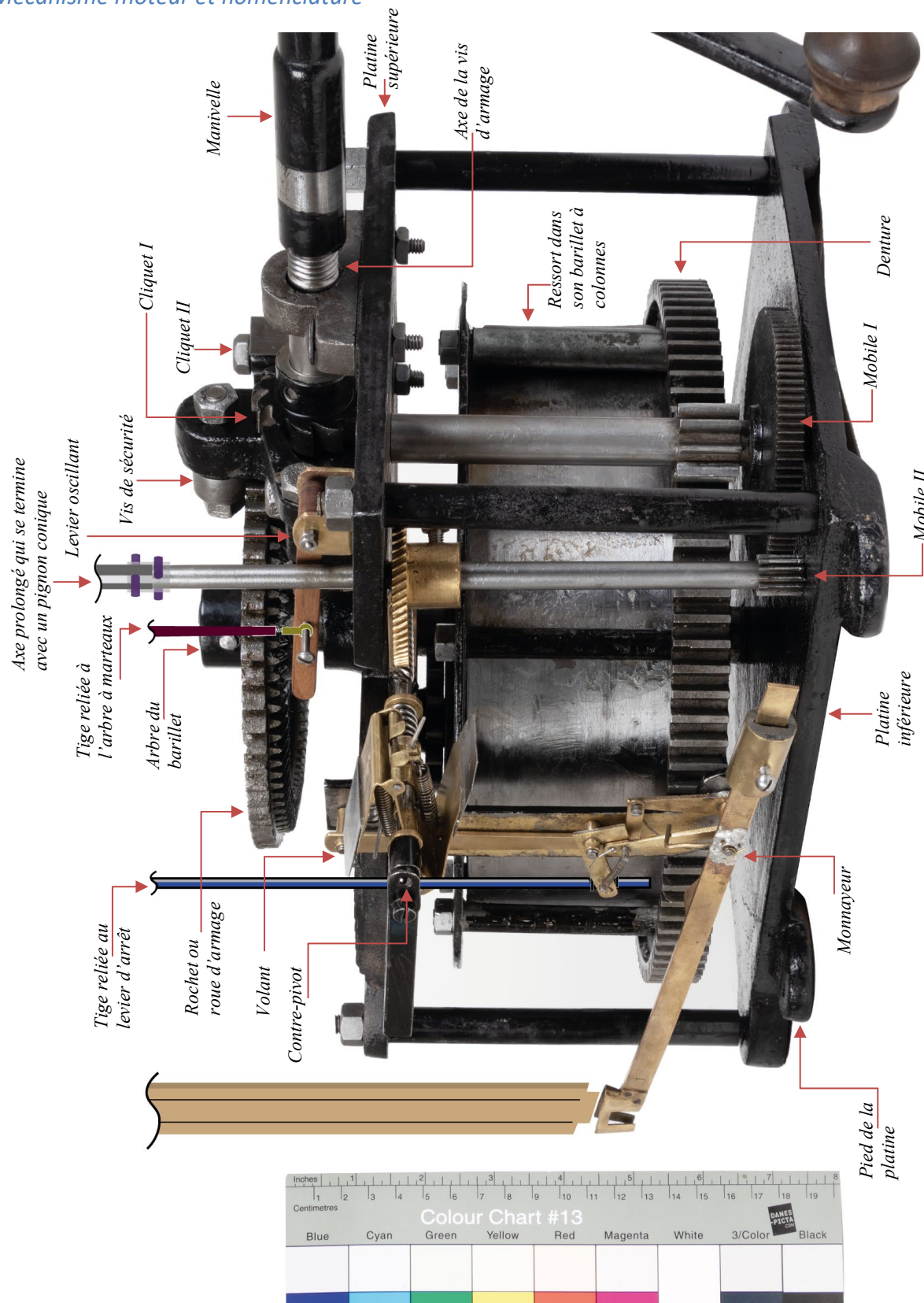


Figure 3 : Vue de ¾. Partiellement remonté – les tiges sont figurées par des illustrations.

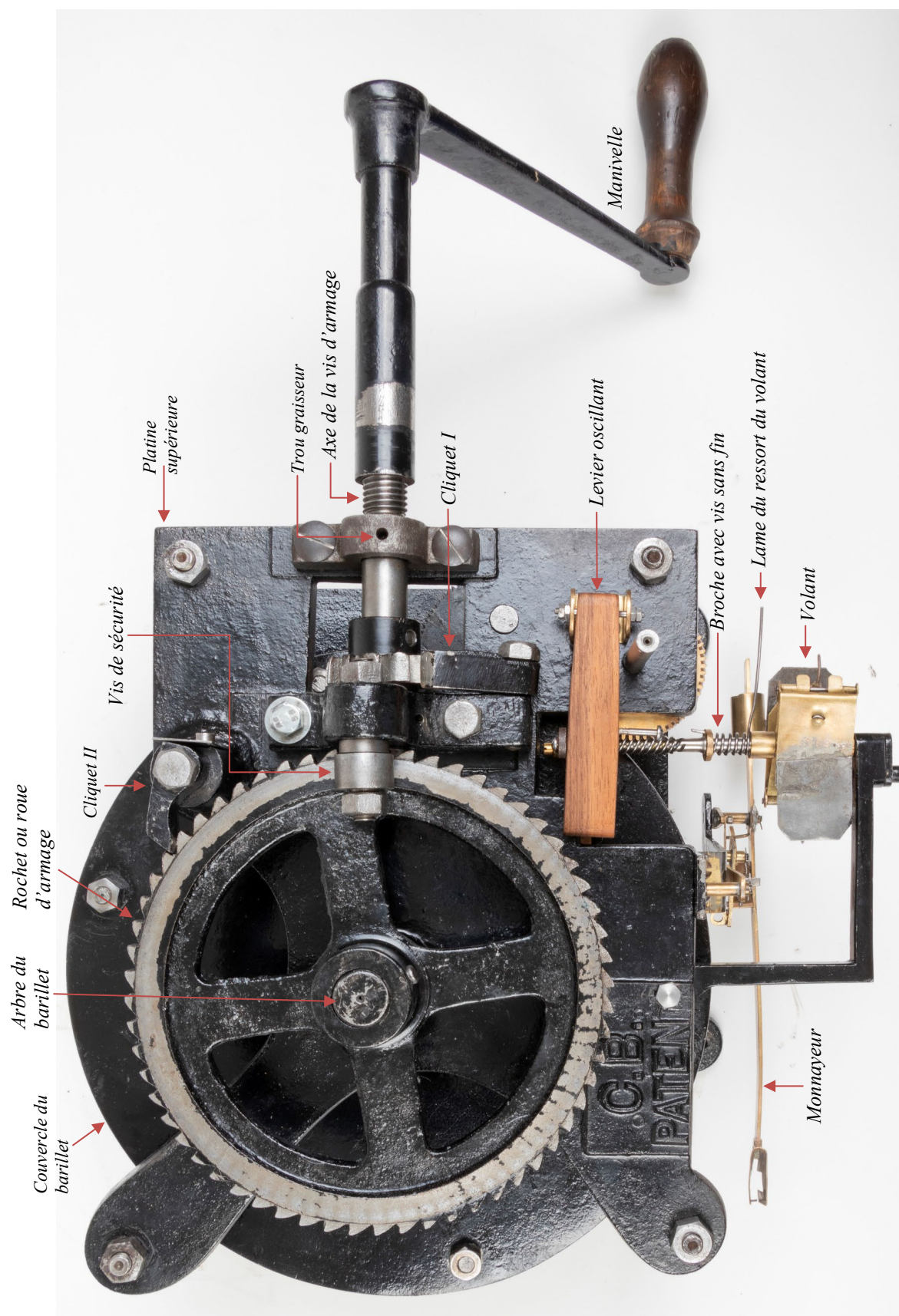


Figure 4 : Vue du dessus.

d. Schéma du barillet

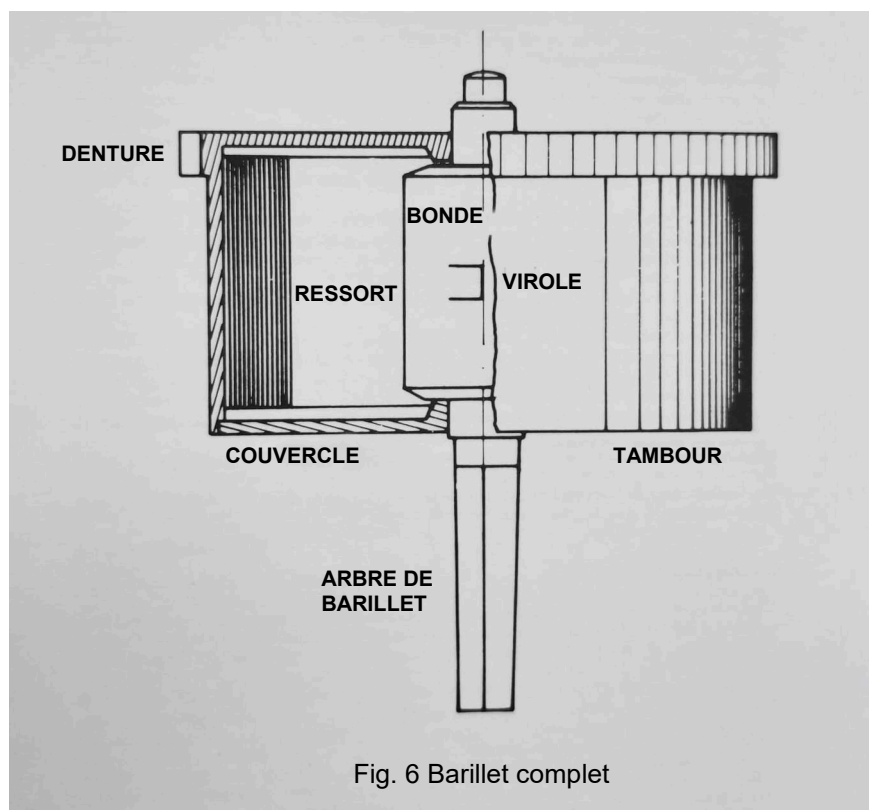


Figure 5 : Le barillet ©Nicolet, 1980

II. Spectres FTIR

e. Peintures du cabinet

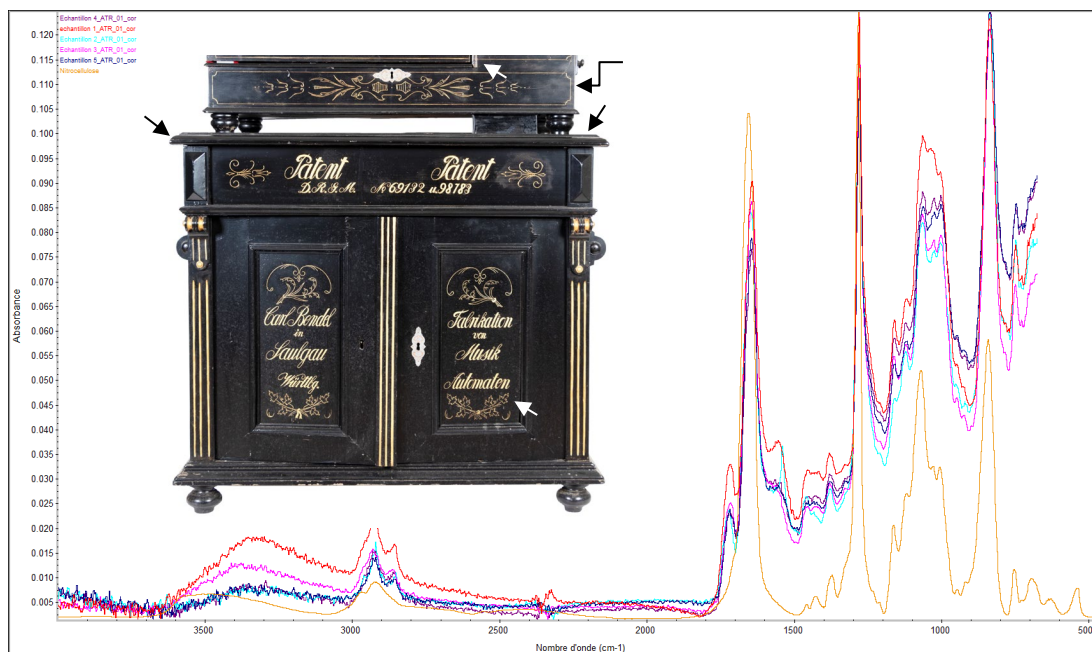


Figure 6 : Échantillon 1 (rouge) : bordure du plateau du cabinet ; Échantillon 2 (bleu clair) : sur la baguette arrière du boîtier de l'instrument ; Échantillon 3 (rose) : porte avant ; Échantillon 4 (violet) : Plateau du cabinet « craquelé » ; Échantillon 5 (bleu foncé) : Face avant du boîtier de l'instrument. Tous les échantillons, recto-verso, correspondent au nitrate de cellulose (en jaune).



Figure 7 : Spectres FTIR de la peinture du plateau du cabinet. Les pics à 1642, 1276, 1060 et 832 sont caractéristiques des nitrates de cellulose.

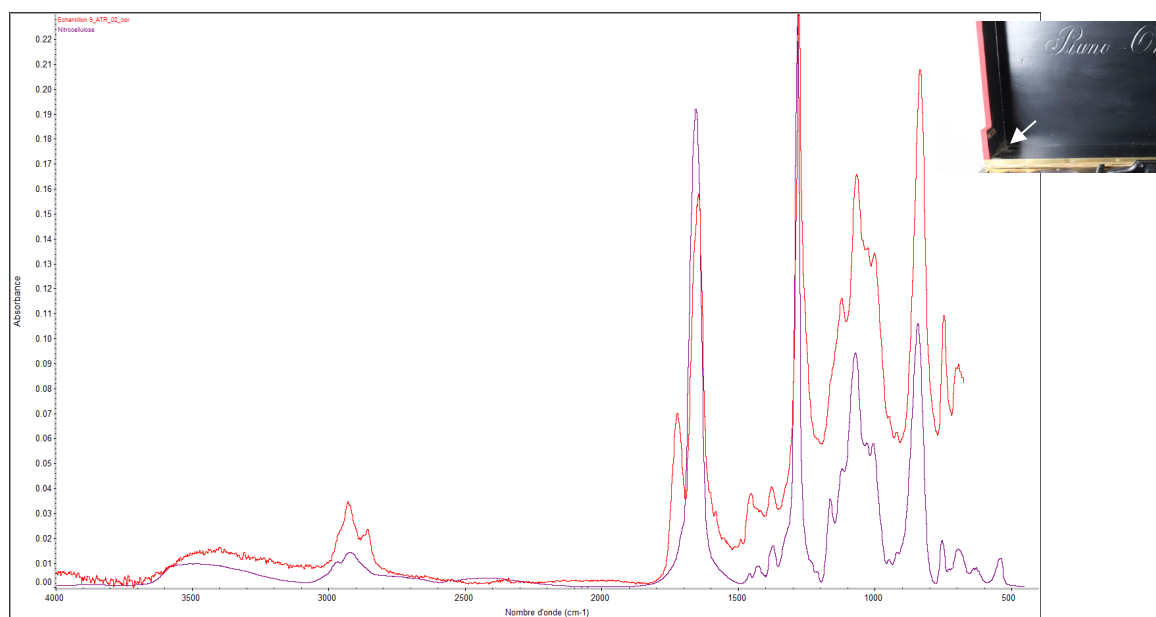


Figure 8 : Localisation : Intérieur du couvercle du boîtier de l'instrument. Nitrate de cellulose.

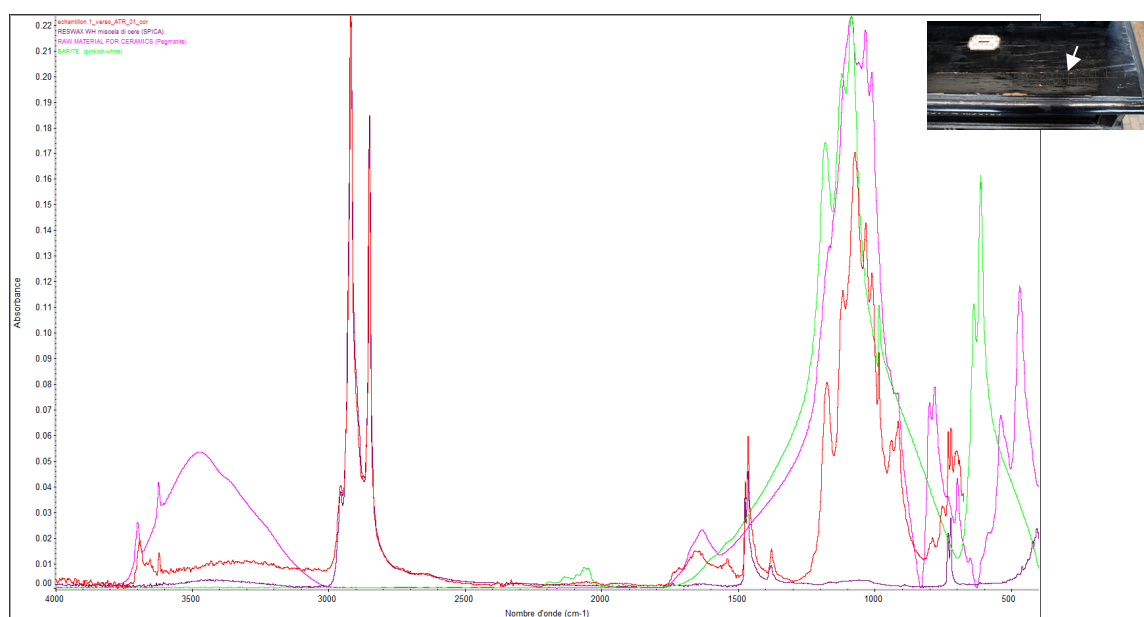


Figure 9 : Localisation : Sur le plateau du cabinet. Verso de l'échantillon. Nitrate de cellulose, cire et une charge.

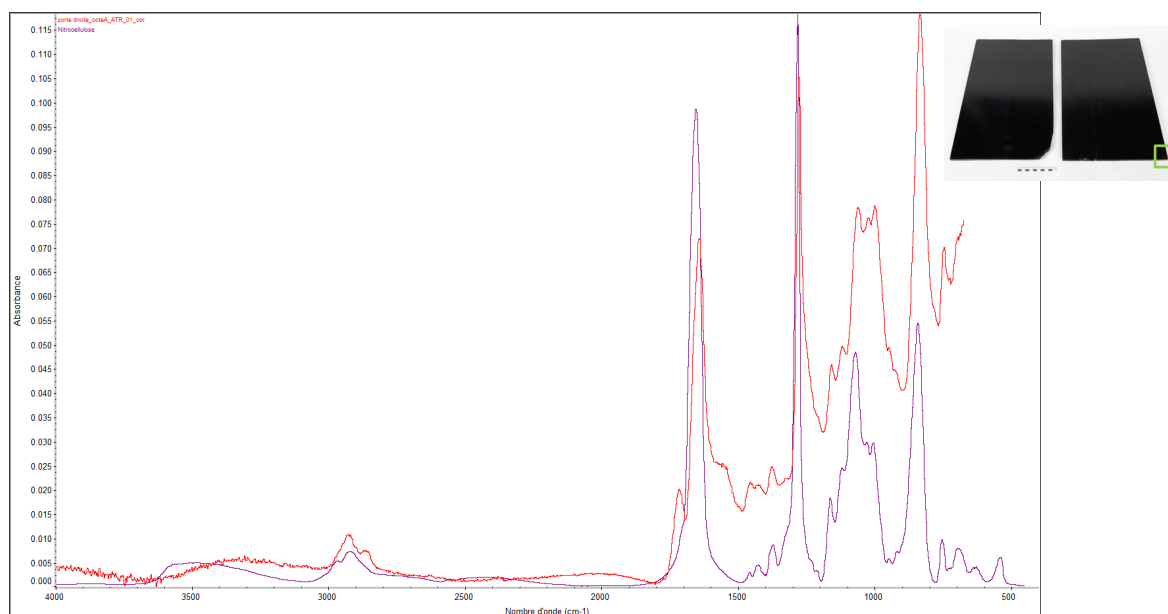


Figure 10 : Localisation : Porte partition de droite. Nitrate de cellulose.

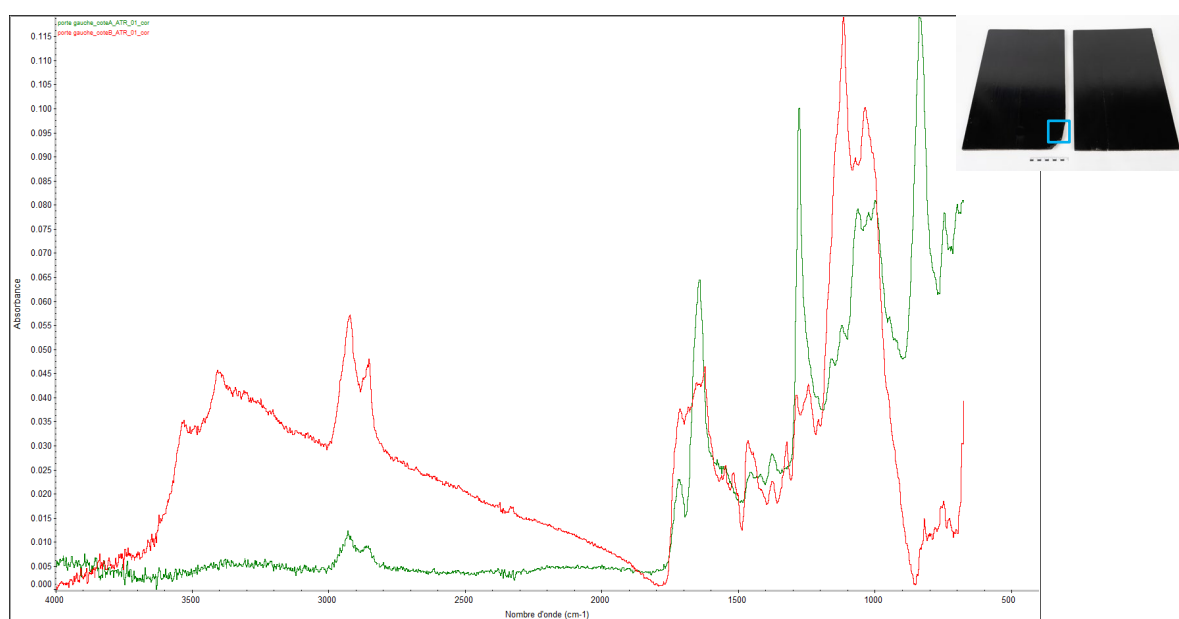


Figure 11 : Localisation : Porte partition de gauche. Nitrate de cellulose et gypse (trouvé sur le verso de l'échantillon).

