

Impact de la mise en fonction de l'automate « Turc buvant du café sur un tapis volant » sur ses matériaux constitutifs

Mémoire présenté par :

Christophe von Känel

Pour l'obtention du

Bachelor of Arts HES-SO en Conservation
Objets scientifiques, techniques et horlogers



Année académique 2015-2016

Remise du travail : 25.07.2016

Jury : 31.08.2016

Nombre de pages : 127

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. »

Fleurier, le 25 juillet 2016

Christophe von Känel

Remerciements :

Je tiens à remercier ici les personnes suivantes, qui ont eu, de près ou de loin une implication dans la réalisation de mon travail de mémoire de Bachelor.

Régis Huguenin Dumittan, conservateur du Musée international d'horlogerie de La Chaux-de-Fonds.

Jean-Michel Piguet, conservateur adjoint du Musée international d'Horlogerie de La Chaux-de-Fonds.

Je tiens à les remercier pour la confiance qu'ils m'ont témoigné, les propositions de sujets de mémoire qu'ils m'ont soumis, leur disponibilité et leur accueil chaleureux.

François-Junod, automatier-sculpteur, créateur de l'automate « Turc buvant du café sur un tapis volant ». Pour son accueil, ses réponses et la disponibilité qu'il a eue à mon égard et l'intérêt porté à mon travail de mémoire.

Tobias Schenkel, professeur chargé d'enseignements à la Haute Ecole Arc de Neuchâtel, pour ses nombreux conseils, tant techniques que rédactionnels et son rôle d'enseignant chargé de mon suivi lors de la réalisation de travail de Bachelor.

Marc Bloch, ancien directeur de l'entreprise de torréfaction « La Semeuse », donateur de l'automate « Turc buvant du café sur un tapis volant », pour ses réponses et son enthousiasme à ce projet.

Thierry Jacot, professeur chargé d'enseignement à la Haute Ecole Arc de Neuchâtel, pour ses précieux conseils et la mise à disposition d'appareillages de mesures.

Karin von Lerber, conservatrice-restauratrice textile SCR indépendante, spécialiste des cas d'urgences à Winterthur, pour son accueil, son professionnalisme, ses nombreuses informations et son aide sur le traitement des textiles de l'automate.

Stefan Ramseyer, Collaborateur technique en microscopie électronique et microanalyse de la Haute Ecole Arc Ingénierie, à Neode à La Chaux-de-Fonds pour le temps consacré à mes demandes et les explications fournies.

Fabienne Roth, couturière, créatrice des habits de l'automate pour ses réponses.

Et plus largement, tout le personnel du musée, que ce soit le centre de restauration ou la technique pour leur accueil, leur aide et informations, le collègue d'enseignant encadrant les démarches de réalisation du mémoire de Bachelor.

Un merci particulier aux personnes ayant participé à la relecture du présent dossier et à la correction des traductions des résumés.

Table des matières

Table des matières	2
Résumé	3
Zusammenfassung.....	4
Abstract	5
1. Introduction	6
2. Historique	8
2.1. Historique général	8
2.2. Contexte de création.....	9
3. Etude de l'automate.....	10
3.1. Description esthétique et assemblage	10
3.2. Matériaux présents	12
3.3. Valeurs culturelles	13
3.4. Description du fonctionnement	15
3.4.1. Le déclencheur	16
3.4.2. Moteur.....	16
3.4.3. Mouvement du tapis	17
3.4.4. Mouvement de l'androïde	18
3.4.5. Système hydraulique.....	22
3.4.6. Musique	22
4. Les points d'usures du système et leur caractérisation	23
5. Application tribologique ?	26
6. Réflexion déontologique sur les objets techniques	30
7. Recommandations	33
7.1. Climat actuel et préconisé	33
7.2. Maintenance.....	34
7.3. Observation.....	35
8. Discussion et Synthèse.....	36
9. Conclusion	38
Liste des figures	42
Liste des tableaux.....	45
Annexes du mémoire de Bachelor :.....	46

Résumé

Le Musée international d'horlogerie de La Chaux-de-Fonds a reçu en don, durant l'automne 2015, l'automate contemporain réalisé en 2000 par François Junod, « Turc buvant du café sur un tapis volant ».

Dès la patrimonialisation de cet objet, une question fait son apparition : Doit-on faire fonctionner un objet, tel qu'un automate, au sein d'une collection exposée en contexte muséal ?

Là, les réponses sont multiples, mais seule une démarche rigoureuse et scientifique permet d'argumenter correctement cette prise de décision.

Aussi, il convient de débiter toute réflexion par une étude de l'objet en analysant son histoire et son contexte de création, ses valeurs culturelles associées et son fonctionnement ainsi que les altérations présentes. A ce stade, des moyens scientifiques tels que la microscopie confocale, la thermographie ou l'analyse de lubrifiants peuvent permettre de quantifier et de mesurer des usures.

Il faut ensuite poser le pronostic, évaluer quelles sont les évolutions possibles et les parades qui pourraient permettre d'éviter une augmentation des altérations.

De nombreuses réflexions et pistes existent dans le domaine de la conservation-restauration des objets techniques, scientifiques et horlogers. Ces pistes peuvent se rapprocher de l'art cinétique, au sens où la fonction d'un objet peut se rapprocher de la volonté d'un artiste et être à pied d'égalité avec la matérialité de celui-ci.

Il convient de réfléchir profondément aux actions que l'on mène afin de respecter le maximum de critères possible. Finalement, c'est un compromis qui doit être trouvé. L'émerveillement du spectacle de la mise en fonction d'un automate, dans certaines conditions, reste une expérience que les moyens multimédias actuels ne peuvent recréer.

Concrètement, l'automate présente déjà certaines usures, notamment au mécanisme d'ondulation du tapis. Il devra donc faire l'objet d'une utilisation préférentielle lors des visites guidées et non d'une mise à disposition pour tous les visiteurs qui ont des films à disposition (mesures déjà en place). Un entretien annuel afin de remplacer les lubrifiants et de surveiller et analyser les points sensibles devra être fait. Cet objet est donc un excellent cas permettant le monitoring des usures et d'appréciation de l'efficacité des mesures mise en place.

C'est donc en élaborant un cadre d'utilisation clair ainsi que des directives d'entretien précises et en sensibilisant le personnel au contact de ses objets, que le double objectif, du maintien du sens et de la fonctionnalité, versus la matérialité de l'objet peut être atteint.

Zusammenfassung

Das Internationale Uhrenmuseum in La Chaux-de-Fonds hat im Herbst 2015 den im Jahr 2000 von François Junod hergestellten Automaten "Kaffeetrinkender Türke auf einem fliegenden Teppich" als Geschenk erhalten.

Sobald dieses Objekt den Status eines Kulturgutes erhält, stellt sich folgende Frage: Soll ein solches Objekt im Rahmen einer musealen Ausstellung als funktionsfähiger Automat präsentiert werden können?

Zu dieser Frage existieren zahlreiche Antworten, aber nur eine streng wissenschaftliche Herangehensweise erlaubt den Entscheid stichhaltig zu begründen.

Für die Auseinandersetzung bedarf es zuerst einer eingehenden Studie des Objekts selbst. Dabei müssen seine Geschichte und der Kontext der Herstellung, seine kulturellen Werte sowie seine Funktionsweise und die Abnutzung analysiert werden. Dabei helfen wissenschaftliche Untersuchungen, wie die konfokale Mikroskopie, die Thermografie oder eine Schmiermittelanalyse die Abnutzung zu messen.

Danach gilt es eine Prognose zu erstellen, um sowohl künftige Entwicklungen als auch Lösungen zur Verhinderung einer weiteren Abnutzung einzuschätzen.

Im Bereich der Konservierung-Restaurierung von technischem Kulturgut existieren dazu zahlreiche Ansätze und Überlegungen. Ein Weg orientiert sich an der kinetischen Kunst, wo die Funktion eines Objekts eine zentrale Absicht des Künstlers darstellen kann und gleichwertig neben dem materiellen Erhalt des Werkes steht.

Jede Intervention muss von eingehenden Überlegungen begleitet sein, um ein Maximum an Kriterien zu respektieren. Schließlich muss ein Kompromiss gefunden werden. Die multimedialen Vermittlungsformen schaffen es derzeit nicht, ein solches Entzücken beim Betrachter hervorzurufen, wie es ein funktionierender Automat in einem bestimmten Ausstellungskontext kann.

Der Automat zeigt bereits Spuren der Abnutzung, insbesondere des Mechanismus des beweglichen Teppichs. Es wird folglich empfohlen, das Objekt nur im Rahmen von geführten Besuchen vorzuführen. Den normalen Besuchern soll ein bereits bestehender Film die Funktionsweise des Teppichs vermitteln. Darüber hinaus bedarf es eines jährlichen Unterhalts mit einer Erneuerung der Schmiermittel und einer Kontrolle besonders empfindlicher Stellen.

Dieses Objekt ist ein ausgezeichnetes Beispiel, um den Zustand eines funktionstüchtigen Kulturgutes zu beobachten und um die Wirksamkeit der ergriffenen Maßnahmen zu bewerten.

Klar definierte Benutzungsbedingungen, spezifische Pflegeanweisungen sowie sensibilisiertes Personal erlauben sowohl die Bedeutung und die Funktionalität des Objekts als auch seine materielle Substanz zu erhalten.

Abstract

In autumn 2015, the International Museum of Horology in La Chaux-de-Fonds, received a donation of a contemporary automaton built in 2000 by François Junod named « Turk Drinking Coffee on a Flying Carpet».

The automaton was granted a cultural heritage status, one from which a distinct question has erupted: Should we run such an object in the middle of a collection exhibited within a museum context?

There are multiple answers to this question, yet it is only with rigor and a rationalized scientific approach that one is allowed to correctly argue such a decision.

It is therefore wise to begin reflecting on this matter with an extended study around the object's history, context of creation, associated cultural values, ability to function and the alterations it portrays. From then on can the automaton's wears be quantified and measured through scientific means such as confocal microscopy, thermal imaging and the analysis of its lubricants.

A prognosis is then necessary as to what are the possible evolutions in the object's lifespan and the ways to avoid an increase of the commenced alterations.

A number of approaches prevail in the specific conservation-restoration field of technical, scientific and watch-making objects. Ones whom draw near to kinetic art, in the sense where the object's function gets close to the artists will inducing equality between the object and its materiality.

It is hence wise to deeply reflect on our actions in order to respect a maximum number of criteria, however we must find a rational compromise in the end as the delight behind running an automaton in certain conditions is clearly one that no multimedia can recreate.

As of today the automaton displays several areas of wear, for instance on the carpet undulating mechanism, leading to the decision of preferentially running the object only during guided tours as a short film of its abilities is already on display for regular visits. An annual maintenance session to replace lubricants and analyze the determined sensitive points will be undertaken in the future, which makes this object an excellent example of metal wear monitoring and allows to follow up with the implemented measures.

Thus by developing a clear frame of work, precise maintenance directives, and by raising the awareness of staff members in contact with the objects, the double objective of preserving the object's sense and functioning features versus its materiality, can be reached.

1. Introduction

Le Musée international d'horlogerie de La Chaux-de-Fonds (MIH) a reçu en don l'automate « Turc buvant du café sur un tapis volant » à l'automne 2015. Il s'agit d'un automate androïde contemporain, réalisé en l'an 2000 par François Junod, automatier-sculpteur, de Sainte-Croix, commune sise dans le jura vaudois (Suisse).

Cet automate est actuellement exposé dans la section « nouvelles acquisitions » du musée et porte le numéro d'inventaire MIH IV-947. En vue de sa future mise en place définitive et du rôle didactique que le musée souhaite pour cet automate, une étude approfondie de celui-ci a été demandée.

Les travaux réalisés et présentés dans le présent travail de mémoire sont l'étude de l'objet et de ses sensibilités en vue de la mise en exposition mais également celle de son fonctionnement afin d'édicter un guide d'utilisation et d'entretien pour la mise en fonction de l'automate lors des visites en prenant en compte ses sensibilités mécaniques.

Le musée prévoit de faire fonctionner cet objet lors des visites guidées. Cette utilisation sera irrémédiablement source d'usures. L'emplacement et l'importance de celles-ci restent à déterminer.

Remarquons ici que de 2000 à 2015, l'automate était exposé dans le hall d'entrée du magasin de l'entreprise de torréfaction chaux-de-fonnière « La Semeuse » et que tous les clients pouvaient le faire fonctionner à leur guise.

Les interactions possibles avec le créateur de l'automate donnent à ce sujet une perspective peu commune lors du travail sur des objets muséaux. Le choix et la justification des matériaux utilisés ainsi que des lubrifiants et de l'entretien recommandé peuvent ainsi être approfondis du point de vue même du créateur. De même, la prise de contact avec des institutions ou des personnalités de références dans le domaine de la conservation-restauration d'objets techniques, scientifiques et horlogers peut permettre un développement intéressant de la problématique.

Les objectifs sont les suivants :

- Constat d'état et étude du mécanisme.
- Détermination des zones de faiblesses mécaniques.
- Etude de l'usure et du frottement de certains matériaux et système.
- Mise en relation de la mise en fonction, des altérations et des valeurs culturelles.
- Edicter un protocole de mise en fonction et d'utilisation voir d'entretien.

Pour parvenir à répondre à ces objectifs, il nous aura fallu connaître le contexte de création de l'automate, l'étudier avec méthode, tant pour sa description (esthétique et fonctionnelle) que pour le

constat d'état des différentes parties le constituant. Les valeurs culturelles associées ainsi que les souhaits du musée quant à sa pérennisation et sa place dans les collections permettent d'orienter les préconisations d'entretien et d'utilisation futures. L'étude détaillée des points d'usures relevés lors du constat d'état mécanique et les applications possibles de la tribologie¹ dans le domaine patrimonial contribuent également à cet objectif. Ces deux derniers points nous permettent également de mener une réflexion autour des objets techniques patrimoniaux et des objets d'arts cinétiques.

Diverses mesures et spécialistes ont été réalisées et, respectivement, consultés afin d'apporter les meilleures réponses aux questions de mise en fonction, d'exposition et d'entretien autour de l'automate « Turc buvant du café sur un tapis volant ».



Figure 1 : L'automate exposé dans le cadre de l'exposition temporaire sur les nouvelles acquisitions du musée.

¹ Définition, voir chapitre 5, page 26.

2. Historique

2.1. Historique général

Magie, science, sorcellerie, art, ingénierie, tels sont les notions parfois évoquées pour parler de la création d'automates aux fils des siècles. Ces objets, quelques soient leur nature suscitent l'admiration, l'émerveillement, l'étonnement voir la peur.

C'est depuis la Haute antiquité que sont créés des automates². Statues articulées basées sur les principes de mécanique des fluides (liquides ou air) voir frauduleusement actionné à la main - il s'agit à ce moment plutôt de marionnettes - ils ne tardèrent pas à se développer dans le sens que l'on connaît aujourd'hui soit à base mécanique.

Leur utilisation s'est d'abord bornée à certains rites spirituels et à démontrer la puissance de certains souverains. C'est au XIVe siècle avec l'apparition des grandes horloges à automates, alors appelés Jacquemarts, dans les beffrois et clochers, que la vision et l'art de l'automate tel que nous le connaissons actuellement se développe et devient accessible au public. Ces figures représentaient des sonneurs de cloches accompagnés de processions de personnages et animaux en lien avec le passage du temps ou une histoire régionale, religieuse ou profane, importante. Des automates en formes de navires qui faisaient le tour de la table lors des banquets des seigneurs étaient une distraction fort appréciée à la Renaissance.

C'est au XVIIIe siècle que les automates dits « androïdes », qui reproduisent les attitudes et les gestes humains, apparaissent. A cette époque, siècle des lumières, on cherche à imiter au maximum la nature voir la reproduire. Vaucanson réalisera un canard, aujourd'hui disparu, qui digère ses aliments. Les tableaux mécaniques sont en vogue. Les grands créateurs d'automates tels Maillardet, Leschot et Jaquet-Droz ont réalisé les plus beaux exemplaires qui firent le tour de l'Europe, encore visible aujourd'hui dans les musées.

Lors du XIXe siècle, l'enrichissement des bourgeois favorisera le développement de petits automates « jouet » sur les thèmes du soldat, des clowns et des musiciens³, destinés à amuser leurs enfants, parallèlement au développement de riches automates et autres oiseaux chanteurs pour les cours européennes.

Avec l'avènement des transports, la construction de gares et autres lieux publics au milieu du XIXe siècle, ce sont les automates dits « de gares » qui avaient pour rôle de distraire les voyageurs en attente de leurs correspondances, qui firent leur apparition ainsi que les automates publicitaires.

² Chapuis et Droz, p. 15, 1949.

³ Canton de Vaud, p. 5-13, 2009.

Le XXe siècle et l'électrification offrit de nouvelles perspectives et notamment une mise en mouvement plus longue.

La création et la réalisation d'automates, bien que devenue rare de nos jours, n'a jamais cessé et de ce fait, les savoirs, bien qu'évolutifs, ont été perpétués au fil des siècles. Le développement des automates est très lié à celui de l'horlogerie et des systèmes de musiques mécaniques. Les matériaux et leur qualité n'a cessé de s'améliorer et l'utilisation de systèmes éprouvés empiriquement permettent en général une bonne longévité de ces objets.

2.2. Contexte de création

L'automate anthropomorphe « Turc buvant du café sur un tapis volant » a été réalisé par François Junod, automatier-sculpteur de Sainte-Croix (VD, Suisse), pour le centenaire de l'entreprise de torréfaction de café « La Semeuse » (La Chaux-de-Fonds, NE, Suisse). C'est le directeur de l'époque, Marc Bloch⁴, qui souhaitait un automate pour célébrer ce jubilé. La demande initiale était la réalisation d'un système d'automate percolateur avec lequel les clients pourraient se préparer un café lors de leur visite au magasin de l'entreprise.

Après une visite de l'espace réception et boutique de l'entreprise, F. Junod proposa la réalisation du présent automate selon le modèle d'une statuette qu'il avait alors aperçue⁵.

Cet automate représente donc un turc buvant du café sur un tapis volant ondulant, avec une musique en fond sonore réalisée par un mécanisme de musique à lames.

C'est grâce à un ingénieux système permettant à un liquide d'être versé de la cafetière dans la tasse et un tuyau passant dans le bras droit du personnage et récupérant le breuvage directement dans la tasse que l'utilisation de liquide et donc l'illusion parfaite est possible.

A l'automne 2015, après son départ du poste de directeur, M. Bloch a souhaité donner cet automate au Musée international d'horlogerie de la Chaux-de-Fonds. Aussi, le « Turc » fait désormais partie de la collection du musée et est une pièce phare de sa section d'automates.



Figure 2 : Le créateur de l'automate, François Junod, dans son atelier.

⁴ Entretien téléphonique avec M. Bloch, annexe 11, page 82.

⁵ Entretien avec F. Junod, annexe 10, page 79.

3. Etude de l'automate

3.1. Description esthétique et assemblage

L'ensemble de l'automate est composé de 4 parties. Le déclencheur, le socle, le tapis et le personnage. La hauteur totale de l'ensemble est de 1,80 m.

- Le déclencheur est une pyramide à base carrée peinte en noir, en bois dit « MDF⁶ », tronquée et positionnée sur un pied-réceptacle cylindrique transparent en plexiglas®. Le déclencheur porte les indications de mise en fonction de l'automate :

1. « *Glissez un grain de café... surtout pas plus, cela pourrait me perturber...* »
2. « *Attendez juste un peu... (le temps de le moudre et de le préparer) et...* »
3. « *Admirez comme l'on savoure le café chez moi !* »

On y insert un grain de café à son sommet tronqué afin de provoquer la mise en marche du mécanisme. Le pied en plexiglas® sert également de réceptacle aux grains de cafés utilisés pour la mise en fonction du système. A

l'intérieur du déclencheur, il y a une série d'accumulateurs ainsi qu'un système de détection optique. Le tout repose sur une plaque d'acier carrée de 36 cm et 1,5 cm d'épaisseur. Sa hauteur est de 98 cm.

Les différentes parties constituant cet ensemble sont assemblées à l'aide de vis.

- Le socle est lui aussi en forme de pyramide à base carrée allongée en tôle d'acier, thermo-laquée en gris, de 1cm d'épaisseur. Sa base est de 25 cm par 25 cm et son sommet de 10 cm par 10 cm. Il contient le système de mise en marche et le système hydraulique ainsi que la musique mécanique à lame. La transmission entre le déclencheur et le système de mise en marche s'effectue grâce à un système sans fil. La base sur laquelle repose cette pyramide est



Figure 3 : Vue du déclencheur.

⁶ Medium Density Fiberboard.

un octaèdre irrégulier en aluminium et mesure 57 cm sur 55cm pour 1.5 cm d'épaisseur. Il mesure 87 cm de haut. Sa face arrière est une tôle d'aluminium maintenue en place par 6 vis à poulet moleté. L'assemblage de la pyramide à la base est fait par soudure.

- Le tapis est un tapis d'origine turc, rapporté par M. Bloch. Les fils de trames et de chaînes sont en coton alors que le motif est composé de fils de laine et fibres synthétiques. Sa teinte principale est le rouge. Il est orné de motifs géométriques et floraux de couleurs grise, beige, vert clair, noir et jaune pâle. Un Narguilé est fixé sur le tapis à la gauche de personnage. Il est fixé sur le tapis à l'aide d'une bande velcro collée sous le vase en verre. Le tube est en bois dur et le foyer est en laiton. Le tuyau est en matière cellulosique renforcée par du fil de laiton. Le bec de pipe est agrémenté d'un textile beige à décors d'arabesques et de deux pompons bleus. Le tapis est simplement déposé sur le système mécanique créant son ondulation.

- Le personnage représente un turc barbu de fine silhouette, habillé de vêtements larges. Un pantalon ample de couleur rouge en velours côtelé et une chemise crème en soie à manches bouffantes, une ceinture en velours jaune à reflets orangés et vert rehaussée d'un cordon tricolore (rouge, vert et doré) ainsi qu'un gilet en broché de velours à broderies dorées composent son habillement.

Il est coiffé d'un chapeau constitué d'une calotte dure tapissée d'un textile rouge et bordé d'un turban rouge orné d'une broche ronde maintenant 6 plumes de faisan.

Le chapeau est flué afin de tenir correctement sur sa tête sans autres systèmes de fixations. Le gilet possède une ouverture dans le dos (maintenue par un velcro) lui permettant de le retirer aisément en deux parties. Après avoir

détaché le cordon tricolore (qui entoure quatre fois la taille du Turc) on peut détacher les trois agrafes qui maintiennent la ceinture fermée. La chemise est fermée par des pressions dans le dos de l'automate et une épingle au niveau du col ainsi que les boutons aux manches.

Le pantalon, quant à lui peut se détacher en partie au niveau de la taille du personnage mais reste en place car fixé aux chevilles.



Figure 4 : Vue du socle, du tapis et du personnage.

3.2. Matériaux présents

Les matériaux présents sur cet objet sont de natures diverses et variées. Il s'agit d'un objet d'artisanat d'art constitué d'une multitude de matières, aux caractéristiques très différentes et parfois même récupérées dans d'anciens ateliers. On rencontre les 6 grandes familles de matériaux suivants :

- Métaux (acier, laiton, cuivre au béryllium, cuivre, aluminium)
- Staff
- Textiles (Laine, soie, coton, fibres synthétiques)
- Plumes
- Carton
- Plastiques (caoutchouc, résine époxy)

Les matériaux métalliques sont utilisés dans les éléments structurels devant supporter une certaine charge, dans tous les systèmes mécaniques permettant la mise en mouvement de l'automate ainsi que dans de nombreux composants électriques et électroniques.

Le Staff, qui est une technique utilisée en décoration d'intérieur dès la révolution française⁷, consiste en de fines formes de plâtres renforcées par des fibres de jute et enduites de gomme laque. Elles sont ensuite peintes. Ce matériau se retrouve dans tous les moulages donnant forme au corps du personnage, que ce soit les parties visibles, visage, mains,... ou non visibles, formes des bras et du torse ainsi que les jambes. Ces plaques servent également à protéger les différentes parties mécaniques. Elles sont fixées sur l'ossature métallique à l'aide de vis ou de boulons.

Les textiles sont les éléments qui sont le plus exposés aux regards des visiteurs. Ils constituent la majorité de la surface externe de l'objet. Ils se composent des habits du personnage, du tapis et de certaines bandes de textile en coton noir destinés à cacher certaines parties de mécanismes. Les habits sont rehaussés de fils dorés synthétiques, de boutons et autres broches en laiton doré avec des inclusions de pierreries de synthèse.

Les plumes sont des plumes de faisan. Elles se retrouvent sur le chapeau du Turc.

Le carton se retrouve qu'à un seul endroit, soit en protection du mécanisme dans les avants bras du personnage en lieu et place de coques en staff. Il s'agit de morceaux de carton cylindriques et fendus dans leur longueur et maintenus en place à l'aide de boulons.

Concernant les plastiques, on les retrouve dans tous les composants électroniques ainsi qu'en tant qu'isolants électriques. La principale application résulte de l'utilisation de liquide dans cet automate et donc l'utilisation de tuyaux en silicone⁸. Citons encore ici le verre (yeux), le cuir et les peintures.

⁷ Nègre, p.114, 2006.

⁸ Selon observation et essai de brulage.

3.3. Valeurs culturelles

Les valeurs culturelles sont les notions de base autour desquelles la conservation d'un bien patrimonial s'articule. Ce sont elles, couplées avec l'état de l'objet, qui dictent la manière de le conserver ou de le restaurer ainsi que la sélection même de celui-ci dans les collections patrimoniales.

Il est essentiel d'aborder ce point selon l'œil du musée ainsi qu'en tentant d'élargir ce spectre en utilisant divers outils à notre disposition, comme, par exemple, les grilles de valeurs utilisées dans le domaine de la conservation-restauration. Je m'appuierai sur celle de Barbara Appelbaum⁹ dans cet objectif.

Pour le Musée international d'horlogerie de La Chaux-de-Fonds, l'automate « Turc sur un tapis volant buvant du café » fait partie intégrante des collections et à ce titre bénéficie du même traitement que tous les autres objets. La fonctionnalité est un critère important pour le musée. Tous les objets sont fonctionnels. Ce n'est pas pour autant qu'ils sont mis en fonction. Cela dépend de leur état et de la durée de fonctionnement par exemple.

Cet objet est intéressant et important à plus d'un titre. Il est très fortement lié à la ville de La Chaux-de-Fonds par son contexte de création, rattaché à l'entreprise de torréfaction La Semeuse. Aussi, il permet de décrire et d'exploiter d'autres aspects de la métropole horlogère que son essor industriel horloger au travers d'un objet lié à la mécanique d'art.

Dans un musée très fortement rattaché à une culture locale et à une forte tradition, l'arrivée d'un objet contemporain dans les collections est également très intéressante. Il prouve que les traditions et les savoir-faire sont toujours présents. Qu'il est également essentiel de documenter soigneusement les époques proches de nous avec des objets représentatifs de l'état de l'art ou d'une particularité technique.

Cet objet, est un objet d'art cinétique. Il n'a aucun but fonctionnel pur. Sa mise en fonction est très attractive pour le public. Ce n'est pas un instrument horaire, mais il complète le discours du musée en axant sur les développements annexes de l'horlogerie.

Passons maintenant en revue les valeurs décrites par Barbara Appelbaum en fonction de l'automate « Turc sur un tapis volant buvant du café ».

La première valeur est l'aspect artistique de l'œuvre. Une volonté d'en faire un objet d'art est tout à fait décelable dans notre cas et cela est confirmé avec son créateur. Ce n'est pas un objet technique avec une fonction, c'est un objet d'art cinétique, de la mécanique d'art, « *la mécanique des anges*¹⁰»...