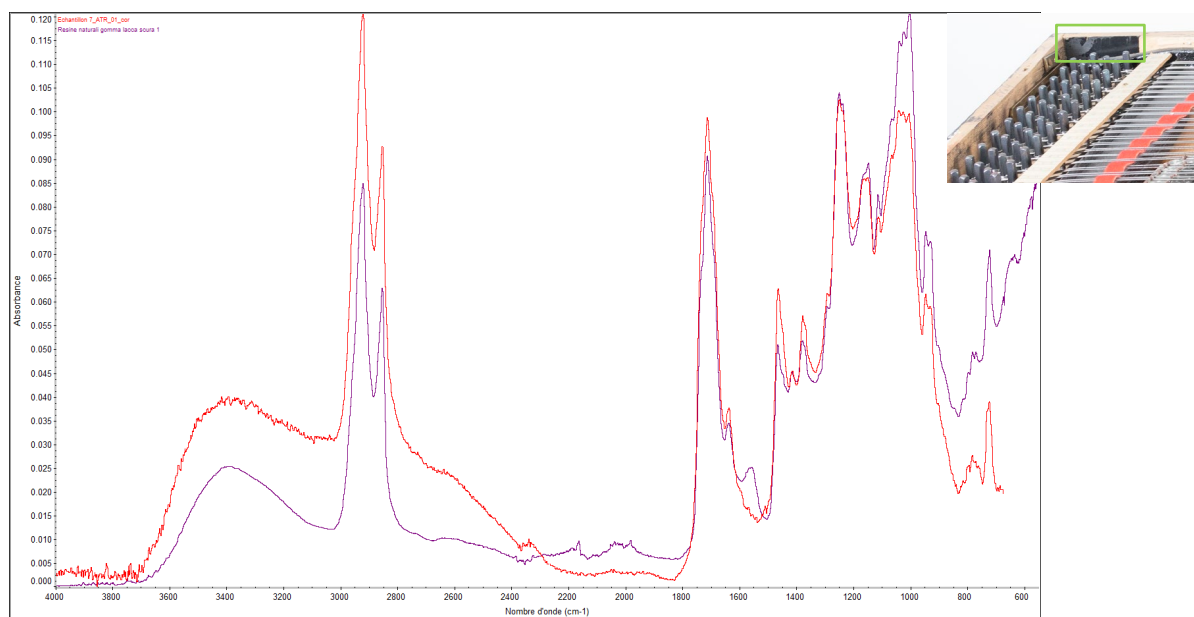
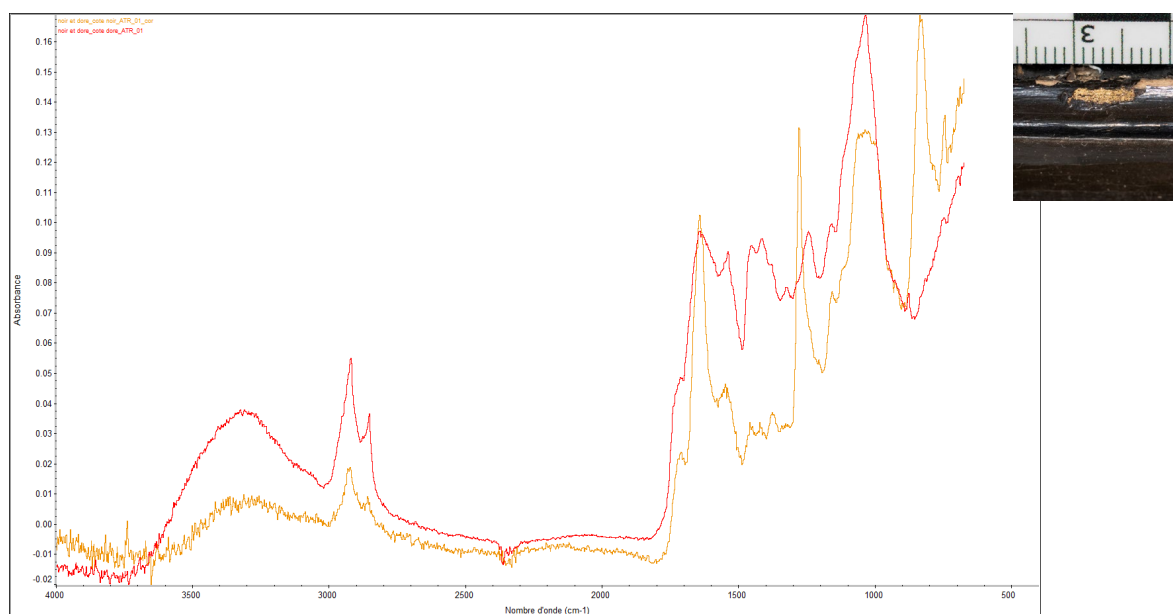


Figure 12 : Localisation : Intérieur du boîtier de l'instrument. Gomme laque.



*Figure 13 : Localisation : Echantillon avec peinture dorée prélevée sur la bordure supérieure du cabinet.
 Nitrate de cellulose et présence de produit de dégradation de la peinture dorée ?*

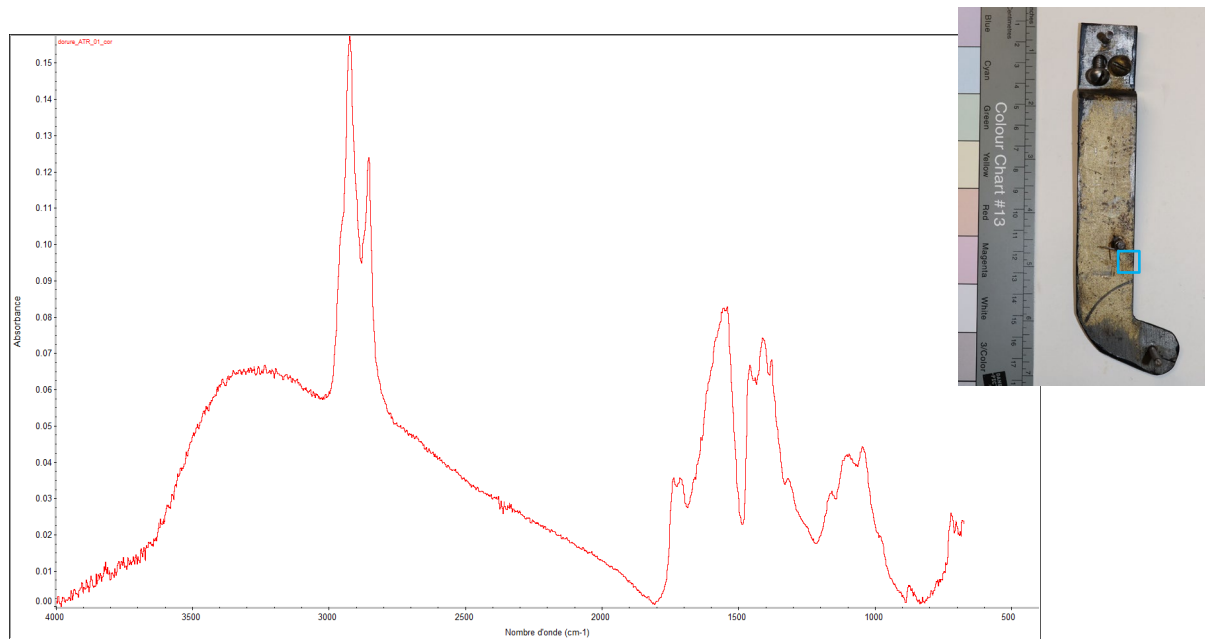


Figure 14 : Localisation : Echantillon avec peinture dorée prélevée de la pièce peinte du monnayeur. Produit de dégradation de la peinture dorée ?

f. Peinture du mécanisme moteur

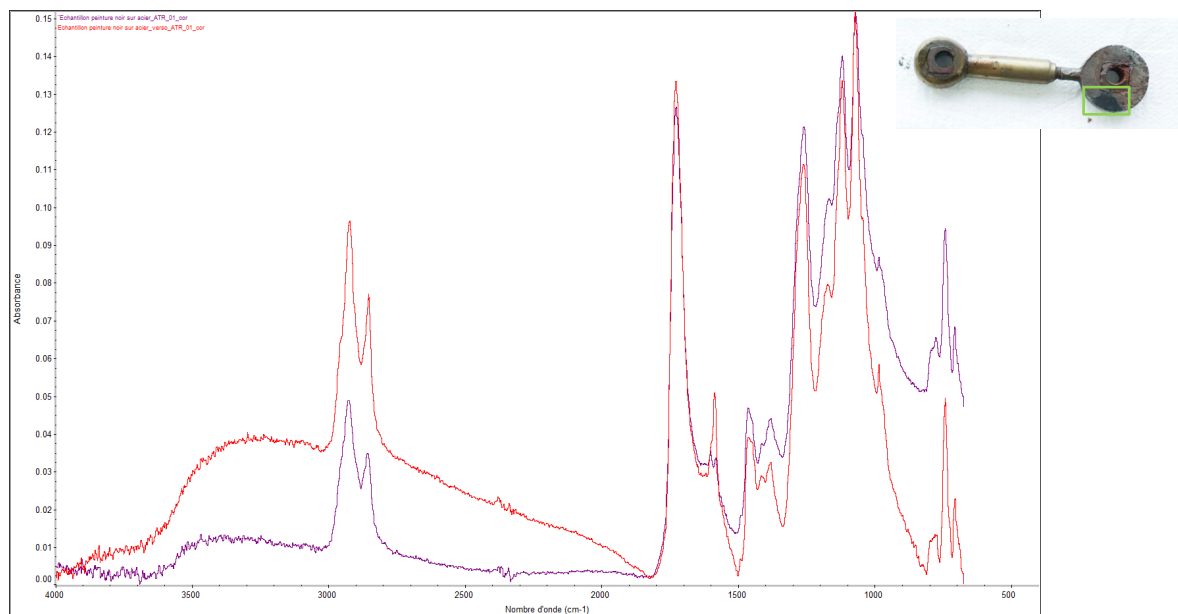


Figure 15 : Localisation : Peinture noire sur la vis en acier de la bielle du levier en bois. Résine alkyde.

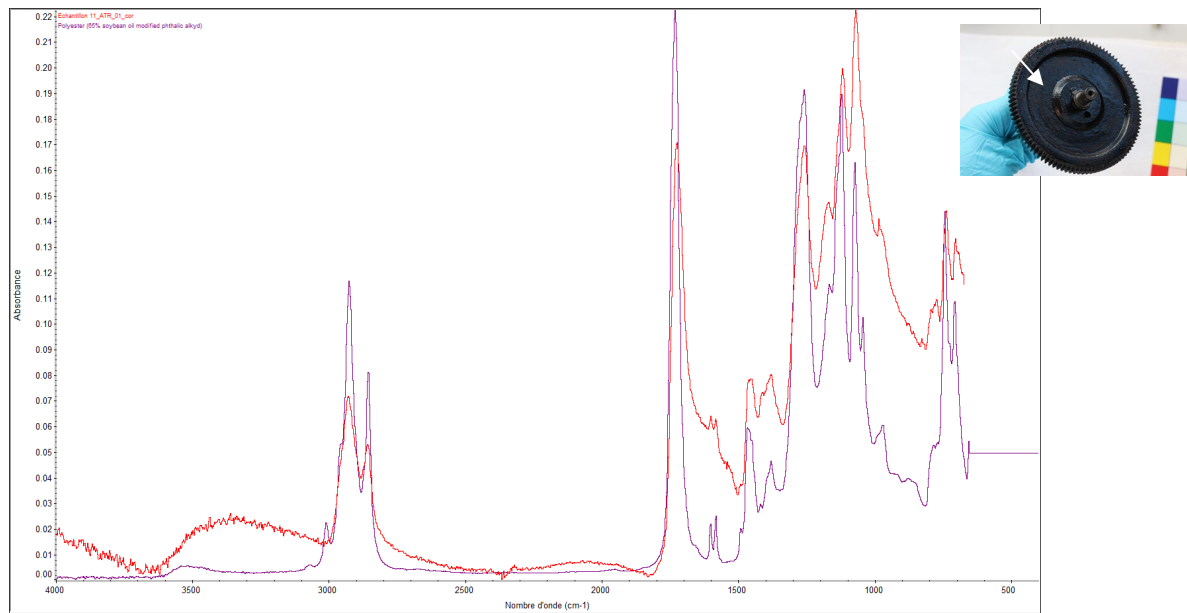


Figure 16 : Localisation : Rouage en fonte de fer. Résine alkyde.

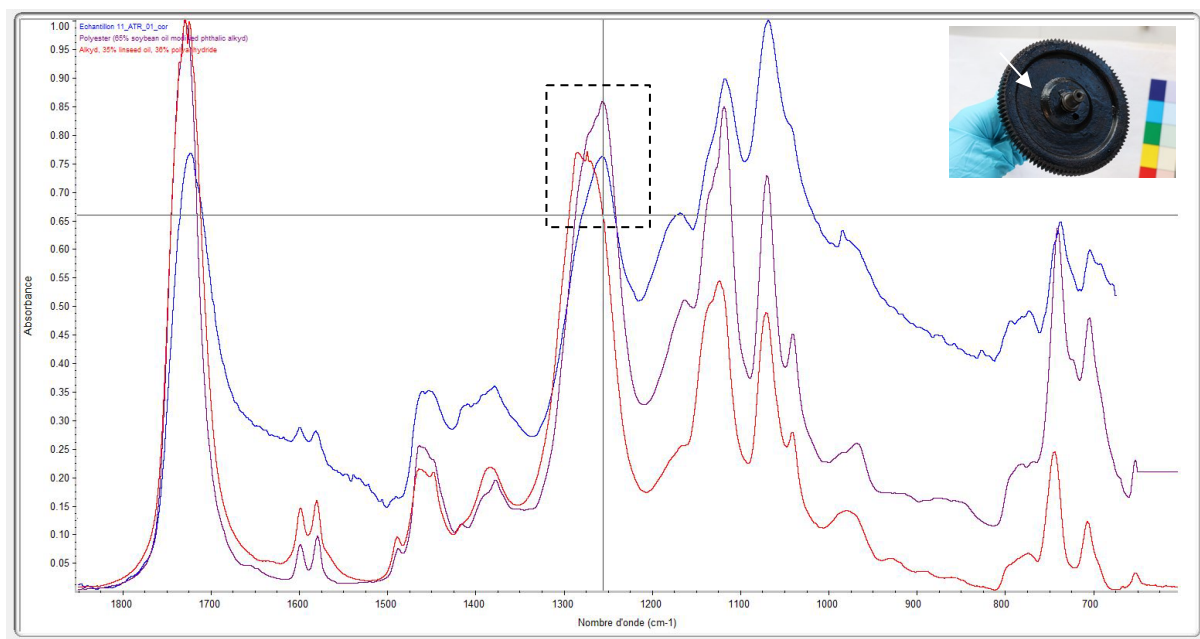


Figure 17 : Spectres de l'échantillon de peinture (bleu) comparé à des spectres de références de résines alkydes avec huile de lin (rouge) et huile de soja (violet). A titre d'exemple, le pic à 1256 montre une meilleure correspondance entre notre échantillon et la peinture de référence contenant de l'huile de soja.

g. Autres

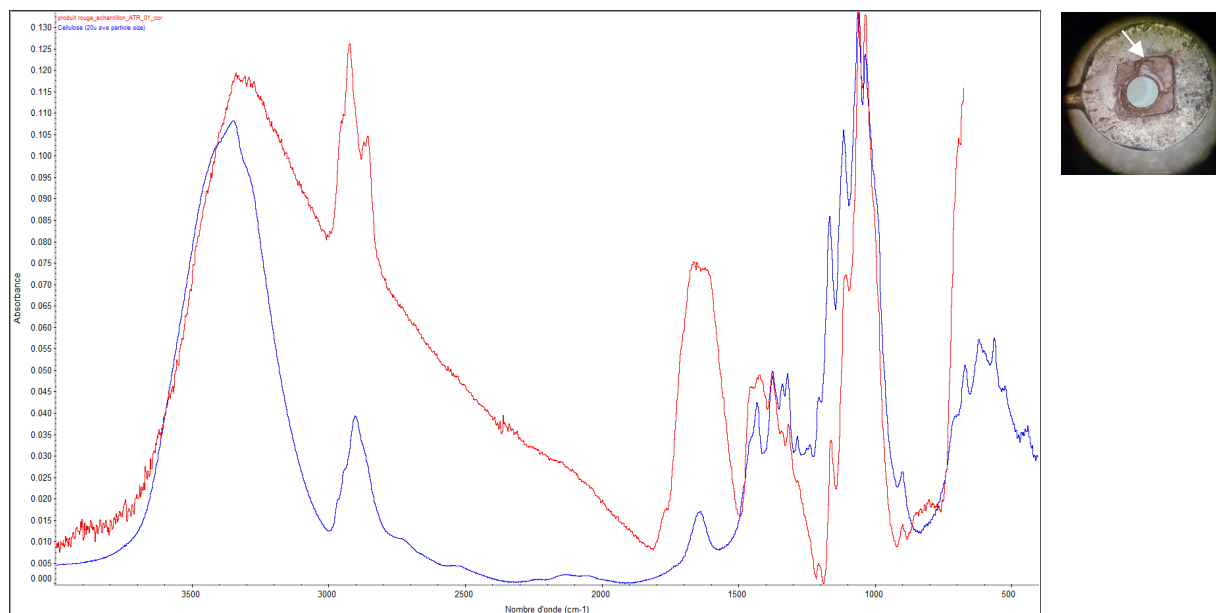


Figure 18 : Localisation : « Joint » des pièces rotatives du système breveté par Bendel. Pulpe de cellulose avec un liant (dont on ne connaît pas la nature).

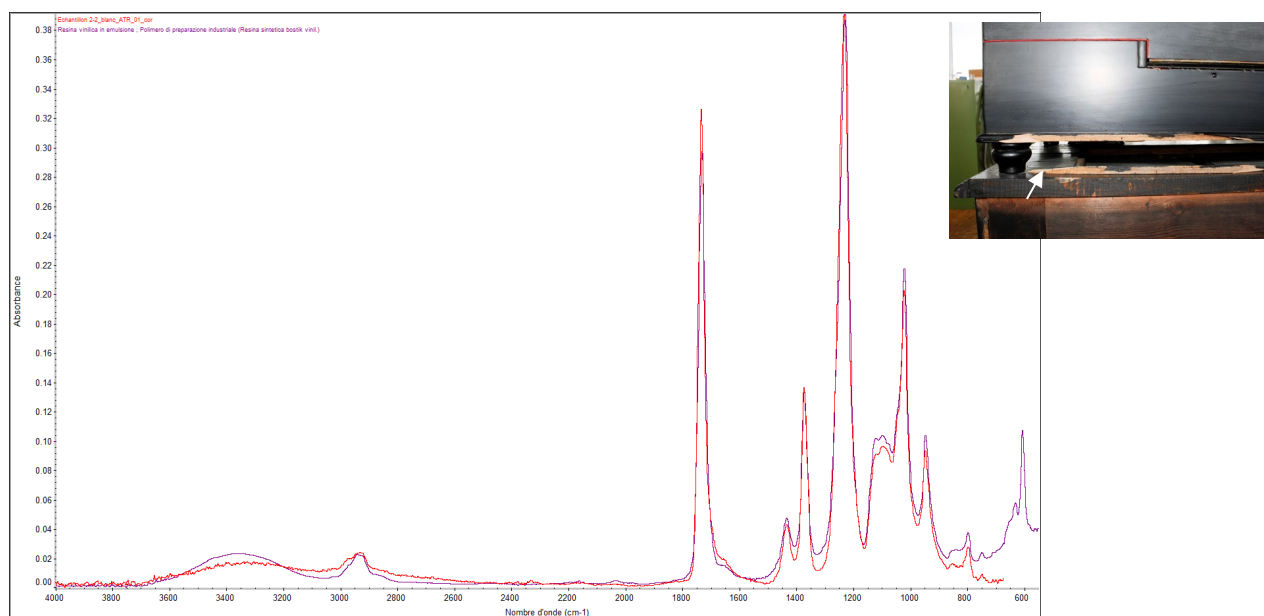


Figure 19 : Localisation : Baguette détachée du boîtier de l'instrument. Verso. Colle polyvinylique.

III. Échantillons en coupe

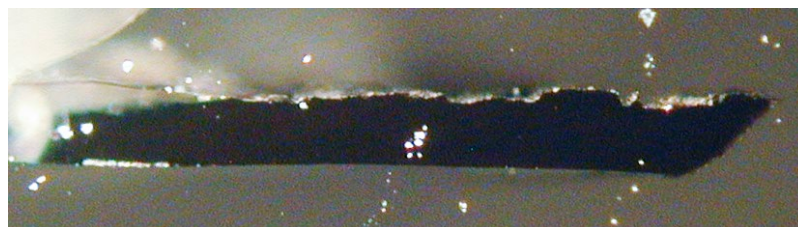
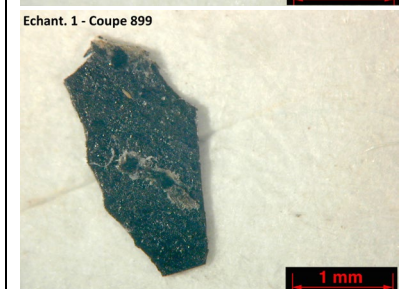
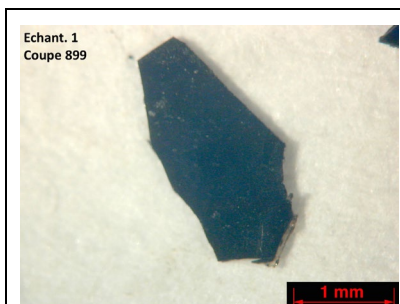


Figure 20 : Échantillon de la porte avant gauche. Agrandissement 20x.
 Ci-contre : Recto-verso.

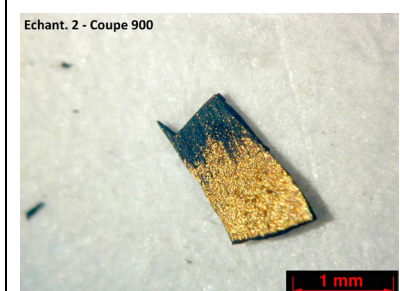


Figure 21 : Échantillon de la dorure sur l'avant du cabinet. Agrandissement 10x.

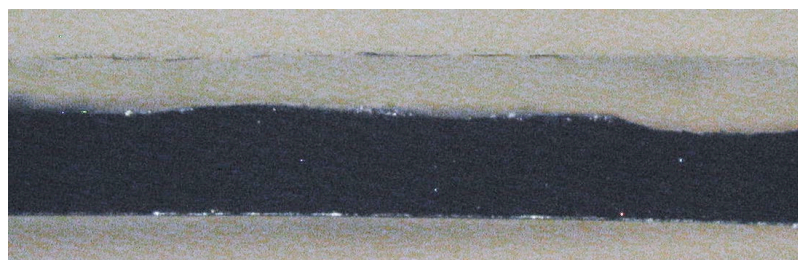
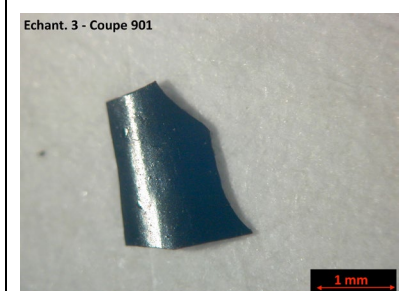


Figure 22 : Échantillon du dessus du plateau du cabinet. Agrandissement 20x.

Echant. 4 - Coupe 902

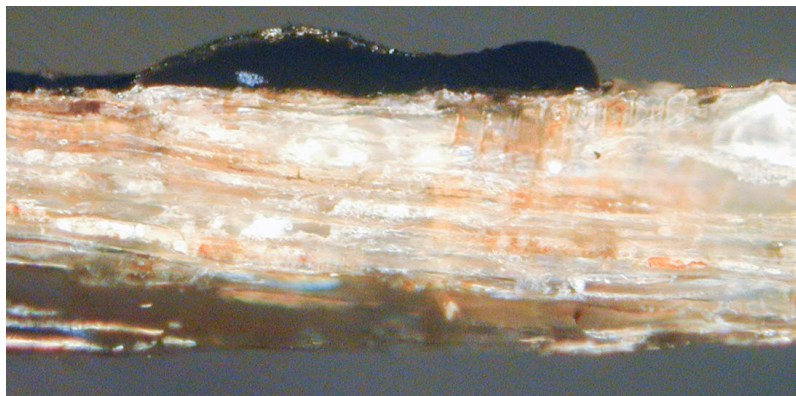


Figure 23 : Échantillon de l'arrière du boîtier de l'instrument.
 Agrandissement 20x.

Echant. 6 - Coupe 904

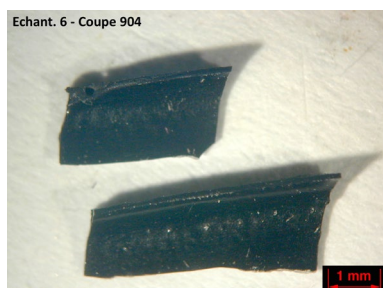


Figure 24 : Échantillon de l'intérieur du couvercle de l'instrument.
 Agrandissement 5x.

Echant. 7 - Coupe 905

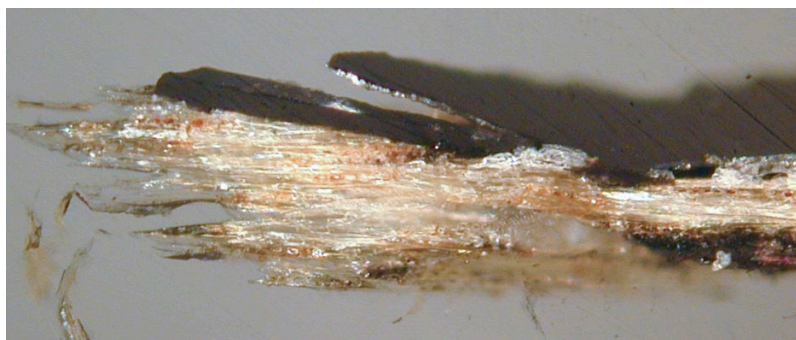
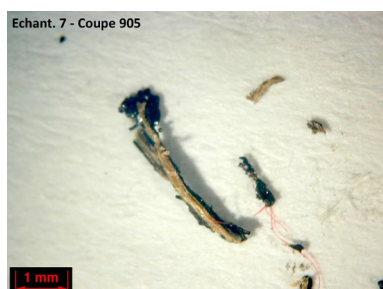


Figure 25 : Échantillon de l'avant du boîtier de l'instrument.
 Agrandissement 10x.

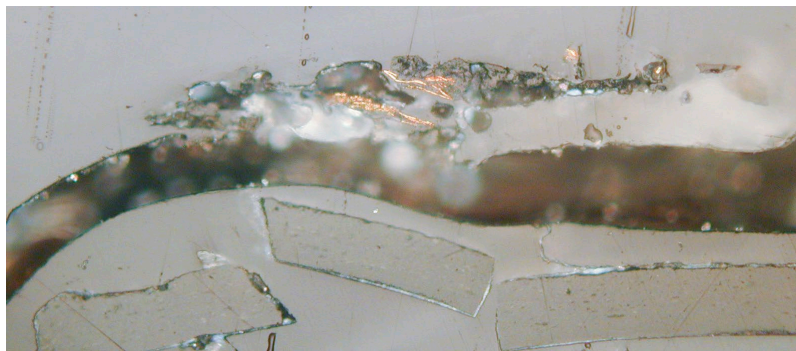


Figure 26 : Échantillon prélevé proche de la peinture dorée « originale ».
 Agrandissement 20x.

h. Calculs des rapports de transmission

Le rapport de transmission entre la roue *menante** (la denture du ressort) et la dernière roue menée (le pignon conique qui actionne les cylindres de transport) se calcule en divisant le nombre de dents ((Z) -Figure 27) des roues menantes par le Z des roues menées : $Z1/Z2 \times Z3/Z4 \times Z5/Z6 = 100/8 \times 100/13 \times 21/24 = 84$.

Dans un cas idéal où la force reste constante, le pignon conique qui entraîne les cylindres de transport, tournera 823 fois : 84 (calculé plus haut) \times le nbres de tours réels du barillet (9.8) = 823.2. Cela permettrait de jouer 23.05 mètres de partition : 823 (nbr de rotations du pignon conique) \times 2.8 cm (circonférence du cylindre de transport) = 2305 cm, sur une durée de jeu totale d'environ 13 minutes : 9.8 (nbr de tours effectifs du barillet) / 0.74 tr/min (nbr de tours par minutes du barillet) = 13.2 min¹.

La vitesse de rotation des engrenages² a été d'une part mesurée et d'autre part calculée : $N1 = 0.74$ tr/min ; $N2 = 9.25$ tr/min ; $N3 = 9.25$ tr/min ; $N4 = 70$ tr/min ; $N5 = 70$ tr/min ; $N6 = 61$ tr/min (N = Nombre de tours).

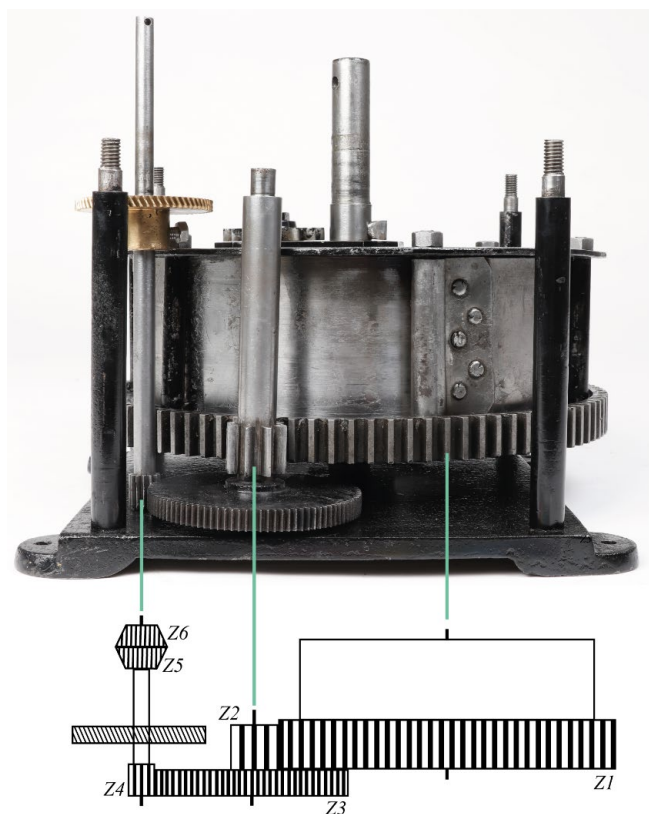


Figure 27 : Représentation photographique et schématique de l'engrenage, où $Z1 = 100$ dents, $Z2 = 8$ ailes, $Z3 = 100$ dents, $Z4 = 13$ ailes, $Z5 = 21$ dents, $Z6 = 24$ dents. $Z5$ et $Z6$ ne sont pas visibles sur la photographie, car ils se trouvent sur l'instrument de musique – il s'agit des pignons coniques des cylindres de transport des partitions.

L'ordre des engrenages doit se lire de droite à gauche.

¹ Temps réel mesuré : 12.40 minutes.

² La vitesse de rotation a été mesurée de manière empirique : le nombre de tours de la roue du premier mobile a été compté sur 1 minute de jeu, puis les autres ont été calculés.

i. Schémas du monnayeur

Le fonctionnement du monnayeur peut être découpé en cinq « états » :

1. État neutre : aucune partition n'est installée sur l'instrument. Le levier d'arrêt se trouve en position neutre. Si un utilisateur insère une pièce de monnaie, le volant sera brièvement libéré, mais aussitôt arrêté (*Figure 28*).
2. État armé : Lorsqu'une partition appuie sur le levier d'arrêt, celui-ci est alors forcé vers le bas. Ce faisant, il entraîne – par le biais de la tige – le bras articulé en « L », qui va légèrement pivoter. Son bras articulé va alors venir buter contre le rebord à l'arrière de la tige lestée (*Figure 29*).
3. État déclenché : Le monnayeur est « armé » grâce à l'action de la partition sur le levier d'arrêt. Un utilisateur insère une pièce de monnaie : Celle-ci fait basculer la tige lestée. Au moment où elle bascule, elle entraîne le bras articulé. Le volant est libéré, car la goupille qui le maintenait à l'arrêt est légèrement écartée, lui laissant l'espace nécessaire pour tourner (*Figure 30*).
4. Une fois que la pièce de monnaie est éjectée, la tige lestée cherche à revenir à sa position initiale, contre le conduit du monnayeur. Cependant, le bras mobile de la pièce en « L » heurte le rebord, l'empêchant de reprendre sa place (*Figure 31*). Le bras articulé sur lequel se trouve la goupille d'arrêt du volant reste ainsi légèrement décalé, ce qui permet au volant de tourner sans entraves.
5. État d'arrêt : La partition arrive à son terme et cesse d'appuyer contre le levier d'arrêt, qui remonte. Ce faisant, la pièce en « L » est poussée vers le bas. En pivotant, et grâce à une butée, elle va désengager le bras mobile du rebord à l'arrière de la tige lestée (*Figure 19*). La tige lestée peut alors reprendre sa place contre le conduit du monnayeur. Le volant est alors arrêté par la goupille, qui est redéplacée dans son périmètre.

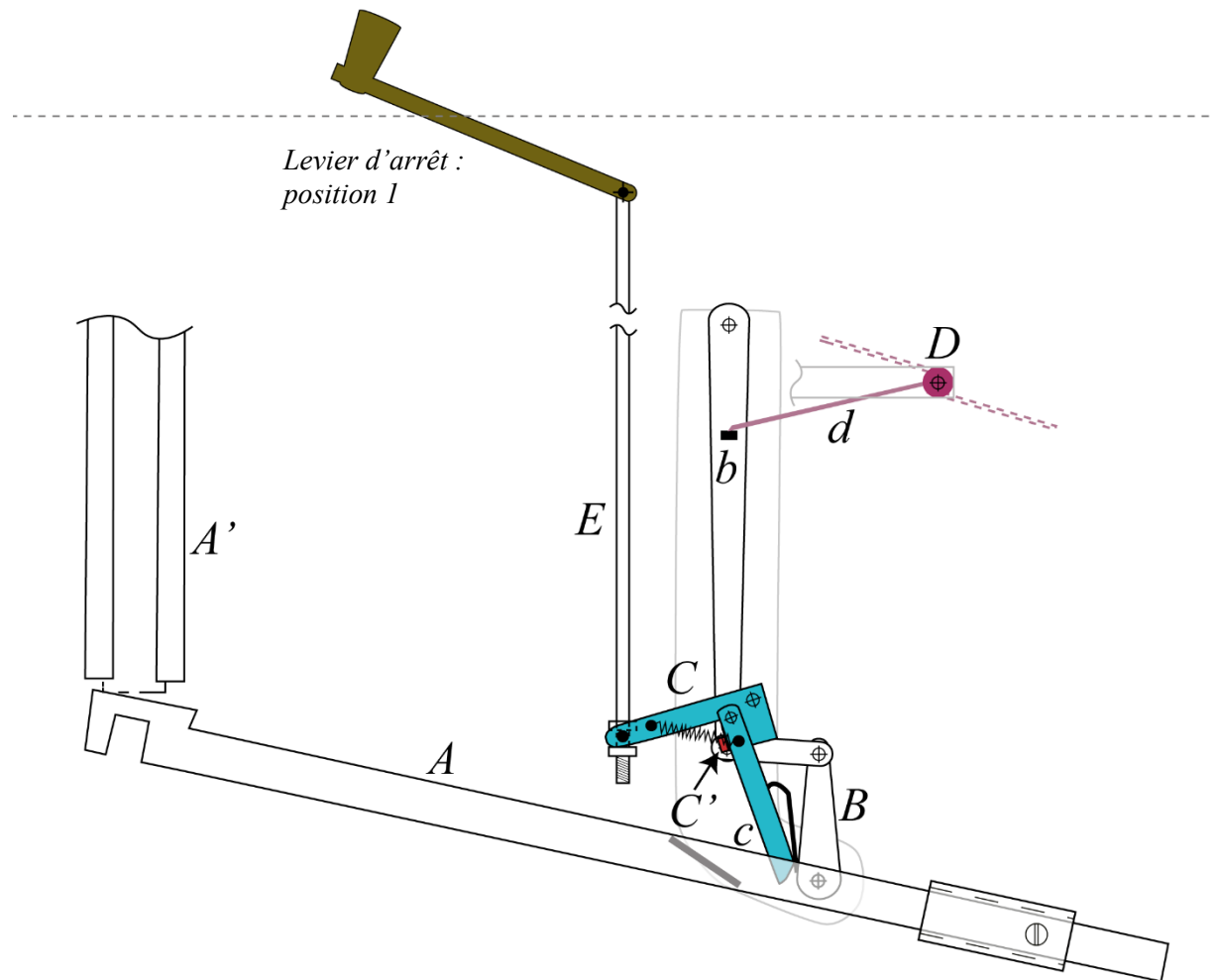


Figure 28 : État neutre : Il n'y a pas de partition sur l'instrument. Le levier d'arrêt est en position haute. La tige lestée (A) appuie contre le conduit du monnayeur (A'). La tige (E), reliée au levier d'arrêt, tire celui-ci contre le bas. Ce faisant, elle appuie également sur la pièce mobile (C). Une butée (C' - en rouge) va forcer le bras mobil (c) en arrière. La lame du ressort (d) du volant (D) est bloquée par la goupille (b) du bras articulé (B).

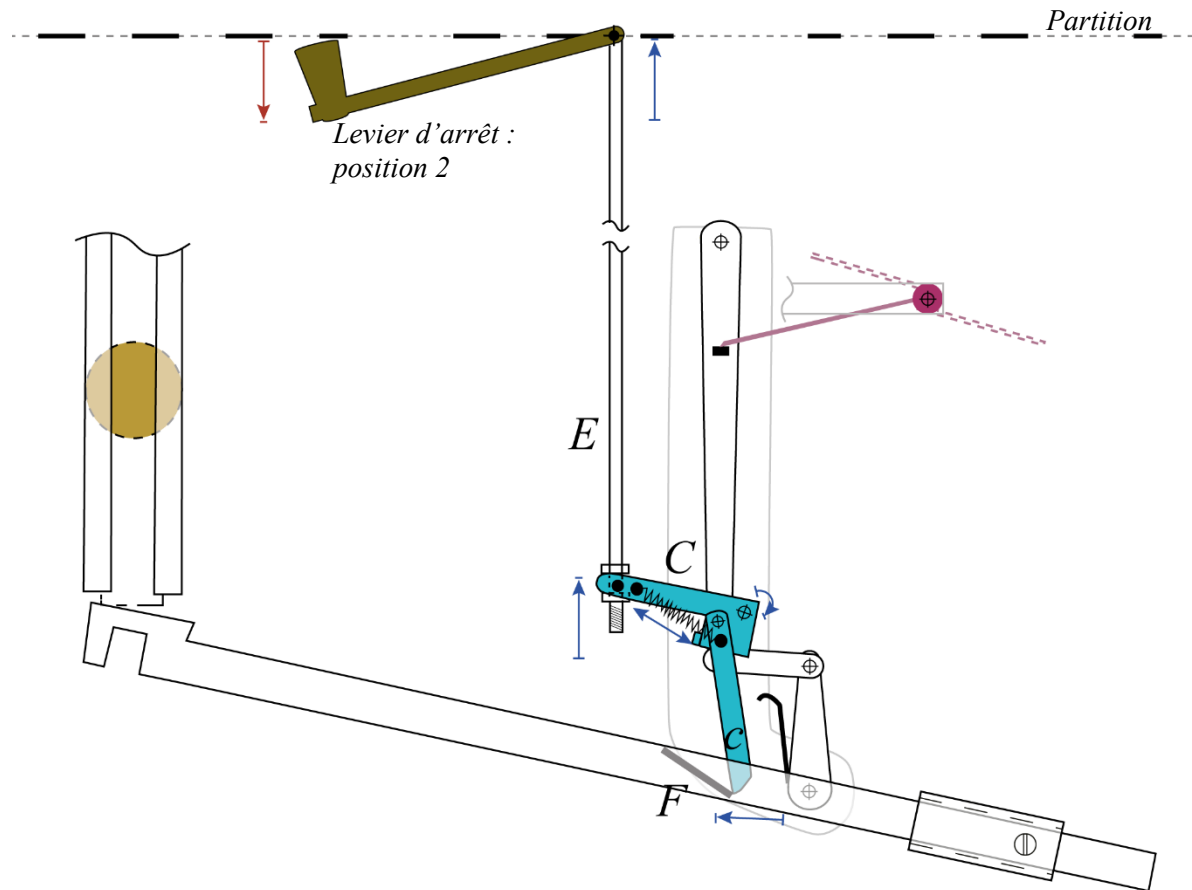


Figure 29 : État armé : En installant une partition sur l'instrument, le levier est forcé vers le bas, ce qui va tirer la tige (E) vers le haut. Ce faisant, elle entraîne le levier (C), dont le bras articulé (c) vient buter contre le rebord (F).

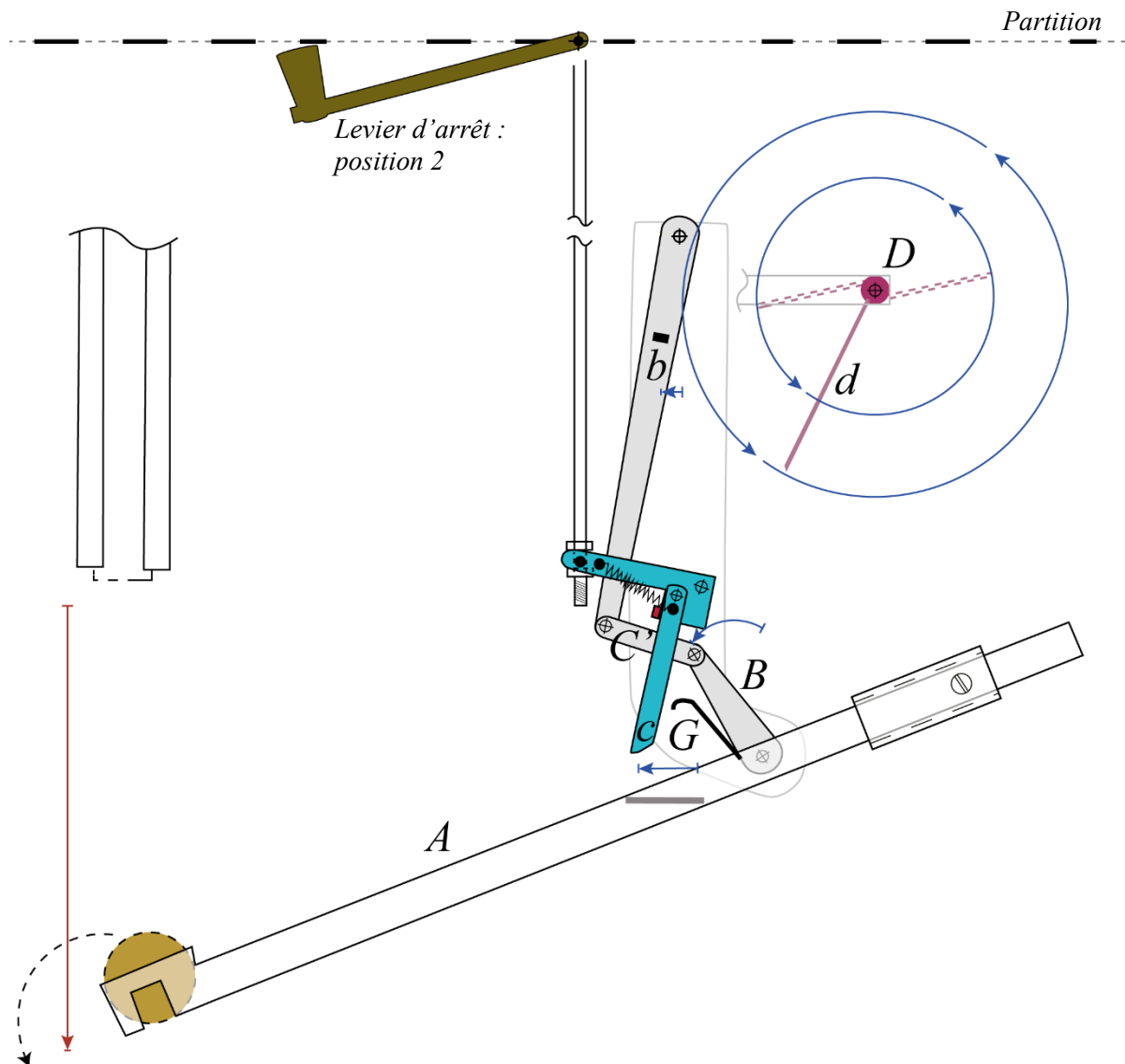


Figure 30 : État déclenché : La pièce de monnaie, en tombant sur la tige lestée (A), fait basculer celle-ci qui va entraîner le bras articulé (B), ce qui va déplacer la goupille (b) vers la gauche, libérant ainsi la lame du ressort du volant (D), qui commence à tourner. La tige fixe (G) va frapper contre le bras articulé (c), ce qui va le déplacer tout contre sa butée (C' – en rouge).

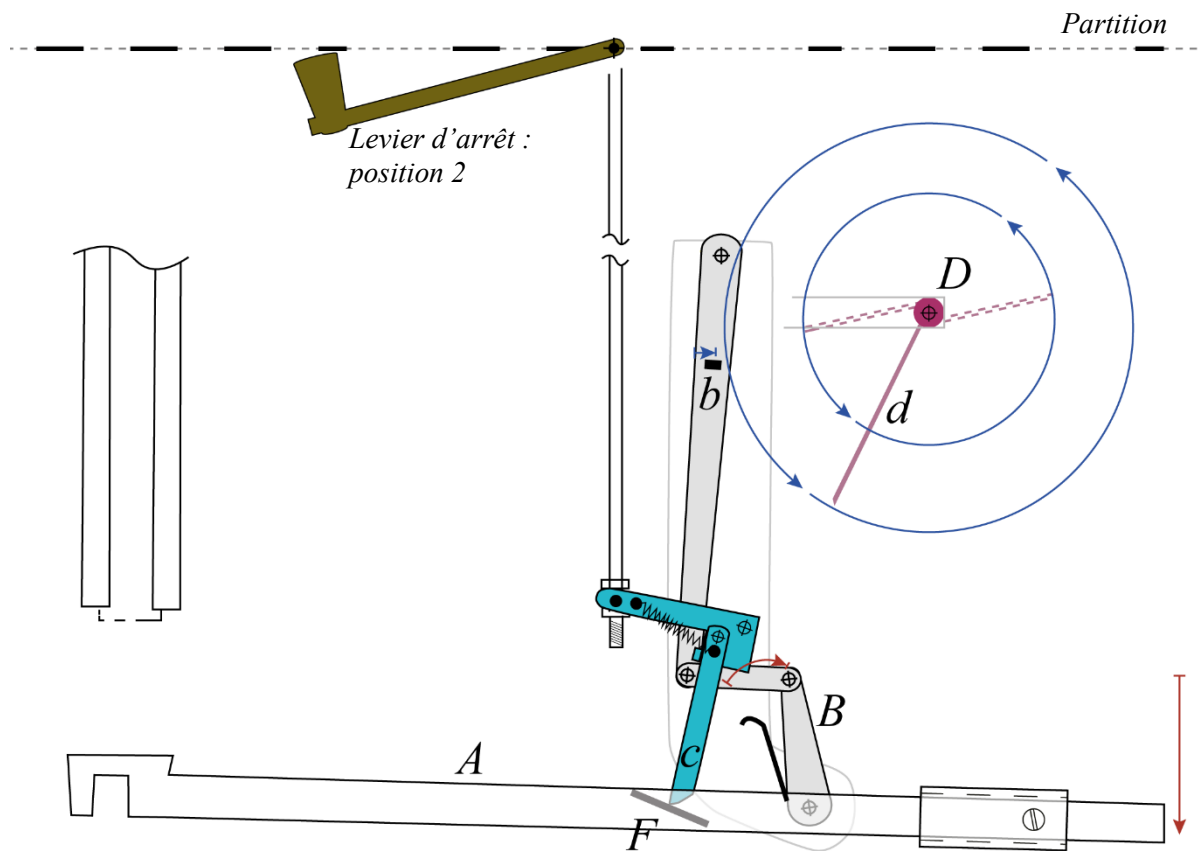


Figure 31 : État de jeu : La pièce de monnaie a été éjectée de la tige lestée, mais celle-ci ne parvient pas à revenir dans sa position initiale car le bras (c), appuyé contre le rebord (F), l'en empêche. Ce faisant, le bras (B) n'a pas pu revenir à son emplacement initial, et est encore légèrement déplacé vers la gauche. Ce qui signifie que la lame (d) du ressort du volant (D) peut tourner librement, car la goupille (b) est également légèrement décalée vers la gauche.