⁹ Appelbaum, chapitre 4, 2007.

¹⁰ Margot, flim de 52 minutes, 2008.

L'aspect esthétique n'est pas à prouver non plus. Des couleurs chatoyantes, des éclats métalliques qui attirent et accrochent le regard. Cet objet séduit. On le regarde, on l'admire, même lorsqu'il est immobile.

La valeur historique est, actuellement, très récente mais l'automate est relié au centenaire de La Semeuse et donc à une date importante pour cette entreprise de La Chaux-de-Fonds.

Sa valeur d'usage reste faible. Cet objet était une animation durant 15 ans de la boutique de l'entreprise de torréfaction. Ce n'est pas l'usage même qui en était fait qui détermine principalement cet objet. On ne pense pas automatiquement à la publicité et à l'animation commerciale d'une boutique lorsque l'on voit cet automate.

Cet objet ne présente pas d'intérêt spécifique pour la recherche. En revanche, il a un intérêt didactique plus que pédagogique. Il permet cependant d'appréhender réellement les notions de bruits issus du mécanisme que peut produire un tel objet.

Les valeurs d'ancienneté et de nouveauté sont antagonistes mais complémentaires. En effet, les techniques utilisées dans la conception de cet automate sont anciennes et relatent donc des connaissances transmises au cours des siècles. Cependant, c'est son aspect actuel et donc « neuf » qu'il est intéressant d'observer. Un grand nombre d'automate nous sont parvenus actuellement dans un état qui est loin de celui d'origine. Aussi cette notion de nouveauté originelle semble importante et primordiale à conserver.

L'objet, auparavant exposé dans une boutique et au libre-service de tout un chacun peut susciter une émotion liée aux souvenirs des anciens clients. Voir s'animer un objet tel que celui-ci émerveille souvent et suscite des interrogations. Ces faits sont à rattacher à la valeur sentimentale de l'objet.

Sa valeur marchande n'est pas le premier point qui vient à l'esprit. Cependant, en tant que pièce unique (valeur de rareté) cet objet possède une certaine valeur marchande et sa thématique particulière en ferait un objet recherché par seulement quelques collectionneurs.

La valeur d'association permet de le relier à l'entreprise de torréfaction La Semeuse et à son ancien directeur, Marc Bloch. Cette valeur par son rattachement à l'entreprise permet également de la relier à la valeur commémorative. Il ne s'agit certes pas d'un monument, d'une sculpture ou d'une stèle, mais d'un objet d'art mécanique créé à cet effet. Aussi, cette notion est d'une importance capitale dans l'analyse de ce bien patrimonial. Il a été créé afin de commémorer le centenaire de la création de l'entreprise « La Semeuse » et c'est là son rôle primaire.

Cet objet, et ce malgré sa jeunesse, possède de nombreuses valeurs. Ce fait est notamment dû à son unicité et son rattachement à l'histoire locale et récente. Son cas et son entrée au musée dans sa première jeunesse en fait un objet également très intéressant car pratiquement d'origine (que ce soit au niveau de son mécanisme, sa conception et la conception de son entretien ainsi que de son habillage). Il s'agit d'un cas rare dans les collections patrimoniales qui pourrait en faire un cas « école » lié au suivi d'un objet « neuf » entré dans une collection muséale.

3.4. Description du fonctionnement

Nous allons ici décrire le fonctionnement de l'automate « Turc sur un tapis volant buvant du café » par ensemble fonctionnel. Ces ensembles suivent la chaîne cinématique de l'objet.

Aussi, c'est lors du déclenchement que se met en fonction le moteur principal via une transmission par ondes. Il est en prise via une courroie sur le mécanisme du tapis, qui à son tour va transmettre la force, par mouvement rotatif (engrenages à 90° et système de vis sans fin) à l'androïde qui, via son système de came effectuera les mouvements prévus par son constructeur. Ces cames actionnent également le système hydraulique et la mise en marche du jeu de musique mécanique à lames. Se sont toujours elles, qui commandent l'arrêt du système.

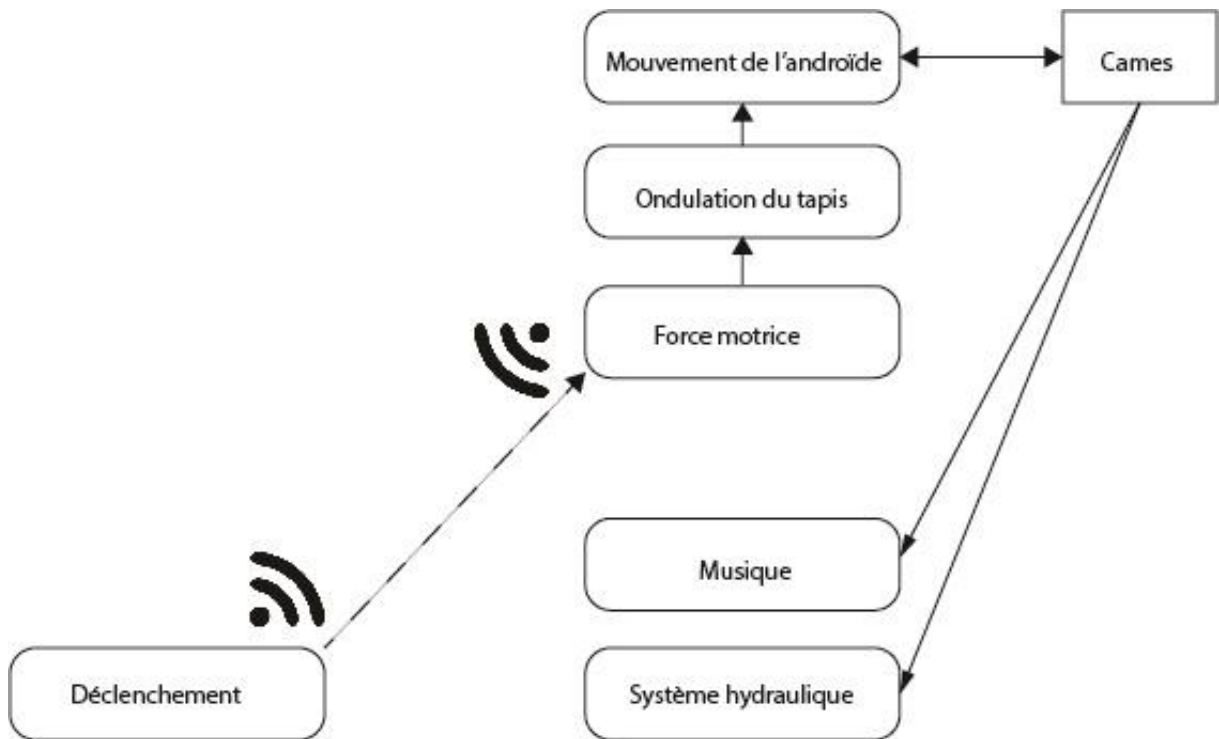


Figure 5 : Vue schématique de l'organisation fonctionnelle de l'automate.

Voyons à présent, groupe fonctionnel par groupe fonctionnel et plus en détail comment cela se passe.

3.4.1. Le déclencheur

Le déclenchement du système peut s'effectuer de différentes manières. Soit à l'aide de contacteurs manuels (lors de contrôle de fonction et de l'entretien) soit en utilisant le système sans contacts prévu à cet effet. A l'intérieur du boîtier du déclencheur se trouve un système de détection optique par faisceau lumineux. Lorsque celui-ci est interrompu, par la chute d'un grain de café dans le système, il crée un contact qui émet un signal, par ondes, jusqu'au mécanisme du moteur, situé dans le socle de l'automate qui se mettra alors en mouvement.

Une série d'accumulateurs permet une certaine autonomie du déclencheur et facilite notamment la mise en exposition de l'automate en évitant d'utiliser des câbles d'alimentation qui péjorerait l'esthétisme de l'installation.

Un contacteur manuel, sous la forme d'un levier-contacteur marche-arrêt, se situe dans le déclencheur. Le second est juste sous le tapis, sur le haut du socle.

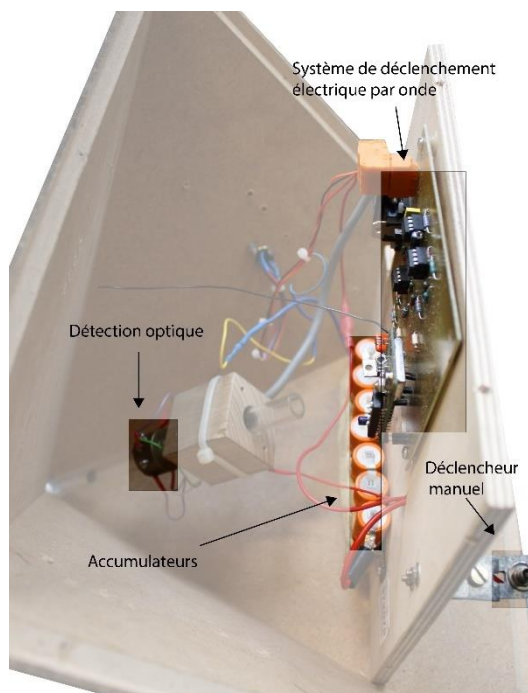


Figure 6 : Vue du système à l'intérieur de la pyramide du déclencheur.

3.4.2. Moteur

Le moteur se met en marche sur commande d'un récepteur après avoir reçu le signal (par ondes) provenant du boîtier du déclencheur. Il s'agit d'un moteur électrique réducteur de type 80547017 de l'entreprise Couzet¹¹. C'est lui qui actionne tous les mécanismes, que ce soit la mise en mouvement du tapis ou de l'automate. Son arrêt est commandé par une came qui coupera l'alimentation électrique une fois sa révolution effectuée. La transmission de la force aux arbres du tapis se fait par une courroie crantée en matière synthétique. Elle est ensuite transmise au corps de l'automate par un système d'engrenages à 90° sous le tapis puis une vis sans fin dans le corps de l'automate.

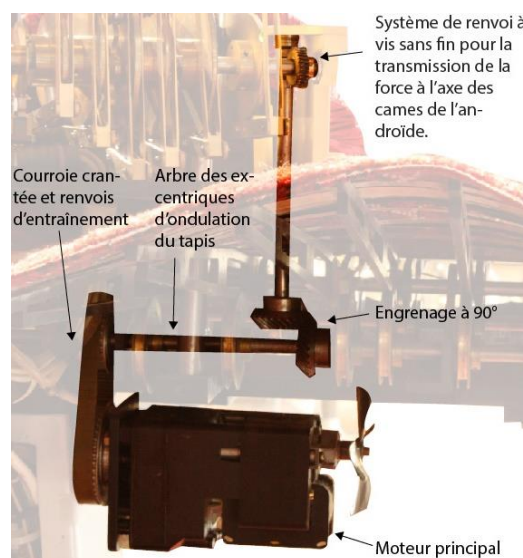


Figure 7 : Vue du moteur et des éléments de transmission de la force motrice.

¹¹ Voir annexe 25, p. 118

3.4.3. Mouvement du tapis

Le mouvement ondulatoire du tapis est réalisé grâce à un système de 42 bras en aluminium éloxé¹² noir, travaillant avec des excentriques fixés sur deux axes. Ce système est inspiré de l'arbre à came utilisé dans les moteurs à explosions et permettant aux cylindres d'être coordonnés dans leur action. Nous utiliserons donc le terme arbre¹³ pour désigner ces deux éléments. Ces arbres permettent de coordonner les mouvements des bras et de créer le mouvement de vagues et ainsi l'illusion de vol du tapis.

Chaque côté du tapis (avant et arrière) possède son arbre à excentriques mais les bras ont le même point de pivotement, situé au milieu du tapis. Ils sont disposés de manière à être alternativement dirigés contre l'avant et l'arrière de l'automate et ainsi assurer un maintien maximal du tapis.

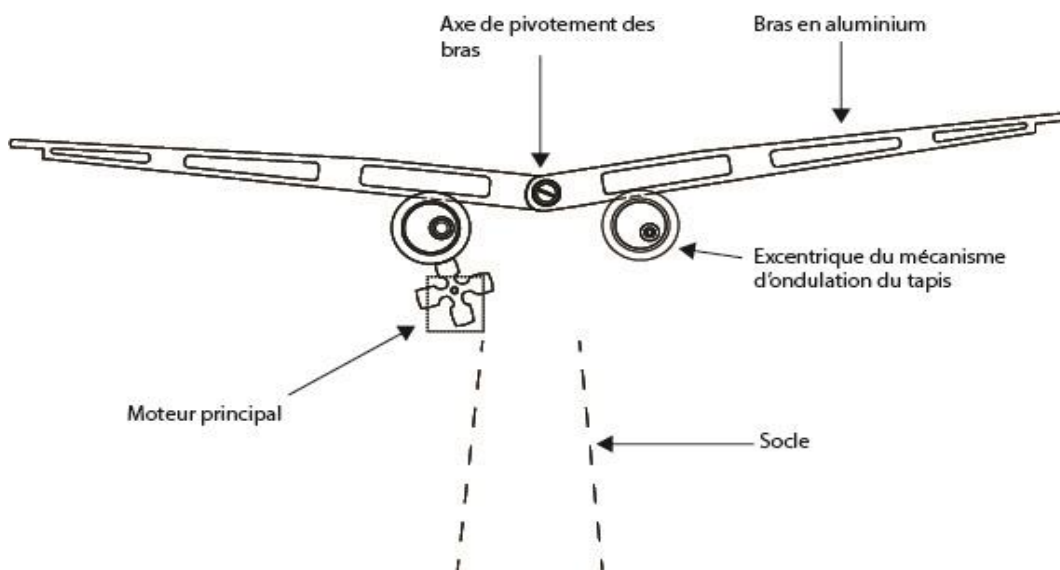


Figure 8 : Vue de côté du mécanisme d'ondulation du tapis.

Les galets excentriques sont constitués d'un roulement à billes au centre, chassé sur l'arbre, d'une masse (en aluminium éloxé noir) créant l'excentricité et permettant ainsi au bras de monter et de descendre, puis à nouveau d'un roulement à billes sur lequel est fixé le dernier élément, un rail circulaire en laiton dans lequel vient prendre place le bras en aluminium.

Ce système, utilisant de nombreux roulements à billes, permet de minimiser les frottements entre les bras et leurs rails respectifs car il y a peu de glissement entre ces éléments. Des bandes de cuivre-béryllium, matériel de récupération utilisé originellement pour réaliser des diaphragmes de caméras et appareils photographiques disposées parallèlement aux bras permettent au tapis de ne pas glisser entre les bras. Elles sont assemblées à l'aide de tenons rainurés et de circlips¹⁴.

¹² L'éloxage est un procédé électrochimique visant à créer une couche de corrosion de surface protectrice et dure.

¹³ Voir figure 14, p.22.

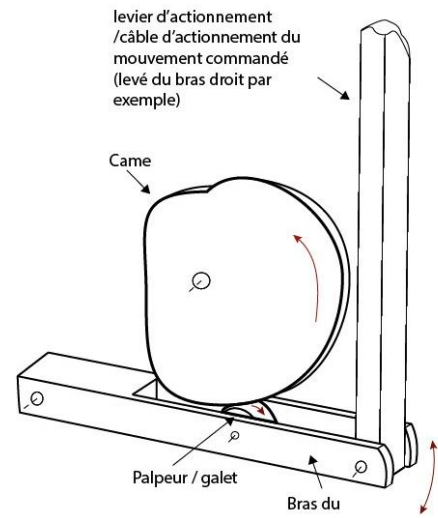
¹⁴ Voir annexe 19, figure 56, p. 105.

3.4.4. Mouvement de l'androïde

La base des mouvements des automates mécaniques est un système de came et de palpeur qui permet, lors d'un cycle, de créer les mouvements imaginés par le créateur. On note dans notre cas, deux types de cames. Celles liées aux mouvements de l'automate (cames de mouvement), au nombre de huit, et celles créant des contacts électriques, au nombre de quatre, alors appelées cames de commandes. Elles réalisent toutes une rotation complète en un cycle, d'une durée de 32 secondes et elles sont montées sur le même axe.

Les mouvements de l'androïde sont à décomposer en plusieurs phases (dans l'ordre des cames, de gauche à droite depuis l'arrière de l'automate) :

- Les mouvements de l'épaule gauche
- Les mouvements du coude gauche
- Les yeux
- La bouche
- Les paupières
- Les mouvements de hochement de tête
- Les mouvements gauche-droite de la tête
- Les mouvements du bras droit



→	Sens de déplacement des éléments
- - -	Trait d'axes (endroit ou à lieu un pivotement)

Figure 9 : Schéma général d'une came et de son palpeur par galet associé.

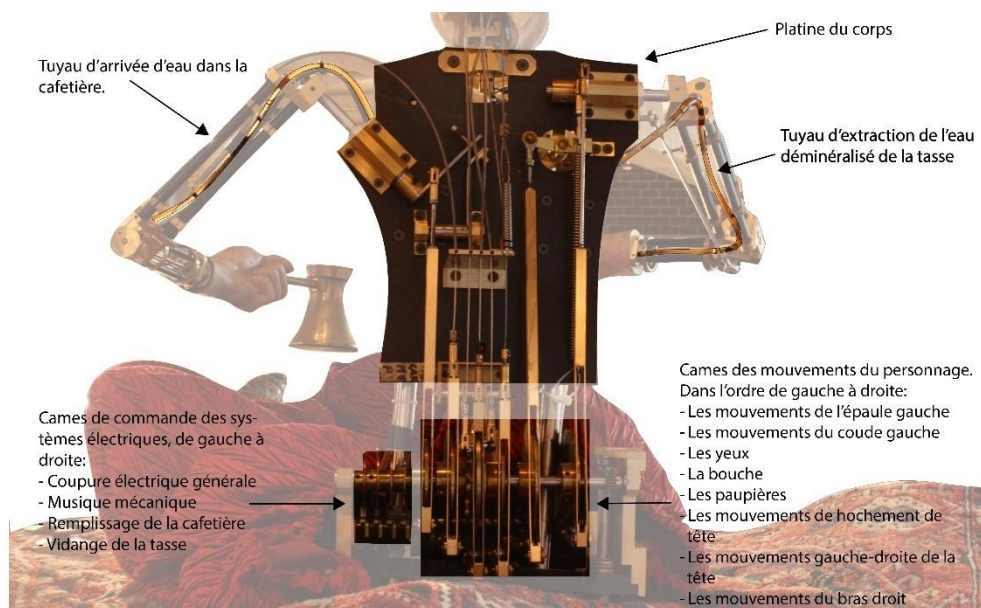


Figure 10 : Vue du dos du mécanisme de l'automate et nomenclature.

L'épaule gauche fait un mouvement ascendant et descendant afin de venir positionner la cafetière au-dessus de la tasse. Ses mouvements sont coordonnés avec ceux du coude qui effectue la rotation de la main permettant de verser le liquide, de la cafetière à la tasse et un déplacement angulaire contre le corps de l'automate pour positionner exactement la cafetière en dessus de la tasse. Les structures des bras sont composées de trois tiges d'aluminium maintenues par des blocs en laiton. Le mouvement de l'épaule est réalisé par un jeu de leviers en acier alors que les mouvements du coude se font grâce à un câble, lui aussi en acier, travaillant avec une poulie.

Les yeux effectuent des mouvements alternatifs de gauche à droite. Les globes oculaires sont montés sur un axe en acier qui possède un levier d'actionnement, solidaire de l'axe de chaque œil. Ici aussi, c'est un câble métallique qui sera tiré ou relâché par le déplacement du palpeur de la came qui crée le mouvement angulaire de déplacement des yeux. C'est un jeu de leviers pivotés qui permet de transmettre le mouvement angulaire de l'axe travaillant avec le câble, jusqu'aux yeux.

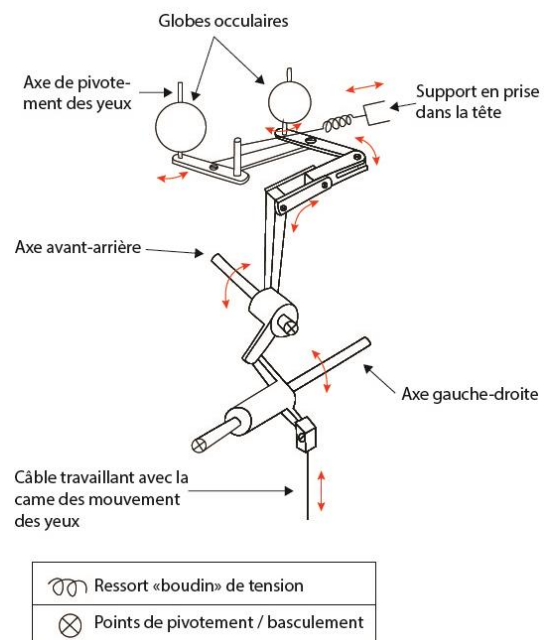


Figure 11 : Schéma du mécanisme permettant les mouvements des yeux.

Les mouvements de la bouche consistent en l'ouverture et la fermeture de celle-ci. Le système de levier et de tringlerie est beaucoup plus simple que pour les yeux, vu que le déplacement angulaire se fait dans le même axe à tous les niveaux (came-palpeur / câble-axe de la mâchoire). Le câble métallique actionne donc directement le levier d'actionnement de la mâchoire.

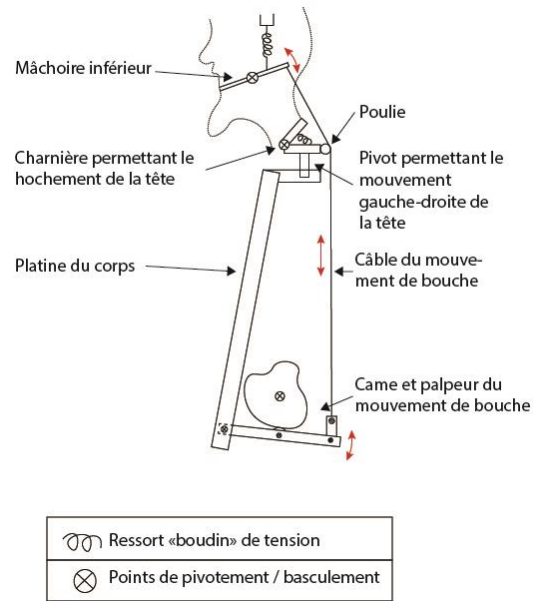


Figure 12 : Schéma de mécanisme d'ouverture de la mâchoire.

Les paupières s'ouvrent et se ferment. Elles sont réalisées en peau d'agneau collées (à l'aide de colle de peau de lapin) sur un cylindre d'acier, plié à la bonne forme, qui sert à créer le bas de la paupière. C'est par ce morceau d'acier qui est monté sur un axe pivoté que la paupière s'actionne. Ici aussi, le mouvement angulaire s'effectue dans le même axe que celui du palpeur de la came dédiée au mouvement des paupières. Un ressort de rappel permet aux yeux de rester ouvert sans exercer un contact sur la came.

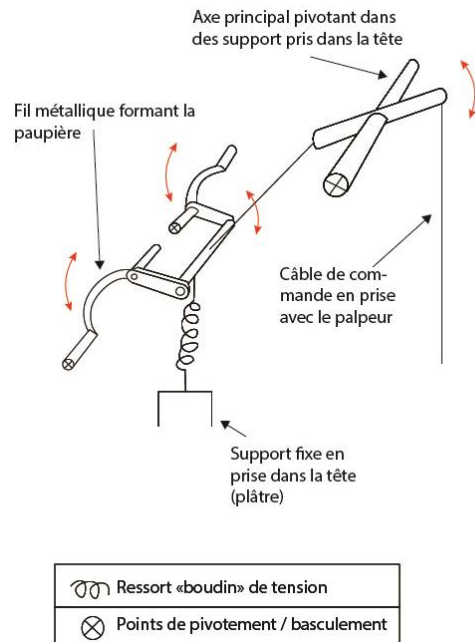


Figure 13 : Schéma de fonctionnement du mécanisme de fermeture des paupières.

Tous les systèmes ayant trait aux mouvements de la tête et des parties associées sont réalisés en laiton et en acier. Les supports des axes et autres leviers sont des blocs de laiton en prise dans du plâtre pour les fixer à la tête de l'automate.

Les mouvements de la tête sont commandés par deux cames. Il faut, avant d'aller plus loin, décrire la fixation de la tête au reste du corps. Celle-ci est donc montée sur une charnière qui lui permet de faire les mouvements d'inclinaison de la tête d'avant en arrière. La plaque de base de cette charnière est fixée sur un tenon cylindrique qui est chassé dans un roulement à bille. Ainsi, la tête peut aller à gauche et à droite avec peu d'efforts¹⁵.

Aussi, afin de faire « hocher » la tête de l'automate, une des cames commande directement un câble d'acier qui vient tirer la tête en arrière. Un ressort de rappel, fixé dans la charnière, assure la pression nécessaire pour faire descendre la tête. Pour ce qui est du mouvement gauche-droite, un bras rigide terminé par une rotule vient actionner un levier sur la partie avant de la platine du corps de l'automate. Ce levier présente un angle de 90°. Il vient donc ensuite directement travailler sous la base du menton afin de pousser la tête contre la gauche ou la droite.

Pour ce qui est des mouvements du bras droit, ils sont tous commandés initialement par une seule came. Celle-ci commande le lever et la descente de ce bras. Le rapprochement et l'inclinaison de l'avant-bras sont réalisés grâce à une tige filetée, fixée à l'articulation du coude et maintenue sur la platine du corps de l'automate par une rotule. Ce système écarte le bras lorsqu'il descend, le rapproche et l'incline contre l'intérieur lorsqu'il monte.

Les jambes sont quant à elles libres sur un axe de pivotement horizontal au niveau du bassin du personnage et maintenues croisées au niveau des chevilles par un tenon vertical. De ce fait, elles suivent les mouvements d'ondulation du tapis.

¹⁵ Voir figure 11 p.19

3.4.5. Système hydraulique

Un des points essentiels lors de la mise en fonction de cet automate est la gestion du liquide créant l'illusion parfaite de la consommation de café par le personnage. Au repos, la cafetière contient d'ores et déjà du liquide (eau déminéralisée). Lors de la mise en action, le Turc va verser le contenu de la cafetière dans la tasse. Celle-ci sera vidée avant qu'il ne l'approche de sa bouche par un tuyau dissimulé dans sa main et son bras. Durant le temps que le personnage « boit » sa tasse, la cafetière est gentiment remplie, également par un tuyau dissimulé dans le bras et le manche de la cafetière, afin d'être prête pour un nouveau cycle. C'est un système de pompe à piston (un pour la cafetière et un pour la tasse), coordonné par deux des cames de commandes que cette chaîne cinématique et temporelle s'effectue.

Les quatre cames commandent donc respectivement :

- l'alimentation générale et le fumigène
- le déclenchement de la musique mécanique
- le remplissage de la cafetière
- la vidange de la tasse

Les pistons sont entraînés chacun par un moteur électrique via une transmission à chaîne. Lors de la mise en fonction, un système de fumigène est également actionné. Il est situé dans la cafetière pour donner l'illusion de vapeur liée à la chaleur du café. C'est un système utilisé dans le modélisme ferroviaire qui est présent. Le système de fumigène nécessite une réalimentation en liquide régulière.

3.4.6. Musique

Un système de musique mécanique à lames est également présent dans le socle. Il se déclenche peu après le début de la mise en mouvement de l'automate. C'est un système à deux mélodies qui sont deux passages de la marche turque de Mozart. Le peigne est composé de 72 lames.

Le système de base a été modifié pour recevoir un entraînement par un petit moteur électrique et non pas par un ressort dans un barillet comme originellement.

Son enclenchement et son déclenchement est régulé lui aussi par une des cames de commande.

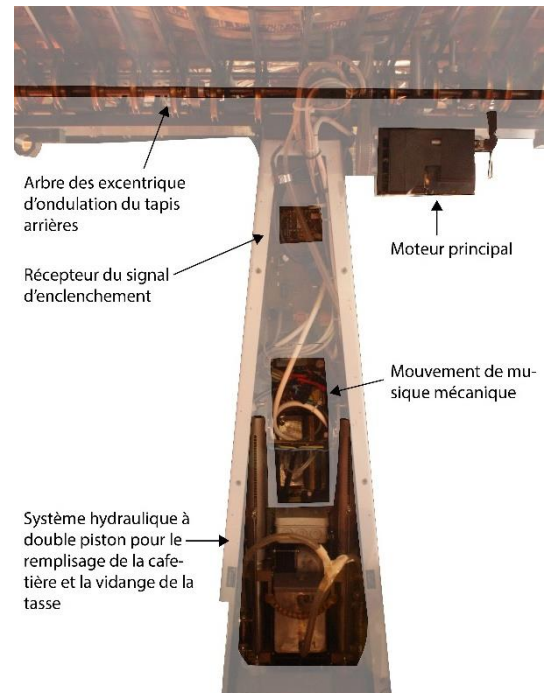


Figure 14 : Disposition des mécanismes dans le socle.

4. Les points d'usures du système et leur caractérisation

Intéressons-nous maintenant aux divers points d'usures. La difficulté aura été que l'intervention a dû être effectuée dans l'exposition même, car les dimensions de l'objet étaient trop importantes pour pouvoir le déplacer dans le centre de restauration. Il fait également partie de l'exposition temporaire sur les nouvelles acquisitions du musée et ne pouvait être trop longtemps tenu à l'écart de celle-ci compte tenu du rôle que le musée lui dévoue.

Les opérations de démontage et d'observations auront donc nécessité des mesures pour la mise en sécurité des parties démontées de l'automate ainsi que de mise au courant du public quant à la raison de ce démontage partiel. Pour ce faire, un poster explicatif¹⁶ a été réalisé en trois langues ainsi que l'utilisation d'un chariot à roulette avec un étage dédié à l'entreposage du matériel nécessaire à l'intervention et le second étage dévolu au dépôt des parties démontées en vue de leur mise en sécurité dans un local¹⁷ accessible uniquement au personnel du musée.

Certaines pièces auront été prélevées afin de faire des observations plus détaillées sous loupes binoculaires voire microscope. Il est important de préciser ici que l'automate n'a encore subi aucun entretien complet depuis sa mise en service en 2000. Des pièces ont été remplacées, notamment les pistons du système hydraulique¹⁸, le générateur de fumée et le tube réceptacle de grains de cafés du déclencheur¹⁹, mais aucune opération de maintenance et de remplacement de lubrification a été effectuée. De plus, ces remplacements ont été motivés par de mauvaises manipulations lors de prêts antérieurs à l'entrée dans les collections du MIH de l'automate²⁰.

Aussi, globalement, le système est en bon état. Les points d'usures à proprement parlé sont peu nombreux. En effet, toute la mécanique du système de l'androïde est réalisée avec des systèmes éprouvés empiriquement et inspirés d'automates anciens qui sont encore là de nos jours avec des usures relativement faibles compte tenu de leur âge (même si des entretiens réguliers et des remplacements de pièces ont certainement été réalisés). Les usures principales se situent au niveau du mécanisme du tapis.

Les moteurs électriques n'ont pas été démontés, Concernant le moteur principal, vu les sollicitations prévues par le constructeur²¹ et celles qu'il a subi, il ne devrait pas présenter d'usures importante actuellement.

¹⁶ Voir annexe 12, p.83.

¹⁷ Voir annexe 18, p.101.

¹⁸ Voir annexe 24, figure 71, p.117.

¹⁹ Voir annexe 29, p.124.

²⁰ Voir annexe 11, p.82.

²¹ Voir annexe 25, p.118.

Après observation minutieuse du système, deux points particuliers ont retenus mon attention. Il s'agit des galets des palpeurs des cames et du système de bras du tapis.

Pour le premier point, cet ensemble se compose d'un axe en acier trempé et rectifié à la meule, de deux rondelles en laiton tournées (pour limiter les contacts latéraux) et d'un roulement à billes en acier qui sert de palpeur²². Le fait d'utiliser un roulement à billes (système appelé galet) plutôt qu'un bec permet de limiter les frottements par glissement et de favoriser ceux par roulement, moins néfastes. C'est le galet travaillant avec la came qui commande les mouvements du bras droit du Turc qui a été prélevé. Les observations de ce système sous binoculaire et microscope permettent de constater que ces éléments sont très peu usés. En effet, les surfaces originelles sont peu altérées. C'est vraiment la surface en contact avec la came en laiton qui est la plus usée. Une raie d'usure est clairement visible sur la surface²³. Ceci est très certainement dû à un léger défaut de la came ou de géométrie du système qui se retrouve en appui sur une zone principale d'usure. La vitesse de rotation de ces deux éléments est relativement lente soit, une révolution en un cycle (32 secondes). Les surfaces de la came et du galet ont cependant très peu de frottements car elles tournent toutes les deux donc c'est un contact ponctuel et non deux surfaces en frottement pur.

Une certaine pression est appliquée sur ces éléments. Les cames qui contrôlent les yeux et autres petits éléments mobiles n'ont que peu de contraintes de force, mais ce n'est pas le cas des cames qui commandent les mouvements des bras. Il faut bien comprendre ici que toute la masse du bras (atténuée parfois par certains ressorts de rappels) est répercutée sur la came et le galet via les leviers d'actionnement et autres câbles d'acier.

La lubrification des cames est réalisée à l'aide de graisses typiquement utilisée dans le domaine de l'horlogerie²⁴.

Les traces d'usures et autres résidus observés dans les lubrifiants²⁵ correspondent donc à la phase de rodage du système.

Venons-en maintenant au système qui montre le plus de signes d'usures : le mécanisme d'ondulation du tapis.

Les usures constatées se situent entre les bras en aluminium et les rails de guidage cylindriques en laiton. Le bras en acier a subi un éloxage sur une épaisseur d'environ 20 microns²⁶.

L'usure se manifeste ici par une attaque des bras en aluminium et un dépôt ainsi que de l'usure sur les rails laiton. Ces altérations se présentent de manière non uniforme sur l'ensemble des 42 bras et rails.

²² Voir figure 9 p. 18

²³ Voir annexe 7, figures 21 et 22, p. 68-69.

²⁴ Voir les sites des fabricant et laboratoires d'analyses (<http://www.moebius-lubricants.ch/fr/produits/huiles> ou <https://www.laboratoiredubois.ch/accueil/>).

²⁵ Voir annexe 5, p. 66.

²⁶ Voir annexe 9, p. 77.

En effet, les pièces du centre ne présentent presque pas d'altérations alors que celles des bords sont les plus altérées. On peut y voir une influence du tapis qui tire les bras contre l'intérieur et donc modifie légèrement la géométrie en créant des zones de contact forcé. On peut aisément le remarquer en soulevant un des bras et en le reposant librement. Ceux du centre se posent correctement dans le rail alors que plus au bord, le bras arrive sur un des bords du rail.

Le type de mouvement n'est pas sensé créer de frottement car les rails sont sur des roulements à billes. Leur déplacement est donc sensé être coordonné avec le déplacement des bras. On constate que ce n'est pas le cas car un dépôt noir et des traces d'usures sont visibles sur le pourtour complet des rails. Une pression trop importante des bras ou une liberté trop faible des roulements en sont les causes possibles. Un cycle du mécanisme d'ondulation du tapis représente une montée et une descente de bras. Il s'en effectue 15 lors d'un cycle de mise en marche de l'automate. La pression, nous l'avons vu précédemment, varie selon l'emplacement des bras dans le système.

La différence entre les creux les plus profonds et la surface originelle est de 100 microns²⁷. Ces usures et leurs causes ont été étudiées selon certains principes tribologiques expliqués dans le chapitre suivant. La lubrification de ces éléments était réalisée à l'aide de graisse graphitée.

²⁷ Voir annexe 9, p. 77.

5. Application tribologique ?

Les sciences et les procédés issus de technologies industrielles sont souvent un élément déclencheur des avancées dans les techniques de traitement et de prévention des altérations dans le domaine patrimonial. En effet, ces tests, réalisés à des échelles industrielles permettent en général d'avoir des résultats plus fiables que ceux réalisés dans un cadre et sur des matériaux patrimoniaux. Ceci est dû à la possibilité de reconduire un grand nombre de fois le même test sur les mêmes matériaux et en appliquant les mêmes paramètres, afin d'obtenir des valeurs moyennes précises.

Dans le cadre des objets techniques et de leur utilisation dans un domaine patrimonial, un des grands questionnements actuels porte sur le moyen de prévoir et prévenir les usures... En effet, dans une approche « traditionnelle » certaines usures types et caractéristiques se retrouvent fréquemment sur une catégorie d'objets. Une expérience pratique solide permet de supposer le développement de ces altérations et même, souvent, leur apparition. Mais il d'agit là uniquement d'une supposition ! Or cela n'est pas suffisant pour argumenter dans le cadre d'une prise de décision quant au futur d'un objet entré dans le domaine patrimonial.

Une approche actuelle propose de se rapprocher d'un domaine scientifique appelé la tribologie. La tribologie est une « *Discipline regroupant sciences et technologies s'intéressant aux interactions entre surfaces en contact, à leurs causes, à leurs effets et aux moyens de les amplifier ou de les réduire, la tribologie traite des problèmes de contact, de frottement, d'usure et de lubrification.* »²⁸

Un système tribologique est composé de 4 éléments ayant une influence entre eux, que ce soit dans un système statique ou dynamique.

- Les deux premiers sont les éléments de base du système. Les deux corps en contact. Dans un système abrasif dit à deux corps (usinage par exemple), ces deux corps se suffisent et l'usure se fait en fonction de la dureté des éléments en contact. On peut dire qu'un usinage par enlèvement de matière est en fait une abrasion ou une usure contrôlée.
- Le troisième élément est une interface entre les deux premiers. Il peut alors s'agir d'un lubrifiant par exemple.
- Pour terminer, l'environnement et les conditions autour de l'objet composent le dernier point du système.

La qualité de ce système dépend du mode de contact des éléments (taille des surfaces en contact, type de surface [solide-solide/ solide-liquide,...]), de la pression sur ce contact (forces en actions), de la vitesse entre les éléments (influence l'orientation du vecteur de force), du mode d'application du mouvement (alterné ou continu), de l'état des surfaces en contacts (au niveau géométrique mais

²⁸ Mathieu, Bergmann et Gras, p. 351, 2003.

également moléculaire), de son environnement (liquide, gazeux, température, nature chimique...) ainsi que les matériaux eux-mêmes (caractéristiques mécaniques et physicochimiques, homogénéité,...)²⁹.

Ces phénomènes, en grande partie les frottements et l'échauffement, conduisent à une fragilisation de la matière qui donne lieu par la suite à des phénomènes d'usures. Elle peut être de nature abrasive, érosive, par fatigue, par déformation, par processus chimique ou adhésive³⁰. Ces différents types d'usures peuvent être combinés. L'état d'oxydation des surfaces joue également un rôle important. Certaines surfaces se trouvent alors soit renforcées ou fragilisées. Les métaux en contacts peuvent présenter des structures proches, qui peuvent dès lors et sous certaines conditions, créer des liaisons pouvant mener à des phénomènes de micro-grippage. Tous ces facteurs modifient la nature du contact. Aussi, un contact métallique est sujet à évoluer dans le temps.

Les lubrifiants servent à éviter ses phénomènes de grippage en présentant une surface lamellaire ne permettant pas aux structures cristallines métalliques de créer des liaisons entre-elles.

La vie d'un objet mécanique passe par différentes étapes d'usures. Elles sont caractérisées comme suit³¹ :

- De O à A, c'est une phase dite de rodage. Une usure marquée est visible mais elle se stabilisera ensuite.
- De A à B, correspond la phase d'utilisation normale. Les pièces en contact subissent une très faible usure et de manière régulière.
- De B à C, c'est une phase d'usure marquée qui correspond au moment où l'objet est mis hors d'usage. Les composants, dans le domaine industriel, sont soit remplacés, soit mis au rebut.

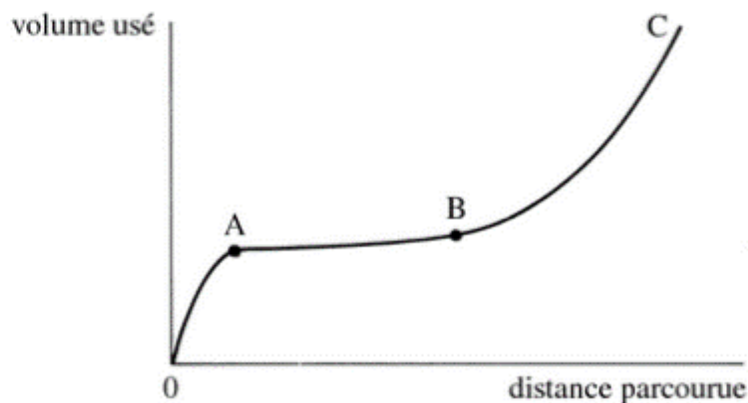


Figure 15 : Evolution générale de la perte de matière par usure en fonction du temps.

²⁹ Mathieu, Bergmann et Gras, p. 355-383, 2003.

³⁰ Reymondin et al., p.275-280, 2005.

³¹ Mathieu, Bergmann et Gras, p. 395, 2003.

Tout objet passe par ces différentes étapes. C'est pour aider à prévenir ces moments de changement d'état que la tribologie est utile à l'industrie. Les lois qui régissent ces observations sont le fruit de l'empirisme.

Nous venons de mettre en lumière les différents composants de base de la tribologie. Il convient maintenant de nous pencher sur la problématique des objets patrimoniaux.

Ces mesures et applications, bien qu'alléchantes, trouvent très rapidement des limites à leur application au domaine patrimonial. La méconnaissance de la composition exacte des matériaux (problème qui peut être résolu par analyses) et leur non homogénéité dans le cas de métaux anciens, posent un grand problème. Il n'est dès lors plus possible d'appliquer des facteurs de correction, découverts à force d'essais sur des matériaux modernes. Les formules ne sont alors plus applicables. L'on pourrait imaginer recréer un échantillon de métal aux mêmes caractéristiques pour lui faire subir des tests (dureté et usures à l'aide d'un procédé d'usure d'un disque échantillon par une bille (en acier ou céramique) aux caractéristiques données). Cependant, et ceci est valable dans notre cas, cela ne reproduit pas les conditions dans lesquelles l'objet est passé, ni le couple de matériaux travaillant ensemble. Afin de pouvoir faire des observations, il est essentiel de connaître un des deux matériaux et les paramètres du test. Une autre approche consisterait à observer une surface de référence puis de laisser fonctionner l'ensemble mécanique un certain nombre de cycles puis d'observer à nouveau cette surface. Cette approche a été imaginée dans le cadre de mon projet en collaboration avec la filière ingénierie des surfaces en microtechnique de la Haute Ecole Arc. Ces mesures sont réalisées à l'aide d'un microscope confocal et permettent de reproduire et de modéliser la surface observée ainsi que de mesurer la profondeur des stries d'usure.

Après essai, les pièces de l'automate ne présentaient pas suffisamment d'usures pour être mesurées et être suffisamment significatives. Seul un des bras en aluminium du mécanisme d'ondulation du tapis aurait pu convenir. Une série de mesures a donc été réalisée.

Là, nous avons pu constater une altération forte de la partie en contact avec le rail excentrique en laiton. Après observation, les cratères observés se rapprochent d'avantage d'un phénomène de corrosion galvanique que d'une usure à proprement parler liée aux frottements des surfaces de contact³². La corrosion de l'aluminium en contact avec des composés cuivreux est un phénomène connu et observé notamment dans le domaine du bâtiment³³. C'est la différence de potentiel électrochimique entre ces deux éléments qui favorisent ce phénomène.

La manifestation de celui-ci nécessite un électrolyte. Le lubrifiant originel pourrait avoir eu ce rôle. Une autre explication, qui expliquerait également pourquoi seuls les bras externes ont subi ce dommage, est

³² Selon Stefan Ramseyer du centre de caractérisation des surfaces de la Haute Ecole Arc ingénierie à Neode, à la Chaux-de-Fonds, le 1 juin 2016.

³³ CORPEC, p.2, 2008.

que les galets excentriques extérieurs ont été peints. Cette peinture, en séchant a certainement dégagé des composants qui ont créé un climat favorable à la corrosion de l'aluminium par le laiton.

Deux autres méthodes ont été appliquées afin de chercher à quantifier et analyser l'usure. Il s'agit du prélèvement et de l'analyse sous microscope de lubrifiant³⁴ ainsi que de la thermographie.

Les lubrifiants et résidus prélevés ont montré que les cames se sont passablement rôdées. En effet, de nombreux résidus de laiton sont observés dans ces lubrifiants. Les engrenages et vis sans fin ne présentent aucune usure. De nombreux résidus fibreux et textiles se retrouvent à certains endroits (cames, contact rail-bras en aluminium près du centre). Le ventilateur du moteur principal accentue ce phénomène en poussant la poussière à un seul endroit. La couleur ainsi que la texture des lubrifiants est sujette à évolution en fonction de leur oxydation et des résidus contenus.

La thermographie est un procédé qui permet la réalisation de clichés captant les rayonnements infra rouges. Aussi, elle permet de constater quels sont les zones et contacts qui s'échauffent. Dans notre cas, elle permet de constater qu'aucun échauffement n'est visible dans les parties mécaniques. Ce sont les moteurs et autres éléments électroniques qui s'échauffent, notamment les bobinages par le phénomène d'induction magnétique.

De manière générale, il est quasiment impossible, et même pour des éléments industriels de prévoir de manière certaine à quel moment un composant ou un couple de matériaux subira un dommage préjudiciable à son fonctionnement. Prenons par exemple des moteurs dans l'industrie automobile. La durée de vie de ceux-ci est estimée par des tests de vieillissement en condition d'utilisation. Les dimensionnements des éléments les constituants et autres paramètres tels la résistance à la rupture sont bel et bien calculés, mais la résistance finale de l'ensemble reste déduite par des essais pratiques.

A la lumière de ces éléments, la tribologie et les procédés dérivés sont essentiels pour comprendre les phénomènes de vieillissement des objets présentant des mécanismes, mais ils ne sont pas purement applicables au domaine patrimonial. Il convient de prendre en compte de nombreux paramètres qui évoluent au cours du temps et donc qui ne permettent pas de se référer à des courbes réalisées dans des milieux stables. Les analyses de lubrifiants et la thermographie donne une très bonne image de ce qui se passe et s'est passé sur l'objet. Les techniques d'imagerie et d'analyses telle la microscopie confocale pourraient être utilisées à des fins de monitoring des objets techniques, mais ce sur une longue durée. Hormis la définition de la zone de surveillance, se pose alors la question de l'évolution du matériel d'analyse, de leur précision et de la compatibilité des données sur une échelle de 10, 20 voir bien plus d'années !

Prédire avec exactitude l'évolution des dégradations reste mission impossible et nécessite une excellente connaissance des matériaux et de l'objet en question.

³⁴ Voir annexe 5, p. 66.

6. Réflexion déontologique sur les objets techniques

L'intérêt pour les collections scientifiques, techniques et moins spécifiquement horlogers (car facilement rattaché à l'aspect esthétique de ces objets) est relativement récent. C'est au tournant des années 1980³⁵ que des voix se sont fait entendre en vue de spécifier les caractéristiques de ce patrimoine, qu'il est difficile de considérer du même œil que les beaux-arts, les monuments ou les biens archéologiques qui eux possèdent depuis un certain temps des textes éthiques et des chartes permettant une vision assez claire des problématiques liées à ces objets. Nous porterons ici la réflexion selon deux axes, celui des objets « d'art cinétiques » et le patrimoine technique et horloger « traditionnel ».

Pour ce qui est de l'art cinétique, il prend naissance dans les années 1960. Les grands représentants de ce courant sont Tinguely, Le Parc, Duchamp, Kowalski ou encore Bordier pour n'en citer que quelques-uns. Ces œuvres présentent des systèmes permettant des expériences sensorielles, que ce soit auditives ou visuelles, aux visiteurs et le met parfois lui-même à contribution³⁶. Ces ensembles sont souvent réalisés avec des fournitures diverses et facilement accessibles à un moment donné. Ces assemblages, pour ne pas dire parfois ces bricolages, sont quelques-fois fantaisistes et feraient dresser les cheveux du plus pur ingénieur.

L'approche de base consiste à séparer la matérialité de l'œuvre, ou du moins d'une partie la composant, de son sens et de la volonté de l'artiste. Il est cependant très difficile de tirer des conclusions réductrices et générales pour ce type d'objet car leur stylistique et leur qualité d'exécution sont très variables. Du vivant de l'artiste, c'était très souvent lui qui entretenait ces créations. Pour Tinguely, les pannes par casse d'un élément devaient être réparées mais lorsque l'objet présentait une usure générale trop conséquente, celui-ci passait donc à une phase de mort après sa vie³⁷. Il va de soi que de telles appréciations sont très subjectives et laissent beaucoup de place à l'interprétation de chacun.

La mise au repos de ces objets ne semble pas la meilleure des solutions car le commun des visiteurs ne comprendrait dès lors pas le sens ni l'expérience sensorielle qui était voulue par l'artiste. Des moyens tels que des vidéos ou des répliques peuvent cependant palier ce fait. Mais lorsque le visiteur a été prévu comme acteur de l'œuvre, cela devient plus complexe.

Il faut également prendre en compte que le remplacement d'une seule pièce permet souvent d'éviter l'usure voire la casse d'une plus grande partie du système ! Il s'agit parfois donc d'un mal pour un bien. Il est notable que les approches traditionnelles sont peu en adéquation avec l'art cinétique. Le respect du matériel original réduirait à néant le discours de l'auteur.

³⁵ Brenni, p.8, 2006.

³⁶ Poirier, p.4, 2007.

³⁷ Poirier, p.5, 2007.

Il convient donc de documenter ces objets consciencieusement, chose qui ne sera pas forcément faite si c'est l'artiste qui intervient. C'est là que la rupture doit intervenir. Il a un rôle consultatif mais n'est pas l'intervenant dans un cadre muséal³⁸.

Une analyse d'un point de vue de l'auteur est essentielle pour comprendre la logique et la volonté de création, mais une approche plus technique, cinétique doit permettre de résoudre les défis techniques et de documenter la matérialité de composants originels lors de la conservation de ses objets ainsi que de leur exploitation en sécurité. Les normes électriques par exemple ont beaucoup évoluées depuis les années 60 et nombreux sont les objets ayant subi des modifications à ce niveau. Une option est une mise en mouvement alternée et ponctuelle afin de préserver les objets. Ceci permet de laisser entrevoir à certains instants l'œuvre telle que voulue par son créateur et de ménager ses matériaux constitutifs.

La problématique des objets techniques est liée aux notions, voir la dualité de la fonctionnalité, qui fait l'essence d'un objet et de sa matérialité originelle qui elle en fait le corps. Les typologies de ces objets, très nombreuses et vastes, ne facilitent pas une vue d'ensemble claire et harmonieuse. En effet, comment envisager de traiter de manière semblable une montre de poche du XVII^{ème} siècle, une automobile des années 1970, un objet ayant appartenu à un scientifique célèbre et un marteau pilon sidérurgique du XIX^{ème} ?

Différentes phases de « vie » sont reconnues à ces objets (création, utilisation, abandon, entrée en milieu muséal,...) ainsi qu'une modification de leur statut lors de leur patrimonialisation mais inanimés dans un musée, ils restent des boîtes noires, des êtres muets dont l'attrait pour le public devient moindre. Les nouvelles technologies multimédia ainsi que des maquettes et schémas peuvent être des alternatives intéressantes à la mise en fonction des objets patrimoniaux techniques dans certains cas. Ces objets patrimoniaux sont aussi à classer sous deux catégories, les objets uniques (prototypes, maquettes démonstratives et commande particulière) et ceux de série qui peuvent bénéficier de traitements différents en fonction de leur importance patrimoniale et du nombre présents dans les collections. La notion d'éléments consommables dans un mécanisme est également encore à développer et est peu connue dans les principes de conservation-restauration académiques. En effet, pourquoi ne pas envisager de remplacer certains éléments par d'autres, d'origines eux-aussi mais non patrimonialisés³⁹ ? Certains éléments ont également été très souvent remplacés (verres de montres plastiques) et ne sont certainement plus ceux d'origine à leur arrivée au musée. C'est là des questions qu'il faut soulever. Une machine-outils aura très certainement été révisée, sa courroie d'entraînement remplacée et même certaines pièces modifiées. Ces éléments permettent son étude et la compréhension de son fonctionnement et ont permis à ce que l'objet parvienne jusqu'à nous.

³⁸ Gagneux, p.16, 2007

³⁹ Rolland-Villemot, p.16, 2001

Une autre notion qui est intimement liée au fait de ne pas restaurer les objets de manière fonctionnelle et de favoriser la matérialité est la disparition des savoirs faire. Il n'est en effet, pas concevable de pouvoir maintenir des connaissances pratiques et des techniques utilisées depuis des siècles dans certains domaines sans les appliquer. Prenons pour exemple les opérations liées aux pivotements dans les instruments horaires (bouchonnages et autres replantages de pivots) effectués dans la restauration horlogère traditionnelle ou des assemblages particuliers dans la charpente et la construction de bâtis de machines. Ce sont grâce à des opérations de remplacement et aux interventions de ces habiles artisans que ces biens nous sont parvenus et font actuellement toujours partie de notre patrimoine et en constituent la richesse. Une fois de plus un juste milieu est à trouver entre le non-interventionnisme au profit de la matérialité et le maintien de la fonctionnalité et l'attrait de l'objet pour un public peut-être plus large que le monde de la conservation-restauration.

L'obsolescence, l'évolution et la durée de vie de certains composants de mécanisme peuvent également se révéler problématiques. A ceci s'ajoute tous les problèmes d'habillage de ces objets. A leur fabrication, les objets techniques nécessitent une multitude de spécialistes et de compétences. Il n'en est pas autrement lors de leur restauration si elle est décidée.

La caractérisation et la différenciation des surfaces (fonctionnelles et esthétiques) revêtent une importance capitale⁴⁰. La surface esthétique permet de se rendre compte de la qualité de base de l'objet et de l'artisan. On peut également utiliser des surfaces sacrificielles au niveau des surfaces de contacts⁴¹. Ceci permet de préserver le matériel originel.

Le principe de réversibilité doit rester ici en mémoire et servir de guide aux actions menées⁴², bien que dans certains cas, une action réversible ne permet pas de garantir la tenue de certains éléments lorsque l'on souhaite conserver la fonctionnalité d'un objet.

Pour finir, il n'existe pas de charte universelle pour les objets techniques, scientifiques et horlogers. Suivant le degré d'intervention et le projet scientifique autour de la restauration (matérielle ou fonctionnelle) que l'on souhaite sur ces objets, des connaissances pointues, tant théoriques que pratiques, sont nécessaires.

⁴⁰ Betts, p.39, 1985.

⁴¹ Imbert, p.33, 2007.

⁴² Hazel Newey, p. 138, 2000.