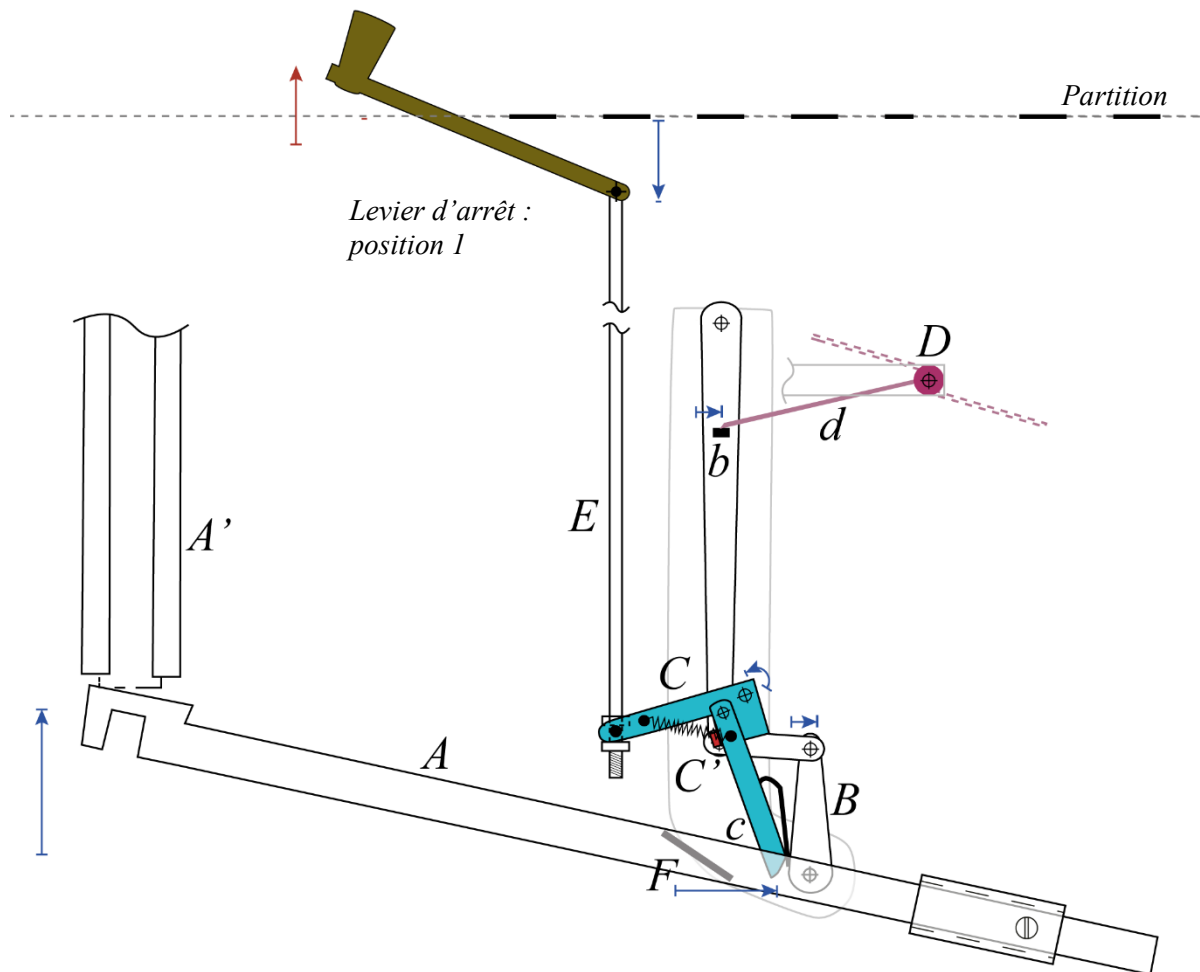


Figure 32 : État d'arrêt : La partition arrive en fin de course, le levier d'arrêt revient dans sa position initiale. La tige (E) est poussée vers le bas, ce qui va entraîner l'élément mobile (C). La butée (C' – en rouge), va venir appuyer contre le bras (c), qui sera forcé de se libérer de la butée (F). Ce faisant, la tige lestée reprendra sa place contre le conduit du monnayeur, entraînant le bras articulé (B), dont la goupille (b) viendra bloquer la lame (d) du ressort du volant (D), stoppant le mécanisme.

j. Schéma du réglage du volume et de la tonalité

La transmission de la force (*Figure 33*) provenant du mécanisme moteur se fait par la roue dentée hélicoïdale (*A*) qui s'engrène avec la broche filetée (*B*). L'axe de cette broche est terminé par une rondelle pleine, à laquelle est reliée la bielle (*C*), elle-même reliée au levier (*D*). La rotation de la broche filetée est traduite en mouvement d'oscillation au levier grâce à la bielle, qui est excentrée par rapport au centre de la broche.

Une tige inclinée (*E*), vissée au levier, transmet le mouvement d'oscillation aux marteaux de l'arbre du piano.

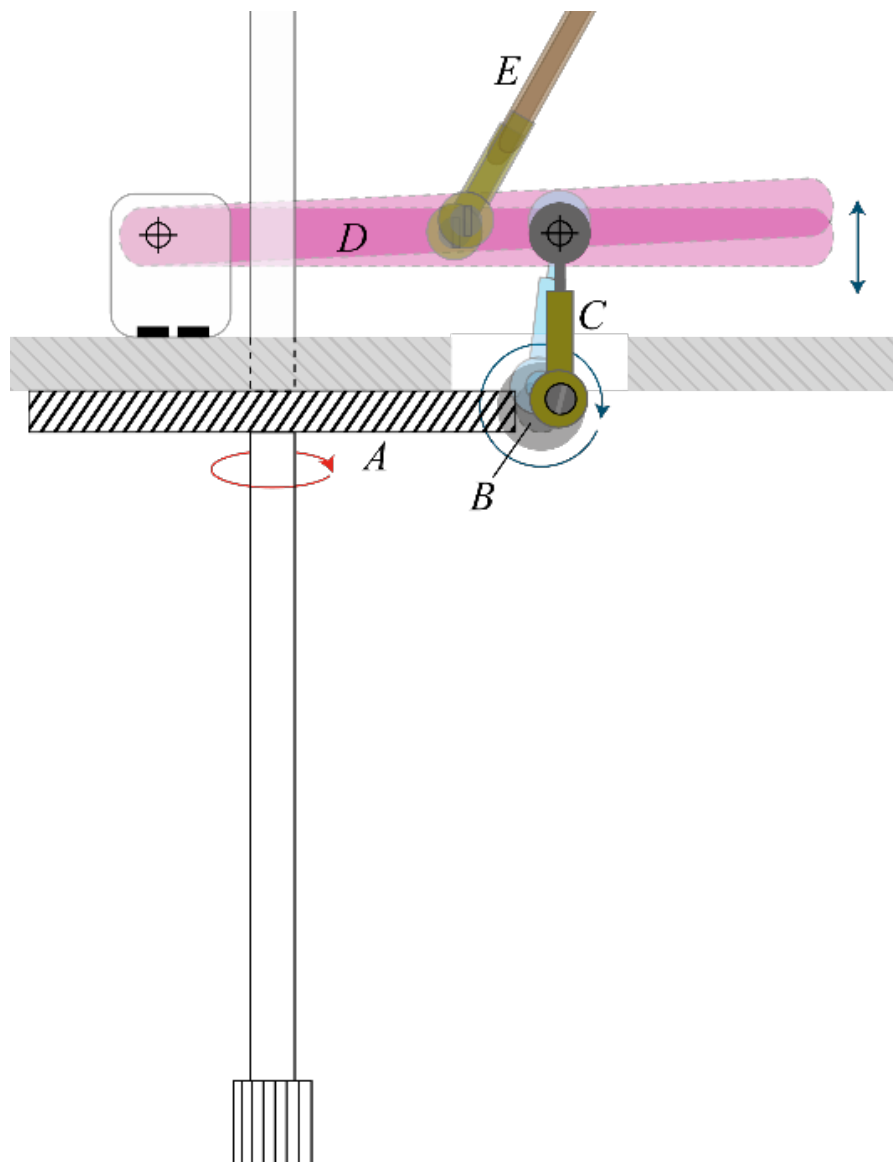


Figure 33 : Vue schématique du levier, par l'arrière. Deux positions sont illustrées, haut et milieu. (A) correspond à la roue à dents hélicoïdales, (B) à la broche filetée, (C) à la bielle reliée au levier et à la broche, (D) le levier et (E) la tige inclinée.

IV. Qui était Karl Robert Bendel ?

Karl Robert Bendel (11.09.1869 – 14.12.1943) était un commerçant de Saulgau, une petite ville du sud de l'Allemagne. Son père, Benedikt Bendel, tenait une épicerie où se vendait des objets en cire, albums photo, rideaux, vêtements, articles de passementerie, bicyclettes...³

Après le décès de Benedikt Bendel en 1888, le magasin paternel est tenu par sa veuve, Amalia. Une annonce parue dans le journal "Der Oberländer" (périodique de la région de Saulgau) de 1891 (Figure 34) indique qu'elle proposait aussi des instruments de musique, notamment des accordéons et des objets divers pouvant jouer de la musique : « *mit Musik, selbstspielend, mit wechselnd. Melodien* »⁴.

En 1892⁵, l'entreprise familiale est scindée en deux. Wilhelm Bendel, le frère aîné de Carl, reprend le commerce de détail (Figure 35), et Carl Bendel s'inscrit au registre du commerce comme « commerçant d'instrument de musique sous l'enseigne de B. Bendel » le 17 octobre 1892⁶. Au tournant du siècle, il change son nom d'entreprise pour « Carl Bendel ».



Figure 34 : Annonce parue le 19 décembre 1891 dans le Der Oberländer. Première mention de la vente d'instruments de musique mécaniques pour la famille Bendel ?



Figure 35 : Annonce parue le 30 juin 1894 dans le Der Oberländer. Wilhelm Bendel y fait la promotion de la marque de vélo « Adler ».

³ Informations rassemblées des différentes annonces parues dans le journal Der Oberländer entre 1880 et 1891.

⁴ Der Oberländer, 1891.

⁵ Weiss, 2020, p.124.

⁶ Entrée du 17 octobre 1892: « *Bendel Karl, Kaufmann – betreibt ein Musik-Instrumentengeschäft unter der Firma B. Bendel* ». Source: Registre du commerce de Saulgau, manuscrit, non publié.

Il est difficile d'évaluer le succès de l'entreprise de vente d'instruments de musique de Carl Bendel. Son eulogie nous apprend qu'il jouissait tout de même d'une certaine notoriété au-delà des frontières de sa région, et qu'il livrait notamment en Argentine⁷.

Il est également difficile de savoir à quel point son orchestrion a rencontré du succès. L'examen des numéros du magazine spécialisé « Zeitschrift für Instrumentenbau » (Zfi) paru entre 1899 et 1906 a révélé que Bendel a fait publier la même annonce 18 fois entre 1902-1903⁸. Dans cette annonce, on peut lire qu'il possède une « Automatenfabrik » et qu'il se spécialise dans la vente d'orchestrions à entraînement ressort (Figure 36). Cette annonce survient quelques années après la dépose de ses brevets, et avant une annonce de 1906 dans laquelle on apprend qu'il vend également des véhicules - automobiles, mobylettes et vélos - pour lesquels il offre un service de réparation (Figure 38), signifiant peut-être une nécessité de diversifier l'offre. Cependant, deux ans plus tard, il publie une annonce dans laquelle on peut lire qu'il vend toujours des « Piano Orchestrion Automat. » à entraînement ressort ou poids, dans la fabrication desquels il s'est spécialisé (Figure 37).



Figure 36 : Annonce publiée 18 fois dans le volume 23 du Zfi entre 1902-1903, dans laquelle on peut lire que Bendel a une usine d'automate et se spécialise dans les « Piano Orchestrion » à entraînement à ressort.



Figure 37 : Annonce publiée en mars 1908 dans le Musikalisch-literarischer Monatsbericht, dans laquelle on y apprend que Bendel vend des « Piano Orchestrino Automat. » à entraînement ressort ou à poids.



Figure 38 : Annonce parue le 2 avril 1906 dans le Der Oberlander. Carl Bendel y fait la promotion d'automobiles, mobylettes et vélo.

⁷ Donau-Bodensee-Zeitung, 1943.

⁸ De Wit, 1902-1903.

En 1912, Bendel rencontre des difficultés financières qui le contraignent à vendre sa maison et son bâtiment commercial⁹. Cependant, il peut continuer à occuper les lieux et poursuivre son activité professionnelle. Une année plus tard, il s'enregistre comme « commerçant et agent » au registre du commerce, ce qui semblerait indiquer que le commerce d'instrument de musique n'est alors plus rentable¹⁰.

Les documents consultés ne révèlent pas si Carl Bendel avait des compétences techniques. Il est toutefois raisonnable de supposer qu'il avait un intérêt marqué pour les instruments de musique mécaniques, comme l'indique le fait qu'il dépose plusieurs *modèles d'utilité/brevets** à leur sujet, ou encore qu'il annonce posséder une « Automatenfabrik » dans les annonces qu'il fait publier.

Cependant, il semble plus probable que son rôle se limitait à l'assemblage de divers composants qu'il achetait auprès de fabricants spécialisés¹¹.

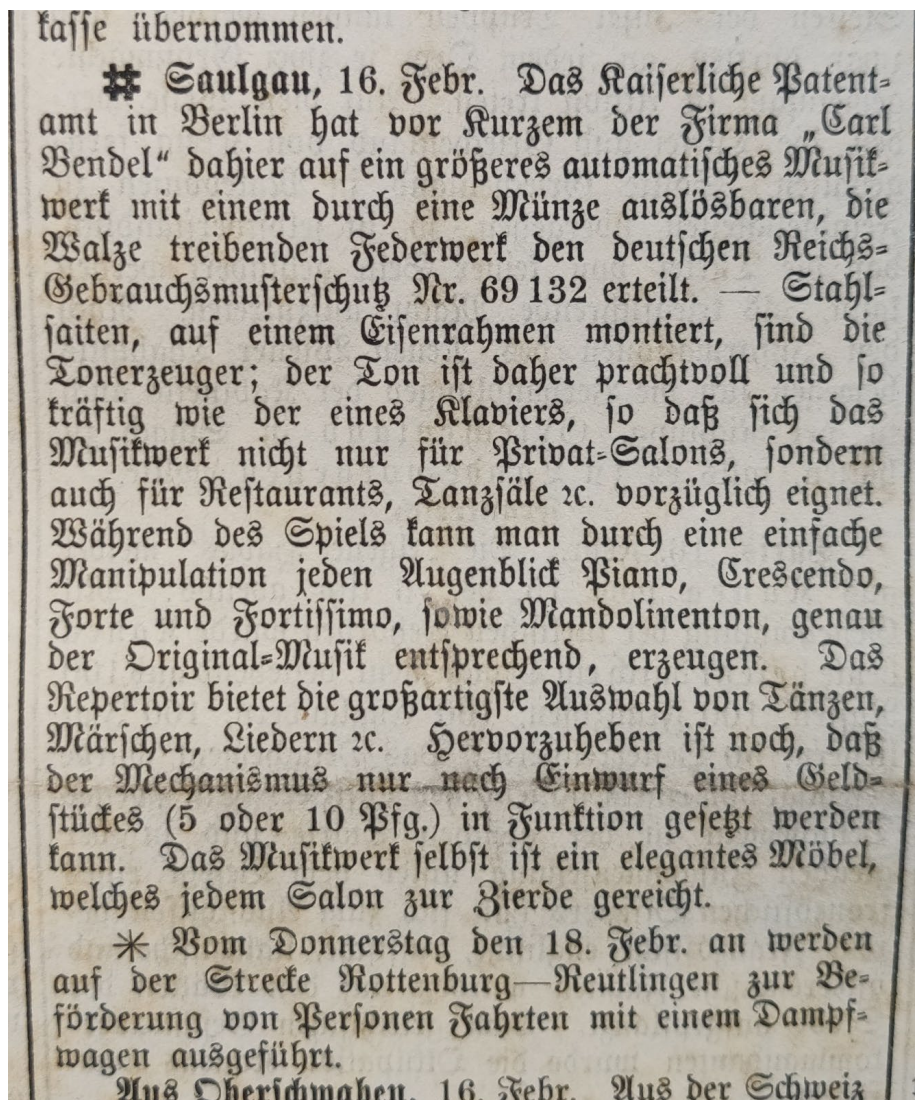
Il n'est donc pas surprenant qu'il dépose son premier modèle d'utilité 5 ans après le début de son activité de commerçant. Ces années lui ont certainement laissé le temps d'examiner les objets, d'identifier les lacunes dans l'offre et de proposer des améliorations, ce qu'il fera en proposant un modèle d'utilité et un brevet pour le « Piano-Melodico-Orchestrion-Automat. » de Spaethe.

⁹ Der Oberländer, 1912.

¹⁰ Löt, 2015, p.26.

¹¹ Id.

k. Les modèles d'utilité (D.R.G.M) n°69'132 et n°98'783



L'Office impérial des brevets de Berlin a récemment accordé à la société "Carl Bendel" le modèle d'utilité allemand n°69'132 pour un grand instrument de musique automatique actionné par une pièce de monnaie qui met en mouvement un mécanisme à ressort entraînant le cylindre. Des cordes en acier montées sur un cadre en fer sont les générateurs de son ; le son est donc magnifique et aussi puissant que celui d'un piano, de sorte que l'instrument de musique convient parfaitement non seulement pour les salons privés, mais aussi pour les restaurants, les salles de danse, etc. Pendant le jeu, une simple manipulation permet de produire à chaque instant des sons de piano, crescendo, forte et fortissimo, ainsi que des sons de mandoline correspondant exactement à la musique originale. Le répertoire offre le plus grand choix de danses, marches, chansons, etc. Il convient de souligner que le mécanisme ne peut être mis en marche qu'après l'introduction d'une pièce de monnaie (5 ou 10 centimes.). L'œuvre musicale elle-même est un meuble élégant qui ornara n'importe quel salon.

Figure 39 : Annonce parue dans le Der Oberländer, le 17.02.1897 concernant le modèle d'utilité n°69'132 et sa traduction.

« Schutz-Anspruch: (Derselbe bezieht sich auf die in der Zeichnung dargestellte Ausführung.) Musikwerk, bei welchem der Antrieb der das Notenblatt fortbewegenden Walze mittelst eines Federwerkes durch ein Zahnrad verbunden mit der Welle und der Zugstange erfolgt, sobald dieses durch eine eingeworfene Münze ausgelöst wird, welche einen Hebel niederdrückt, hierdurch vermittelt einer Hebelübertragung eine mit der Windfangswelle verbundene Feder freigibt und hierdurch das aufgezugene Uhrwerk in Bewegung setzt, welches das Notenblatt mittelst Walzen vorschiebt, wobei der Hebel während des einmaligen Durchganges des Notenblattes dadurch in der Tiefstellung gehalten wird, dass eine von dem aufgelegten Notenblatt mittelst doppelarmigen Hebel hochgezogene Zügstange einen Zapfen in eine Gleitbahn am Hebel einschiebt.»

« Instrument de musique où l'entraînement des rouleaux déplaçant la partition musicale est effectué par un mécanisme à ressort via un engrenage relié à l'arbre et à la tige de traction, dès que celui-ci est activé par l'insertion d'une pièce de monnaie, qui abaisse un levier. Ce levier, par le biais d'une transmission à levier, libère le ressort connecté à l'arbre du volant, mettant ainsi en mouvement l'engrenage, ce qui fait avancer la partition musicale au moyen de rouleaux. Le levier est maintenu en position basse pendant le passage de la partition, car une tige de traction soulevée par la partition via un levier à double bras insère un pivot dans une glissière sur le levier. »

Figure 40 : Retranscription du texte publié dans le Zeitschrift für Instrumentenbau en 1901 concernant le modèle d'utilité n°98'783 et sa traduction.

I. Le brevet n°19'316 de Carl Bendel



Patent Nr. 19316

12. April 1899, 12 Uhr m.

Klasse 53

Carl BENDEL, in Saugau (Deutschland).

Mechanisches Musikwerk.

Die vorliegende Erfindung betrifft ein mechanisches Musikwerk, dessen praktischer Vorteil in veränderbarer Tonfülle des Werkes liegt.

Auf beiliegender Zeichnung ist ein derartiges Musikwerk in beispielsweise Ausführung dargestellt, und zwar ist

Fig. 1 eine Vorderansicht,

Fig. 2 ein wagerechter Schnitt nach α , β der Fig. 1,

Fig. 3 eine Seitenansicht und

Fig. 4 eine Draufsicht.

Die das Musikwerk treibende Feder a ist mit ihrem inneren Ende an der senkrechten Achse b und mit ihrem äußeren Ende an einem der sechs Bolzen c befestigt, welche das Zahnrad d und die Kreisplatte e säulenartig zusammenhalten und auf diese Weise das Federgehäuse für die Feder a bilden. Das von der Feder a angetriebene Zahnrad d greift in das kleine Zahnrad B ein, welches mit der Achse A fest verbunden ist; gleichfalls fest mit dieser Achse verbunden liegt unter B das etwas größere Zahnrad C , welches wiederum in das Zahnrad D eingreift, dessen Achse E nach oben hin verlängert ist und an ihrem oberen Ende das konische Zahnrad F trägt, welches in das horizontal gelagerte, konische Zahnrad F^1 eingreift und den Antrieb von Notenblättern be-

wirkt, indem die mit Gummi überzogene Achse H des Zahnrades F^1 das Notenblatt zwischen sich und der darüberlaufenden Walze I einklemmt.

Das Aufziehen der Feder a erfolgt durch Drehen der Kurbel e^1 , welche die an der horizontalen Welle d^1 sitzende Schraubenspindel c^1 in Drehung versetzt, welche die Bewegung auf das Schneckenrad b^1 überträgt, das seinerseits fest mit der Achse b verbunden ist.

Die Achse E trägt noch das Zahnrad E^1 , welches in die Schraubenspindel x^2 eingreift, auf deren verlängerter Achse x der Windfang v sitzt. Am anderen Ende der Achse x^2 sitzt ein Krummzapfenmechanismus x^1 , welcher nach Art einer Pleuelstange das bewegliche Ende des breiten Hebels V , welcher am anderen Ende gelenkig am Gestell befestigt ist, auf- und niederbewegt. Mit demselben ist eine Zugstange y^1 verbunden, welche beim Auf- und Niedergehen die Hammerwelle R um einen gewissen Winkel vor- und zurückdreht. Diese Welle R trägt eine der Notenanzahl entsprechende Anzahl Hämmer T , unter denen sich Saiten T^1 befinden. Bei der hin- und hergehenden Bewegung der Welle R heben sich die Hämmer T von den Saiten ab und senken sich auf dieselben herab. Die Stange y^1 bietet die

PATENT-ANSPRUCH:

Mechanisches Musikwerk, gekennzeichnet durch eine Hammerwelle (R), welche mittelst einer Zugstange (y^1) um einen veränderbaren Winkel gedreht werden kann, indem das andere Ende der Zugstange (y^1) auf einem am Gestell drehbaren Hebel (V), welcher durch einen Krummzapfenmechanismus von der Windfangachse (x) aus auf- und niederbewegt wird, beliebig entsprechend eingestellt werden kann.

Carl BENDEL.

Vertreter: Eugen LENGWEILER, in St. Gallen.

Möglichkeit, die Tonfülle zu regulieren, indem ihr unteres Ende auf dem breiten Hebel V verschoben und eingestellt werden kann. Je nach der Einstellung erhält hierbei die Hammerwelle einen größeren oder geringeren Drehwinkel, und mithin erhalten die Stimmen einen kräftigeren oder schwächeren Ton. Der kräftigste Ton wird erreicht, wenn das Ende von y^1 in weitester Stellung nach links gerückt ist (Fig. 1). Es ist dies von besonderer Wichtigkeit, da fast jeder Käufer eine besondere Tonstärke wünscht und ihm somit die Möglichkeit gegeben ist, selbstständig eine diesbezügliche Änderung zu machen.

Patent Nr. 19316.
 1 Blatt.

Carl Bendel.
 12. April 1899.

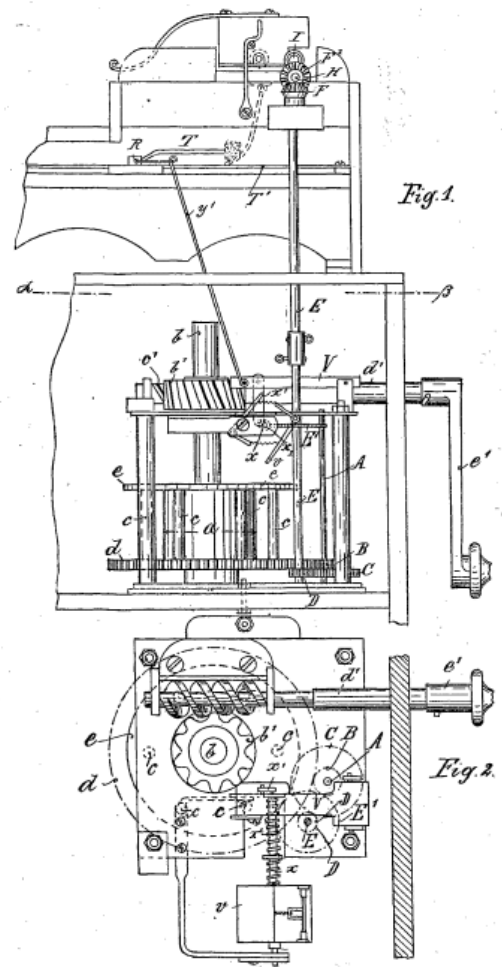
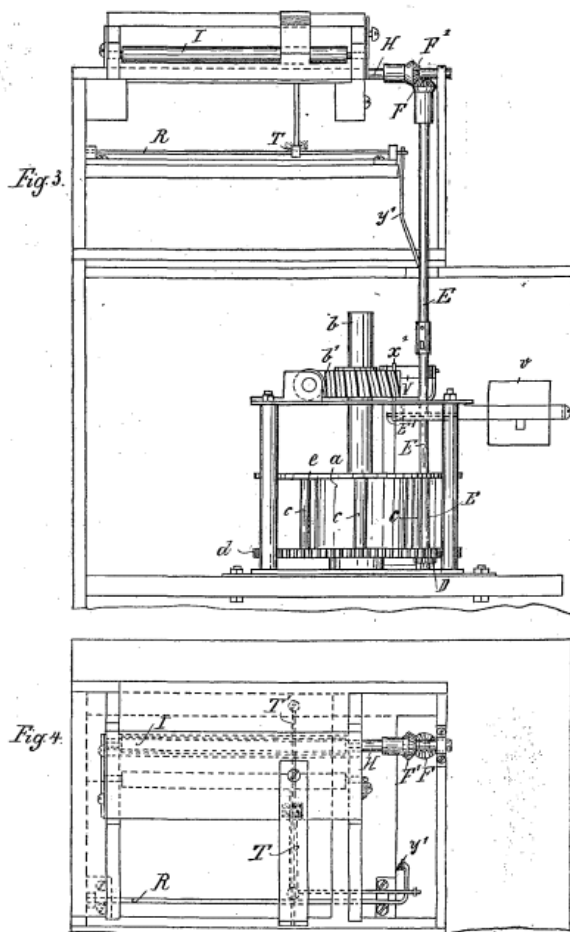


Figure 41 : Reproduction du brevet n°19'316 de Carl Bendel de 1899.