7. Recommandations

Nous avons désormais abordé le fonctionnement, les altérations de l'automate « Turc sur un tapis volant buvant du café » et les moyens possibles pour les analyser et les comprendre ainsi qu'étudier la situation et les pistes réflexives possibles autour des objets techniques. Nous allons désormais aborder les recommandations de conservation et d'utilisation de l'automate.

7.1. Climat actuel et préconisé

Au niveau du climat, la difficulté avec un tel objet est de pouvoir trouver un équilibre correct entre les besoins des différents matériaux. En effet, les besoins du textile ou du cuir ne conviennent pas forcément aux métaux.

Le matériel principal est le métal, suivi par le textile. C'est donc ces deux matériaux, non seulement par leur présence quantitative, mais également par leur importance, notamment la transmission du mouvement et la structure pour le métal et l'esthétisme pour le textile que nous allons privilégier au maximum. Un terrain d'entente entre ces deux matériaux est à trouver et, ce terrain doit pouvoir idéalement englober les besoins de tous les autres matériaux.

Le tableau suivant est un condensé d'un travail réalisé par le C2RMF qui a réalisé un grand travail de recensement des valeurs et des différentes sources préconisées dans la littérature⁴³.

Tableaux synthétique compilé			
Matériau	température	Humidité relative	éclairage
Métaux	entre 18 et 25°C (peu sensible)	0 à 45 %	insensible
Textiles	entre 15 et 20°C	35 à 60 %	<50 à 100 lux, sans UV et IR
Carton	entre 15 et 22°C	30 à 60 %	50 à 150 lux, maximum 150000 lux/heure par an
plâtre	entre 10 et 20°C	0 à 55 %	peu sensible, jusqu'à 300 lux.
plastiques	entre 15 et 25°C	30 à 65 %	50 à 150 lux
plumes	entre 16 et 18 °C	45 à 60 %	<50 à 100 lux, sans UV et IR
verre	entre 15 et 20°C	40 à 60 %	< de 150 lux
peintures	entre 15 et 25°C	45 à 65 %	50 à 200 lux (dépend du support et du type de peinture)
Cuir	entre 2 et 22°C	45 à 65%	50 à 150 lux
Valeurs recommandées pour l'automate	entre 18 et 25°C avec une variation journalière de 3°C	35 à 50%	Idéalement 100 lux

Figure 16 : Tableau récapitulatif des conditions de conservation.

Aussi, les valeurs que je recommande pour l'automate « Turc sur un tapis volant buvant du café » figurent sur la dernière ligne du tableau de la figure 16. Il convient de préciser, que l'éclairage correspond à une valeur instantanée. Afin de pouvoir évaluer sur le temps l'influence de la lumière, il convient de calculer la durée totale d'exposition (DTE). Celle-ci correspond à la multiplication de l'éclairage (en lux) par les heures d'ouvertures par années et est exprimée en lux-heure-an (lxhan).

⁴³ Puesch et Collon, p. 1-36, 2014.

Dans notre cas en se référant aux valeurs mesurées⁴⁴ à l'aide d'un luxmètre, on obtient une DTE de 350'400lxhan. (40 x 24 x 365) En corrélation avec les normes AFNOR Z40-010, on constate que l'éclairage du musée et ce dans les conditions les plus défavorables (à proximité de la verrière) correspond à des objets jugés sensibles à très sensibles.

Classes de sensibilité	Dose totale d'exposition maximale admise par année	Dose totale sur 100 ans	Catégorie ISO
Insensible	—		
Sensible	600 000 lxhan	60 Mix	4-5-6
Très sensible	150 000 lxhan	15 Mix	2-3
Fortement sensible	84 000 lxhan	8.4 Mix	2
Très fortement sensible	42 000 lxhan	4.2 Mix	1
Extrêmement sensible	12 500 lxhan	1.25 Mix	1

NOTE En grisé les catégories relatives aux documents graphiques et photographiques.

Figure 17 : Tableau de classification des sensibilités des collections et de la dose totale d'exposition admise correspondante.

Les conditions d'éclairage au sein de MIH ne sont donc pas problématiques pour les matériaux présents sur l'automate. La température (sur les plages mesurées) ne varie pas de plus de 3 degrés Celsius et oscille entre 20,7 et 23,2°C. Elles correspondent donc aux prescriptions. Les taux d'humidités doivent être contrôlés dans le futur afin de contrôler leur adéquations aux recommandations et adoptés les mesures nécessaires à leur correction si besoin est.

Les conditions générales connues sont donc optimales pour cet objet compte tenu qu'il se trouve en salle d'exposition.

7.2. Maintenance

La maintenance de cet automate devra se faire en fonction de son utilisation. En effet, à la vue des divers éléments observés et de l'état général de l'objet, une utilisation dans le cadre des visites guidées⁴⁵ ne nous semble pas à désapprouver pour autant qu'un entretien régulier soit effectué.

En effet, la durée de vie des lubrifiants industriels (que ce soit mécaniques ou horlogers) est d'environ une dizaine d'années maximum⁴⁶. Il convient donc de les remplacer régulièrement. Nous recommandons un entretien (nettoyage et remplacement de lubrifiants) annuel. En effet, l'automate fonctionne au grand jour, sans de grandes protections autour de son mécanisme. De nombreuses poussières et autres résidus, issus parfois même des textiles présents sur l'objet peuvent avoir des conséquences néfastes au vieillissement des lubrifiants ainsi qu'une influence non négligeable sur l'usure des composants.

⁴⁴ Voir annexe 14 – 16, à la page 85.

⁴⁵ L'automate fonctionnait 2500 fois par ans à La Semeuse. Une moyenne de 350 visites guidées par ans et deux actionnements par visite amène ce nombre à 700.

⁴⁶ <http://www.moebius-lubricants.ch/fr/produits/huiles>

Les bras en aluminium devront faire l'objet d'un examen minutieux à chaque nettoyage. Il s'agira de contrôler ici que l'usure n'est pas évolutive et reste stable. Le centre de restauration du musée est parfaitement habilité à faire l'entretien de cet objet.

Les vêtements devront être retirés avec soin⁴⁷ et tous les points de frottement seront nettoyés et dégraissés avant de recevoir leur nouvelle lubrification.

Ces mesures peuvent sembler très répétitives, mais elles garantissent la pérennité de l'automate tout en permettant son utilisation.

7.3. Observation

Le personnel du musée, notamment les guides et l'intendance doivent être sensibilisés au fonctionnement et aux points sensibles de cet objet.

Pour ce qui est des guides, tout bruit inhabituel ou déroulement anormal du cycle de fonctionnement de l'automate doit être signalé au responsable des collections.

L'intendance devra, lors des nettoyages, être particulièrement sensible aux résidus éventuels se trouvant sous l'automate. La présence de poussière noire et fine, voire de limaille signale qu'une usure non négligeable est en cours ! Des mesures et notamment l'arrêt de l'utilisation à des fins de démonstration tant qu'une analyse du problème n'aura pas été effectuée par un spécialiste devront être faites. La résolution du problème peut être, comme nous l'avons vu précédemment, dans un entretien régulier et une documentation minutieuse de l'état de certains composants ainsi que l'emploi de surface sacrificielle.



Figure 18 : Poussières issues du mécanisme visible sur le sol.

⁴⁷ Se référer aux annexes et au constat d'état afin de connaître leur assemblage.

8. Discussion et Synthèse

Le travail réalisé dans le cadre de ce mémoire de Bachelor porte sur un automate contemporain récemment entré dans les collections du Musée international d'horlogerie de La Chaux-de-Fonds.

A la vue des résultats, observations et analyses effectuées, nous recommandons actuellement une mise en action parcimonieuse de cet automate (lors des visites guidées) et un entretien régulier. Un entretien doit être par ailleurs très prochainement entrepris afin d'éviter que l'état actuel ne se détériore. En effet, il se trouve être actuellement dans les conditions mécaniques les plus défavorables.

Les lubrifiants ne jouent pour la plupart plus leur rôle et certaines zones tels les bras en aluminium se trouvent fortement sollicitées par l'action de substances très abrasives, en l'occurrence de la poussière de l'éloxyde de surface (plus dure que le laiton et l'aluminium standard) qui agit très fortement sur l'usure des bras.

Il convient ici de se poser une question méthodologique. Certes l'objet est présenté au public dans le cadre d'une nouvelle exposition, mais était-il judicieux de le faire fonctionner alors qu'aucune étude n'avait été réalisée. Ce point a très certainement été quelque-peu mis de côté à la vue de la jeunesse de l'objet et de ses nombreuses sollicitations dans sa vie précédente. Il convient dès lors de remarquer que tous les objets devraient bénéficier du même traitement à leur arrivée dans les collections, à savoir une étude approfondie de leur état physique avant même d'envisager une remise en fonction.

Cet automate est un exemple exceptionnel d'un bien qui entre dans un musée dans un état proche de celui d'origine. Très bien documenté, il pourra servir de cas exemple du vieillissement d'un tel objet dans un contexte patrimonial technique, car malgré toutes les mesures mises en œuvre dans le monde de la conservation les dégradations, à plus ou moins long terme des matériaux constitutifs sont inévitables.

On remarque aussi ici que la partie du mécanisme la plus maîtrisée par le créateur, à savoir la partie androïde, se base sur des techniques ancienne et des matériaux éprouvés. Ce n'est pas le cas du mécanisme du tapis ou du système hydraulique, qui s'apparente d'avantage au concept d'art cinétique qu'à celui de la mécanique d'art traditionnelle et dont on remarque une usure plus marquée, liée notamment à l'utilisation de couples de matériaux peu conventionnels et peu éprouvés voir déconseillés⁴⁸.

⁴⁸ Voir annexe 30, p.126.

Une exposition convenable de cet objet doit également le mettre à l'abri des visiteurs qui pourraient avoir envie d'interagir avec cet automate. Des dispositifs simples tels des cordes de délimitations d'espace suffisent au commun des visiteurs. Pour les plus hardis, il faudra songer à un dispositif plus dissuasif, au détriment de l'esthétisme de la présentation, en utilisant par exemple une cage en plexiglas.

L'utilisation de techniques scientifiques telles que la microscopie, pour l'observation de surfaces ou de lubrifiants, permet d'étayer de manière rigoureuse les recommandations d'entretien et de quantifier les phénomènes d'usures en fonction de leurs emplacements.

9. Conclusion

Le travail de mémoire de Bachelor réalisé sur l'automate « Turc buvant du café sur un tapis volant » au sein du Musée international d'horlogerie de la Chaux-de-Fonds aura permis de mettre en œuvre de multiples compétences, tant apprises dans le cadre de la formation à la Haute Ecole Arc de Neuchâtel que lors de mes formations précédentes. De nouvelles compétences auront été acquises également dans les méthodes d'analyses, de mesures et d'imagerie ainsi que dans le domaine du traitement des textiles.

L'étude du contexte de création ainsi que du mécanisme auront permis de comprendre et de cerner les points sensibles de cet objet ainsi que les matériaux utilisés et leurs provenances.

Le constat d'état a permis de localiser les faiblesses et les zones usées de l'automate et ainsi d'étudier plus en profondeur certaines parties de l'objet, plus problématiques.

Ces études se sont effectuées en faisant appel à des techniques sophistiquées issues des domaines scientifiques et notamment tribologiques.

La prise de décision concernant un objet patrimonial doit être le fruit d'une réflexion importante autour de la mise en corrélation des différentes valeurs de l'objet en question et de son état physique. Une réponse adaptée à chaque cas doit être apportée.

La mise en fonction d'un automate tel que le « Turc buvant du café sur un tapis volant » nécessite une attention particulière.

L'essence même d'un tel objet repose sur le mouvement. Si l'on veut conserver cette signification avec toute son importance, cela se fera obligatoirement au détriment de sa matérialité. Cependant, nous l'avons vu, un entretien régulier ainsi que diverses techniques (mise en fonction alternée, surfaces sacrificielles) permettent de contrecarrer la perte de substance originelle.

Cet automate devra faire l'objet d'un suivi régulier et d'une documentation approfondie. Il est un cas rare où le processus de création, la volonté de l'artiste, sa vie en tant qu'objet utilitaire, son entrée dans le domaine patrimonial et sa première étude a été réalisée dans un laps de 16 ans. L'importance de pouvoir suivre son évolution est capitale ! Elle permettra de constater si les mesures mises en place permettent d'accorder la préservation de son mouvement (valeur immatérielle) et sa matérialité elle-même !

Un grand chemin reste à parcourir à cet automate, mais il sera un cas unique et exceptionnel permettant d'illustrer et de documenter des principes déontologiques et une politique muséale mise en place au Musée international de La Chaux-de-Fonds.

Bibliographie

- Appelbaum, Barbara. *Conservation Treatment Methodology*. Oxford, Butterworth-Heinemann, 437 pages. 2007.
- AFNOR, *Prescriptions de conservation des documents graphiques et photographiques dans le cadre d'une exposition*, AFNOR NF Z 40-010, juin, 2002.
- Betts, Jonathan. « Problems in the conservation of clocks and watches », *The conservator*, 1985, N°9, pp. 36-44.
- Brenni, Paulo. « Un siècle d'instruments, La transformation des appareils scientifiques et leur utilisation pendant le XXe siècle », *Sartoriana*, 2001, volume 14, pp. 13-43.
- Brenni, Paulo. « Quelques considérations sur la restauration des instruments scientifiques », *CoRé*, décembre 2006, N° 17, pp. 8-11.
- Canton de Vaud. « Les automates, un rêve mécanique au fil des siècles », Collection DP, Ecole-musée, 2009, n°34, 25 pages.
- Chapuis, Alfred et Droz, Edmond. *Les Automates, Figures artificielles d'hommes et d'animaux*. Editions du griffon, Neuchâtel, 423 pages, 1949.
- Carré, Anne-Laure et Mirambet, François. « La conservation du patrimoine scientifique et technique, un défi à relever », *CoRé*, décembre 2006, N° 17, pp. 3-7.
- Collanges, Françoise. « La politique de conservation d'une collection horlogère : organisation, limites et perspectives », *CoRé*, juin 2008, N°20, pp. 4-9.
- CORPEC. « Comportement de l'aluminium et ses alliages utilisés dans le bâtiment en contact avec d'autres métaux. » Fenetrealu [en ligne]. CORPEC, 2008, bulletin n°39 [consulté le 23.07.2013]. <http://www.fenetrealu.com/uploads/documents/fiche-technique-39-comportement-aluminium-contact-autres-metiaux-dans-batiment-74.pdf>
- CRM. *Formulaires et tables*. Edition du Tricorne, Commissions romandes de mathématique, de physique et de chimie.
- Gagneux, Dominique. « Doit-on entretenir le mouvement d'une œuvre d'art cinétique ? ». *CoRé*, décembre 2007, N°19, pp. 13-18.

- Imbert, Nicolas- « Restaurations des œuvres cinétiques : Réflexions à partir d'exemples sur l'instabilité des œuvres ». *CoRé*, décembre 2007, N°19, pp. 30-35.
- Junod, François. Automatier-sculpteur, rue des Rasses 17, 1450 Sainte-Croix, 024 454 12 55. Automata-junod@vtxnet.ch
- Lee Scott, Cindy. « The Use OF Agar As A solvent Gel in objects Conservation ». in: *AIC objects-specialty-group Postprints*, vol. 19, 2012. pp. 71-84.
- Lorenz, Klaus. « Les automates du XIXe siècle, réflexion sur la conservation préventive et la restauration », *CoRé*, juin 2008, N°20, pp. 15-21.
- Margot, Alain. *La mécanique des Anges*. [DVD] JMH Productions, Neuchâtel, 2008. Film de 52 minutes relatant la création d'un defile d'automate.
- Mathieu, Hans Jörg, Bergmann Eric et Gras René. *Traité des matériaux, Analyse et technologie des surfaces, couches minces et tribologie*. Presses polytechniques et universitaires romandes, Lausanne, 495 pages, 2003.
- Nègre, Valérie. *L'ornement en série: architecture, terre cuite et carton-pierre*. Edition Mardaga, 114 pages, 2006.
- Newey, Hazel. « Conservation and the preservation of scientific and industrial collections » *Studies in Conservation*, 2000, N°45, pp. 137-138.
- Poirier, Matthieu. « L'œuvre cinétique à l'épreuve de ses spectateurs et d'elle-même ». *CoRé*, décembre 2007, N°19, pp. 4-12.
- Puech, Sarah et Collon, Laurie. « Recommandations par type de matériaux, inventaire réalisé pour le C2RMF ». C2RMF [en ligne], mis en ligne en 2014 [consulté le 23.07.2016]. http://c2rmf.fr/sites/c2rmf.fr/files/standards_conservation20102014.pdf
- Reymondin et al. *Théorie d'horlogerie*. Fédération des écoles techniques, Lausanne, 368 pages, 2005.
- Rolland-Villemot, Bénédicte. « Le traitement des collections industrielles et techniques, de la connaissance à la diffusion », *Lettre de l'OCIM*, 2001, N°73, pp.13-18.

- Schenkel, Tobias. « Approche de la conservation-restauration du patrimoine horloger. Le problème de la disparition des savoir-faire », *Actes de la journée d'étude : Patrimoine musical du XXe siècle*, 6 avril 2009, Cité de la musique, Paris.
- Timar-Balazsy, Agnes et Eastop, Dinah. *Chemical Principles of Textile Conservation*. Butterworth-Heinemann series in conservation and museology, Oxford, 1998.
- Tomsin, Philippe. « Les patrimoines mobiliers scientifiques et techniques : spécificités de leur restauration, de leur conservation et de leur valorisation », *CeRoArt* [en ligne], N°1 2007, mis en ligne le 15 octobre 2007 [consulté le 19.04.2016]. <http://ceroart.revues.org/370>

Liste des figures

Si la propriété n'est pas précisée dans la liste des figures, celles-ci sont la propriété de la HE-Arc CR (© HE-Arc CR, C. von Känel).

Figure 1 : L'automate exposé dans le cadre de l'exposition temporaire sur les nouvelles acquisitions du musée.	7
Figure 2 : Le créateur de l'automate, François Junod, dans son atelier.	9
Figure 3 : Vue du déclencheur.	10
Figure 4 : Vue du socle, du tapis et du personnage.	11
Figure 5 : Vue schématique de l'organisation fonctionnelle de l'automate.	15
Figure 6 : Vue du système à l'intérieur de la pyramide du déclencheur.	16
Figure 7 : Vue du moteur et des éléments de transmission de la force motrice.	16
Figure 8 : Vue de côté du mécanisme d'ondulation du tapis.	17
Figure 9 : Schéma général d'une came et de son palpeur par galet associé.	18
Figure 10 : Vue du dos du mécanisme de l'automate et nomenclature.	18
Figure 11 : Schéma du mécanisme permettant les mouvements des yeux.	19
Figure 12 : Schéma de mécanisme d'ouverture de la mâchoire.	20
Figure 13 : Schéma de fonctionnement du mécanisme de fermeture des paupières.	20
Figure 14 : Disposition des mécanismes dans le socle.	22
Figure 15 : Evolution générale de la perte de matière par usure en fonction du temps.	27
Figure 16 : Tableau récapitulatif des conditions de conservation.	33
Figure 17 : Tableau de classification des sensibilités des collections et de la dose totale d'exposition admise correspondante.	34
Figure 18 : Poussières issues du mécanisme visible sur le sol.	35
Figure 19 : Vue de l'automate sur ses 4 faces avec son habillage complet.	49
Figure 20 : Vue de l'automate sur ses 4 faces avec sans habillage mais avec les coques et formes en staff et carton.	50
Figure 21 : Vue de l'automate sur ses 4 faces avec sans habillage ni coques.	51
Figure 22 : Vue macroscopique de la surface du roulement à bille travaillant avec la came des mouvements du bras droit.	68
Figure 23 : Vue de la surface du palpeur.	69
Figure 24 : Vue de l'axe du roulement-palpeur.	70
Figure 25 : Vue de côté du bras en aluminium éloxé.	71
Figure 26 : Vue de dessous du bras en aluminium éloxé.	71
Figure 27 : Vue EFI du détail de l'usure du bras en aluminium.	72
Figure 28 : Vue à la loupe binoculaire d'une zone usée de la tranche du bras en aluminium.	73
Figure 29 : Surface non usée du bras en aluminium éloxé au grossissement 2.2x	73
Figure 30 : Détail des porosités avec dépôt de lait. Zoom 2.2 fois.	74

Figure 31 : Vue de côté de la zone d'usure en aluminium.	74
Figure 32 : Poster trilingue explicatif.	83
Figure 33 : Schéma démontrant le débattement maximal des bras en aluminium.	84
Figure 34 : Vue d'ensemble du Narguilé.	91
Figure 35 : Altération du tuyau de pipe.	91
Figure 36 : Vue du chapeau.	92
Figure 37 : Vue du chapeau de côté.	92
Figure 38 : Vue de la broche, il manque une pierre synthétique.	93
Figure 39 : Cordon tricolore de ceinture.	93
Figure 40 : Ceinture de velours.	94
Figure 41 : Fermeture par agrafe de la ceinture.	94
Figure 42 : Vue avant du gilet.	95
Figure 43 : Vue arrière du gilet.	95
Figure 44 : Vue avant de la chemise.	96
Figure 45 : Vue arrière de la chemise. On y voit les pressions de fermeture.	96
Figure 46 : Altération de la chemise, déjections d'insectes.	97
Figure 47 : Altération de la chemise, taches de graisses et effiloquement de la doublure.	97
Figure 48 : Fermeture des manches de la chemise par bouton.	98
Figure 49 : Détail des taches de la chemise sous la ceinture de velours.	98
Figure 50 : Détail de la tache sur la poitrine.	99
Figure 51 : Altérations du col de la chemise (taches de graisse et cordon doré décousu).	99
Figure 52 : Décoloration locale du tapis.	100
Figure 53 : Etagère de stock des éléments durant l'intervention dans les réserves.	101
Figure 54 : Vue des mécanismes des mouvements du visage.	102
Figure 55 : Vue du moteur principal et du système d'entraînement (détail sous tapis).	103
Figure 56 : Câble-antenne de réception du signal de déclenchement.	104
Figure 57 : Système de fixation des lames de cupro-béryllium.	105
Figure 58 : Vue du dos en staff.	106
Figure 59 : fissure de l'épaule droite du dos en staff.	106
Figure 60 : Vue de la corrosion sur les tiges de maintien de l'automate sur le socle.	107
Figure 61 : Ancien tube-réceptacle du déclencheur.	108
Figure 62 : Vue de l'installation de thermographie.	109
Figure 63 : Vue avant branchement du circuit électrique.	110
Figure 64 : Vue après branchement du circuit électrique.	111
Figure 65 : Vue après mise en marche de l'automate.	112
Figure 66 : Vue de la chemise avant traitement.	113
Figure 67 : Vue de la chemise en cours de test de pH et de conductivité avec du gel d'agarose.	113

Figure 68 : Phase de test de solubilisation avec des gels d'agarose enrichis.	114
Figure 69 : Etape de rinçage à l'eau déminéralisée à la seringue sur le disque de suction	
© K. von Larber.	114
Figure 70 : Vue avant-après. A gauche la tache avant intervention, à droite après.....	115
Figure 71 : Emplacement actuel et futur de l'automate au sein des espaces d'exposition © MIH. ...	116
Figure 72 : Facture du remplacement des vérins-pistons du système hydraulique en 2012© F. Junod	117
Figure 73 : Fiche technique du moteur principal. © F. Junod.....	118
Figure 74 : Schéma de branchement du moteur principal. © F. Junod	119
Figure 75 : Schéma de branchement du moteur principal bis. © F. Junod	120
Figure 76 : Plan de la cafetière. © F. Junod	121
Figure 77 : Excentriques du tapis volant. © F. Junod	122
Figure 78 : Plan des bras en aluminium. © F. Junod.....	123
Figure 79 : Rapport d'entretien du MIH page 1.© MIH.....	124
Figure 80 : Rapport d'entretien du MIH page 2.© MIH.....	125

Liste des tableaux

Tableau 1 : Tableau synthétique de présentation des résultats d'analyse des lubrifiants.....	66
Tableau 2 : Tableau d'analyse des fibres textiles.	67
Tableau 3 : Graphique de l'éclairement de la première semaine.....	85
Tableau 4 : Graphique des rayonnements infrarouges de la première semaine.	85
Tableau 5 : Graphique de la température de la première semaine.	86
Tableau 6 : Tablette récapitulative des maximas, minimas et moyennes des valeurs mesurées la première semaine.	86
Tableau 7 : Graphique de l'éclairement de la deuxième semaine.	87
Tableau 8 : Graphique des rayonnements infrarouges de la deuxième semaine.	87
Tableau 9 : Graphique de la température de la deuxième semaine.	88
Tableau 10 : Tablette récapitulative des maximas, minimas et moyennes des valeurs mesurées la deuxième semaine.	88
Tableau 11 : Graphique de l'éclairement de la troisième semaine.	89
Tableau 12 : Graphique des rayonnements infrarouges de la troisième semaine.	89
Tableau 13 : Graphique de la température de la troisième semaine.	90
Tableau 14 : Tablette récapitulative des maximas, minimas et moyennes des valeurs mesurées la deuxième semaine.	90
Tableau 15 : Tableau de résultat des curseurs placés.	110
Tableau 16 : Tableau de résultat des curseurs placés après branchement.	111
Tableau 17 : Tableau de résultat des curseurs placés après mise en marche.	112
Tableau 18 : Tableau des couples galvaniques communs. ©apper-solaire.org	126
Tableau 19 : Bases de l'entretien de l'automate.....	127

Annexes du mémoire de Bachelor :

Impact de la mise en fonction de l'automate « Turc buvant du café sur un tapis volant » sur ses matériaux constitutifs

Mémoire présenté par :

Christophe von Känel

Pour l'obtention du

Bachelor of Arts HES-SO en Conservation
Objets scientifiques, techniques et horlogers

Année académique 2015-2016

Remise du travail : 25.07.2016

Jury : 31.08.2016

Table des annexes

Annexe 1 : Vue générale de l'automate avec son habillage.....	49
Annexe 2 : Vue générale de l'automate sans habillage	50
Annexe 3 : Vue générale de l'automate sans coques en staff	51
Annexe 4 : Constat d'état.....	52
Annexe 5 : Tableau de caractérisation des lubrifiants prélevés.	66
Annexe 6 : Tableau de caractérisation des échantillons de fibres prélevées.	67
Annexe 7 : Usure du galet palpeur de la came du bras droit.....	68
Annexe 8 : Vue des altérations du bras en aluminium	71
Annexe 9 : Résultats des mesures par microscopie confocale	75
Annexe 10 : Retranscription d'entretien de F. Junod	79
Annexe 11 : Retranscription d'entretien de M. Bloch	82
Annexe 12 : Affiche trilingue	83
Annexe 13 : Schéma du débattement maximum des bras en aluminium	84
Annexe 14 : Données éclairément du 22 au 29 juin 2016	85
Annexe 15 : Données éclairément du 29 juin au 6 juillet 2016.....	87
Annexe 16 : Données éclairément du 6 au 13 juillet 2016	89
Annexe 17: Habillage.....	91
Annexe 18: Mise en sécurité des parties d'habillage.	101
Annexe 19: Vues de parties mécaniques	102
Annexe 20: Altérations diverses.....	106
Annexe 21: Thermographie	109
Annexe 22: Traitement du textile.....	113
Annexe 23: emplacement actuel et futur dans le musée.....	116
Annexe 24 : Commande des vérins de remplacement	117
Annexe 25 : Références du moteur principal	118
Annexe 26 : Plan de la cafetière	121
Annexe 27 : Plan des excentriques du tapis.....	122
Annexe 28 : Plan des bras en aluminium.....	123
Annexe 29 : Rapport d'entretien du MIH, février 2016	124
Annexe 30 : Tableau des couples galvaniques.	126
Annexe 31 : Guide de base d'entretien.....	127

Annexe 1 : Vue générale de l'automate avec son habillement.



Figure 19 : Vue de l'automate sur ses 4 faces avec son habillement complet.

Annexe 2 : Vue générale de l'automate sans habillage



Figure 20 : Vue de l'automate sur ses 4 faces avec sans habillage mais avec les coques et formes en staff et carton.

Annexe 3 : Vue générale de l'automate sans coques en staff

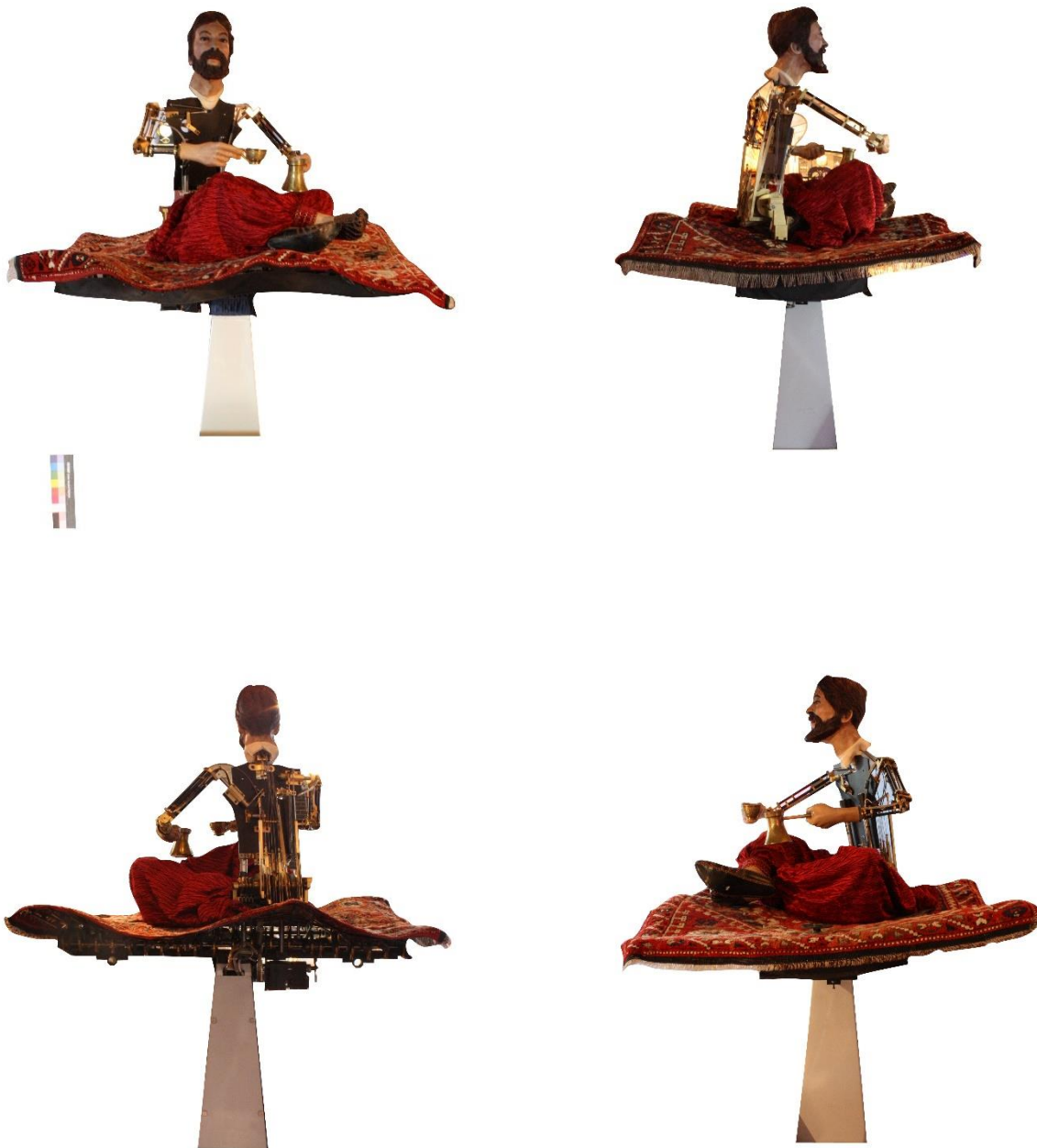


Figure 21 : Vue de l'automate sur ses 4 faces avec sans habillage ni coques.

Annexe 4 : Constat d'état

FICHE d'INTERVENTION de CONSERVATION		
<u>Année académique :</u> 2015-2016	<u>Etudiant-e :</u> C. von Känel	BA 3
EXAMEN DIAGNOSTIQUE		
IDENTIFICATION ET EXAMEN DE L'OBJET		
<u>Mandataire :</u> Musée international d'horlogerie de la Chaux-de-Fonds (MIH).	<u>N° d'inventaire de l'institution</u> MIH IV-947	
<u>Mandat :</u> Etude de l'objet, constat d'état et analyse de ses points mécaniques sensibles, rédaction d'un cahier des charges en vue de l'entretien et de l'utilisation dans le cadre de visites.	<u>Matériau principal :</u> <input type="checkbox"/> Céramique <input type="checkbox"/> Verre <input checked="" type="checkbox"/> Métal <input checked="" type="checkbox"/> Mat. organique <input type="checkbox"/> Autre :	
<u>Désignation usuelle:</u> Automate « Turc buvant du café sur un tapis volant ». Automate androïde représentant un Turc sur un tapis volant ondulant et buvant du café.	<u>Datation, contexte, environnement de conservation :</u> Réalisé en 2000. Automate crée pour le centenaire de l'entreprise « La Semeuse » de la Chaux-de-Fonds. Jusque-là, objet conservé dans la boutique de l'entreprise. Actuellement au sein de l'exposition temporaire du MIH.	
<u>Dimensions (sans le déclencheur):</u> Longueur = 110 cm Hauteur = 180 cm Largeur = 95 cm	<u>Documentation photographique réalisée :</u> Se référer aux annexes.	

Description :

Automate androïde composé d'un déclencheur à distance, d'un socle et de l'automate (ondulation du tapis et mouvements du personnage).

Le déclencheur ainsi que le socle sont de forme de pyramide à base carrée. Le socle de l'automate est en tôle d'acier peinte en gris, fermée sur sa face arrière par une plaque dont les arrêtes sont gainées maintenue par six vis à poulet moleté. Sa base est un octaèdre irrégulier. Le déclencheur, qui repose sur un pied cylindrique en plexiglas, est en bois, tronqué à son sommet pour permettre d'y insérer un grain de café afin de provoquer la mise en fonction de l'automate. Il porte les indications de mise en fonction de l'automate.

L'automate consiste en un personnage représentant un turc se servant du café puis le buvant, le tout sur un tapis volant ondulant.

Le tapis est en laine rouge avec des motifs floraux et géométriques de couleur grise, beige, vert clair, noir et jaune pâle⁴⁹.

Le turc est représenté par un homme brun barbu portant des pantalons larges en velours rouge, une chemise à manches bouffante blanche crème en soie, un gilet en broché rehaussé de velours rouge ainsi qu'un turban bordeaux surmonté de 5 plumes maintenues par une broche ronde en laiton doré et orné de pierreries synthétiques. Il est chaussé de babouches en cuir.

Les babouches sont fixées à demeure sur les pieds de l'automate et assemblées par collage. Les bas des canons des pantalons sont également cousus sur place. De ce fait, seule la taille du pantalon peut être libérée et permet un accès aux pivotements des jambes aux hanches du personnage.

La ceinture est maintenue par un cordon tricolore et un système d'agrafes métalliques⁵⁰.

La chemise est fermée depuis le dos grâce à un système de pressions et une épingle ferme le col⁵¹. Les manches sont maintenues fermées grâce à un bouton et une boutonnière⁵². Les boutons de la face avant ont uniquement une fonction ornementale.

Le gilet est composé de deux parties s'assemblant dans le dos de l'automate grâce à une bande velcros⁵³.

Le chapeau est simplement posé sur la tête du personnage.

⁴⁹ Voir annexes 1 à 3, p. 49-51.

⁵⁰ Voir figure 40, p. 94.

⁵¹ Voir figure 44, p.95.

⁵² Voir figuree 47, p. 98.

⁵³ Voir annexe 17, figure 42, p. 95.

Les différents moules et parties visibles du corps sont réalisés en staff puis peintes si elles ont un rôle esthétique.

La tête s'ouvre au niveau du crâne et est maintenue fermée par 4 vis. Cette ouverture donne accès au mécanisme interne ayant trait aux mouvements du visage.

Les mécanismes des avant-bras sont protégés par des cylindres de cartons fendus fixés à l'aide de vis. Les bras quant à eux sont formés de deux coques en staff maintenues en place par des boulons et rondelles.

Le corps est lui aussi formé par deux coques (une avant et une arrière). La partie avant est fixée sur la plaque de base en aluminium (platine de base) par trois vis qui viennent se visser dans trois blocs de laiton taraudés fixés à l'aide de plâtre sur la forme en staff avant. La forme arrière vient se visser sur six pattes en laiton, également prises dans du plâtre sur la forme avant.

Le mécanisme du tapis est principalement réalisé en acier, laiton et aluminium. Ses pièces sont soit vissées, soit chassées.

Le mécanisme de l'androïde est réalisé en laiton et en acier. Les assemblages sont réalisés à l'aide de vis, de boulons et de chassage.

Un narguilé⁵⁴ est disposé sur le tapis. Il tient sur ce dernier grâce à des velcros collés sous sa partie en verre et un support fixe à velcros prenant naissance sur le bâti du mécanisme d'ondulation du tapis. Il est de ce fait, non soumis aux ondulations du tapis.

⁵⁴ Voir annexe 17, figure 33, p. 91.

CONSTAT D'ETAT

Description des matériaux:

Le constat d'état s'effectue ici en plusieurs étapes. Elles sont décomposées en trois catégories : Le socle et le déclencheur, l'habillage et la mécanique.

Le socle et déclencheur :

Le socle de l'automate est composé d'une plaque d'aluminium à sa base, puis ce sont des tôles d'acier pliées et soudées qui le compose. Il renferme bon nombre de composant dont l'alimentation électrique, le récepteur de l'onde du déclencheur de mise en marche, le système hydraulique et la musique mécanique.

Le déclencheur est quant à lui composé d'un pied en acier puis d'un cylindre réceptacle en plexiglas® et de la pyramide en bois de type MDF peint en noir. Il renferme une série d'accumulateur ainsi qu'un système de détection optique et de déclenchement par onde.

L'habillage :

L'habillage comprend le tapis, le narguilé et les habits du turc.

Pour le tapis, il est principalement composé de fibres de laine. On retrouve cependant des fibres synthétiques mais également du coton dans les fils de trame et de chaîne. La nature des colorants n'est pas connue.

Le narguilé est composé de verre, de bois, de métal (fil de laiton) de laine et d'un matériau végétal pour le tuyau. La laine se retrouve au niveau de la filasse utilisée pour étanchéifier le système et la petite tapisserie qui orne le bec de pipe.

Pour les habits⁵⁵, il y a du cuir pour les chaussures, Le pantalon est en velours synthétique. La chemise est en soie et le gilet est en coton. La ceinture ainsi que la ficelle tricolore sont en fibres synthétiques elles aussi. Le chapeau est quant à lui en soie avec une âme en carton et porte des plumes de faisan.

Les habits sont rehaussé de fil métalliques (gilet) ou synthétiques dorés ainsi que de boutons et broches en laiton doré et ornés de pierreries synthétiques.

La cafetière et la tasse sont en cuivre.

⁵⁵ D'après entretien téléphonique avec F. Roth et analyse des fibres.

La mécanique :

La mécanique est principalement composée d'acier, de laiton et d'aluminium.

En décomposant ceci entre le tapis et l'androïde on peut aller plus dans le détail.

Pour le mécanisme du tapis, Tous les axes, les visseries, les engrenages et roulements sont en acier. Les galets excentriques dits «rails » ainsi que certains paliers sont en laiton. Les bras qui supportent le tapis sont en aluminium. La courroie d'entraînement entre le moteur et l'arbre d'excentriques des tapis est en caoutchouc. On retrouve des lamelles de cupro-béryllium disposées perpendiculairement aux bras en aluminium pour éviter que le tapis de s'enfile entre les bras. Ces lamelles sont maintenues entre-elles par des axes en laiton rainurés soudé aux lamelles et des circlips en acier.

Pour le mécanisme de l'androïde, on remarque la présence d'aluminium pour la platine de base et les tiges des bras, de l'acier pour les axes, la visserie, les tiges de maintien de l'automate sur le socle, palpeurs et leviers et du laiton pour les cames, blocs de maintien, bras de leviers de palpeurs, charnières de la tête et dans les mécanismes du visage ainsi que les bases de fixation des formes en staff.

Reste le mécanisme de musique mécanique à lame composé d'acier pour le peigne, les axes, les picots et les visseries et de laiton pour le cylindre, les rouages et la platine.

Le système hydraulique est lui composé d'acier pour les chaînes, d'aluminium et d'acier pour les vérins, de caoutchouc pour les joints et de silicone pour les tuyaux, d'aluminium pour le bac et de laiton pour le système de maintien.

Description des altérations :

Socle et déclencheur :

- Le réservoir rectangulaire de grain de café situé devant le déclencheur s'est décollé (il a été mis en réserve car plus utile sur l'objet actuellement).
- La plaque qui ferme le socle de l'automate à une gaine de protection noire qui est manquante sur un des côté.
- Le pied réceptacle en Plexiglas® a été remplacé car cassé et réparé antérieurement à l'entrée au musée. Il s'agit là d'une ancienne altération mais importante à notifier.

Habillage :

- Décoloration du tapis par endroit. Cette altération est très peu homogène et peu marquée.
- Taches sur la chemise. Il y a des déjections d'insectes sur l'épaule gauche (sur environ 1 cm²), une trace important sur la poitrine de 10 cm par 8 cm (café ou colorant) ainsi que des taches sous la ceinture sur une surface d'environ 12 cm par 10 cm. Des résidus de graisses sont aussi présents à l'intérieur de la chemise à la hauteur du ventre de l'automate.
- Encrassement des parties peintes (visage, mains). Celui-ci reste léger.

La mécanique :

- Usure des bras en aluminium externe du système de tapis (2 cm sur la tranche et 5 sur le côté).
- Fort encrassement à proximité du ventilateur du moteur principal.
- Usure légère des surfaces en contacts (comes-palpeurs).
- Corrosions sur certaines parties en acier, notamment les tiges de maintien de l'automate sur le socle.
- Les vérins (pistons) ont été remplacés (en 2012) car collés et les joints altérés.
- Le générateur de fumée a été remplacé à l'arrivée au musée. Le tube en verre en son centre était cassé.

Examens et analyses complémentaires effectués :

- Identification des fibres (microscopie et tests de brûlage) ⁵⁶
- Tests de nettoyage des textiles (Ph et conductivité à l'aide de gel d'agarose 4% dans de l'eau déminéralisée)⁵⁷
- Thermographie du mécanisme⁵⁸

⁵⁶ Voir annexe 6, p. 67.

⁵⁷ Voir intervention de conservation du présent constat d'état.

⁵⁸ Voir annexe 21, p. 109.

- Prélèvement et analyse de lubrifiants (macroscopie et microscopie avec filtre polarisant et fond noir) ⁵⁹
- Observation au microscope et au microscope confocal de surfaces altérées (en collaboration avec la filière ingénierie des surfaces de la Haute Ecole Arc ingénierie de Neuchâtel)⁶⁰

DIAGNOSTIC / PRONOSTIC

Diagnostic :

Socle et déclencheur :

- Le réservoir rectangulaire de grain de café s'est probablement décollé suite à des manipulations du public et à un vieillissement (réticulation) de la colle le maintenant en place. Un taux d'humidité trop élevé peut avoir favorisé ce phénomène.
- La gaine de protection noire du côté gauche (vue de l'arrière) de la plaque de fermeture du socle de l'automate est probablement partie suite à des manipulations et un décollement de cette gaine.
- Le pied réceptacle en Plexiglas® s'était probablement fissuré lors d'un déplacement. (l'objet était prêté et déplacé⁶¹). Un collage approximatif avait été effectué. A l'entrée au musée, la décision de remplacer ce tube a été prise.

Habillage :

- La décoloration du tapis, non-homogène, est certainement liée à une exposition variable aux rayonnements ultra-violets et infra-rouge.
- Les taches sur la chemise sont d'origines diverses. Les taches de l'épaule gauches sont des déjections d'insectes. La trace brunâtre sur la poitrine est due à un problème de mise en fonction de l'automate et de l'utilisation de café ou d'une substance colorante dans le système hydraulique. Aussi, lors du basculement de la tasse vers la bouche du personnage, celle-ci était encore pleine. Le liquide c'est donc déversé sur la chemise et a taché cette dernière. Les taches sous la ceinture sont certainement également liées à l'événement précédent. Il semble que le liquide ait été pompé par la ceinture en velours mais que celle-ci aurait dégorgé sur la chemise. Un transfert de colorant aurait donc été effectué et expliquerait l'apparition de taches verdâtres à cet endroit. Les taches de graisses à l'intérieur de l'automate sont directement liées au contact avec des éléments mécaniques graissés.

⁵⁹ Voir annexe 5, p. 66.

⁶⁰ Voir annexe 9, p. 75.

⁶¹ Voir annexe 11, p.82.

Il faut encore mentionner ici un effilochement de la doublure interne, liée à la structure même de ce textile.

- Le léger encrassement des parties visibles est lié à la poussière s'étant déposé au fil du temps sur cet automate. Le fumigène et notamment la paraffine utilisée dans ces réactifs peut favoriser l'adhérence des dépôts en créant des zones légèrement grasses.

La mécanique :

- L'usure des bras externe du mécanisme d'ondulation du tapis est un phénomène plus complexe. En effet, de nombreux facteurs entrent en ligne de compte. Il y a tout d'abord un phénomène d'usure normal entre deux composants en contact et en frottement. Lors de cette usure, des microparticules sont arrachées au bras en aluminium. C'est l'éloxyage, partie oxydée de l'aluminium, plus dure que l'aluminium à l'état non oxydé qui se trouve attaqué en premier lieu. Ses particules, très abrasives, se plantent dans le laiton des rails des excentriques. Dès lors, ils agissent comme de la toile d'émeri.

Les contraintes que subissent ces éléments favorisent également une usure localisée. Tous les bras en aluminium ne sont pas usés et également pas non plus de la même manière. Lorsque les contraintes ne sont que verticales, le système fonctionne très bien, sans frotter plus d'un côté que de l'autre mais sitôt qu'une force latérale se fait sentir, le système est en tension. Ceci peut s'expliquer par la masse du tapis et du turc, qui a tendance à tirer le tapis au centre et donc de créer une force latérale important à l'extrémité gauche et droite.

Un phénomène de corrosion galvanique a également lieu. Les cratères formés et les dépôts de laiton au fond de ceux-ci le démontrent⁶². Le laiton, et plus particulièrement le cuivre qu'il contient possède un potentiel électrochimique oscillant entre 0.16 et 0.52 électronvolts selon son état d'oxydation alors que l'aluminium possède un potentiel de -1.67 électronvolts. S'est donc ce dernier que joue de rôle de réducteur, donc de donneur d'électron (matière) dans une réaction d'oxydoréduction⁶³.

Une réaction redox nécessite un électrolyte. Le lubrifiant d'origine aurait pu avoir cet effet. Il est à noter que les excentriques extérieurs ont été peints en noir dans le but d'atténuer leur impact visuel. La peinture utilisée peut très bien avoir dégagé des composés qui peuvent provoquer une oxydation. Ce dernier point expliquerait aussi pourquoi les bras extérieurs sont les plus touchées par ce phénomène.

- Le fort encrassement à proximité du ventilateur du moteur principal est simplement dû au mouvement d'air crée par le ventilateur. Aussi, les poussières et autres particules de libérant du

⁶² Voir annexe 8, figure 29, p. 74.

⁶³ CRM, p.225-226, 2000.

tapis, par exemple, se retrouve amenée à cet endroit et viennent s'engluer dans les lubrifiants présents.

- L'usure légère des surfaces des cames et des palpeurs respectifs peuvent s'expliquer par un rodage s'étant effectué à cause d'un léger défaut de géométrie. Les pièces s'adaptent donc entre-elles.
- Les corrosions sur certaines parties en acier, notamment les tiges de maintien de l'automate sur le socle s'expliquent par la présence de poussière, mais également la présence à proximité, voir en contact, de matières plastiques. En effet, les tuyaux d'amenée d'eau dans la cafetière et d'évacuation de la tasse passent à proximité de ces éléments et sont maintenues en places par des attaches de type « Ligarex » et parfois même du ruban adhésif. La proximité des tuyaux de transport d'eau peut également favoriser un phénomène de condensation à proximité si le système n'est pas vidé lors d'un transport.
- Les vérins (pistons) ont été remplacés (en 2012) car collés et les joints altérés. Ceci s'explique par l'utilisation d'un liquide autre que de l'eau déminéralisée dans le système (café, voir même soda). L'acidité de ces boissons aura attaqué le joint ou le sucre contenu collé les différentes parties mobiles.
- Le bris du tube en verre du générateur de fumée est dû à un choc lors d'un transport.

Pronostic :

Socle et déclencheur :

- Au niveau du réservoir à grain de café, le risque est plus situé au niveau de la dissociation qu'à proprement au niveau des matériaux. Cependant, l'ancien adhésif pourrait pénétrer plus en avant dans la matière et poser des problèmes de coloration et d'élimination au moment voulu.
- La gaine de protection manquante sur le socle pourrait entraîner des rayures lors de manipulations peu précautionneuses.
- Le remplacement du pied réceptacle, motivé par l'esthétisme et le maintien du déclencheur est en soit une perte d'originalité de l'objet. Cependant, les altérations ne peuvent plus évoluer.

Habillage :

- La décoloration du tapis, pourrait être progressive en cas de mauvaise exposition. Un contrôle des conditions d'éclairage est essentiel.
- Les taches posent en problème esthétique pour celles sur la poitrine, mais également au niveau physico-chimique pour les matériaux. En effet, en fonction de l'origine des taches, le pH peut varier et ne plus être celui de base du textile. Des dégradations poussées des fibres (changement de structure et altérations physiques), dans notre cas de soie, peuvent apparaître avec le temps.

De plus, les altérations chromatiques provoquées peuvent être irrécupérables.

L'effilochement de la doublure pose des problèmes lors d'intervention sur l'objet. Sur une manutention précautionneuse permet d'éviter de tirer des fibres, qui risquent de se prendre dans les visseries de maintien des formes en staff.

- Le léger encrassement peut altérer de manière plus conséquente l'aspect visuel de l'objet. Il convient de surveiller ce fait ainsi que l'action chimique possible de cette interface (objet-encrassement).

La mécanique :

- L'évolution de l'usure des bras en aluminium est des rails de guidage en laiton est difficile à prévoir. La non homogénéité du phénomène actuellement laisse imaginer des conditions d'apparition très particulières.

Le risque principal résulte dans l'aggravation du phénomène d'usure et de corrosion des bras en aluminium. A terme, le système pourrait devenir inutilisable car la géométrie et les coefficients de frottement trop modifiés. Cela signifierait la mort fonctionnelle de l'objet avec ses matériaux originels.

- Le fort encrassement à proximité du ventilateur du moteur principal peut accentuer des phénomènes d'usures et d'oxydation en créant des zones microclimatiques. De plus, il augmente la résistance du système et donc la force nécessaire à la mise en fonction du système. Ce sont des contraintes ajoutées au moteur ainsi qu'aux éléments de liaison qui peuvent jouer en défaveur de leur durée de vie.
- L'usure des palpeurs et des cames peut s'aggraver avec le temps, le lubrifiant entre ces deux surfaces se chargeant en particules qui agiront ensuite comme un abrasif.
- Les corrosions sur certaines parties en acier, peuvent prendre d'autres formes, plus agressives que celles actuelles dans certains environnements (présence de sulfures, chlorures,...) Une altération sur de plus grandes surfaces et plus en profondeur sont à prévoir.
- Les vérins (pistons) pour ce qui est des vérins, la couche d'oxydation passive doit les protéger à long terme de la corrosion et l'utilisation uniquement d'eau déminéralisée garanti une faible potentialité d'attaque de cette surface. Les joint de caoutchouc assurant l'étanchéité du système risque à moyen terme de réticuler et de devenir plus rigide voir poreux et ne plus assurer leur fonction.
- Le générateur fumigène pourrait, à la longue, s'encrasser et ne plus fonctionner correctement.

PROJET D'INTERVENTION
RAPPEL DU MANDAT ET DU LIEU DE CONSERVATION ULTERIEUR ENVISAGE
<p>Etude de l'objet, constat d'état et analyse de ses points mécaniques sensibles, rédaction d'un cahier des charges en vue de l'entretien et de l'utilisation dans le cadre de visites.</p> <p>Objet conservé et exposé au sein de l'exposition permanente du Musée international d'horlogerie de La Chaux-de-Fonds</p>
OBJECTIFS DE L'INTERVENTION DE CONSERVATION
<p>L'objet étant actuellement exposé, les possibilités d'intervention restent minimales. Les opérations de maintenances mécaniques se feront lors du démontage de l'exposition temporaire sur les nouvelles acquisitions à l'automne 2016. Le musée souhaite avant tout une étude et des recommandations pour le futur.</p> <p>Une intervention sur les taches de la chemise a cependant été décidée avec les responsables des collections, le personnel du musée, parfaitement à même de traiter les parties techniques et mécaniques, ne possédant pas les qualifications nécessaires à ce matériaux n'interviendra pas sur l'habillement.</p> <p>Les dégradations futures ainsi que la gêne esthétique provoquée ont motivé ce choix.</p>
PROJET D'INTERVENTION
<p>Les recommandations quant à l'entretien mécanique, la mise en exposition et le suivi de l'objet se feront dans l'annexe dédiée.</p> <p>L'intervention sur le textile portera sur des tests de conductivité et de pH, ainsi que d'essais de nettoyages. Si ces phases sont concluantes, un nettoyage sera entrepris.</p> <p>Ces opérations se déroulent sous la tutelle de Karin von Lerber, conservatrice-restauratrice de textiles à Winterthur.</p>

INTERVENTION de CONSERVATION

L'intervention a consisté tout d'abord à une phase de test visant à mesurer la conductivité et le pH des taches présentes sur le torse et sous la ceinture du Turc. Les taches sur les textiles s'enlève en car de polarité du résidu.

La méthode de test consiste à mesurer tout d'abord le ph et la conductivité à l'aide gel d'agarose à 4% dans de l'eau déminéralisée. Un endroit propre, un endroit du torse et un de la ceinture ont été testés.

Localisation	pH	Conductivité (mS/cm)
Propre	5.6	0.23
Torse	6.2	0.38
Ceinture	10.5	0.33

Les résultats obtenus nous démontrent que les résidus sont polaires. Pour effectuer ces mesures, il faut déposer un petit morceau de gel de 2mm sur 2 mm et 3 d'épaisseur sur l'endroit à tester durant 5 minutes et sous pression. On peut effectuer cela en posant un petit bout de melinex® (polyester) avec un petit poids par-dessus. Une fois le laps de temps passé, les cubes sont déposés sur un pH-mètre (HACH Minilab H 138) puis sur un appareil avec un senseur céramique pour mesurer la conductivité (Horiba Laquatwin Cond).