V. Photographies complémentaires au constat d'état

m. Instrument



Figure 42 : Empoussièrement de l'instrument.



Figure 43 : Fentes dans la table d'harmonie.

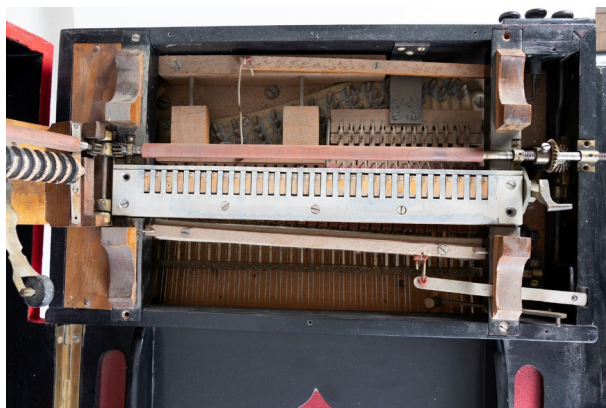


Figure 44 : Empoussièrement de l'instrument.



Figure 45 : Détail : Empoussièrement de l'instrument.

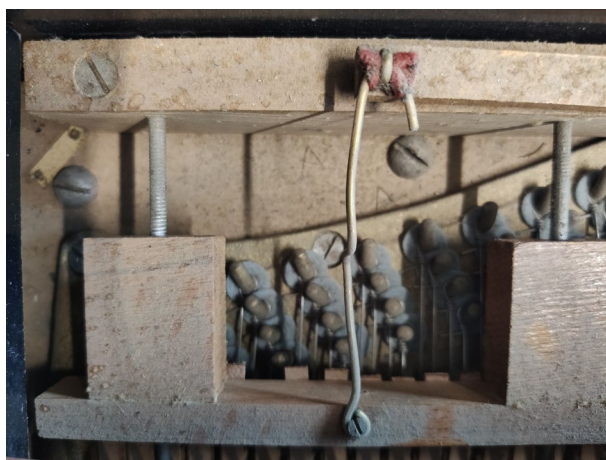


Figure 46 : Moisissures et empoussièrement.



Figure 47 : Moisissures blanches sur le pont de l'instrument.

n. Mécanisme moteur

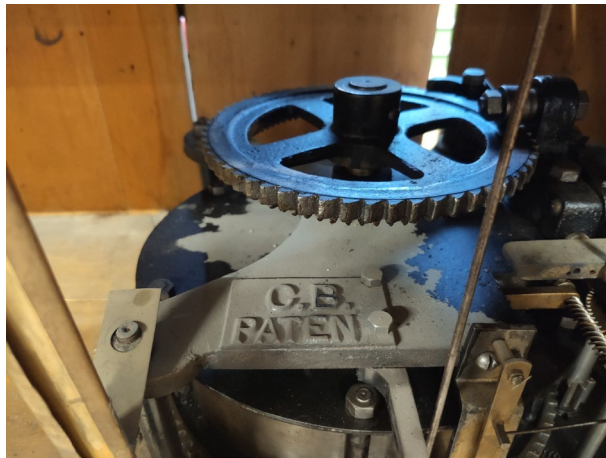


Figure 48 : Empoussièrement du mécanisme moteur.



Figure 49 : La graisse de lubrification est partiellement séchée.



Figure 50 : Encrassement de la platine inférieure.



Figure 51 : Encrassement et corrosion du rochet.



Figure 52 : Corrosion des éléments en alliage ferreux



Figure 53 : Corrosion et encrassement du rochet.



Figure 54 : Corrosion des éléments en alliage cuivreux.



Figure 55 : Encrassement du volant.



Figure 56 : Corrosion des éléments en alliage cuivreux.



Figure 57 : Corrosion des éléments en alliage cuivreux.



Figure 58 : Plateau à denture du ressort encrassé après retrait du ressort.



Figure 59 : État de surface du ressort.

o. Cabinet



Figure 60 : Vue de face, avant traitement.



Figure 61 : Vue de dos, avant traitement.



Figure 62 : Paroi de gauche, avant traitement.



Figure 63 : Paroi de droite, avant traitement.



Figure 64 : Détail de la bordure inférieure de la paroi de droite.



Figure 65 : Détail de la paroi de droite.



Figure 66 : Détail : État de surface de la porte avant gauche.



Figure 67 : Détail : État de surface du couvercle de l'instrument.



Figure 68 : Détail : État de surface des supports de partitions.



Figure 69 : Encrassement important et lignes de démarcations foncées sur les étagères du cabinet témoignant probablement d'un dégât d'eau.



Figure 70 : Détail : Intérieur du cabinet après retrait du mécanisme.



Figure 71 : Détail : Intérieur du cabinet après retrait du mécanisme. Vue de l'arrière.

Sans une cloison, les serrures sont inutiles.



Figure 72 : Détail : Étagère inférieure du cabinet après retrait du mécanisme et de la porte.



Figure 73 : Porte avant fendue.

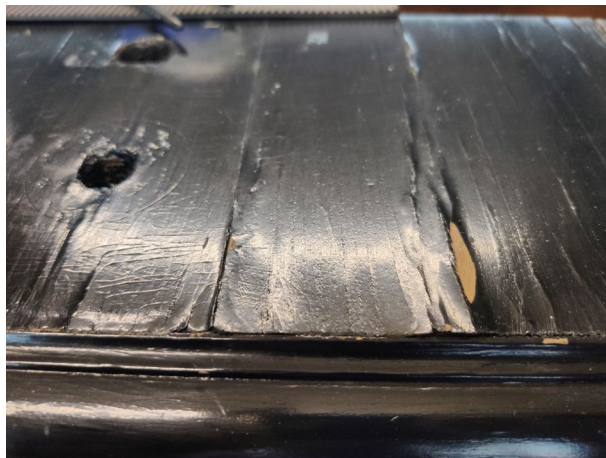


Figure 74 : Détail du plateau du cabinet après nettoyage.

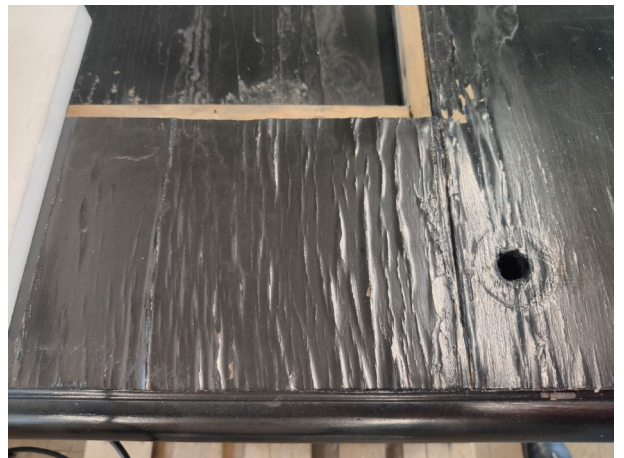


Figure 75 : Soulèvements et fissures dans le revêtement du plateau du cabinet.



Figure 76 : État avant traitement, côté droit.



Figure 77 : Amas de moisissures brunes à l'arrière du cabinet.



Figure 78 : Corrosion des charnières des portes.



Figure 79 : Corrosion des charnières des portes.



Figure 80 : Différent degré de corrosion des vis des poignées. Ceux de la poignée de la paroi de droite sont plus corrodés que ceux de celle de gauche (ici la poignée de gauche correspond au côté droit de l'objet).



Figure 81 : Ci-dessus et ci-contre : Corrosion des charnières des portes.

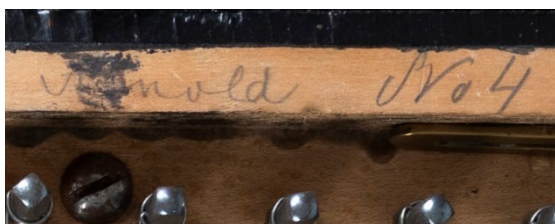


Figure 82 : Inscription manuscrite sur la bordure du boîtier.



Figure 83 : La peinture du boîtier de l'instrument a été faite après son montage.



Figure 84 : Le système de maintien du couvercle a été démonté et les vis manquent.

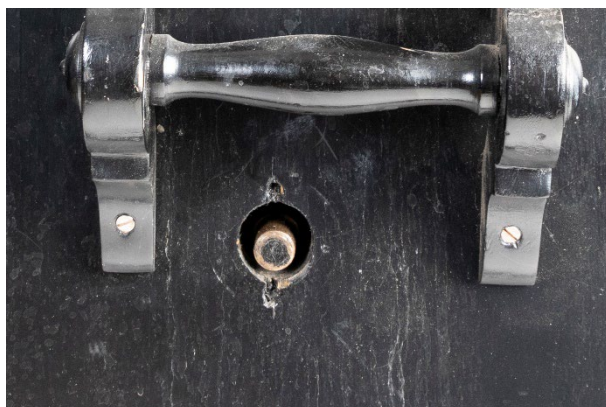


Figure 85 : Traces laissées par une pièce aujourd'hui manquante.

VI. Étude comparative avec l'orchestrion de Bruchsal

| Orchestrion de Seewen | Orchestrion de Bruchsal |
|---|--|
|  |  |
|  |  |
|  |  |
| <p>Figure 86 : Vue de face, avant traitement.</p> | <p>Figure 87 : Vue de face, avant traitement.</p> |
| <p>Figure 88 : Boitier de l'instrument, avant traitement.</p> | <p>Figure 89 : Boitier de l'instrument.</p> |
| <p>Figure 90 : Détail : boitier de l'instrument.</p> | <p>Figure 91 : Détail : boitier de l'instrument.</p> |

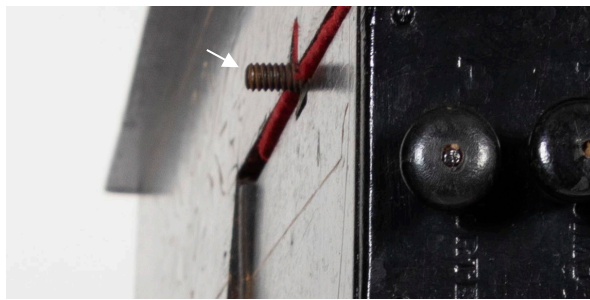


Figure 92 : L'extrémité de la tige filetée dépasse du boîtier (Seewen).



Figure 93 : L'extrémité de la tige filetée a été sciée (Bruchsal).



Figure 94 : Dorure « rafraichie ».



Figure 95 : Dorure ou bronzine probablement originale.

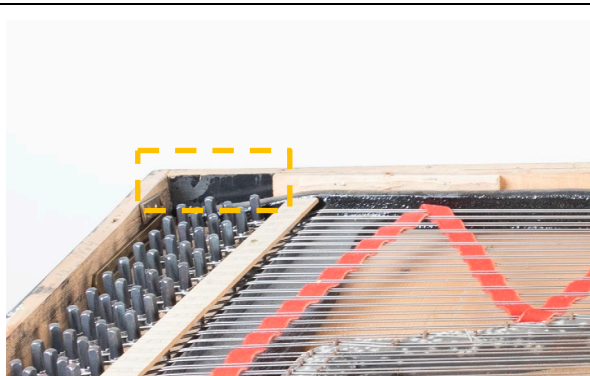


Figure 96 : Bordure noire gomme laque.

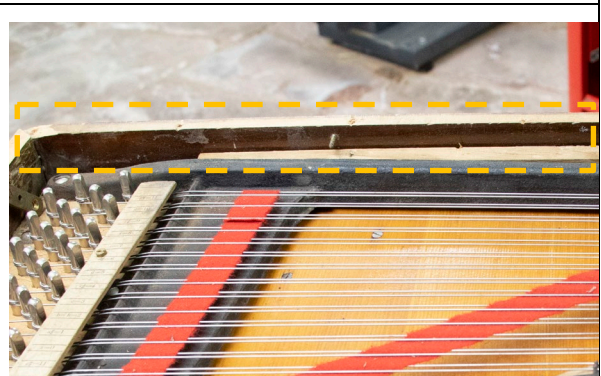


Figure 97 : Bordure noire gomme laque..



Figure 98 : Ornement manquant sur la porte de gauche. Des trous de fixation sont encore visibles, bien que repeints.



Figure 99 : Deux ornements sur les portes avant.



Figure 100 : Pas d'image. Le système de fixation du couvercle est inopérant, car les vis manquent.



Figure 101 : Système de maintien du couvercle complet.



Figure 102 : Fissures dans la charnière.



Figure 103 : La charnière est dans un bon état de conservation.

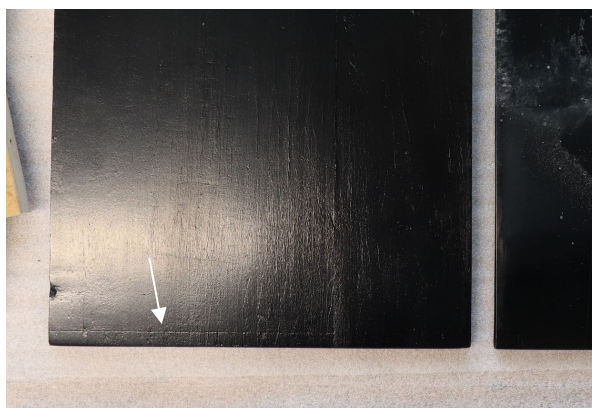


Figure 104 : Marque probablement laissée par un rebord décoré, aujourd'hui disparu.



Figure 105 : Rebord ajouré permettant de maintenir les partitions en place sur le support.



Figure 106 : Intérieur « incomplet ». Tiroir de récupération de la monnaie et cloison de séparation de l'étage supérieur manquants.



Figure 107 : Intérieur complet.



Figure 108 : Ajout récent d'un nouveau cadre autour du médaillon central.



Figure 109 : État original.

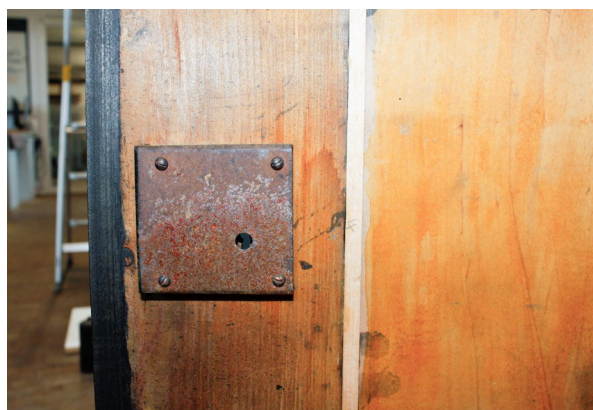


Figure 110 : Aspect de surface altéré par la corrosion.

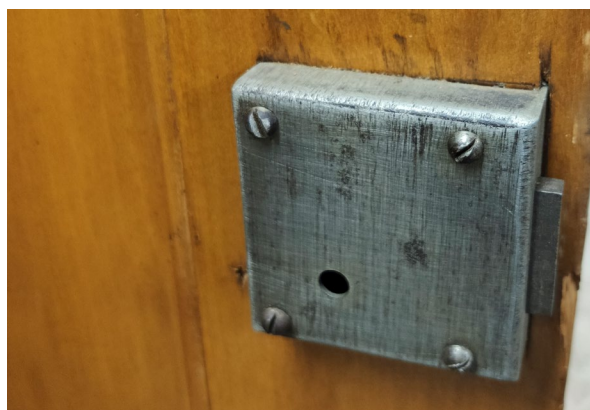


Figure 111 : Aspect de surface satiné.

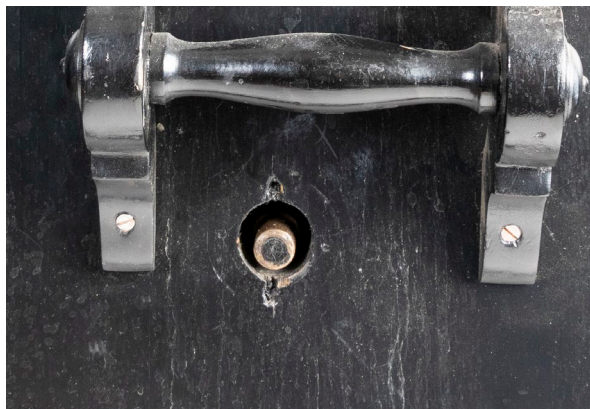


Figure 112 : Pièce manquante autour du passage de la manivelle.



Figure 113 : Insert en alliage cuivreux pour la manivelle. État proche de l'original, les vis ne sont pas similaires.



Figure 114 : Barre de suivi (Seewen).



Figure 115 : Barre de suivi (Bruchsal).

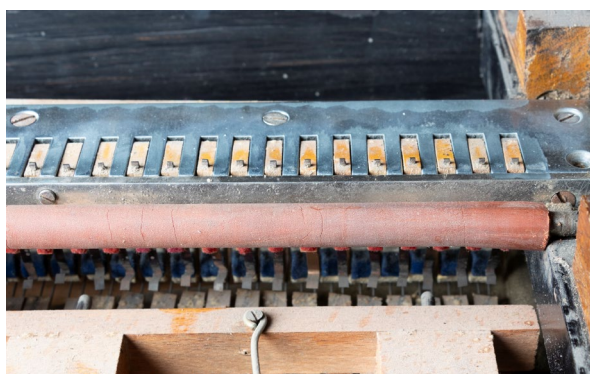


Figure 116 : Revêtement caoutchouc rouge.



Figure 117 : Revêtement caoutchouc jaune.



Figure 118 : Partie instrument (Seewen).

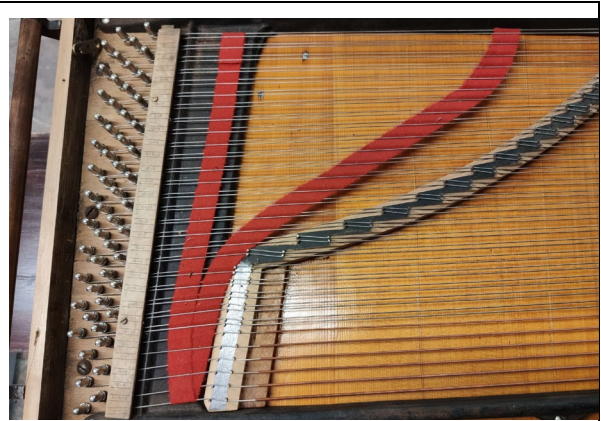


Figure 119 : Partie instrument (Bruchsal) : Textile originale ?

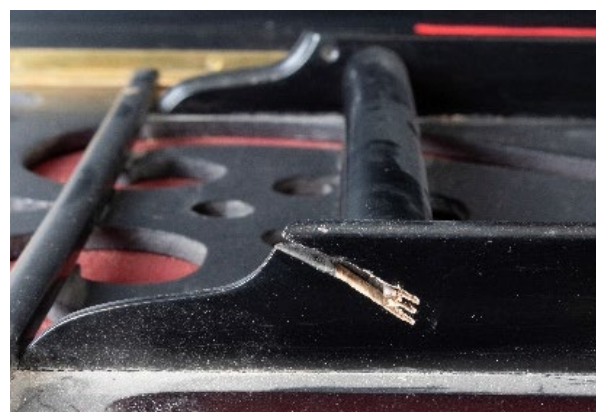


Figure 120 : Fente d'insertion de la tige en bois sciée.

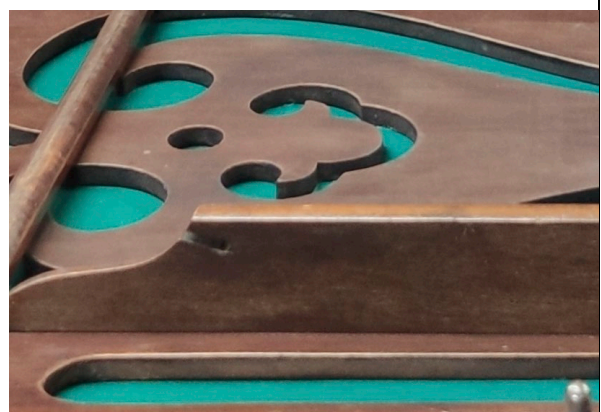


Figure 121 : Fente d'insertion de la tige en bois originale.

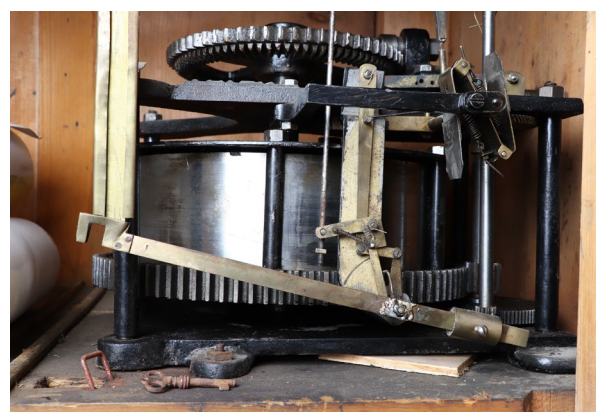


Figure 122 : Vue générale du mécanisme (Seewen).



Figure 123 : Vue générale du mécanisme (Bruchsal).

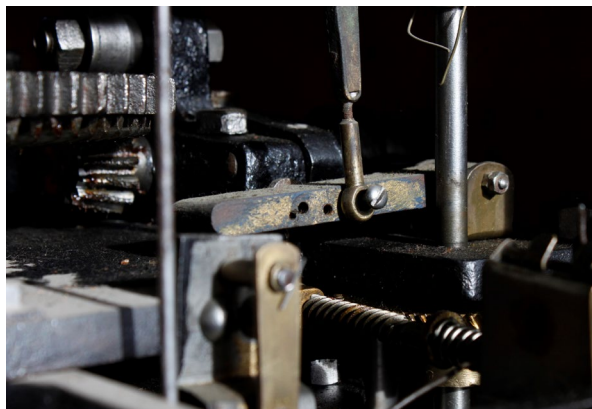


Figure 124 : Système de modulation de l'intensité sonore similaire au brevet de Carl Bendel.



Figure 125 : Système de modulation de l'intensité sonore différent de celui breveté par Carl Bendel.



Figure 126 : Vu détaillé du monnayeur (Seewen).



Figure 127 : Vu détaillé du monnayeur (Bruchsal).



Figure 128 : Inscription sur la platine du mécanisme : « C.B. Patent », probablement pour « Carl Bendel Patent ».



Figure 129 : Inscription sur la platine du mécanisme : « D.R.G.M. Ausl. Patente ». Signifiant probablement que l'objet possède des modèles d'utilités allemands et des brevets internationaux.

VII. Questionnaire de de Bruyn-Ouboter¹²

Ce questionnaire est divisé en trois parties : Une première partie générale centralisant les données d'identification de l'instrument.

| Instrument | |
|---------------------------|--------|
| N° inventaire | Nom |
| Conservateur | |
| Conservateur-restaurateur | |
| Spécialiste | |
| Musicien | |
| Autre personne ressource | |
| | Date |
| Questionnaire | Points |
| Partie matérielle | |
| Partie immatérielle | |

Une deuxième partie, « MATERIAL QUESTIONNAIRE », divisée en 9 points, portant sur l'état matériel de l'instrument. Pour chaque point une note est donnée entre 1 (vrai) et 4 (faux).

| Partie matérielle | Vrai < - > Faux | | | |
|---|-----------------------|---|---|---|
| L'évaluation de l'état de l'instrument peut être faite sans atteinte à son intégrité physique | <input type="radio"/> | 1 | 2 | 3 |
| Seuls des traitements mineurs réversibles sont nécessaires à sa mise en état de jeu | <input type="radio"/> | 1 | 2 | 3 |
| Aucun traitement n'est susceptible d'augmenter le risque de dégradation de l'instrument dans le long terme | <input type="radio"/> | 1 | 2 | 3 |
| Les parties qui doivent être remplacées n'ont pas d'importance par rapport aux valeurs patrimoniales définies sur l'objet | <input type="radio"/> | 1 | 2 | 3 |
| Toutes les parties sont en bon état de conservation | <input type="radio"/> | 1 | 2 | 3 |
| Les forces mises en jeu pendant le jeu sont tout le temps contrôlables | <input type="radio"/> | 1 | 2 | 3 |
| Aucune partie ne peut être abîmée par les forces mises en place pendant le jeu | <input type="radio"/> | 1 | 2 | 3 |
| Les recherches concernant les matériaux et le jeu sont faites (doc. associée au questionnaire) | <input type="radio"/> | 1 | 2 | 3 |
| Existence de dessin technique, relevés, radiographie X ou CT Scan | <input type="radio"/> | 1 | 2 | 3 |
| Total des points | | | | |

Enfin, une troisième partie, « IMMATERIAL QUESTIONNAIRE », divisée également en 9 points, portant sur la documentation associée, projets de valorisation ou d'archivage.