Des essais de détachements ont ensuite été effectués, toujours à l'aide de gels d'agarose à 4% mais agrémenté de citrate de sodium ou d'EDTA ou un mélange des deux à un pH de 6.5.

On constate que c'est avec le gel chargé de citrate de sodium et d'EDTA à 6.5 de pH que le meilleur résultat est obtenu sur les taches du torse.

Sous la ceinture, peu de résultats sont visibles.

L'intervention sur le torse se fera de manière humide. La chemise est disposée sur une table aspirante (à l'arrêt) et un petit bout de papier buvard (environ 1 cm sur 1 cm) est appliqué. On vient ensuite l'humecter à l'aide de la solution d'eau déminéralisée, de citrate de sodium et d'EDTA avec une seringue. Une fois que l'on voit le buvard s'imprégner, on dispose un morceau de mélinex® prenant toute la surface du disque de succion sauf la dimension du buvard afin d'augmenter la force d'aspiration et on enclenche la table aspirante. On vient ensuite rincer le tout avec de l'eau déminéralisée et un fois que c'est bien sec, on coupe la table aspirante.

On procède ainsi, centimètre par centimètre afin d'éliminer la tache.

Pour les taches sous la ceinture, le problème est qu'elles ont un pH très élevé et aucune des méthodes essayées semblent atténuer les impacts visuels. Un tel pH, alors que celui de la chemise (en soie) est à 5.6, peut entraîner de fortes dégradations des fibres textiles.

Des nouveaux essais à l'aide de gel d'agarose à 4% mais appliqués durant une demie heure ont été réalisés. Après cet essai, on remarque que le pH est descendu à 7.1 et que la tache s'est atténuée. C'est donc une application longue durée qu'il faudra opérer ici.

Evaluation du nombre d'heures effectuées :

Les tests durent environ 3 heures et 13 heures de traitement.

OBSERVATIONS ET INFORMATIONS COMPLEMENTAIRES

Les opérations de détachage du torse ont été menées le 28 juin 2016 dans les locaux de Prevert GmbH à Winterthur sous la tutelle de Karin von Lerber.

Le détachage et plus spécialement la diminution du pH sous la ceinture est prévu dans le courant du mois d'août 2016.

SUIVI APRES INTERVENTION, RECOMMANDATIONS POUR LA MANIPULATION ET LE STOCKAGE

Au niveau du climat, la difficulté avec un tel objet est de pouvoir trouver un équilibre correct entre les besoins des différents matériaux. En effet, les besoins du textile ou du cuir ne sont pas forcément compatibles avec ceux des métaux.

Une température comprise entre 18 et 23°C devra être observée. Le taux d'humidité relative devra être compris entre 35 à 55 %. L'éclairage ne devra pas dépasser 100 lux.

Un dépoussiérage sera à effectuer tous les six mois. En effet, l'objet ne sera pas présenté sous cloche et donc sera sujet à un empoussièrlement relativement important en contexte muséal. Il faudra effectuer celui-ci avec un pinceau à poils doux et un aspirateur à filtre absolu afin d'éviter de déplacer la poussière simplement plus loin. Lors de cette étape, le port de masque est recommandé.

La maintenance de cet automate devra se faire en fonction de son utilisation. Un entretien régulier devra être fait. Afin de prévenir toutes usures supplémentaires et compte tenu de l'utilisation qui en sera faite. Un entretien annuel devra être préconisé. Il consistera en une élimination des anciens lubrifiants ainsi qu'en l'observation des points sensibles répertoriés. Leur évolution ou stabilité devra être répertoriée (mesures et photographie).

Une attention particulière doit être apportée lors de l'enlèvement des habits. Le port de gants en nitrile est recommandé.

Ces mesures peuvent sembler très répétitives, mais elles garantissent la pérennité de l'automate tout en permettant son utilisation.

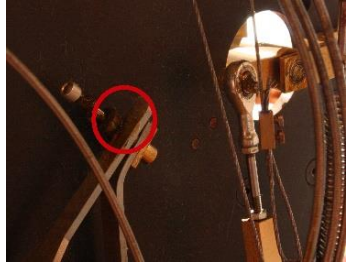



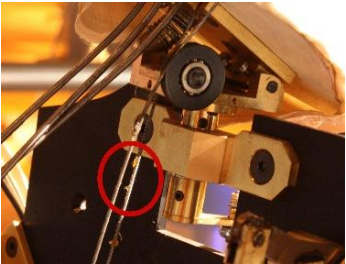



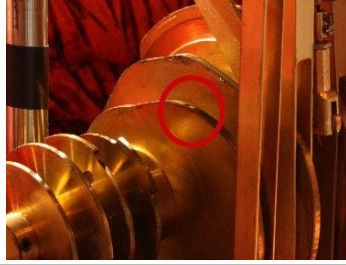



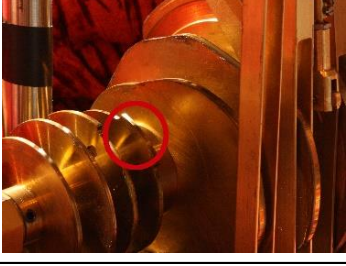



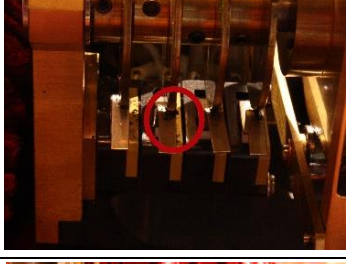



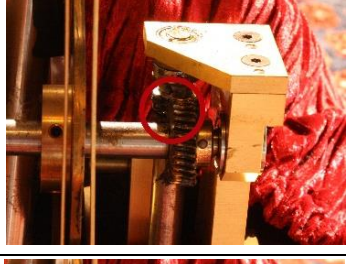

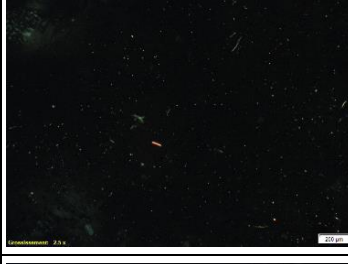
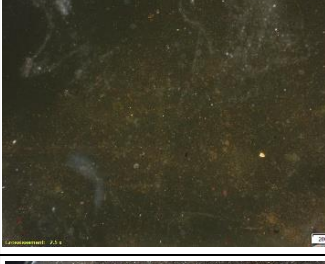
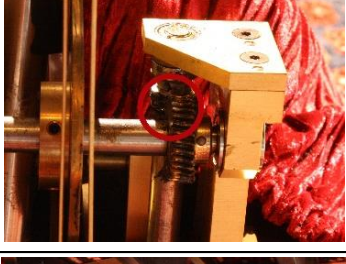

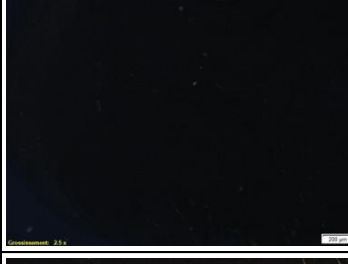
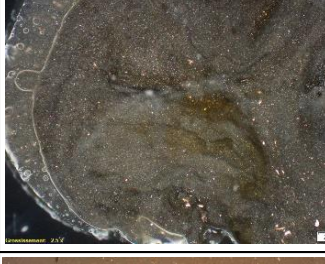


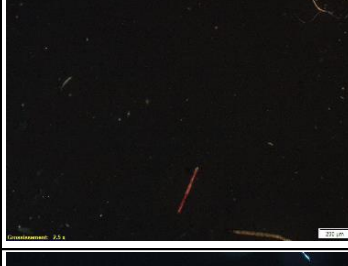





Le personnel du musée et notamment les guides et l'intendance doivent être sensibilisés au fonctionnement et aux points sensibles de cet objet.

Pour ce qui est des guides, tout bruit inhabituel ou déroulement anormal du cycle de fonctionnement de l'automate doit être signalé au responsable des collections.

L'intendance devra, lors des nettoyages, être particulièrement sensible aux résidus éventuels se trouvant sous l'automate. La présence de poussière noire et fine, voire de limaille signale qu'une usure non négligeable est en cours ! Des mesures et notamment l'arrêt de l'utilisation à des fins de démonstration tant qu'une analyse du problème n'aura pas été effectuée par un spécialiste devront être faites.

Annexe 5 : Tableau de caractérisation des lubrifiants prélevés.

Les photographies ont été réalisées à l'aide d'une loupe binoculaire *Olympus SZ61®*, un microscope optique *Zeiss DSX 110®* avec prise de vue EFI (*Extended Focal Image*). Il en va de même pour toutes les images de détail présentées.

TABLEAU DE CARCTERISATION DES ECHANTILLONS DE LUBRIFIANTS PRELEVES					
Echantillon	Photographie de l'endroit de prélèvement	endroit de prélèvement	Photographie macro	Photographie micro	
				Filtre polarisant	Dark Field
1		Contact entre le levier d'actionnement du bras gauche et le levier de commande de mouvement du bras gauche.			
2		Surface du câble du basculement de tête			
3		Pourtour de la came de mouvement de déplacement du bras gauche			
4		Pourtour des cames des contacteurs électriques			
5		Résidus/dépôts vers les contacteurs électriques			
6		Vis sans fin			
6 bis		Vis sans fin			
7		Engrenage à 90°			
		Roulements à billes de			

Annexe 6 : Tableau de caractérisation des échantillons de fibres prélevées.






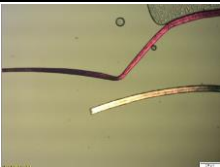


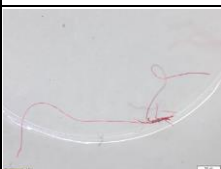

TABLEAU DE CARCTERISATION DES ECHANTILLONS DE FIBRES PRELEVES								
Echantillon	endroit de prélèvement	Photographie macro	Photographie micro	Couleur	Observations	Comportement à la flamme	Odeur et fumée	Proposition d'identification
1	Broderies gilet			Rouge à rose.	Fibres fines et régulières, seul le canal médulaire est visible au centre.	Ne fond pas, continue de brûler hors flamme. Flamme jaune.	Fumée grise, odeur de papier brûlé.	Coton mercerisé
2	Fibres tapis			Rouge à rose et ce sur la même fibre.	Certaines fibres présentent les écailles caractéristiques de la laine et d'autres sont très régulières.	Comportement complexe, fibres à isoler. A tendance à brûler lentement mais fond légèrement.	Odeur de poils brûlés assez piquante. Fumée d'abord blanche puis noirâtre.	Mélange synthétique et laine
3	Trame et chaîne tapis			Fils de chaîne brun-beige et fils de trame rouges.	Canal médulaire fin et bien visible, surface lisse mais forme pas régulière.	Brûle au contact de la flamme et hors flamme avec une lueur jaune.	Odeur de papier brûlé et fumée grise.	Coton
4	Velours ceinture			Orange à jaune.	Pourtour lisse, fibre complètement translucide pas d'écailles ni de canal médulaire. Fibres complètement identiques et régulières.	Flamme jaune intense. Matière fondante. S'éteint d'elle-même hors flamme.	Fumée noire et peu d'odeur.	Synthétique (certainement polyester)
5	Fibres pantalon			Rouge.	Pourtour lisse, fibre complètement translucide pas d'écailles ni de canal médulaire. Fibres complètement identiques et régulières.	Flamme jaune intense. Matière fondante. S'éteint d'elle-même hors flamme.	Fumée noire et peu d'odeur.	Synthétique (certainement polyester)

Tableau 2 : Tableau d'analyse des fibres textiles.

Ce tableau présente les résultats des analyses des fibres textiles prélevées sur les habits et le tapis de l'automate

Annexe 7 : Usure du galet palpeur de la came du bras droit

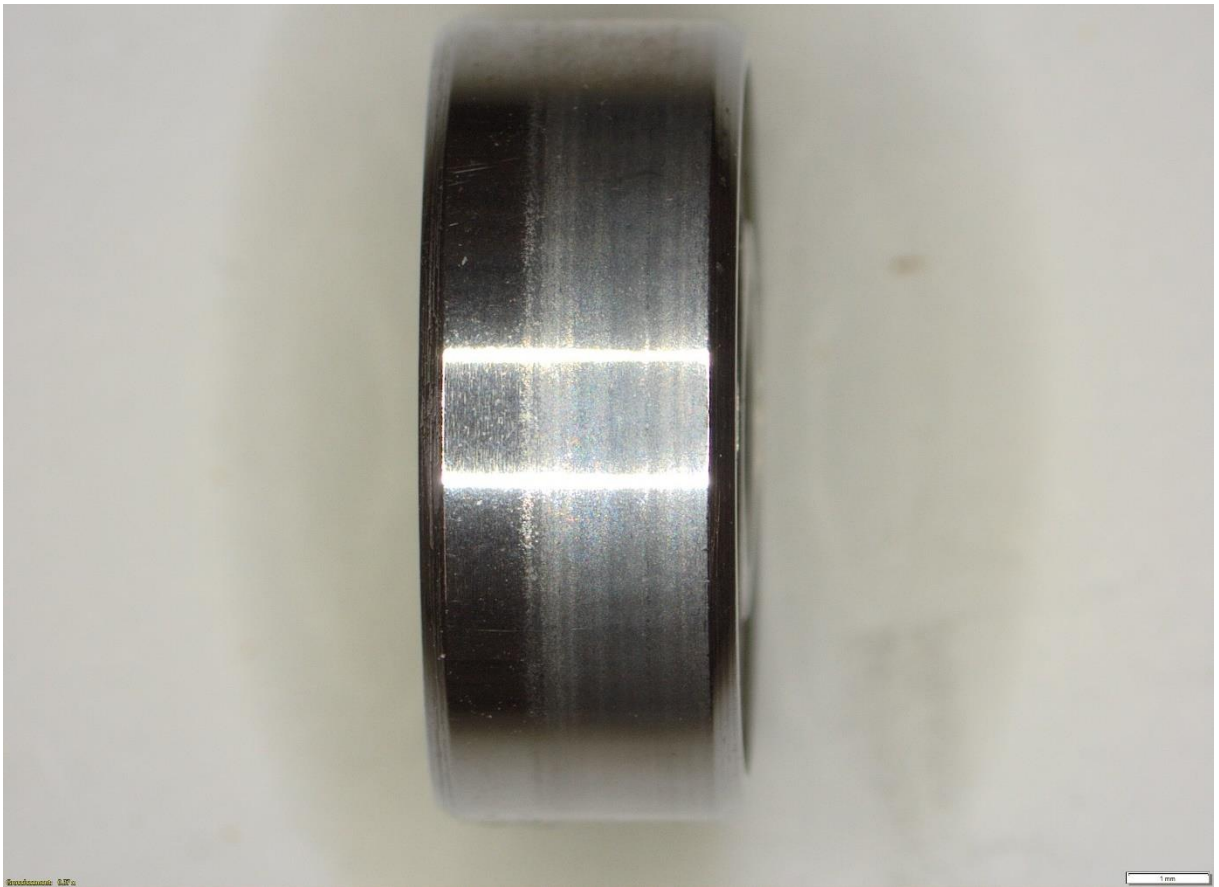


Figure 22 : Vue macroscopique de la surface du roulement à bille travaillant avec la came des mouvements du bras droit.

Cliché réalisé à l'aide d'une loupe binoculaire Olympus, grossissement 0.37x. On distingue la partie de droite qui est dans son état original puis une strie d'arrachement de matière (léger) et enfin une surface ternie et matifiée par l'usure entre la came en laiton, le lubrifiant altéré et la surface meulée en acier du roulement.

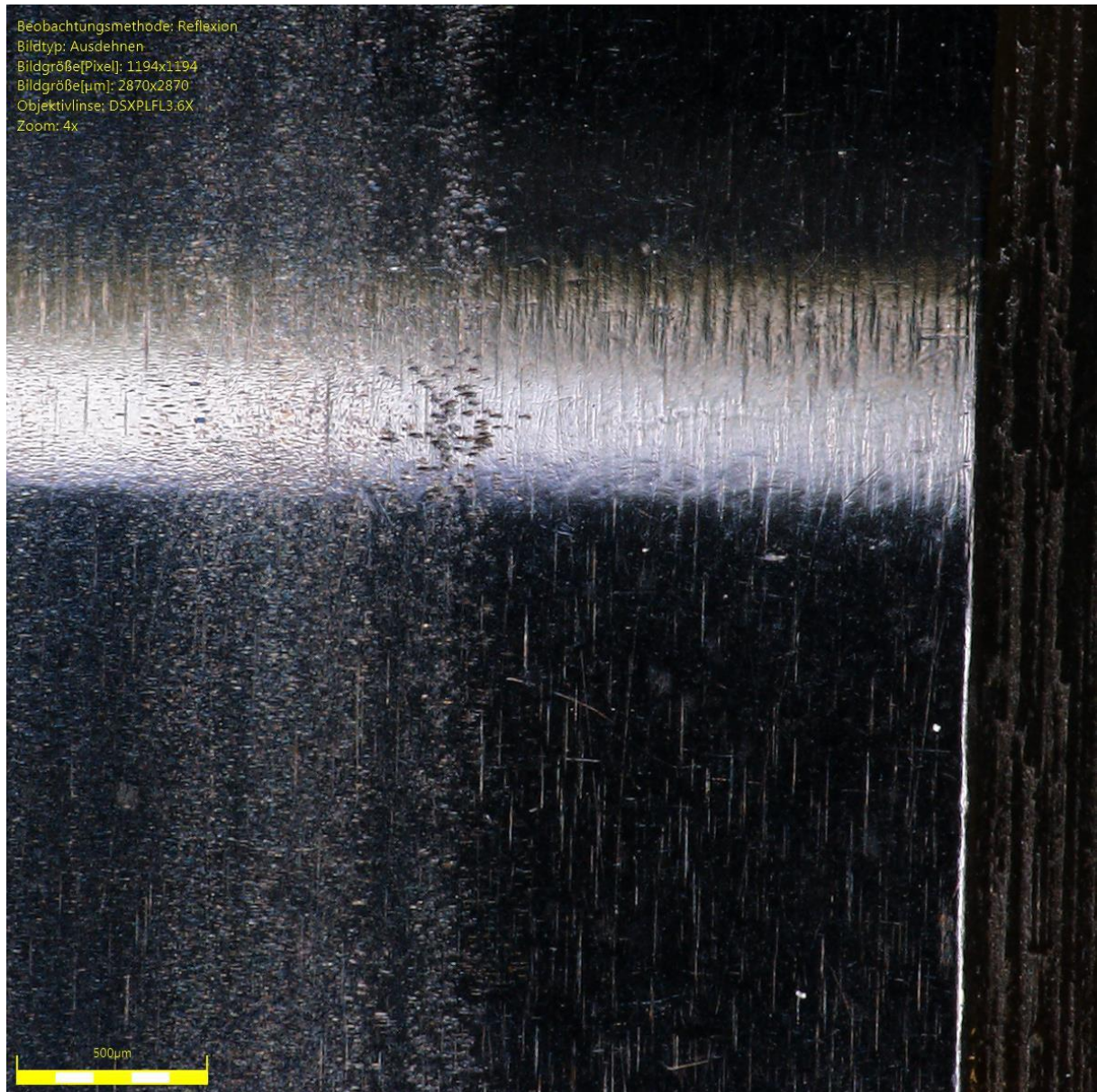


Figure 23 : Vue de la surface du palpeur.

Vue EFI et au zoom 4x de la surface du roulement du palpeur. On distingue très bien la zone d'usure principale et la surface non usée à droite.

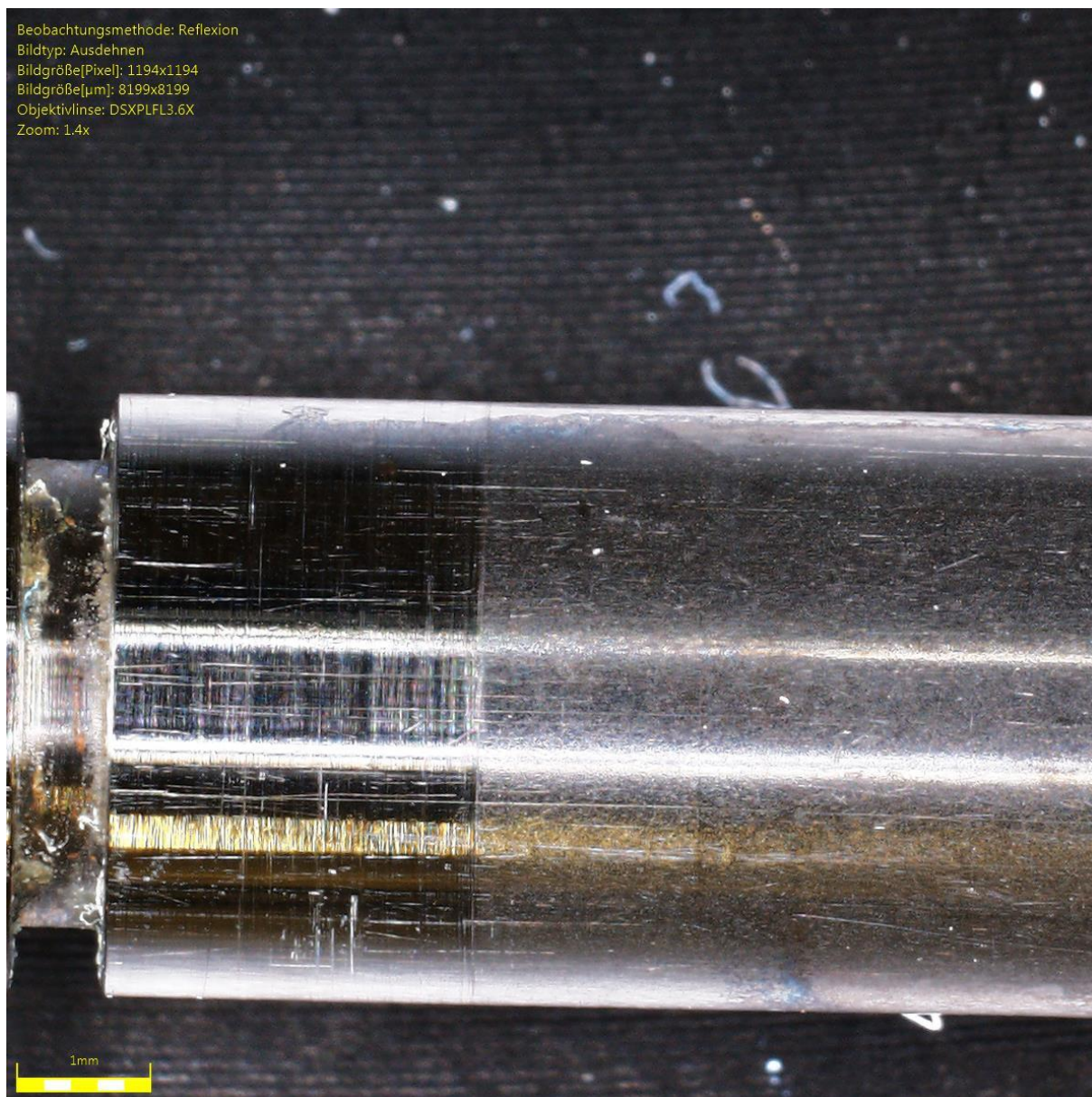


Figure 24 : Vue de l'axe du roulement-palpeur.

Sur cette image EFI zoomée 1.4x, on voit que la surface en contact avec la paroi intérieure du roulement-palpeur est plus mat. Ceci peut être lié à une légère usure. En revanche la partie brillante travaille avec une rondelle en laiton et présente de fortes rayures dans le sens de fonctionnement.

Annexe 8 : Vue des altérations du bras en aluminium



Figure 25 : Vue de côté du bras en aluminium éloxé.

Il s'agit du bras le plus utilisé de l'automate. C'est le premier bras extérieur situé à la droite du personnage



Figure 26 : Vue de dessous du bras en aluminium éloxé.



Figure 27 : Vue EFI du détail de l'usure du bras en aluminium.

Sur cette image on distingue, depuis le bas, une zone non usée d'aluminium éloxé, puis une zone avec un dépôt de laiton. Vient ensuite une zone de transition puis la zone d'usure principale avec une surface d'aluminium brut et des porosités au fond desquelles on distingue des dépôts de laiton. Pour finir, on remarque également une zone d'usure sous pression, plus brillante créant même de la bavure franche.

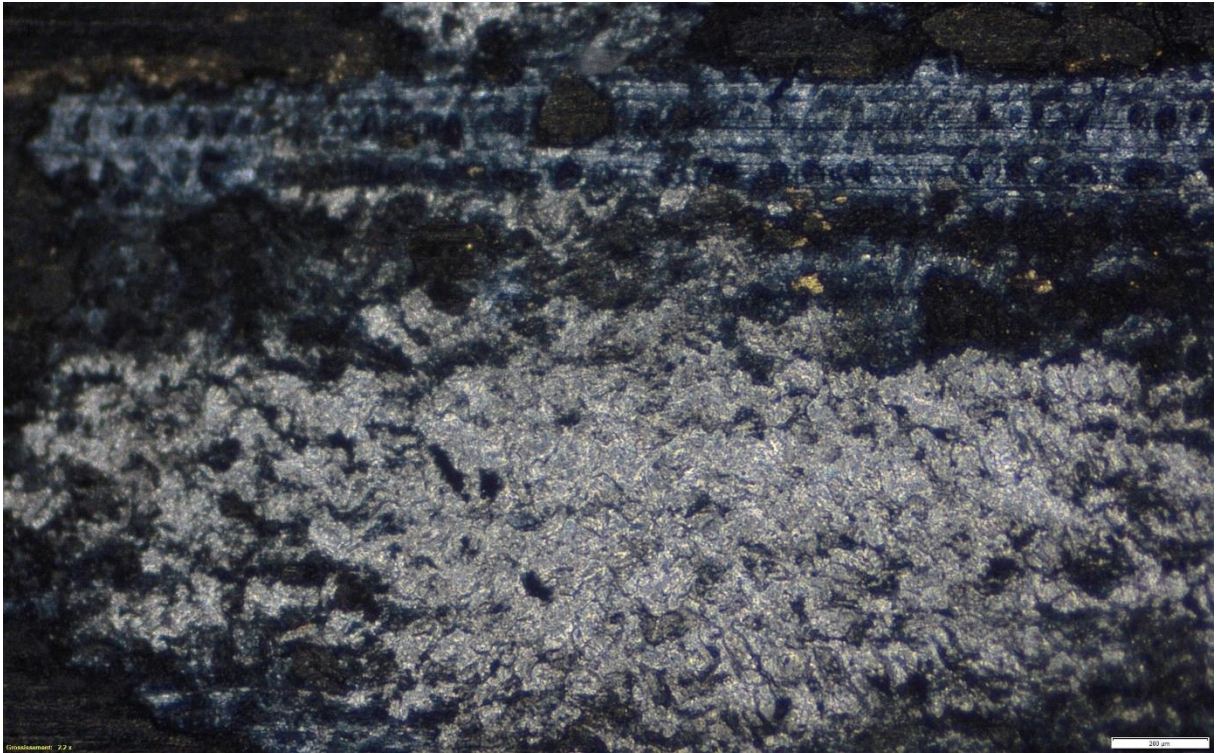


Figure 28 : Vue à la loupe binoculaire d'une zone usée de la tranche du bras en aluminium.

Le grossissement est de 2.2x. On y voit une zone d'arrachement de l'aluminium.

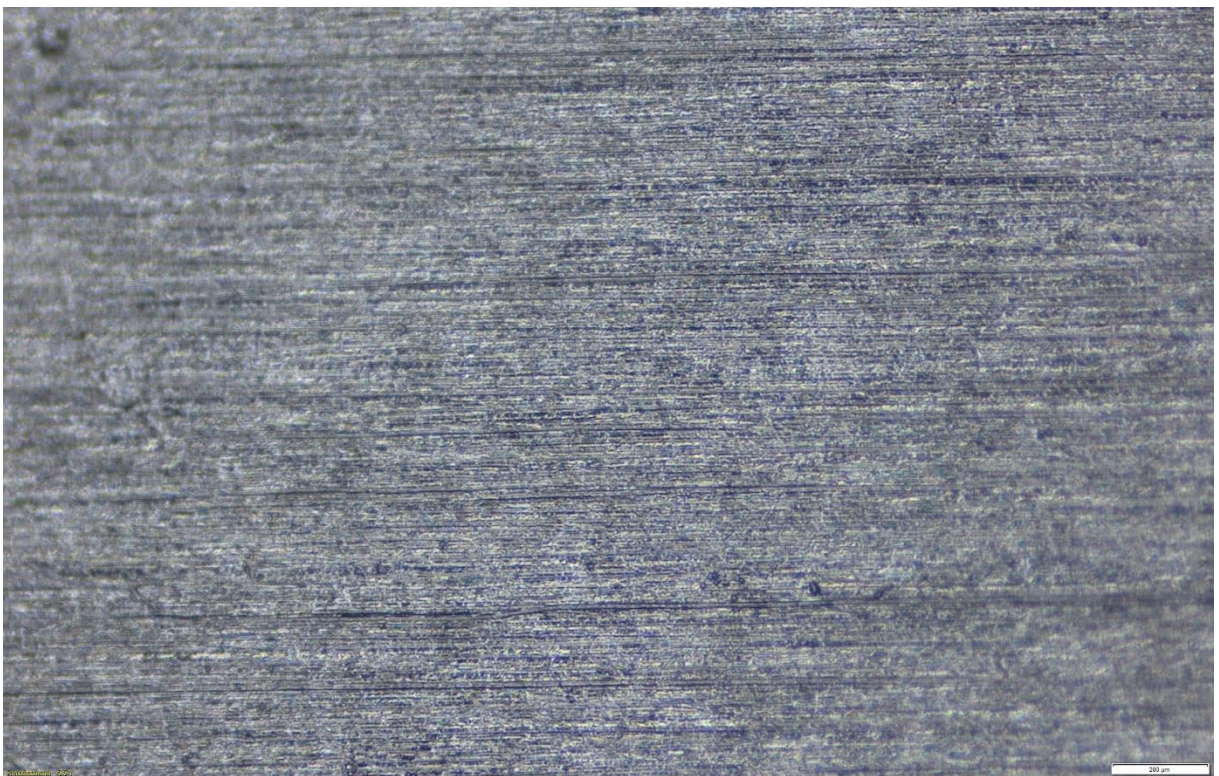


Figure 29 : Surface non usée du bras en aluminium éloxé au grossissement 2.2x

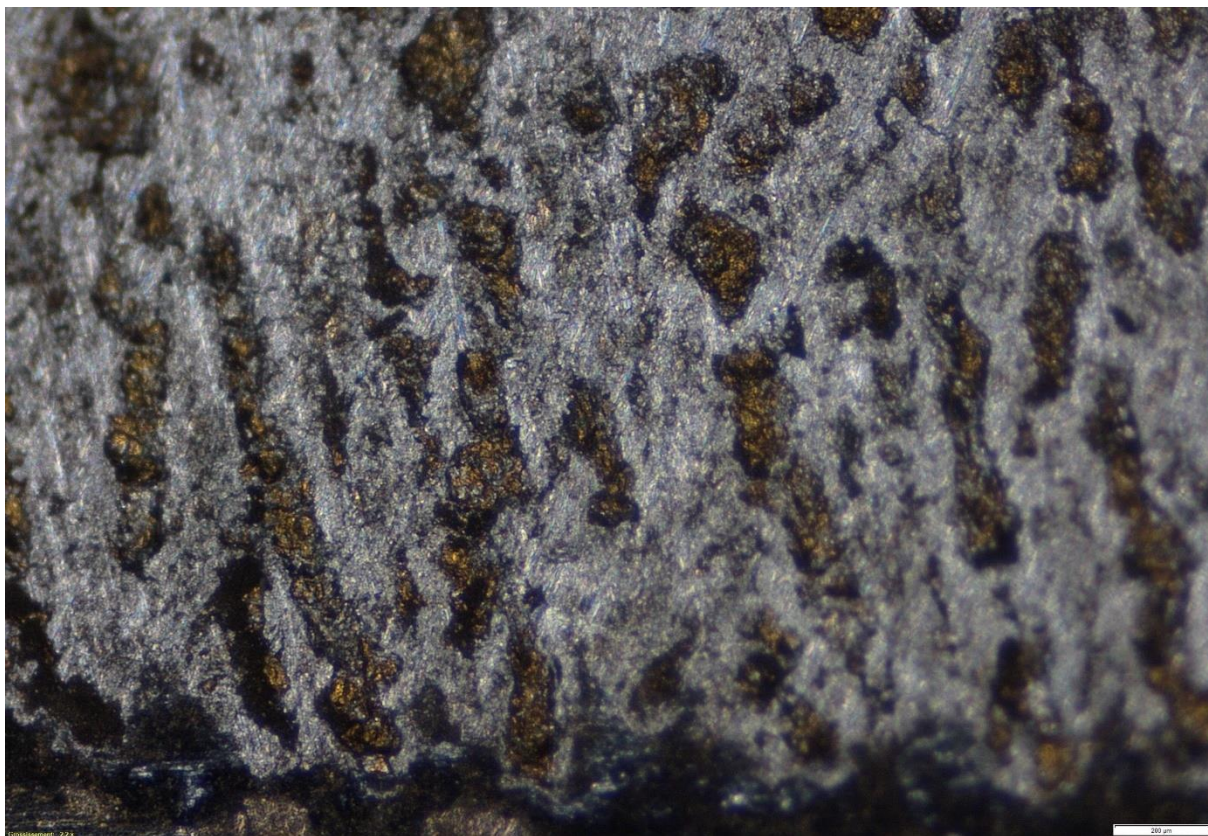


Figure 30 : Détail des porosités avec dépôt de laiton. Zoom 2.2 fois.

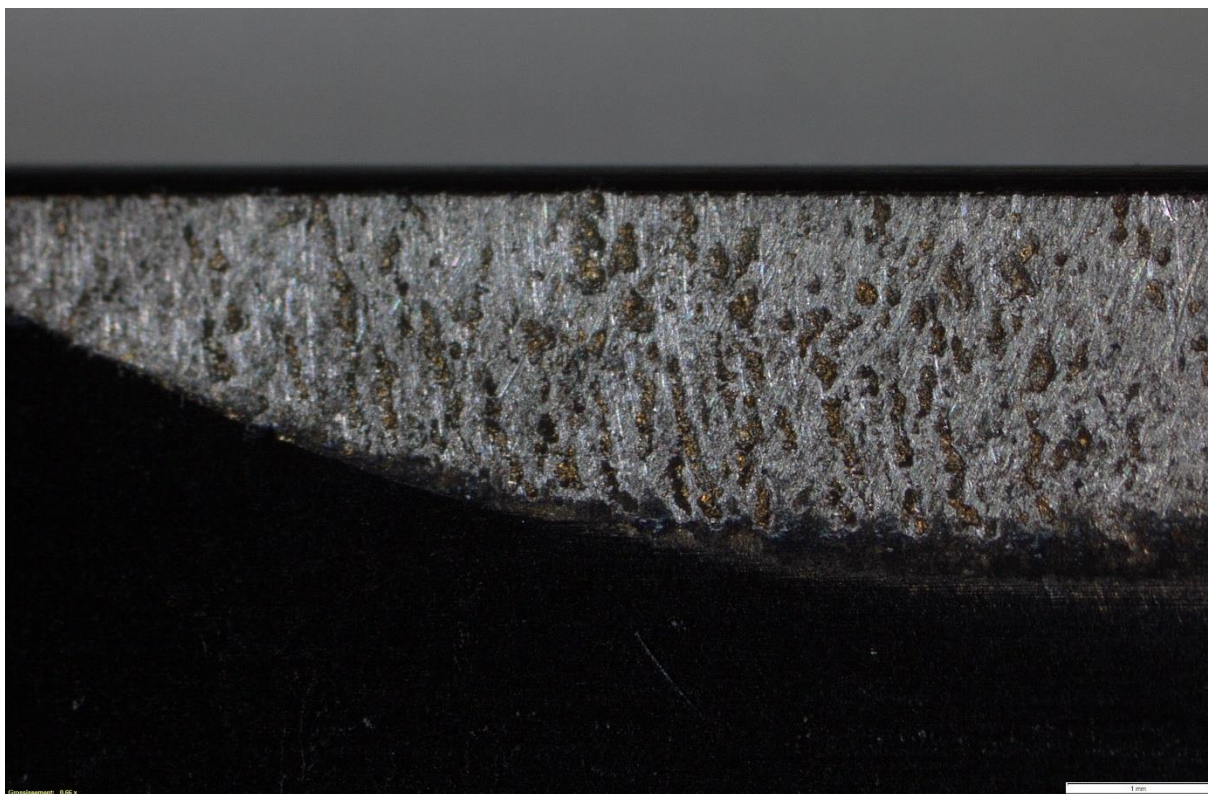


Figure 31 : Vue de côté de la zone d'usure en aluminium.

Annexe 9 : Résultats des mesures par microscopie confocale

Filière Microtechniques - Groupe Ingénierie des surfaces
17, Eplatures-Grises / CH-2300 La Chaux-de-Fonds
Tél.: +41 32 930 15 55 / Fax.: +41 32 930 29 30
www.he-arc.ch/ingenierie

haute école **arc** ingénierie
neuchâtel - berne - jurâ
saint-imier le locle porrentruy



Rapport d'analyse métrologique 2D/3D par profilométrie optique confocale/interférométrie

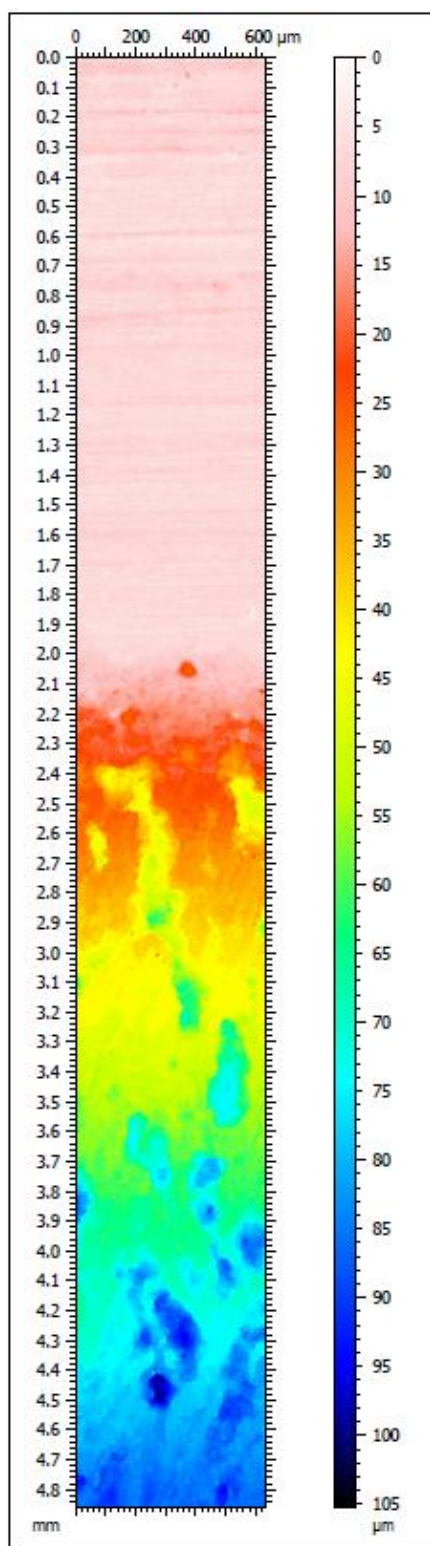
Informations sur la mesure :

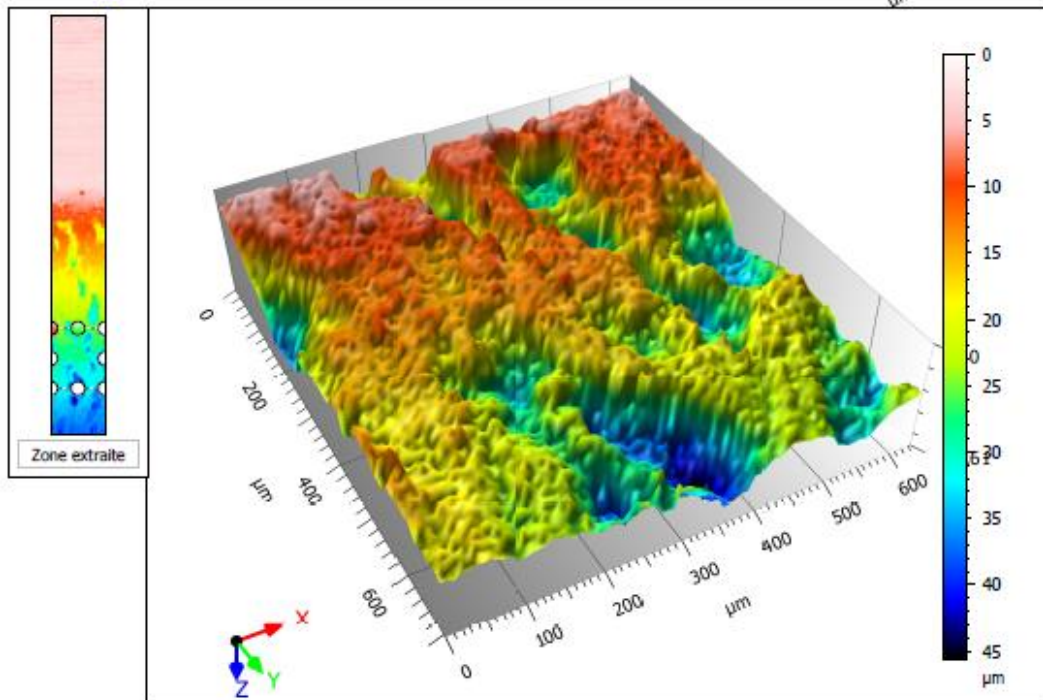
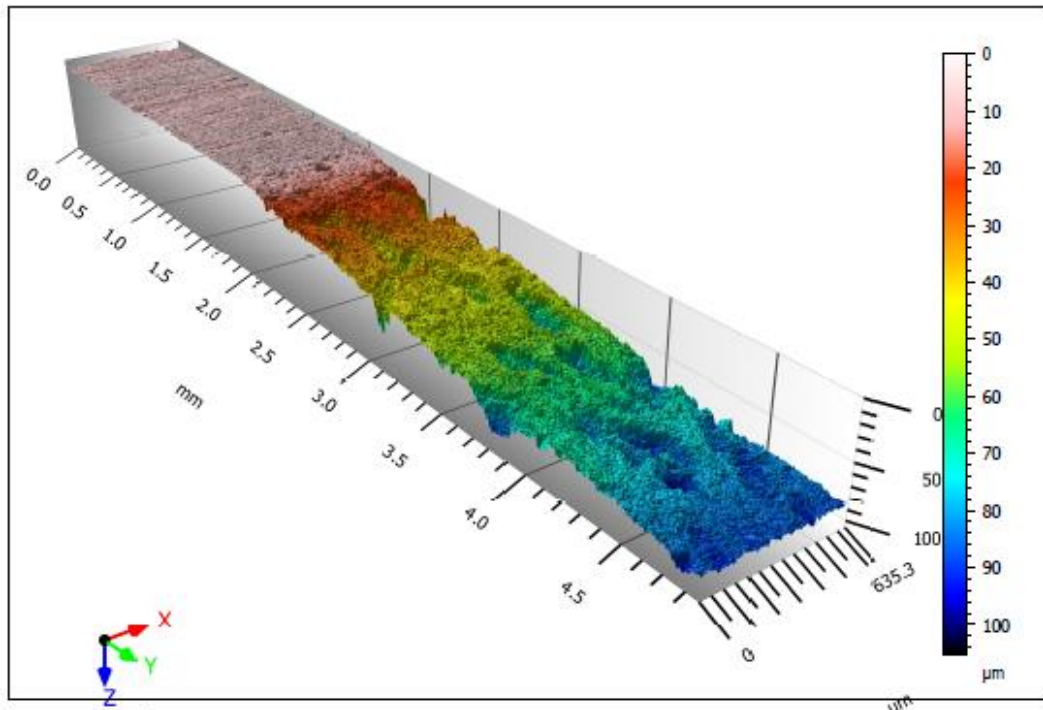
Nom :	Dégradation bras aluminium_20x_01-1		
Fichier :	C:\data\2016_116_Automate turc_160601_SRA\Dégradation bras aluminium_20x_01.plu		
Créé le :	01/06/2016 14:52:32		
Axe :	X		
Longueur:	636.6	µm	
Taille :	768	points	
Pas :	0.8300	µm	
Offset:	10600	µm	
Axe :	Y		
Longueur:	4.942	mm	
Taille :	5955	lignes	
Pas :	0.8300	µm	
Offset:	-18.07	mm	
Axe :	Z		
Longueur:	160.3	µm	
Min:	-36947	µm	
Max:	-36787	µm	
Taille :	160301864	digits	
Pas :	0.0010	nm	
Taux de PNM :	32.56 %	(1489151 Pts)	

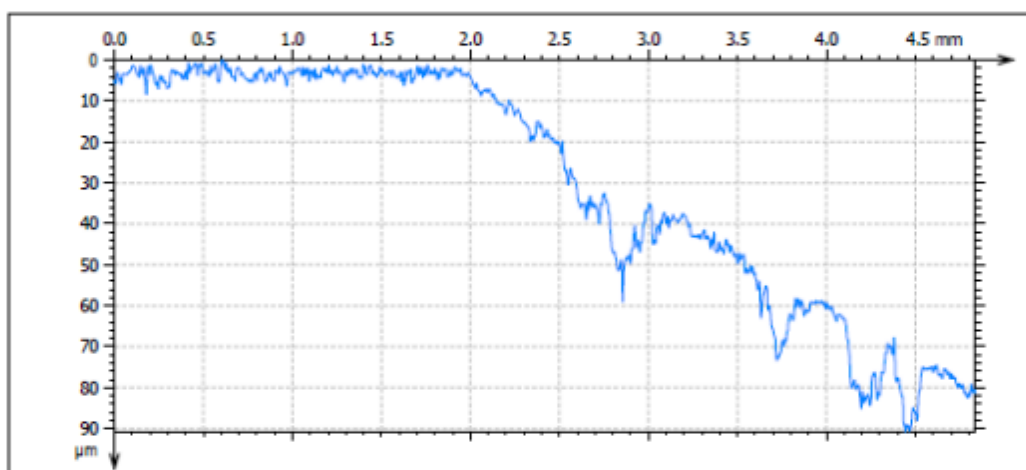
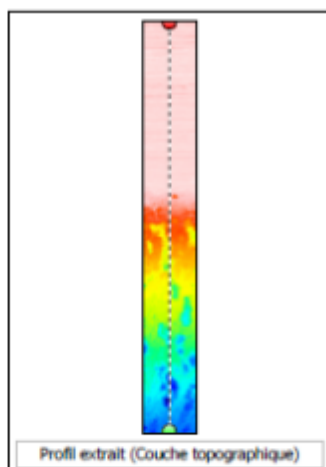
Information sur l'utilisateur	
Nom	Stephan Ramseyer
Société	HE-Arc Ingénierie, Filière Microtechnique, Groupe Ingénierie des surfaces
Nom du document	Dégradation bras aluminium_20x_01.mnt
Date de la dernière modification	03.06.2016
Version du logiciel	Leica Map Premium 7.3.7690

Commentaire :

Microscope confocal: Leica DCM 3D
Objectif: 20x/0.50







Annexe 10 : Retranscription d'entretien de F. Junod

Retranscription des réponses obtenues lors de l'entretien réalisé dans l'atelier de F. Junod à Sainte-Croix (VD), le 3 mai 2016.

- Comment procédez-vous lors de créations ?

Tout dépend de la demande du client. Je procède soit par série, soit par pièce unique. Il va de soi que ces deux demandes entraînent des traitements différents. Pour les séries, des plans précis (avant à la main, maintenant à l'ordinateur) sont réalisés. Il y a une certaine interchangeabilité des composants qui est possible.

Pour ce qui est des pièces uniques, c'est un travail beaucoup plus artisanal, au cas par cas. Seules quelques parties sont réalisées par plan manuscrit. Sinon, c'est vraiment du travail sur mesure ou on adapte des composants et on cherche des solutions pour que cela fonctionne bien. Cela demande une certaine rigueur mais ça permet d'avoir des automates qui ont vraiment une âme. Quand on dessine une came à la main, le mouvement ne sera pas précisément rectiligne, il y aura de légères déviations, comme un être humain et non comme un robot. C'est cette imperfection qui rend un automate si réel. Un fois les mouvements et l'esthétique décidée, c'est à mon équipe et moi de trouver le bon compromis.

- Quelle a été la démarche pour la création du truc buvant du café sur un tapis volant ?

J'ai été contacté par M. Bloch à l'occasion du centenaire de son entreprise de torréfaction de café. Il voulait un objet pour célébrer cela. Au départ, il m'avait demandé de réaliser un turc qui aurait fait office de percolateur pour les clients. Il y avait aucune poésie là-dedans... cela ne me plaisait pas du tout. Il m'a alors invité à visiter son espace de collection et là, au détour d'une vitrine, j'ai vu une petite statuette de bronze qui représentait un turc sur un tapis qui buvait du café. C'est là que l'idée m'est venue. Je lui en ai fait part et il a été tout de suite très enthousiaste. C'est vraiment cette figurine qui a servi de modèle pour le turc. Je l'ai agrandie et on a décidé des mouvements qu'il allait exécuter.

- Quels couples de matériaux utilisez-vous ? Est-ce que la notion d'usure vous est familière dans votre réflexion ?

Pour ce qui est des matériaux utilisés, cela dépend. Sur des automates traditionnels, ce sont bien sûr les laiton et les aciers qui sont principalement utilisés. Ces deux matériaux, pour autant que les bons couples, les bons états de surfaces et l'entretien soient fait régulièrement ont fait leur preuves. Après sur les créations modernes, j'utilise volontiers des roulements à billes et d'autres éléments mécaniques plus modernes qui ne nécessitent pas d'entretien et qui limitent l'utilisation de graisses.

Sur le turc, j'ai aussi utilisé de l'aluminium éloxé pour sa légèreté au niveau de la mécanique du tapis. Après certains éléments sont issus directement de l'industrie comme les pistons qui servent au service du café et le moteur qui actionne le tout. Ces éléments peuvent être facilement remplacés s'ils ne sont pas réparables.

Les notions d'usures sont prises en compte mais sont inévitables. Même en essayant de choisir les meilleurs matériaux. Après, il faut bien se dire que seul en entretien régulier permet d'éviter ces altérations. Pourquoi les automates de Jaquet Droz à Neuchâtel sont dans cet état ? C'est parce qu'ils ont fonctionnés des années sans entretien et qu'ils ont été abandonnés un bon moment ! Et ce qu'on leur fait subir actuellement n'est pas mieux ! Les personnes qui s'en occupent n'ont pas les compétences. Pour ce qui est de l'habillage, j'utilise des techniques traditionnels avec des coques en staff (bandes de textiles imprégnées de plâtre et de colle de peau de lapin) au de la fibre de verre si il y a des contraintes mécaniques. Le staff c'est très stable et solide tant qu'on n'a pas une humidité trop forte ! Tous les angelots et autre dans les églises c'est fait comme ça et ils y sont depuis des siècles dans le meilleur des cas!

- **Comment entretenez-vous l'entretien de vos créations ?**

Alors pour ma part, je préconise un gros entretien tous les 20 ans. C'est surtout la durée de vie des huiles et des graisses qui dicte cela. Mais il est clair qu'il faut dépoussiérer régulièrement l'automate et que si on en a les compétences, on peut essuyer les cames tous les deux-trois ans et leur remettre de la graisse fraîche, ça ne sera que positif et permettra d'éviter au maximum l'usure des cames par le cambouis issu du mélange de la poussière atmosphérique et de la graisse.

Mais si toutefois ça se met à grincer ou qu'on voit de la limaille, il faut tout de suite arrêter l'utilisation de l'automate et regarder d'où vient le problème. Mais ça ne m'est jamais arrivé sur mes pièces... je touche du bois.

- **Qu'en est-il de la notion de consommable ?**

Il est clair que certains éléments sont voués à être remplacés avec le temps. Je pense par-là aux tuyaux en caoutchouc par exemple ou certaines courroies sur le turc. Je n'en utilise plus d'ailleurs (des courroies) La transmission par chaîne, même si elle est plus difficile à mettre en œuvre et bien plus durable. Sur le turc il y a du fumigène aussi du type de celui utilisé dans le modélisme ferroviaire c'est clair que c'est un consommable dans le plus pur sens du terme.

- Comment considérez-vous la restauration ? En pratiquez-vous ?

Oui je la pratique, principalement pour des clients privés. J'avoue qu'il est parfois difficile de faire la part des choses avec la création, mais je travail en équipe dès que quelqu'un a un problème, on se met autour de la table et on en discute. Ça permet d'éviter des débordements. La restauration d'un automate complexe ne peut et ne doit pas être un projet d'une seule personne. Ne serait-ce que pour prendre soin des textiles ou des perruques, cela ne fait pas partie de mes compétences personnelles.

Je reprends l'exemple des Jaquet Droz, comment des objets qui étaient le sommet de la technique ont pu faire le tour de l'Europe en faisant des gros paquets d'encre en écrivant ? Il y a là un problème de réglage de la hauteur de la table et de taille du bec de la plume... Il faut faire appel à un calligraphe pour résoudre cela ! Leur entretien, je ne peux pas appeler ça une restauration, a été effectué auprès d'une personne qui n'a pas ses compétences et qui n'a pas fait appel à d'autres spécialistes. C'est navrant... Il faut se documenter sur quels états avaient ses objets, ce qu'ils étaient capable de faire... pour l'écriture, on voit très bien sur des anciens papiers qu'a réalisés l'écrivain qu'elle était beaucoup plus fine ! Et cela n'est qu'une question de réglage !

Il y a encore beaucoup de réflexion à mener dans ces domaines.

- Quelles sont les techniques que vous utilisez pour la réalisation de la structure de l'automate ?

La structure de l'automate, comme déjà mentionnée est en métal (laiton, acier et aluminium), fibre de verre et staff.

- En quelle matière est le costume du turc ?

Le costume du turc est réalisé en soie.

- Et le tapis ?

Le tapis a été rapporté de Turquie par M. Bloch lors d'un de ses voyages. Il s'agit donc d'un vrai tapis oriental. Il doit certainement être en laine mais alors de quel animal... ça c'est une grande question. On a dû un peu s'adapter... on avait prévu un beau tapis bien droit et carré, alors quand M. Bloch nous a apporté ce tapis qui était tout de travers, on était bien embêtés.

Au départ, il était tellement raide qu'il avait de la peine à bouger. Actuellement il est bien souple, voir tellement souple qu'il crée une inertie sur l'automate qui s'arrête maintenant dans une sorte de ralenti.

- Y'a-t-il déjà eut un entretien sur cet automate ?