¹² de Bruyn-Ouboter & Loeper-Attia, 2023, p.42-43.

| Partie immatérielle | Vrai < - > Faux | | | |
|---|-----------------------|---|---|---|
| Le son de l'instrument est connu et facilement disponible | <input type="radio"/> | 1 | 2 | 3 |
| Le jeu ne fait pas partie d'une exposition ou autre projet à destination du public | <input type="radio"/> | 1 | 2 | 3 |
| Un instrument similaire, copie ou fac-similé, peut être utilisé pour le jeu | <input type="radio"/> | 1 | 2 | 3 |
| Le jeu ne sera pas enregistré | <input type="radio"/> | 1 | 2 | 3 |
| Il existe déjà un enregistrement audio vidéo d'un instrument similaire | <input type="radio"/> | 1 | 2 | 3 |
| Le son a changé depuis sa fabrication ou les interventions l'ont modifié, ce qui rend le rendu actuel non représentatif | <input type="radio"/> | 1 | 2 | 3 |
| Pas d'apport pédagogique ou d'enrichissement des compétences du musicien. Expérience non documentée | <input type="radio"/> | 1 | 2 | 3 |
| Pas d'apport pédagogique ou d'enrichissement des compétences du facteur d'instrument. Expérience non documentée, pas de réalisation de copie. | <input type="radio"/> | 1 | 2 | 3 |
| Même si il n'est pas joué, l'instrument est compréhensible tel quel par le public | <input type="radio"/> | 1 | 2 | 3 |
| Total des points | | | | |

VIII. Tests de mouillabilité

Le retrait du mécanisme moteur de l'intérieur du cabinet a été nécessaire afin de pouvoir évaluer l'état de conservation des étagères du cabinet. Les étagères présentent de manière générale un empoussièrement et un encrassement important. Cependant, l'étagère supérieure présente aussi des taches probablement dues à l'écoulement d'un surplus de lubrifiant depuis le mécanisme moteur.

Un test de mouillabilité a été réalisé, afin d'évaluer la nature de ces dépôts.

Pour cela, une goutte d'eau a été déposée sur la surface à l'aide d'une pipette, et son comportement filmé pendant 35 secondes. Des instantanés ont été pris au moment de dépose de la goutte et 30 secondes plus tard¹³.

Quatre zones présentant différents aspects de surface ont été testées : 1) encrassement important ; 2) encrassement et dépôt huileux ; 3) dépôt huileux/gras ; 4) surface sans dépôt.



Figure 130 : Vue de l'intérieur du cabinet après démontage et retrait du mécanisme moteur : une tache grasse s'est formée sur le plancher supérieur de l'étagère, et a migrée relativement loin sur le côté gauche.

Tableau 1 : Évaluation du test de mouillabilité.

**Temps 0 : Dépose
de la goutte**



1) Encrassement important



3) Film gras

**Temps I : Après 30
secondes**



1) Encrassement important



3) Film gras

**Temps 0 : Dépose
de la goutte**



2) Encrassement et film gras



4) Surface sans dépôt

**Temps I : Après 30
secondes**



2) Encrassement et film gras



4) Surface sans dépôt

¹³ Cinteza & Niculescu, 2009, p.116.

Cette expérience a permis d'identifier la présence d'un film hydrophobe (3) sur une partie de l'étagère supérieure (probablement une huile de lubrification) et d'un dépôt très hydrophile (1) (encrassement contenant certainement des sels), ainsi qu'une zone présentant à la fois un dépôt hydrophile et hydrophobe (2).

IX. Tests de solubilité

Des tests de solubilité ont été réalisés sur des zones représentatives mais également pas trop visibles. Le revêtement du cabinet et du mécanisme moteur a été testés.

La mise en œuvre des tests était comme suit : Légèrement imbiber le coton-badigeon du solvant à tester, essorer le trop-plein avec un papier essuie-tout. Puis, avec une légère action mécanique rotative, le coton-badigeon était frotté à la surface en mouvement rotatoire pendant 10 secondes.

Les tests ont été réalisés avec des solvants à 100%¹⁴. Il s'agissait d'avoir une idée de la plage de solubilité des surfaces, puis d'affiner les solutions si nécessaire.

Les tests ont été réalisés en allant du solvant le moins polaire au solvant le plus polaire.

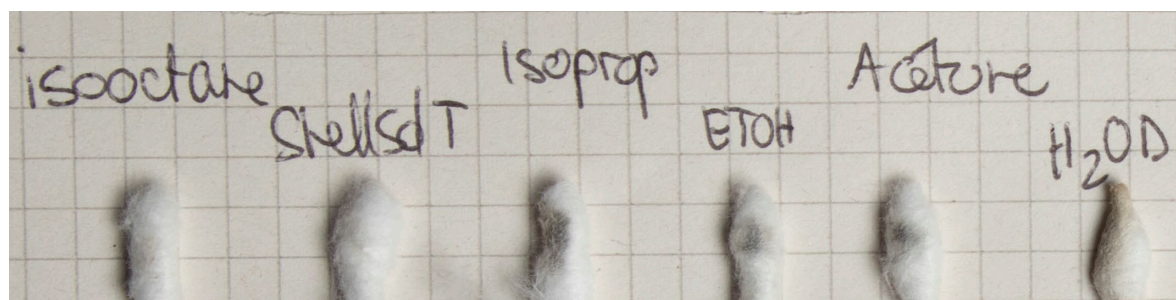


Figure 131 : Test de solubilité de la peinture du mécanisme moteur. La surface présentait un certain encrassement.



Figure 132 : Test de solubilité de la peinture du mécanisme moteur, sur une surface ne présentant pas d'encrassement. Les solvants utilisés sont les suivants (de g. à d.) : White Spirite, Shellsol T, Isooctane, Isopropanol, Ethanol, Acétone et Eau déminéralisée. La surface ne réagit pas ou peu aux solvants testés dans ces conditions.

¹⁴ Il faudrait en réalité faire des mélanges de solvants et légèrement modifier le pourcentage au fil des tests. Source : Banik 1996, p.91.

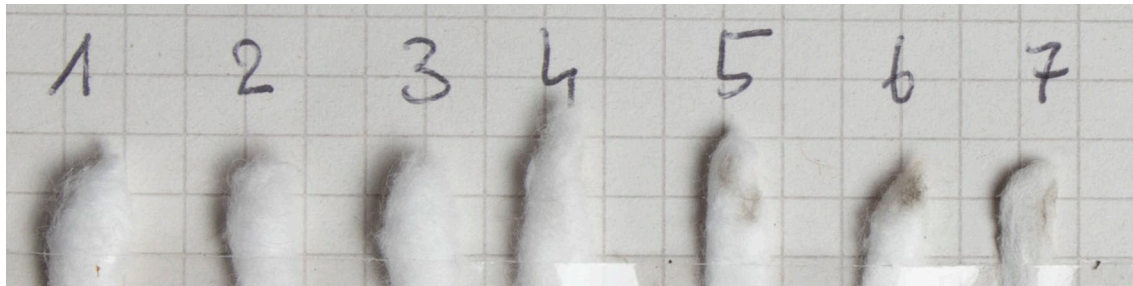


Figure 133 : Test de solubilité de la peinture du cabinet et de l'encrassement : arrière du boîtier de l'instrument. Les solvants utilisés sont : 1) White Spirit 2) Shellsol T 3) Isooctane 4) Isopropanol 5) Éthanol 6) Acétone 7) Eau déminéralisée.

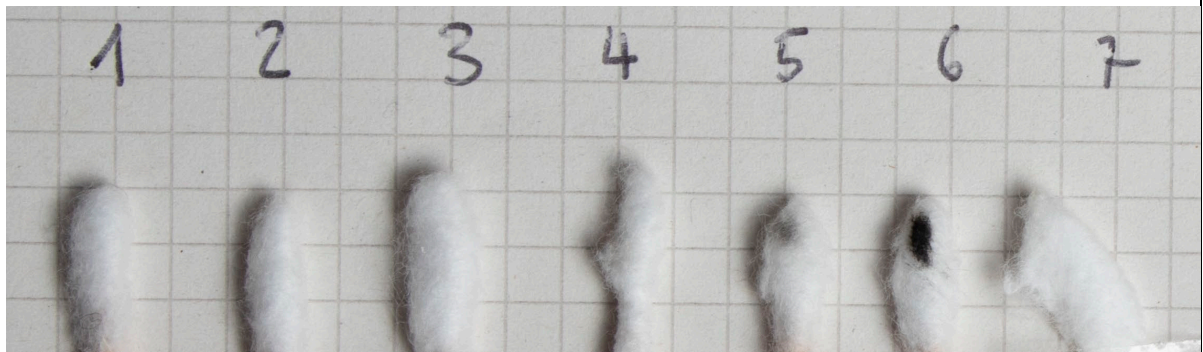


Figure 134 : Test de solubilité de la peinture du cabinet : Sur le plateau du cabinet. Les solvants utilisés sont : 1) White Spirit 2) Shellsol T 3) Isooctane 4) Isopropanol 5) Éthanol 6) Acétone 7) Eau déminéralisée.

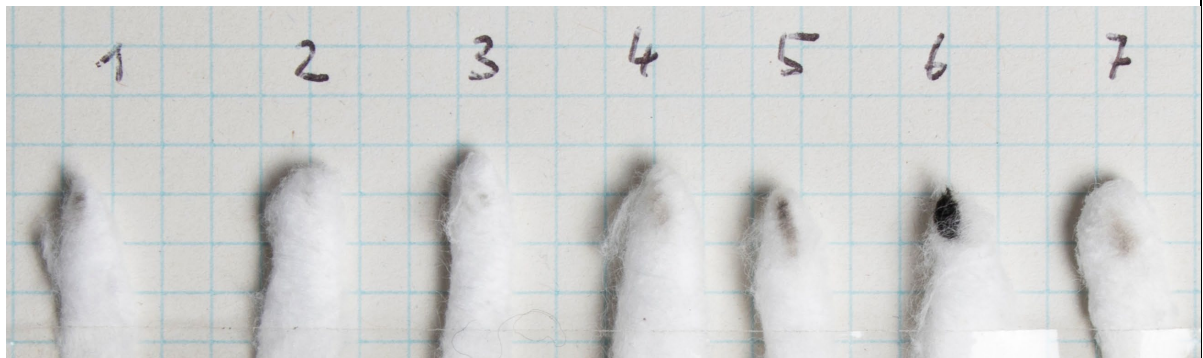


Figure 135 : Test de solubilité de la peinture du cabinet : Bordure inférieure gauche. Les solvants utilisés sont : 1) White Spirit 2) Shellsol T 3) Isooctane 4) Isopropanol 5) Éthanol 6) Acétone 7) Eau déminéralisée.

La différence entre ces deux séries est la force mécanique appliquée. Une différence d'un facteur de 10 a été mesurée entre les deux tests. La surface est généralement sensible à une action mécanique plus importante.

X. Tests d'adhérence des adhésifs



Figure 136 : Test d'adhérence de différents adhésifs à des concentrations différentes. Après un temps de séchage, la force nécessaire à l'arrachement des baguettes a été mesurée avec un dynamomètre.

Dans le cas de la Fluka® et de la Benecel A4C, les concentrations inférieures à 2% ne montraient qu'une très faible voire aucune adhérence. Dans le cas de la MC, dès 2% le pouvoir adhésif était déjà suffisant (résiste à une charge de 300g) et sa faible viscosité permet de l'utiliser avec une seringue. A 3% cependant, la viscosité était déjà trop élevée pour pouvoir l'utiliser avec une seringue, mais le pouvoir d'adhésion est beaucoup plus important. La même observation a été faite au sujet de Benecel A4C, qui pourtant montre un pouvoir adhésif beaucoup plus important, même à des faibles concentrations. La colle de peau est extrêmement adhérente, cependant elle a été écartée en raison de ses propriétés physiques et de son mode d'application, qui nécessite de travailler à chaud, et de chauffer également la surface afin d'avoir une pénétration suffisante.

Le choix s'est porté finalement sur la MC, car elle laisse peu de résidus visibles en surface, tandis que le Benecel laisse un film légèrement brillant.

XI. Tests de réintégration picturale pour le revêtement du cabinet


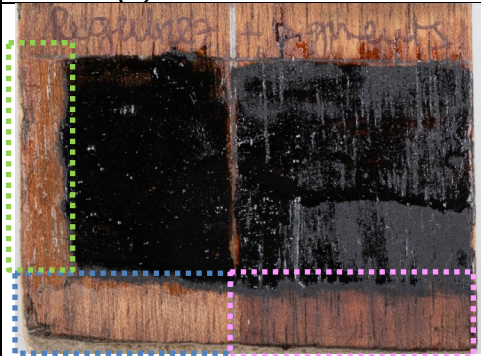
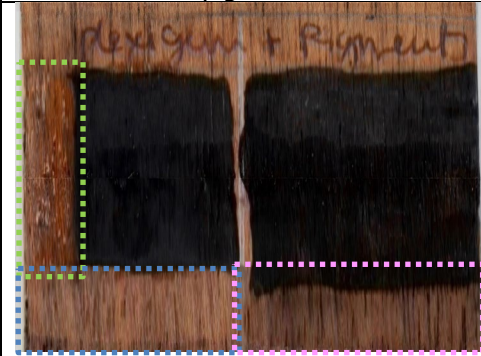
Différents produits ont été sélectionnés sur la base des tests de solubilité, qui ont déterminé qu'il fallait un produit réversible dans l'eau ou un hydrocarbure.



Ainsi, le choix s'est porté sur les produits suivants : le Regalrez®1094 à 50% dans le Shellsoll T, le Plexigum PQ611 à 15% dans le White Spirit et l'Aquazol 200 à 30% dans l'H₂O déminéralisée, mais également une peinture acrylique de la marque Golden®.

La zone de test a été séparée en deux : d'un côté une couche isolante de colle de peau à 20% a été appliquée, de l'autre côté non. Après un temps de séchage de 24h, les différents médiums de retouche ont été appliqués sur les deux zones.

24h plus tard, une deuxième couche de revêtement a été appliquée, afin d'avoir un rendu plus brillant. Après un temps de séchage de 72h, des tests de nettoyages des zones ont été réalisés.

Tableau 2 : Évaluation des tests de retouche pour le revêtement du cabinet.

| | Observations |
|---|---|
|  <p>Contrôle : À gauche (G) colle de peau. À droite (D) aucun revêtement.</p> | <p><i>Encadré : Surface après retrait de la colle de peau avec une solution aqueuse.</i></p> |
|  <p>G : Regalrez®1094 à 50% dans le Shellsol T avec pigment noir d'ivoire sur colle de peau. D. : Regalrez®1094 à 50% dans le Shellsol T avec pigment noir d'ivoire.</p> | <p><i>Encadré vert : Retrait du revêtement jusqu'à la couche d'isolation. Retrait aisé, avec du Shellsol T sur un coton-badigeon.</i> <i>Encadré bleu : Retrait du revêtement peinture et de la couche isolante de colle de peau. Retrait aisé, avec du Shellsol T sur un coton-badigeon, puis nettoyage aqueux.</i> <i>Encadré rose : Retrait avec du Shellsol T sur un coton-badigeon. Bien que retiré, des résidus ont pénétrés dans le bois, qui apparaît foncé.</i></p> |
|  | <p><i>Encadré vert : Retrait du revêtement jusqu'à la couche d'isolation. Retrait aisé, avec du White Spirit sur un coton-badigeon.</i> <i>Encadré bleu : Retrait du revêtement peinture et de la couche isolante de colle de peau. Retrait aisé, avec du White Spirit sur un coton-badigeon, puis nettoyage aqueux.</i> <i>Encadré rose : Retrait aisé avec du White Spirit sur un coton-badigeon. Bien que retiré, des résidus ont pénétrés dans le bois, qui apparaît foncé.</i></p> |

| | |
|--|---|
| <p><i>G : Plexigum PQ611 à 15% dans le White Spirit avec pigment noir d'ivoire sur colle de peau.</i> <i>D. : Plexigum PQ611 à 15% dans le White Spirit avec pigment noir d'ivoire.</i></p> | <p><i>Cette option a cependant été écartée à cause de l'apparence trop mat de la surface.</i></p> |
|  <p><i>G : Aquazol 200 à 30% dans l'H2O déminéralisée, avec pigment noir d'ivoire sur colle de peau.</i> <i>D. : Aquazol 200 à 30% dans l'H2O déminéralisée, avec pigment noir d'ivoire.</i></p> | <p><i>Encadré vert : Retrait du revêtement jusqu'à la couche d'isolation. Retrait aisé, avec un coton-badigeon légèrement humidifié avec de l'eau déminéralisée. Une partie de la colle de peau se solubilise avec.</i> <i>Encadré bleu : Retrait aisé, avec un coton-badigeon légèrement humidifié avec de l'eau déminéralisée. Retrait du revêtement peinture et de la couche isolante de colle de peau.</i> <i>Encadré rose : Retrait aisé, avec un coton-badigeon légèrement humidifié avec de l'eau déminéralisée. Bien que retiré, des résidus ont pénétrés dans le bois, qui apparaît légèrement plus foncé.</i></p> |
|  <p><i>Figure 137 : Tests de différents pigments. De gauche à droite : noir d'ivoire, noir de vigne, noir d'oxyde et noir de mars.</i></p> | <p>Le choix du pigment a été déterminé par un test d'application. Quatre pigments (noir d'ivoire, noir de vigne, noir d'oxyde et noir de mars) ont été appliqués sur une surface. Leur pouvoir couvrant, leur comportement avec le médium sélectionné et leur teinte ont été évalués. Le choix s'est porté sur le noir d'ivoire.</p> |

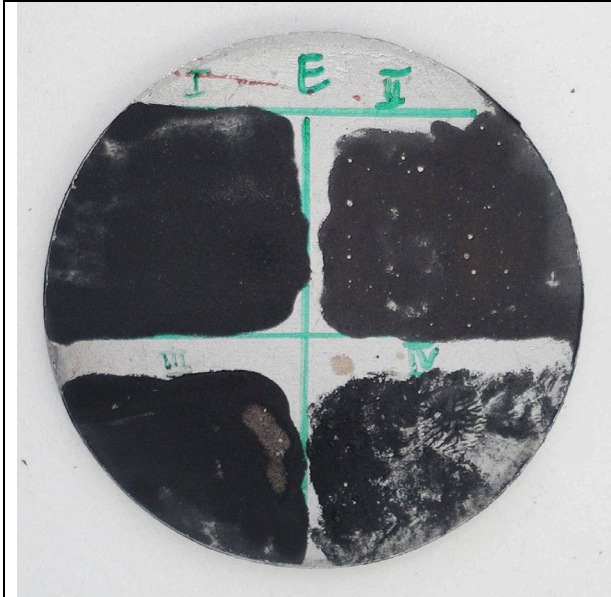
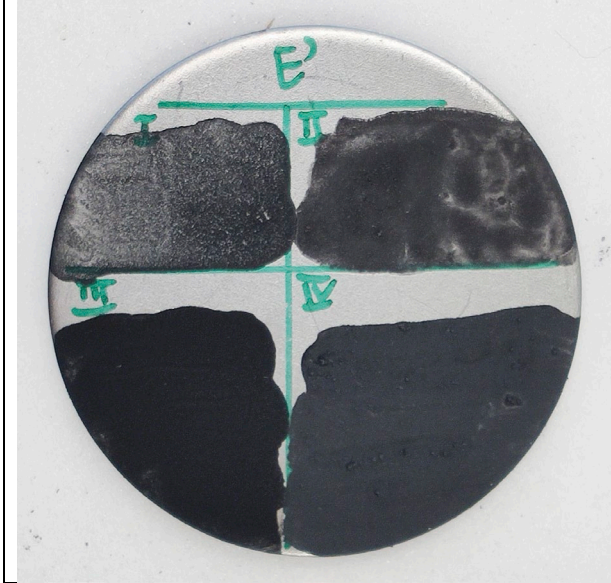
XII. Tests de réintégration picturale pour le mécanisme moteur

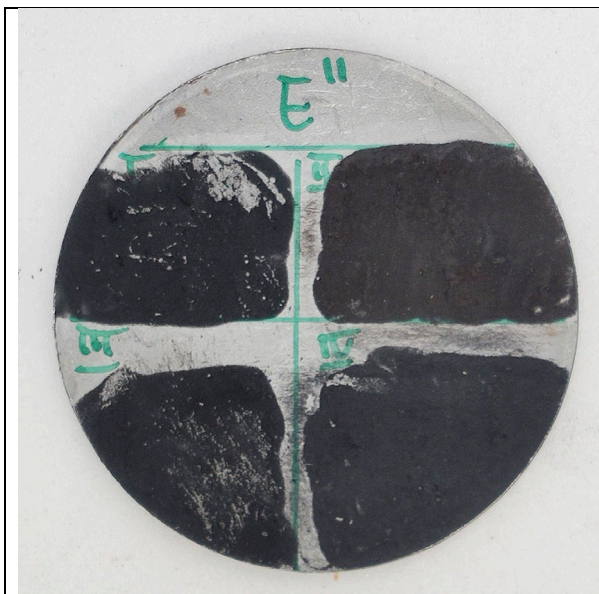
Sur la base des tests de solubilité, trois produits ont été testés : le Regalrez® 1094 à 25% dans le Shellsol T, le Plexigum à 15% dans le White Spirit et la cire Cosmoloid® H80 dans le White Spirit.

Différents tests de liants teintés dans la masse ont été réalisés. Cela a permis de voir l'adhérence, la brillance, l'opacité, et le comportement du pigment avec le liant.

Afin de gagner en brillance, il est recommandé de mettre plusieurs couches de vernis sans pigments, en respectant un temps de séchage d'en tout cas 24h.

Tableau 3 : Évaluation des tests de retouche pour le revêtement du mécanisme moteur.

| | Observations |
|---|--|
|  | <p>Regalrez® 1094 à 25% dans le Shellsol T avec :</p> <ul style="list-style-type: none">I. Noir de vigneII. Noir de marsIII. Noir d'ivoireIV. Noir d'oxyde <p>Le mélange avec le pigment noir de vigne a donné les résultats les plus convaincants.</p> |
|  | <p>Plexigum à 15% dans le White Spirit avec :</p> <ul style="list-style-type: none">I. Noir de vigneII. Noir de marsIII. Noir d'ivoireIV. Noir d'oxyde <p>Le coloris ne correspond pas à la surface originale, tendance également trop mat.</p> |



Cire Cosmoloid H80 à 10% dans le White Spirit avec :

- I. Noir de vigne
- II. Noir de mars
- III. Noir d'ivoire
- IV. Noir d'oxyde

Difficile à mettre en œuvre, ne donne pas un aspect de surface très homogène. Ça devient de plus « grumeleux » et n'a pas une bonne adhérence avec la surface.

XIII. Protocol de démontage et de remontage du ressort

Mise en place

1. Désarmer complètement le ressort en retenant la manivelle et en désarmant les cliquets* du système du rochet*, puis dérouler le ressort gentiment, en retenant la manivelle, jusqu'à ce que celle-ci tourne dans le vide sur quelques centimètres.
2. Démontage et retrait des éléments non utiles à l'opération de démontage du ressort : monnayeur, régulation de la vitesse (broche du volant et volant), levier de réglage du volume.
3. Démontage et retrait des éléments du système d'armement du ressort : roue d'armage* et sa vis de sécurité.
4. Dévissage et retrait de la platine supérieure.
5. Retrait de tous les mobiles et du barillet, afin d'avoir accès aux quatre points de fixation de la platine, dont un est inaccessible à l'état assemblé à cause du barillet.
6. Sécurisation de la platine inférieure : La platine inférieure est vissée sur un support en bois surélevé (afin de pouvoir tourner la manivelle librement), lui-même vissé directement dans le sol afin d'obtenir la meilleure stabilité possible lors de l'intervention (*Figure 138*).

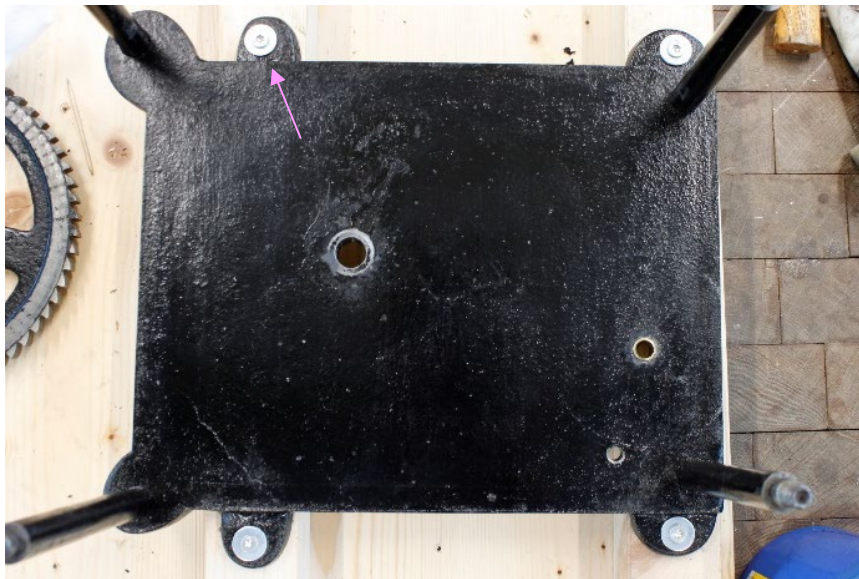


Figure 138 : Le mécanisme a été entièrement démonté afin de pouvoir fixer la platine inférieure à la planche par ses quatre fixations, dont une qui est difficilement accessible à cause du barillet.

Préparation du ressort I

7. Dévissage et retrait de la colonne des platines la plus éloignée des mobiles, afin d'avoir un espace suffisant dans lequel le ressort pourra se dérouler (*Figure 139*).
8. Le barillet et les mobiles sont replacés sur la platine inférieure. La platine supérieure est remplacée et revissée. La roue d'armement et sa vis de sécurité sont remises en place.
9. Étant donné que le mécanisme n'était plus bloqué par le monnayeur, il a été nécessaire de créer un blocage artificiel pour pouvoir le remonter sans qu'il ne se désarme. Pour cela, une plaquette métallique a été fixée à la roue du deuxième mobile. Cette plaquette vient buter contre la colonne des platines la plus proche, empêchant ainsi la roue de tourner (*Figure 140*).
10. Placement de la sangle autour du ressort : armer le ressort partiellement, jusqu'à ce qu'il y ait suffisamment d'espace pour placer la sangle entre le ressort et les colonnes du barillet. La sangle a ensuite été serrée autant que possible. Un morceau de bois a été placé sous le cliquet de la sangle pour éviter d'endommager le ressort.
11. Désarmage complet du ressort dans la sangle. Cela permettra de le manipuler sans risques.
12. Répéter pts. 3 et 4 : Démontage et retrait des éléments.

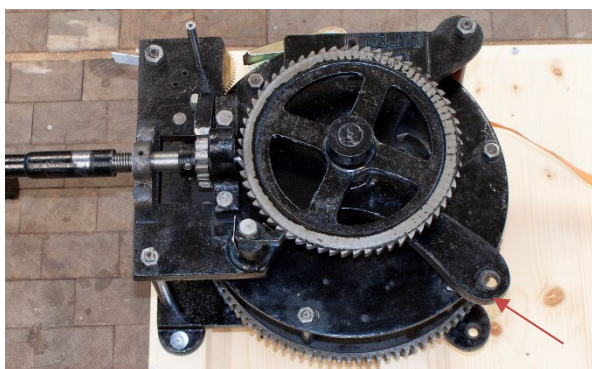


Figure 139 : La tige de la platine la plus éloignée des mobiles a été enlevée (flèche rose), ce qui permet de créer un espace par lequel le ressort pourra se dérouler.

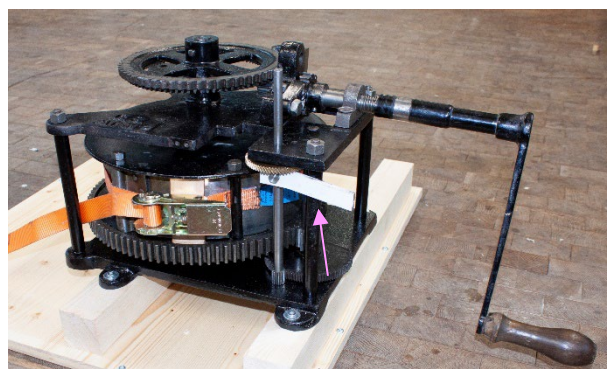


Figure 140 : Le ressort est complètement armé et serré dans une sangle. Un morceau de bois protège la surface du cliquet métallique de la sangle.

L'engrenage est bloqué par une plaque métallique fixée à la roue du deuxième mobile (flèche rose).

Préparation du ressort II

Comme pour la platine, il a été nécessaire de retirer des colonnes de la cage du barillet pour créer un espace suffisant par lequel le ressort pourra se dérouler hors de son barillet.

13. Le barillet étant accessible et le ressort maintenu, les écrous du couvercle du barillet sont dévissés.
14. Retrait du couvercle du barillet : La bonde est décrochée du ressort en faisant tourner l'arbre du barillet dans le sens anti-horaire. Comme il est solidaire au couvercle, le dévisser permet d'ouvrir le barillet (*Figure 141*).

15. Dévisser et retirer trois tiges du barillet, afin de créer l'espace nécessaire au déroulement du ressort.
16. Reposer le couvercle sur les colonnes restantes, revisser les écrous, et refixer la bonde au ressort.
17. Remontage des mobiles d'engrenage, de la platine supérieure et des éléments d'armement du mécanisme (*Figure 142*).

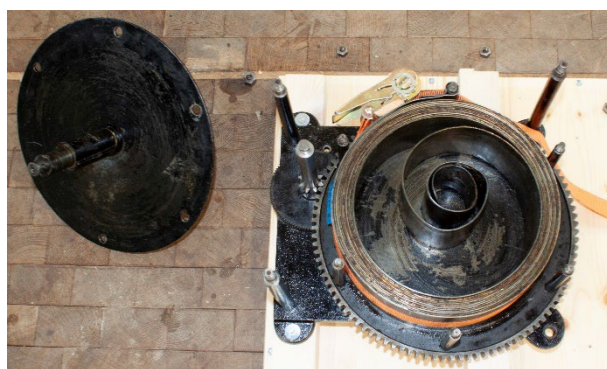


Figure 141 : Ouverture du couvercle du barillet.

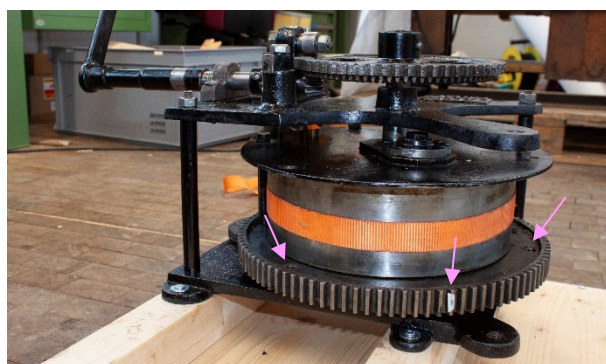


Figure 142 : Trois colonnes ont été retirées du barillet.

Détente du ressort

18. Armer le ressort jusqu'à ce que la sangle soit détendue. S'assurer que les cliquets d'armement sont bien en place, et desserrer la sangle légèrement.
19. Désarmage progressif et de manière contrôlée du ressort : Relever les cliquets, et retenir la détente du ressort avec la manivelle. Gentiment désarmer le ressort, en tournant la manivelle dans le sens inverse du remontage. Au fur et à mesure que le ressort se détend, détendre la sangle (*Figure 143*).
20. L'arrêtage riveté au couvercle du barillet limite le nombre de tour du barillet. Une fois que le doigt de l'arrêtage est bloqué par la croix de Malte, éloigner le doigt de l'arrêtage de la croix de Malte, et tourner celle-ci manuellement jusqu'à son point de départ, afin de permettre de continuer le désarmage.
21. Légèrement soulever le ressort pour le faire passer par-dessus le rebord du barillet, et en même temps légèrement desserrer le couvercle du barillet pour permettre au ressort de passer par-dessus le rebord (*Figure 143*, flèche).
22. En fin de course, lorsque la sangle n'est plus nécessaire, détendre le ressort manuellement (*Figure 144*).

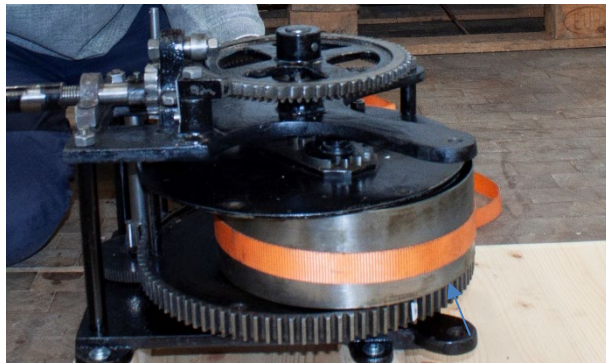


Figure 143 : Le ressort est gentiment désarmé, et maintenu par la sangle, il commence à sortir du barillet.

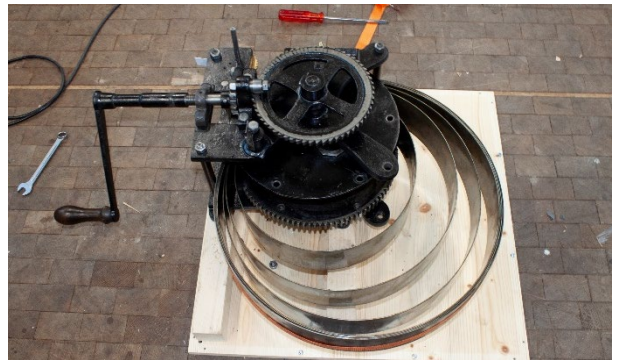


Figure 144 : Le ressort en cours de déroulage, encore maintenu par la sangle. Il faudra bientôt l'extraire manuellement.

Retrait du ressort

23. Répéter pts. 3 et 4. Démontage et retrait des éléments.
24. Répéter pts. 13 et 14 : Dévissage des écrous du couvercle du barillet ; Décrochage de la bonde et retrait du couvercle.
25. Décrochage du ressort de la colonne sur laquelle il est fixé et retrait du ressort (*Figure 145*).

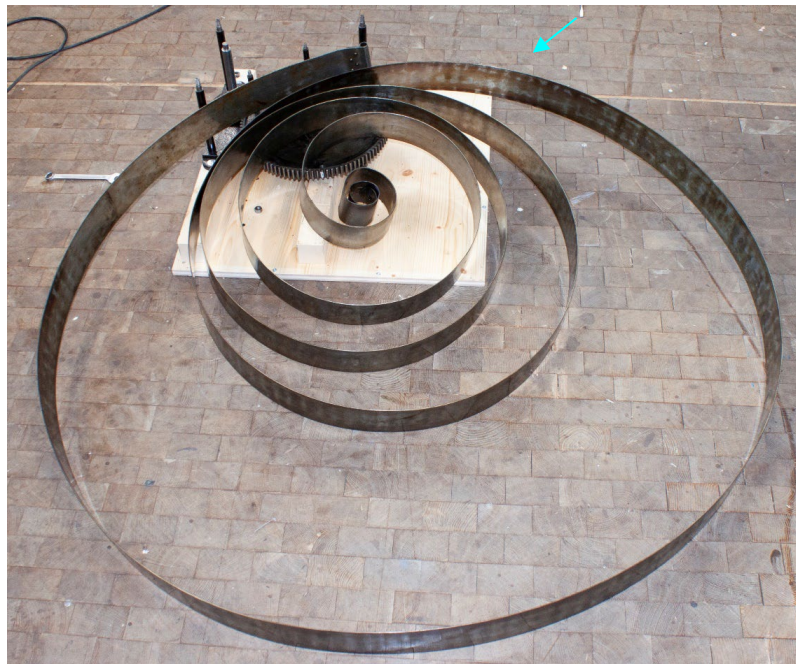


Figure 145 : Le ressort entièrement détendu. La flèche indique le point par lequel le ressort est fixé au barillet.

Protocole de remontage :

1. La boucle rivetée de l'extrémité du ressort est remplacée sur sa colonne.
2. Le centre du ressort est placé au centre du fond du barillet et la bonde est refixée en tournant l'arbre du barillet dans le sens horaire. Le couvercle du barillet est revissé aux trois colonnes restantes.
3. Le barillet et les mobiles sont remplacés sur la platine inférieure. La platine supérieure est remplacée et revissée. La roue d'armement et sa vis de sécurité sont remises en place.
4. Le ressort est gentiment réarmé et revient se mettre dans le barillet. La sangle a été ajoutée par mesure de sécurité.
5. L'arrêtage riveté au couvercle du barillet limite le nombre de tour du barillet. Une fois que le doigt de l'arrêtage est bloqué par la croix de Malte, éloigner le doigt de l'arrêtage de la croix de Malte, et tourner celle-ci manuellement jusqu'à son point de départ.
6. Une fois que le ressort est retourné dans le barillet et est complètement armé, remplacer la sangle entre les colonnes et le ressort. Avant de serrer la sangle, placer un morceau de bois sous le cliquet de la sangle pour éviter d'endommager le ressort.
7. Démontage et retrait des éléments du système d'armement du ressort : roue d'armage et sa vis de sécurité.
8. Dévissage et retrait de la platine supérieure.
9. Le barillet étant accessible et le ressort maintenu, les écrous du couvercle du barillet sont dévissés.
10. Retrait du couvercle du barillet : La bonde est décrochée du ressort en faisant tourner l'arbre du barillet dans le sens anti-horaire. Comme il est solidaire au couvercle, le dévisser permet d'ouvrir le barillet.
11. Retirer le ressort maintenu par la sangle et remplacer les trois colonnes de la cage du barillet (Figure 146).



Figure 146 : Les colonnes sont remplacées à leur emplacement original après démontage complet du mécanisme et retrait du ressort.



Figure 147 : Le ressort, maintenu par la sangle, peut être sorti et remplacé dans le barillet. Ici après traitement et lubrification.

12. Replacer le ressort au centre du barillet, refermer le couvercle, refixer la bonde au ressort et revisser les écrous des colonnes du couvercle (*Figure 147*).
13. Replacer la colonne des platines qui a été retirée afin de créer de l'espace pour laisser se dérouler le ressort.
14. Le barillet et les mobiles sont replacés sur la platine inférieure. La platine supérieure est remplacée et revissée. La roue d'armement et sa vis de sécurité sont remises en place.
15. Pour pouvoir retirer la sangle, réarmer complètement le ressort. Puis, une fois que la sangle commence à être moins tendue, la retirer. Enfin, le ressort est complètement désarmé de manière contrôlée, en le retenant avec la manivelle. La plaquette métallique qui empêchait le ressort de se désarmer est retirée de la vis du deuxième mobile. Tous les éléments retirés pour permettre le démontage (monnayeur, levier oscillant, etc.) sont remplacés.

XIV. Photographies après traitement



Figure 148 : Cabinet après traitement.



Figure 149 : Cabinet après traitement.



Figure 150 : Cabinet après traitement. Vue de côté.



Figure 151 : Cabinet après traitement. Vue de côté.



Figure 152 : Intérieur du cabinet après traitement.



Figure 153 : Plateau du cabinet après traitement.



Figure 154 : Plateau du cabinet après traitement.



Figure 155 : Instrument après traitement.



Figure 156 : Instrument et boîtier après traitement.

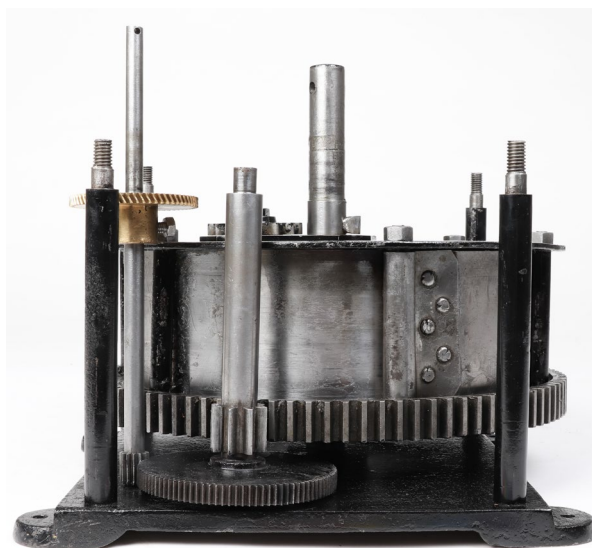


Figure 157 : Mécanisme moteur après traitement.

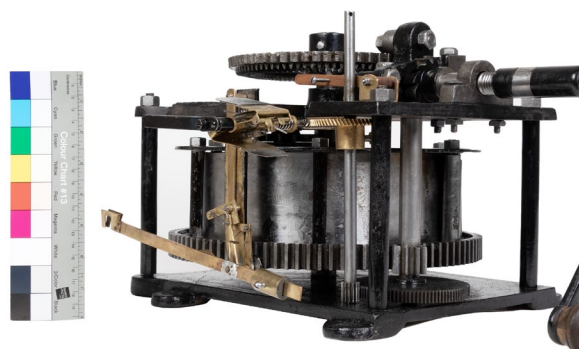


Figure 158 : Mécanisme moteur après traitement.

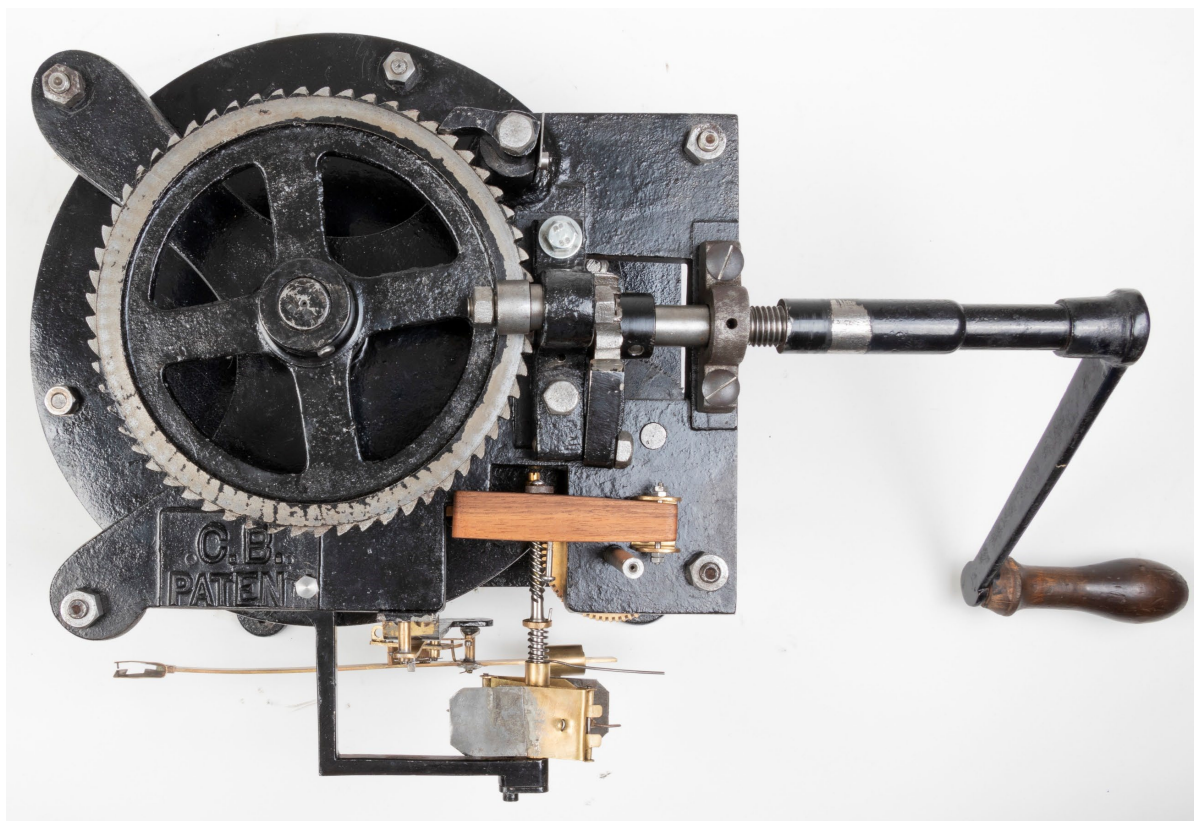


Figure 159 : Mécanisme moteur après traitement.

XV. Données techniques et fiches de sécurité des produits utilisés

p. Aquazol® 200

Safety Data Sheet

According to regulation (EC) No. 1907/2006 (REACH)



63902 Aquazol® 200

Page 1

Revised edition: 14.01.2020

Version: 8

Printed: 26.05.2023

1. Identification of the Substance/Mixture and of the Company/Undertaking

1.1. Product Identifier

Product Name: Aquazol® 200

Article No.: 63902

UFI: --

1.2. Relevant identified Uses of the Substance or Mixture and Uses advised against

Identified uses:
 Glue
 Binding agent

Uses advised against:

1.3. Details of the Supplier of the Safety Data Sheet (Producer/Importer)

Company: Kremer Pigmente GmbH & Co. KG

Address: Hauptstr. 41-47, 88317 Aichstetten, Germany

Tel./Fax.: Tel +49 7565 914480, Fax +49 7565 1606

Internet: www.kremer-pigmente.com

E-Mail: info@kremer-pigmente.com

Importer: --

1.4. Emergency No.

Emergency No.: +49 7565 914480 (Mon-Fri 8:00 - 17:00)

1.4.2 Poison Center:

Page 2

Revised edition: 14.01.2020

Version: 8

Printed: 26.05.2023

3.1. Substance

3.2. Mixture

Chemical Characterization: Water soluble synthetic resin.

Information on Components / Hazardous

Ingredients:

| | | |
|----------------------------|--------|--|
| Poly (2-ethyl-2-oxazoline) | 99.9 % | CAS-Nr: 25805-17-8 EINECS-Nr: EC-Nr: |
|----------------------------|--------|--|

| | | |
|------------------------------------|-------|--|
| 2-Ethyl-2-oxazoline (H226-315-319) | 0.5 % | CAS-Nr: 10431-98-8 EINECS-Nr: 233-912-4 EC-Nr: |
|------------------------------------|-------|--|

Additional information:

Exempted from the mandatory REACH Registration.

q. *Methocel MC - Fluka®*



Industriestrasse 25
CH-9471 Buchs

E-mail: Flukatec@eurnotes.sial.com
Fax: ++41 81 755 2815

64630 Methylcellulose, highly viscose (Methocel® MC)

CAS number: 9004-67-5

Physical Description:

| | |
|-------------------|--|
| Appearance: | White powder with yellow cast |
| Viscosity: | 3000 - 5500 mPa·s (2% in water, 20 °C) |
| Molecular weight: | Correlated approximately with viscosity ¹ |
| Structure: | Cellulose, with methoxy substitution between 27.5-31.5% (weight). Degree of substitution (D.S., average number of substituent groups attached to the ring hydroxyls) is 1.5-1.9. (This range gives maximum water solubility.) ¹ |

Storage / Stability:

This product is very stable at room temperature.

Solubility / Solution Stability:

Although up to 10% solution in water can be prepared for low viscosity methyl cellulose, the high-viscosity products are normally limited to 2-3% (w/w). The concentration to prepare will depend on the intended usage and desired viscosity. Dissolving methyl cellulose into water requires some care.

Method 1:1

1. Heat about 1/3 of the required volume of water to at least 80 °C.
2. Add the methyl cellulose powder to the hot water with agitation.
3. Agitate the mixture until the particles are thoroughly wetted and evenly dispersed.
4. For complete solubilization, the remainder of the water is then added as cold water or ice to lower the temperature of the dispersion. Once the dispersion reaches the temperature at which that particular methyl cellulose product becomes water soluble, the powder begins to hydrate and the viscosity increases. Solution should be cooled to 0-5 °C for 20-40 min.
5. Continue agitation for at least 30 min. after the proper temperature is reached.

Method 2:4

Add 10 g methylcellulose to 1 liter of distilled water, and using a heating magnetic stirrer, slowly "bring to a boil for 5-10 minutes until small amorphous aggregates" of methylcellulose are formed. Immediately sterilize the solution for 16 minutes at 121 °C and 15 bar steam pressure. Allow solution to stand overnight at room temperature for complete dispersion. The solution will be cloudy but uniform. The solution stored at room temperature can be used for one year.

Note: If a lumpy solution forms because of the methyl cellulose was not dispersed properly in cold water, then a high shear force is necessary to break the lumps, using a tissue homogenizer or blender.

A 0.5-1% solution of these products in water can be autoclaved under the usual conditions. However, higher concentrations may lead to chunks of methyl cellulose coming out of solution, so autoclaving these higher concentrations is not recommended. Heating a solution to the gel point results in thermogelation (see below). Upon cooling, the material rehydrates to the initial viscosity. If higher concentrations are autoclaved to thermogelation, then the rehydration may not take place sufficiently and big chunks will form.

An alternative method to obtain a sterile solution of higher concentration would be to sterilize the water first,

then add the material to the solvent.

General Remarks:

Methylcelluloses have a wide range of uses in general industrial settings, depending on viscosity (related to molecular weight). They can be used for adhesives or thickening agents, viscosity control agents, or protection in paint formulations. Pharmaceutical grades have been used as thickeners, binders, emulsifiers, and stabilizers in a variety of cosmetic and food products. Biochemical applications are similar, as noted below.

Methylcellulose solutions when heated will reversibly form gels- at a temperature characteristic of the type and percentage. For these products, a 2% solution (w/w) has a gelation temperature of approximately 48 °C. The gelatin temperature drops linearly with increasing concentrations to about 30 °C for a 10% solution. Agitation affects the strength and apparent temperature of gelation; continued rapid agitation during gelation may break down gel structure. Additives (such as ordinary buffer salts or ethanol) can affect the gelation temperature, in either positive or negative direction. For maximum development of gel strength under quiescent conditions, the solution should be above the gelation temperature for about three hours.¹

1



Industriestrasse 25
CH-9471 Buchs

E-mail: Flukatec@eurnotes.sial.com
Fax: ++41 81 755 2815

Fluka 64630 is recommended over glycerol for use in a cryopreservation medium; a higher percentage of viability was noted for each organism tested in a 1% methylcellulose solution compared to a 15% glycerol solution.

The Sensitivity and resistance of the preserved organisms to various antibiotics did not change.⁴ Methylcellulose of 4000 cps (Fluka 64630) was used in a semi-solid culture medium; plating cells in 1.2% methylcellulose with 10% fetal calf serum were plated over a layer of 0.9% agar.^{5,6} Similar applications involved plating cells in an 0.8% solution.^{7,8} Human neuroblastoma cells were cloned and cultured successfully in a 1% methylcellulose medium.⁹ A standard protocol for plating in Methocel (Fluka 64630) using 1.6% final concentration in medium has been published.¹⁰

References:

1. Supplier information. "Methocel" is a trademark owned by Dow Chemical Company.
2. Sigma Cell Culture Technical Service.
3. Stewart, G.J. et al., *Biotechniques*, 19, 598 (1995).
4. Reamer, R. et al, *Journal of AOAC International*, 78, 997-1001 (1995).
5. Freedman, V.H. and Shin, S., *Cell*, 3, 355-359 (1974).
6. Risser, R. and Pollack, R., *Virology*, 59, 477-480 (1974).
7. Muller-Sieburg, C.E. et al., *J. Exp. Medicine*, 167, 1825-1840 (1988).
8. Rennick, D., Yang, G., Muller-Sieburg, C. et al., *Proc. Natl. Acad. Sci. USA*, 84, 6889-6983 (1987).
9. Ito, T. et al., *Cancer Research*, 47, 4146-4149 (1987).
10. *Gene Transfer and Expression: A Laboratory Manual*, M. Kriegler (Stockton Press, NY, 1990), pp 94-95.

r. *Plexigum® PQ 611*



67380 Plexigum® PQ 611

Binding agent for odorless interior and exterior paints for the conservation of buildings. Polymer in powder form based on iso-butyl methacrylate.

Product properties:

| | |
|--|--|
| Density: | 1.04 g/cm ³ (DIN EN ISO 12185) |
| Bulk density: | approx. 600 g/l (DIN EN ISO 60) |
| Solubility: | Soluble in esters, ketones, aromatic hydrocarbons and in aromatic-free, aliphatic hydrocarbons; insoluble in alcohols. |
| Viscosity number: | 38 cm ³ /g (DIN EN ISO 1628-1) |
| Molecular weight (Mw): | 120000 g/mol (DIN 55672-1) |
| Dynamic viscosity: | 140 mPas (DIN EN ISO 3219) (40 % in MEK, C35/1°, 100/s |
| Glass transition temperature (T _g) | 33°C (DIN EN ISO 11357-1) |

General Information:

Film properties (measured on solvent-free, dried unpigmented films)

| | |
|--|------------|
| Torsion pendulum test: | DIN 53 445 |
| Temperature T _{Λmax} at the damping maximum (frequency: 1 Hz) | 52°C |

Applications:

Binding agent for especially odorless and physiologically harmless paints for the exterior and interior application for the conservation of buildings. For example, also for upgraded insulation systems (polystyrene). The main solvents are aromatic hydrocarbons. Plexigum® PQ 611 is also used for the production of print colors based on petroleum.

s. *Regalrez® 1094*



67280 Regalrez® 1094 Hydrocarbon Resin

Regalrez® 1094 hydrocarbon resin is produced by polymerization and hydrogenation of pure monomer hydrocarbon feedstocks. Regalrez® 1094 is a highly stable, light colored, low molecular weight, nonpolar resin suggested for use in plastics modification, adhesives, coatings, sealants, and caults. Regalrez® 1094 is especially suited to applications where the lowest color and most stability against weathering and thermal degradation is required. Regalrez® 1094 is suggested for use in elastomeric sealants and adhesives tapes where outdoor exposure will occur or where clarity and resistance to yellowing is a requirement. Regalrez® 1094 contains no added antioxidants or UV stabilizers.

Typical Properties

| | |
|----------------------------|------|
| Softening point, ASTM E 28 | 95°C |
| Color | 2.0 |
| Density at 21°C (kg/l) | 0.99 |

| | |
|-------------|---------|
| Cloud Point | |
| - MMAP | 84°C |
| - DACP | 59°C |
| - OMSCP | < -40°C |

| | |
|---|------|
| Molecular weight, Size Exclusion Chromatography | |
| Mz | 1350 |
| Mw | 850 |
| Mn | 550 |
| Mw/Mn | 1.6 |

| | |
|----------------|------------|
| Melt viscosity | |
| 115°C | 1000 poise |
| 125°C | 100 poise |
| 150°C | 10 poise |
| 190°C | 1 poise |

| | |
|--|------|
| Glass transition temperature (T _g) | 40°C |
|--|------|

Compatibility and Solubility:

Regalrez® 1094 is compatible with polyethylene, polypropylene, natural rubber, EPDM, butyl rubber, ethylene-propylene copolymers and the isoprene, ethylene-propylene and ethylene-butylene midblocks of SIS and SEPS, and SEBS block copolymers. Regalrez® 1094 can be used with EVA copolymers with less than 20% vinyl acetate, paraffin, microcrystalline and polyolefin waxes. Regalrez® 1094 is soluble in aliphatic and aromatic solvents, C5 and higher esters and ketones. It is insoluble in glycol ethers, glycol ether esters, and alcohols. For low/zero VOC systems Regalrez® 1094 is soluble in t-butyl acetate and perchlorobenzenetetrafluoride (PCBTC) and will tolerate some acetone and/or methyl acetate as a diluent in solvent systems based on TBA and/or PCBTF. VOC exemptions and environmental regulations vary regionally and compliance with local standards should be verified before any claims about VOC content are made.

Storage:

Flaked forms of resins are prone to gradual oxidation, some more than others. This could result in darkening and/or it could have an adverse effect on the solubility of the resin in organic solvents or on its compatibility with polymers. Accordingly, it is strongly recommended that strict control of inventory be observed at all time, taking care that the oldest material is used first.

XVI. Interventions réalisées après le rendu du dossier

t. Les ponts en laiton de l'arbre à marteau

Pour insérer le feutre dans la perforation, celui-ci est découpé en biseau puis tiré à l'intérieur. Il est ensuite coupé aux dimensions souhaitées et collé à l'aide de colle de peau chaude. Après séchage, le feutre est limé avec une lime ronde pour obtenir un diamètre correspondant à celui de la tige de l'arbre à marteaux.

Les rondelles originales ont également été remplacées par des rondelles en carton plus épais, ce qui a permis de mettre à niveau l'arbre à marteau, qui penchait légèrement vers la droite.



Figure 160 : Matériel et outil pour l'ajustement des feutres des ponts en laiton.



Figure 161 : Pièce recréée et pièce originale.

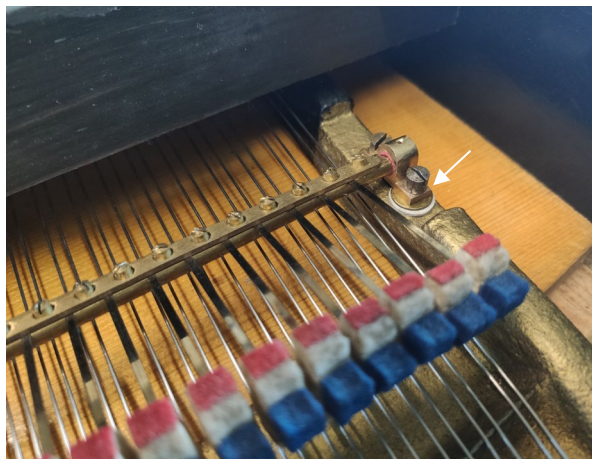


Figure 162 Ci-contre : La pièce remontée avec les nouveaux ponts et rondelles.

u. La création d'une nouvelle pièce du maintien du couvercle ouvert

La pièce originale était légèrement trop longue et laissait des marques sur le bois du plancher de l'instrument lorsque le couvercle était fermé, ce qui a conduit à sa recreation. Pour cela, une tige en laiton de 3 mm d'épaisseur a été découpée grossièrement à la scie, puis meulée pour obtenir la forme souhaitée. Un trou a ensuite été percé, suivi d'une fente usinée par fraisage.

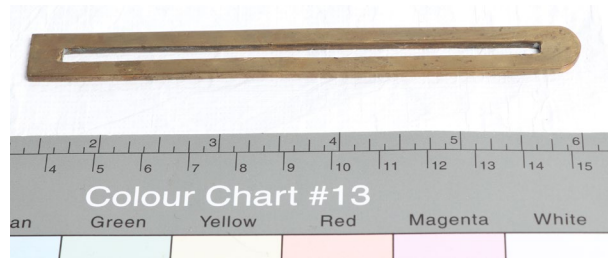


Figure 163 : Pièce originale, avant traitement chimique. La pièce recréée n'a pas été documentée.

v. Déplacement de l'accroche du ressort

Le ressort a été remonté tel qu'il a été trouvé. Cependant, après une observation minutieuse du ressort et de l'emplacement de son accroche, il s'est avéré que celle-ci n'était probablement pas à son emplacement d'origine (Fig.164). En effet, l'une des six colonnes présente un espace plus important par rapport au bord denté, ce qui permettrait à l'accroche du ressort d'avoir plus de liberté de mouvement (Fig.165).

Le ressort a donc été retiré du barillet et l'accroche a été déplacée sur la colonne offrant le plus d'espace. Les étapes 1 à 11 du protocole ont été suivies pour sortir le ressort du barillet a colonne.

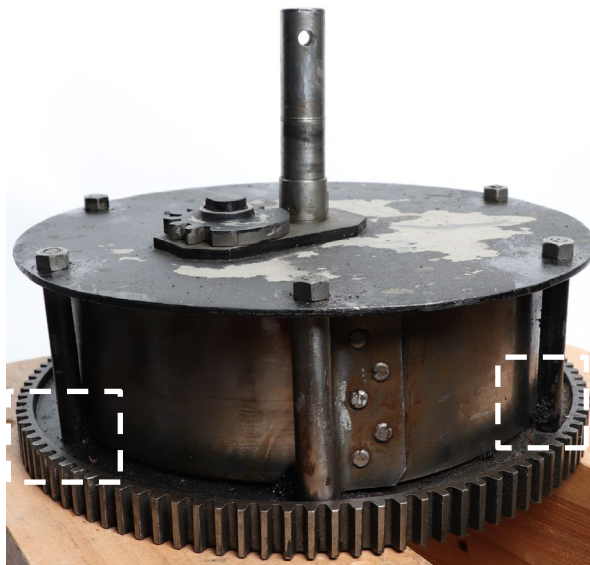


Figure 164 : Emplacement du ressort tel que trouvé. Il est cependant possible que le ressort n'a pas été remonté correctement lors d'un démontage précédent. Par comparaison, la colonne de gauche présente un espace plus important que la colonne de droite – est-ce donc son emplacement d'origine ?



Figure 165 : Ci-dessus : Le trou de la colonne est très proche de la denture.

Ci-dessous : Ce trou de fixation de la colonne présente une plus grande distance avec le bord à denture, suggérant que ce soit l'emplacement originellement prévu pour l'accroche du ressort.

w. Tests de consolidation des déchirures dans les partitions

Un test de consolidation des déchirures dans les partitions a été effectué. Une colle d'amidon a été préparée avec de l'eau déminéralisée dans une proportion d'une part de colle pour neuf parts d'eau. Un morceau de papier japonais a été découpé avec des ciseaux, plutôt qu'à l'eau comme recommandé. Ce morceau a ensuite été appliqué sur la déchirure, après avoir enduit la zone d'adhésif. Une mise sous presse avec un intercalaire en papier siliconé a permis d'aplanir la zone à coller.

Une teinture du papier japonais aurait rendu l'intervention moins visible. De plus, des auréoles se sont formées autour de la zone collée, nécessitant une légère ré-humidification pour atténuer ces marques.

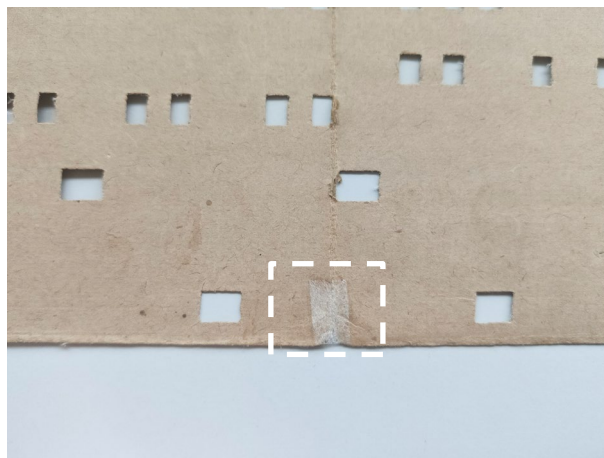


Figure 166 : Essai de consolidation des déchirures dans les partitions.

XVII. Réglages réalisés après le rendu du dossier

Un certain nombre de réglage ont dû être réalisés sur le mécanisme de l'instrument pour permettre de retrouver la fonctionnalité complète de l'instrument.

x. Réglage de la hauteur des marteaux

Il a été nécessaire de s'assurer que les marteaux, lorsqu'ils sont dans leur position la plus basse, ne viennent pas appuyer directement sur les cordes (Fig.166-167). Pour cela, la hauteur de la tige en bois reliant l'arbre à marteaux au levier oscillant a dû être ajustée. Ce réglage a pu être effectué grâce à l'extrémité filetée de la tige (Fig.168).



Figure 167 : Les marteaux en position basse.



Figure 168 : Les marteaux en position haute.



Figure 169 : La hauteur des marteaux peut être réglée grâce au filetage présent sur l'extrémité de la tige.

y. Réglages : Ajustement de l'emplacement et de l'alignement des marteaux

Après avoir installé l'arbre à marteau et l'avoir fixé entre les deux ponts en laiton, le positionnement des marteaux par rapport aux cordes a été vérifié et ajusté (Fig.169). L'alignement des marteaux a ensuite été contrôlé en vérifiant leur distance les uns par rapport aux autres à l'aide d'une tige, en l'occurrence une règle (Fig.170).

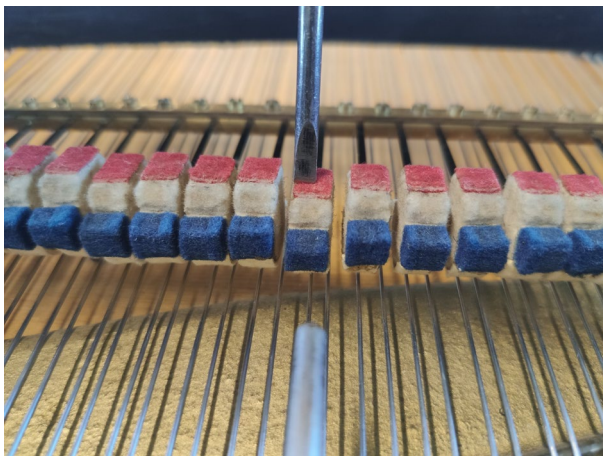


Figure 170 : Ajustement de l'emplacement des marteaux : ils doivent être parfaitement placés au-dessus des cordes.



Figure 171 : Ajustement de la longueur des marteaux, qui doivent être tous de la même longueur. Ici une règle a été utilisée pour contrôler l'alignement des marteaux.

z. Réglages : Ajustement de la hauteur des goupilles et de leur forme

La hauteur des goupilles a été vérifiée puis ajustée. Dans certains cas, les pointes des goupilles, présentant une surface irrégulière ou coupante, ont été limées pour offrir une surface plane, afin de minimiser les risques d'arrachement des partitions (Fig.171).



Figure 172 ci-contre : La hauteur des goupilles a été ajustée puis les bouts limés.

aa. Réglages : Hauteur et angle d'inclinaison des ressorts

Dans un premier temps, la hauteur des ressorts de la barre de suivi a été réajustée. Pour ce faire, les vis de fixation des ressorts ont été dévissées et la longueur des ressorts a été modifiée. Dans deux cas, cette intervention a entraîné la cassure d'un ressort, ce qui a nécessité d'en refaire. Pour ce faire, un ressort de barillet aux dimensions similaires à celles des ressorts originaux a été sélectionné. Un morceau de ce ressort a été découpé, puis reformé à chaud à l'aide d'un chalumeau. Enfin, le ressort a été travaillé à la lime afin d'obtenir les dimensions exactes des pièces originales (Fig.173).

Après avoir ajusté la hauteur des ressorts, leur angle d'inclinaison a également été corrigé. Une pince ronde a été utilisée pour exercer une pression légère sur la base du ressort et modifier ainsi sa forme (Fig.174).

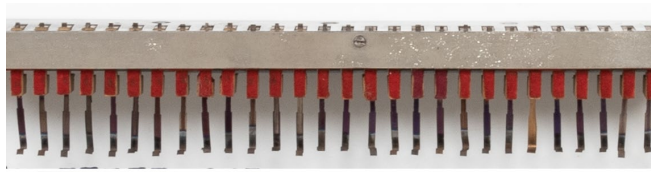


Figure 173 : La hauteur des ressorts a été ajustée. État avant traitement.

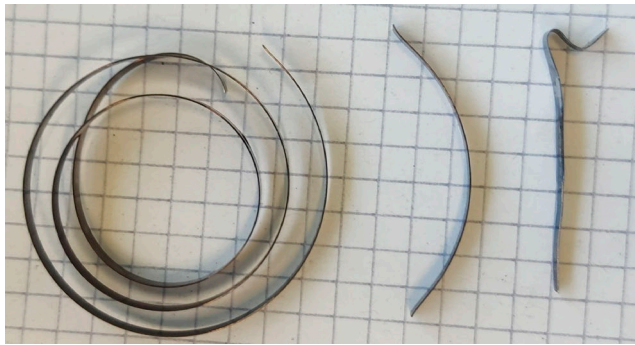


Figure 174 : Deux ressorts ont été refait. Pour cela, un ressort de barillet présentant une épaisseur proche des ressorts originaux a été utilisé. Celui-ci, après avoir été découpé, a été formé sous le chalumeau.



Figure 175 : L'angle d'inclinaison a été également ajustée. Ici état avant traitement.

bb. Réglages : Ajustement de la force de pression du cylindre en bois et des cylindres de transport

Afin de garantir que les cylindres de transport exercent une pression suffisante et uniforme pour tirer la partition de manière totalement parallèle aux ponts de la barre de suivi, il a été nécessaire de régler la distance entre ces cylindres. Pour cela, plusieurs tests ont été effectués afin de déterminer la distance idéale, à l'aide des vis prévues à cet effet dans le couvercle de la barre de suivi (Fig.175).

Les mêmes tests ont également été réalisés pour ajuster la hauteur du cylindre en bois. Pour s'assurer qu'il exerce une pression homogène sur toute la surface de la partition, il fallait veiller à ce qu'aucun des marteaux ne frappe les cordes lorsqu'il n'y a pas de perforations dans la partition. Le réglage a été considéré comme réussi lorsque aucun marteau ne venait frapper les cordes lors des passages silencieux.



Figure 176 ci-contre : Le réglage de la force de pression du cylindre en bois et des cylindres de transport s'est fait grâce aux vis dans le couvercle de la barre de suivi.

cc. Réglages : Ajustement de la distance entre les deux guides du plateau ajouré

En raison des changements dimensionnels du bois du plateau ajouré, les guides étaient trop proches et exerçaient une pression excessive sur la partition, ce qui la freinait et empêchait son passage fluide vers la barre de suivi (Fig.176). Pour ajuster la distance entre les deux guides, le textile décoratif a été retiré, puis le guide a été dévissé, légèrement écarté et revisé. Le textile a ensuite été recollé à la colle de peau chaude (Fig.177)

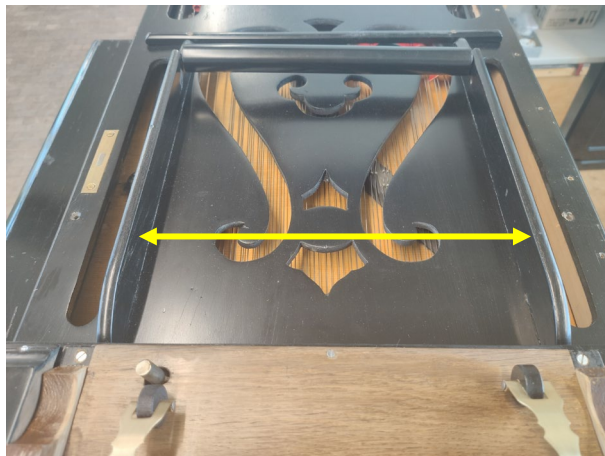


Figure 177 : La distance entre les deux guides est trop petite pour permettre le passage fluide des partitions.



Figure 178 : Mise sous presse d'un textile lors du séchage de l'adhésif.

dd. Réglages : Ajustement de la force des ressorts de rappel des touches

Afin de vérifier que les ressorts de rappel des touches présentent une résistance similaire, celle-ci a été mesurée à l'aide d'un dynamomètre (Fig.178). Ensuite, la forme des ressorts a été ajustée pour qu'ils offrent tous une résistance comparable (Fig.179). Cela permet de réduire la force nécessaire pour faire pivoter les touches, diminuant ainsi les risques d'arrachement des partitions.



Figure 179 : La force de chaque ressort de rappel a été mesurée puis ajustée.



*Figure 180 ci-dessus : Ressort avant intervention.
Ci-dessous : Ressort reformé à l'aide d'une pince.*

ee. Réglages : Ajustement du positionnement et de l'angle de contact des ressorts de l'arbre « Fortissimo »

Les ressorts de l'arbre à marteau, responsables de l'effet « Fortissimo », ont été placés en contact avec les feutres des touches correspondantes. Leur angle a également été ajusté pour garantir leur bon fonctionnement.



Figure 181 : Réglage des ressorts de l'arbre à marteau « Fortissimo ».

ff. Réglages : Accordage de l'instrument

L'accordage de l'instrument a été réalisé par un facteur de piano professionnel (Fig. 181). Celui-ci s'est basé sur la fréquence et la note fournies par le diapason inclus dans le boîtier de l'instrument (Fig. 182). Cependant, la fréquence étant relativement élevée (452 Hz) pour un « A », ce qui est courant pour les instruments de conception italienne, l'accordeur a décidé, par mesure de sécurité, d'accorder l'instrument un demi-ton plus bas. Cela permet de réduire la force exercée sur les cordes.



Figure 182 : Un facteur de piano accorde l'instrument.



Figure 183 : Diapason prévu pour l'accordage de l'instrument.