Oui, il y a déjà eu un entretien en 2012. On a dû remplacer les pistons du système hydraulique. Cela était dû à une mauvaise utilisation... je crois qu'ils avaient mis du coca dans le système du coup, tout a collé et les joints se sont mangés. On a dû remplacer les tuyaux et les pistons... Donc il ne faut utiliser que de l'eau déminéralisée ! J'insiste !

Le reste du mécanisme n'a pas présenté d'usures particulières lors de cette intervention ni de problèmes.

Annexe 11 : Retranscription d'entretien de M. Bloch

Retranscription de l'entretien téléphonique réalisé le 15 juin 2016.

- D'où vous est venue l'idée de la création de l'automate ?

En 2000 pour les 100 ans de l'entreprise, j'ai eu envie de marquer le coup. Il fallait trouver une idée. J'aime beaucoup la mécanique d'art et mon père également. J'avais entendu parler et vu les travaux de M. Junod. L'idée d'un automate réalisé par ses soins est arrivée assez vite.

Mes parents m'avaient rapporté un bronze de Vienne lors d'un de leur nombreux voyage en Turquie. Il représente un Turc assis sur un tapis

- Dans quelles conditions était-il exposé ?

Dans la boutique, l'automate était à la disposition des clients qui pouvaient sans autre le faire fonctionner.

Il y a passablement de fenêtres donc de la lumière directe à la boutique.

On l'a eu prêté également. Lors d'expositions (par exemple automates et merveilles qui a eu lieu sur trois sites en 2012) et même à des clients privés on a fait cela deux-trois fois et l'automate revenait toujours dans un état lamentable. En définitive, on ne le prêtait plus.

- Pourriez-vous m'indiquer à quelle fréquence il fonctionnait au sein de la boutique de La Semeuse ?

Il tournait en moyenne entre 5 à 10 fois par jours. Donc en extrapolant, on peut aisément dire qu'il faisait 2500 cycles par année.

Annexe 12 : Affiche trilingue

MUSÉE INTERNATIONAL
D'HORLOGERIE
LA CHAUX-DE-FONDS · SUISSE

haute école
neuchâtel berne jura
arc conservation
restauration
neuchâtel

Chers visiteurs,

L'automate «Turc buvant du café sur un tapis volant» de F. Junod fait actuellement l'objet d'une étude dans le cadre du mémoire de Bachelor d'un étudiant de la filière conservation-restauration de la Haute-Ecole Arc de Neuchâtel.

L'automate est partiellement démonté afin d'en étudier le fonctionnement et les matériaux le constituant.

Une étude de l'usure et des conditions d'utilisation de cet objet dans un cadre muséal permettront d'assurer sa pérennité au sein des collections du Musée international d'horlogerie.



Liebe Besucher,

Der Automat «Kaffeetrinkender Türke auf einem fliegenden Teppich» vom F. Junod wird derzeit bearbeitet im Rahmen einer Bachelorarbeit in Konservierung-Restauration an der Hochschule Arc in Neuenburg.

Der Automat ist teilweise demontiert, um den Betrieb und die Werkstoffe zu untersuchen.

Die Studie untersucht die Abnutzung und die Nutzungsbedingungen des Automaten im Kontext einer Ausstellung. Dadurch soll seine optimale Erhaltung in den Sammlungen des Internationales Uhrenmuseum gewährleistet werden.

Dear visitors,

The automaton named "Turk Drinking Coffee on a Flying Carpet" created by F. Junod is currently being studied for a Bachelor thesis by a conservation-restoration student from the University of Applied Sciences and Arts of Neuchâtel (HE-Arc).

The automaton has been partially disassembled in order to study its functioning mechanism and constitutive materials.

The study focusing on wear mechanisms and usage conditions in a museum setting, will ensure the object's conservation in time within the collections of the International Museum of Horology.

Merci de votre compréhension
Danke für Ihr Verständnis - Thank you for your understanding

Hes·so
Haute Ecole Spécialisée
de Suisse occidentale

Figure 32 : Poster trilingue explicatif.

Annexe 13 : Schéma du débattement maximum des bras en aluminium

Débattement maximal des bras du mécanisme d'ondulation du tapis.

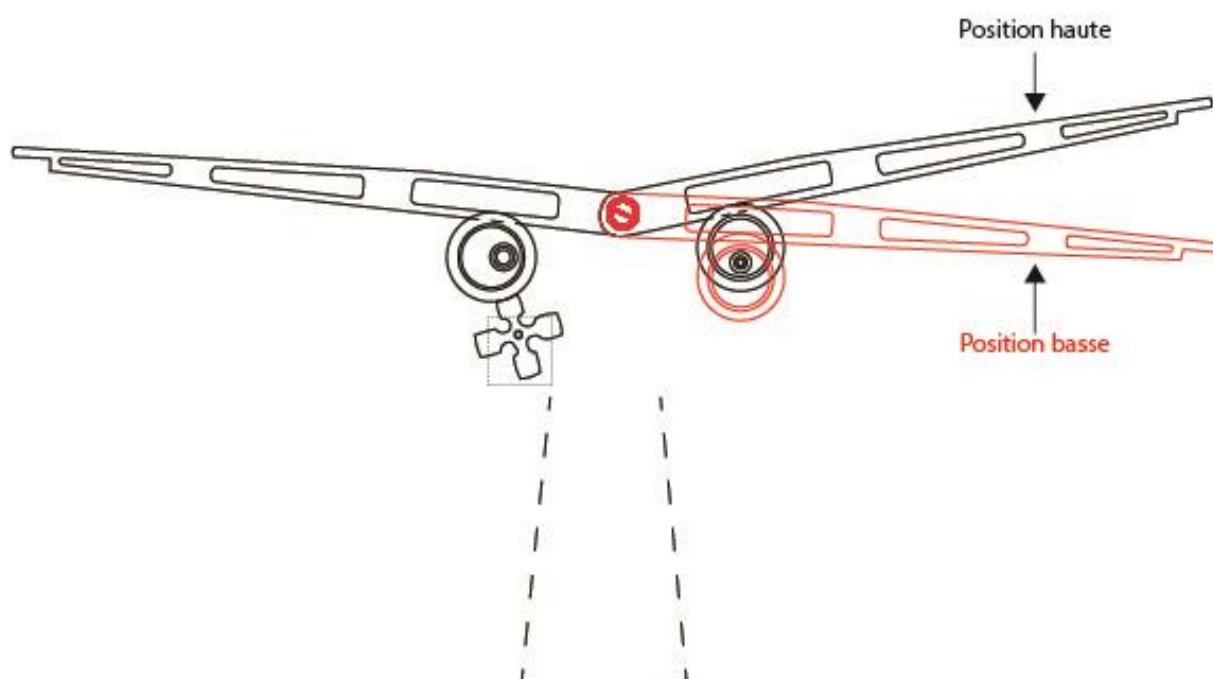


Figure 33 : Schéma démontrant le débattement maximal des bras en aluminium.

Annexe 14 : Données éclairement du 22 au 29 juin 2016

Les données ont été obtenues à l'aide d'un appareil combiné *Elsec 774C*. Il permet la prise de données régulière de l'éclairage, des rayonnements UV et IR ainsi que de la température. L'appareil emprunté a été acheté en 2015, date de sa dernière calibration également

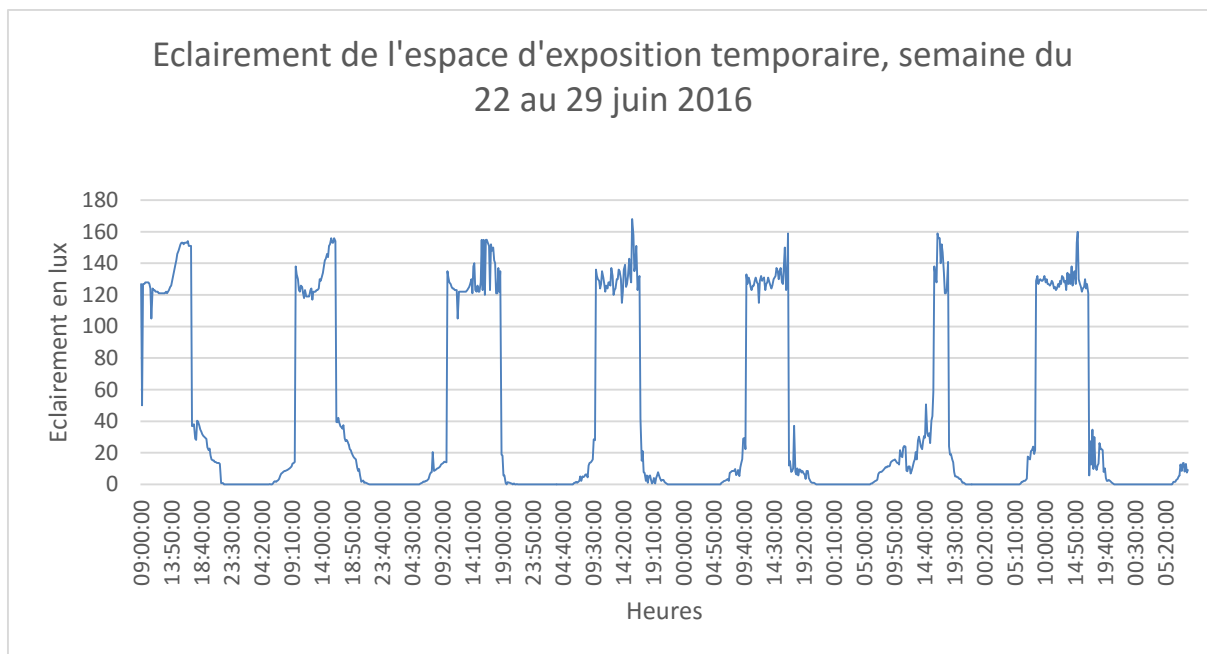


Tableau 3 : Graphique de l'éclairage de la première semaine.

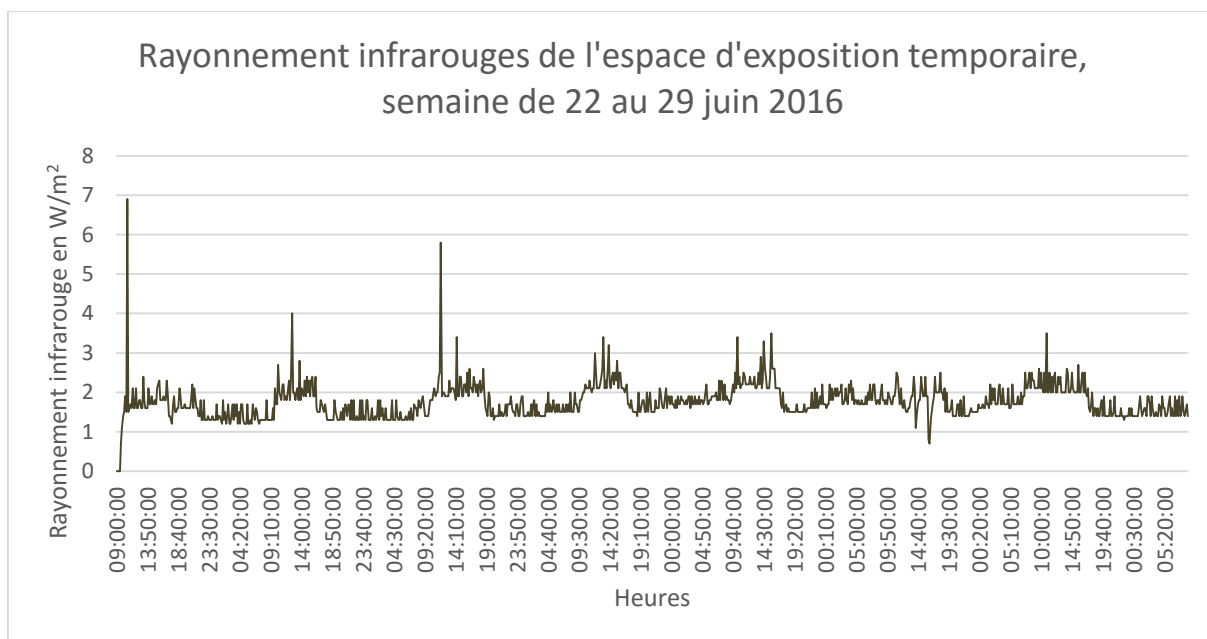


Tableau 4 : Graphique des rayonnements infrarouges de la première semaine.

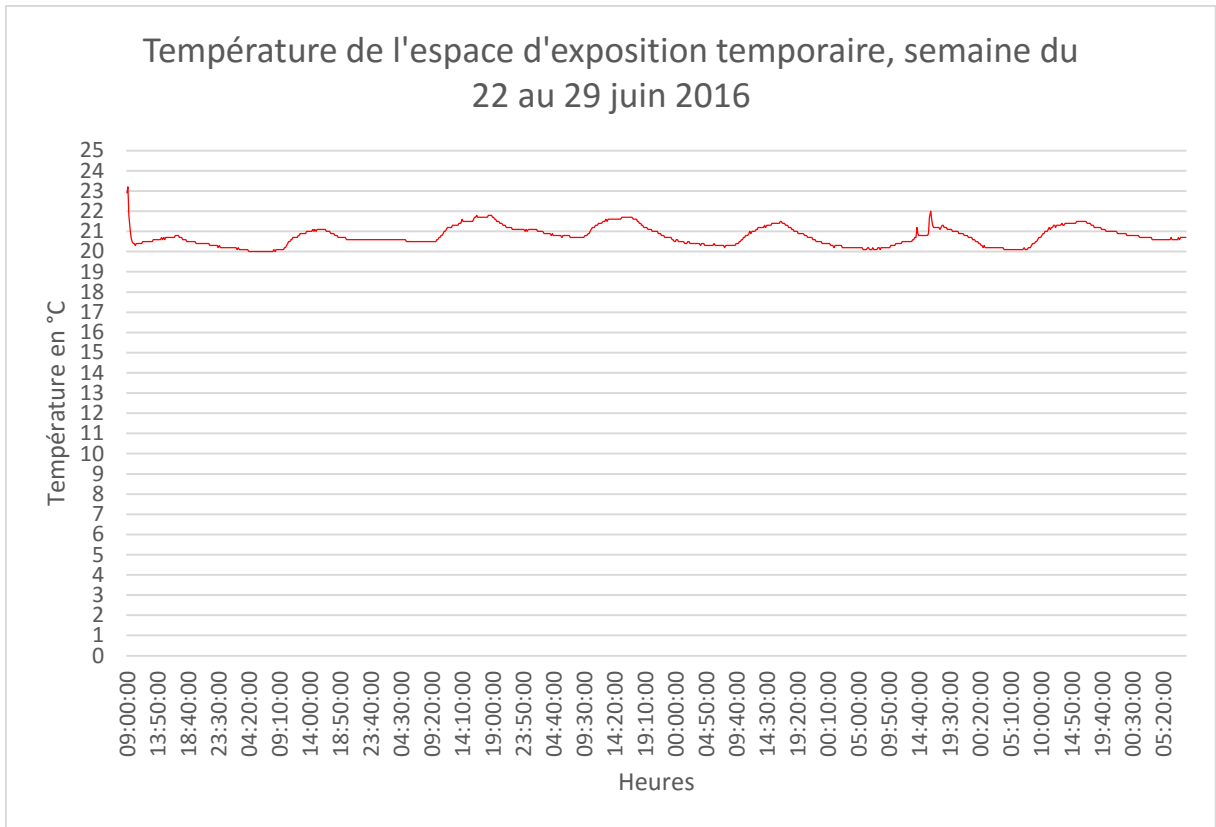


Tableau 5 : Graphique de la température de la première semaine.

	Eclaircement	UV	UV	Température	IR
	Lux	mW/M ²	μW/Lm	°C	W/M ²
Maxima:	168	0	0	23.2	6.9
Minima:	0	0	0	20	0
Moyenne	41.76	0	0	20.76	1.77

Tableau 6 : Tablette récapitulative des maxims, minims et moyennes des valeurs mesurées la première semaine.

Annexe 15 : Données éclairement du 29 juin au 6 juillet 2016

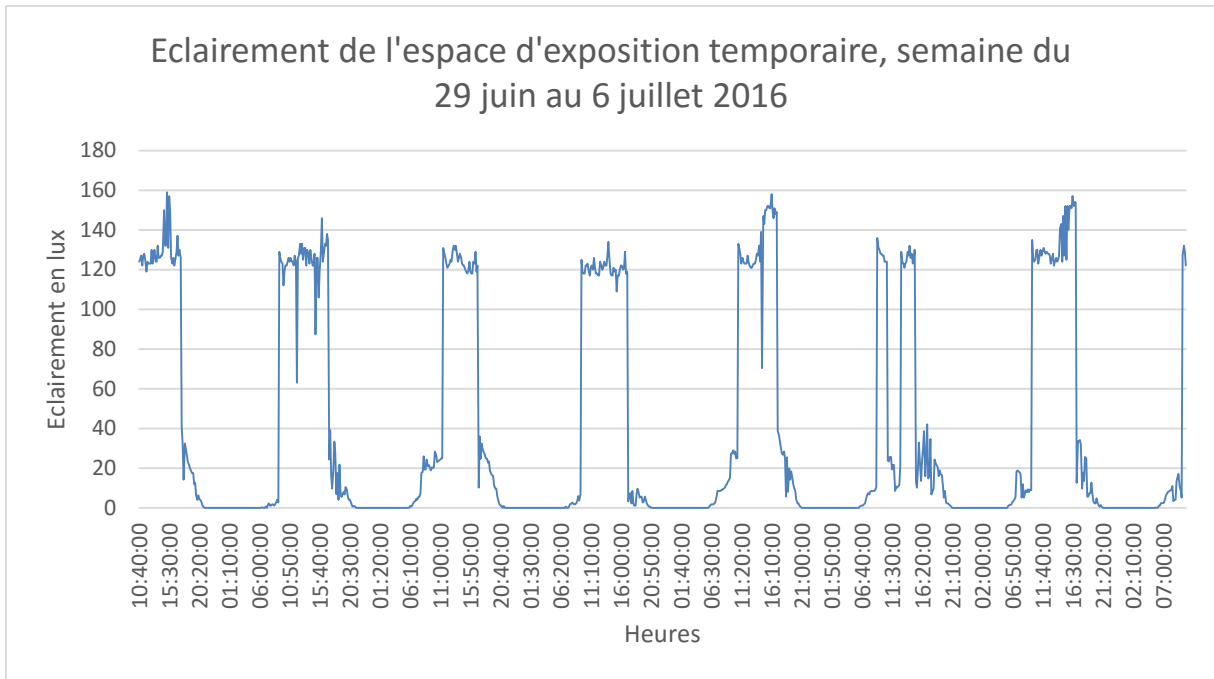


Tableau 7 : Graphique de l'éclairage de la deuxième semaine.

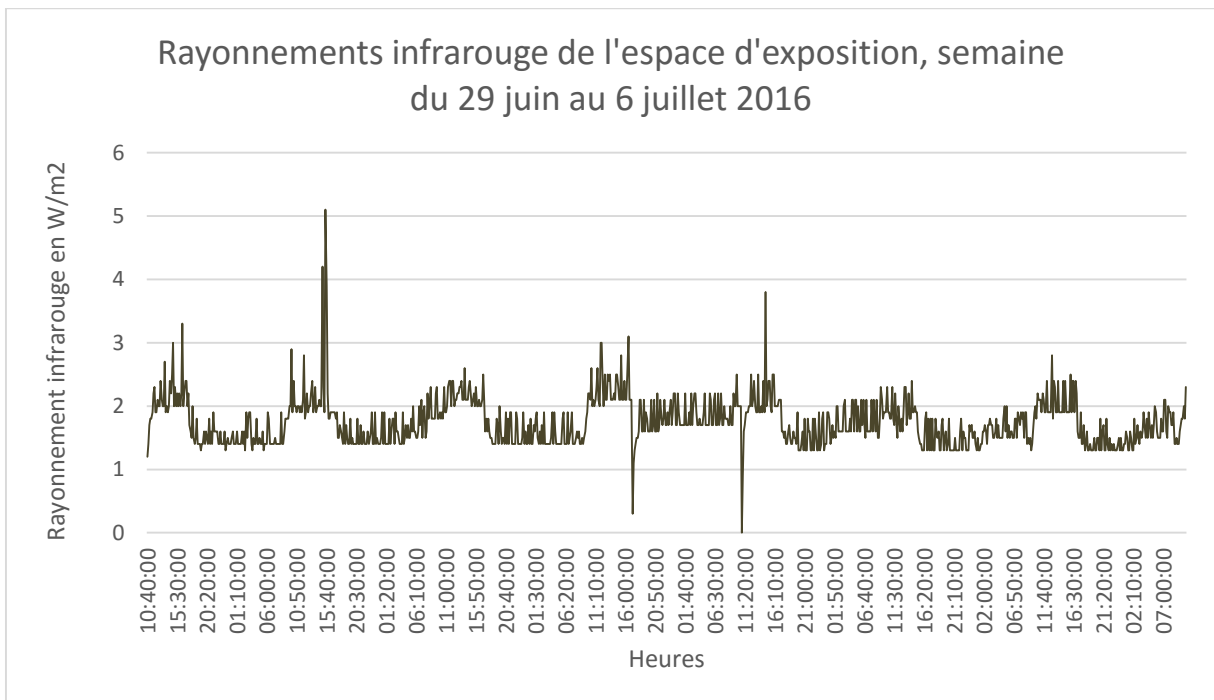


Tableau 8 : Graphique des rayonnements infrarouges de la deuxième semaine.

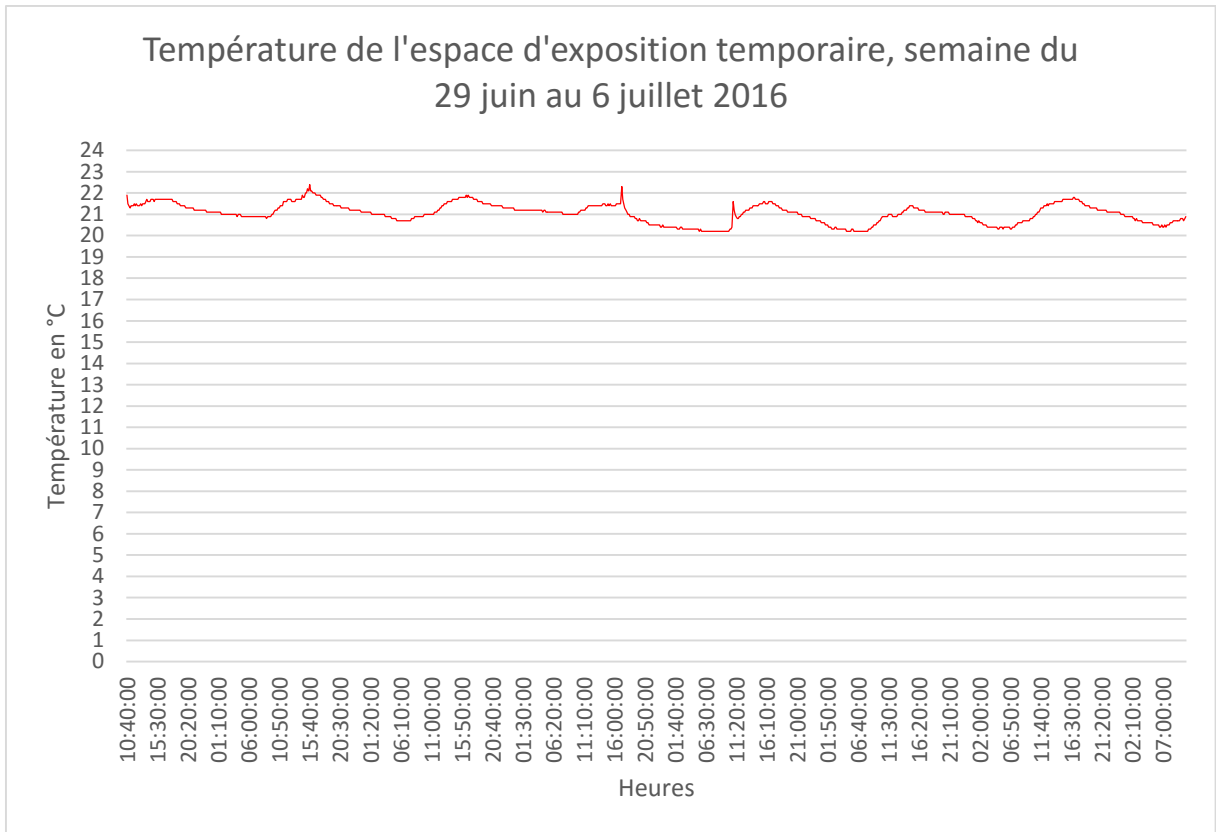


Tableau 9 : Graphique de la température de la deuxième semaine.

	Eclaircement	UV	UV	Température	IR
	Lux	mW/M ²	μW/Lm	°C	W/M ²
Maxima	159	0	0	22.4	5.1
Minima	0	0	0	20.2	0
Moyenne	38.91	0	0	21.05	1.75

Tableau 10 : Tablette récapitulative des maxims, minims et moyennes des valeurs mesurées la deuxième semaine.

Annexe 16 : Données éclairement du 6 au 13 juillet 2016

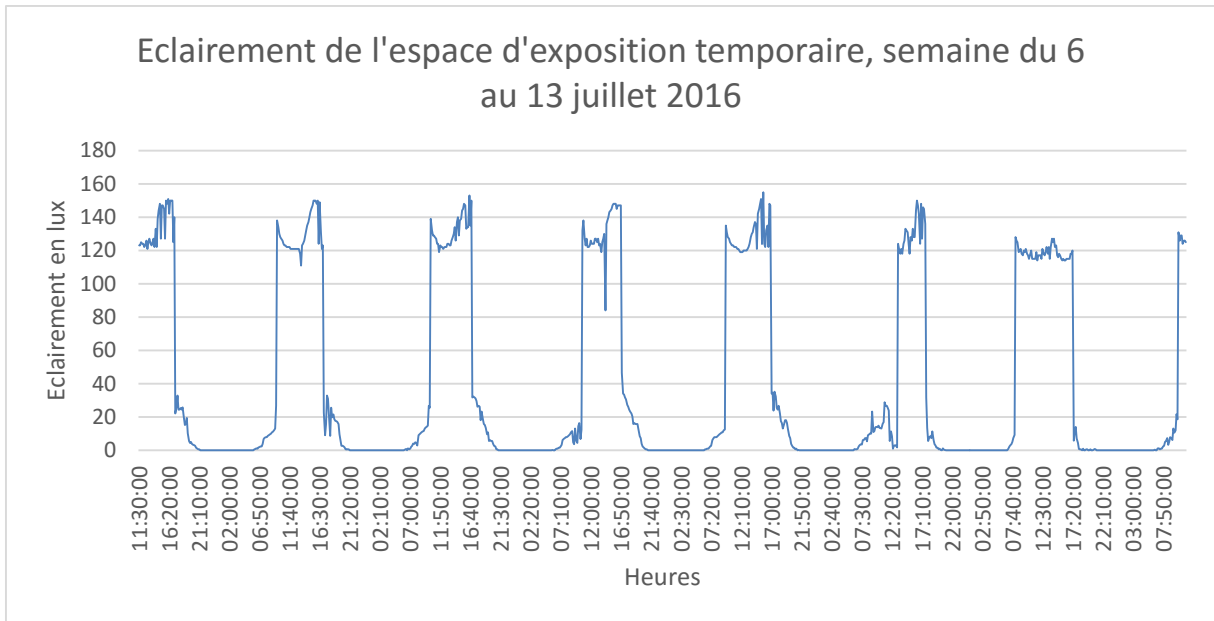


Tableau 11 : Graphique de l'éclairage de la troisième semaine.

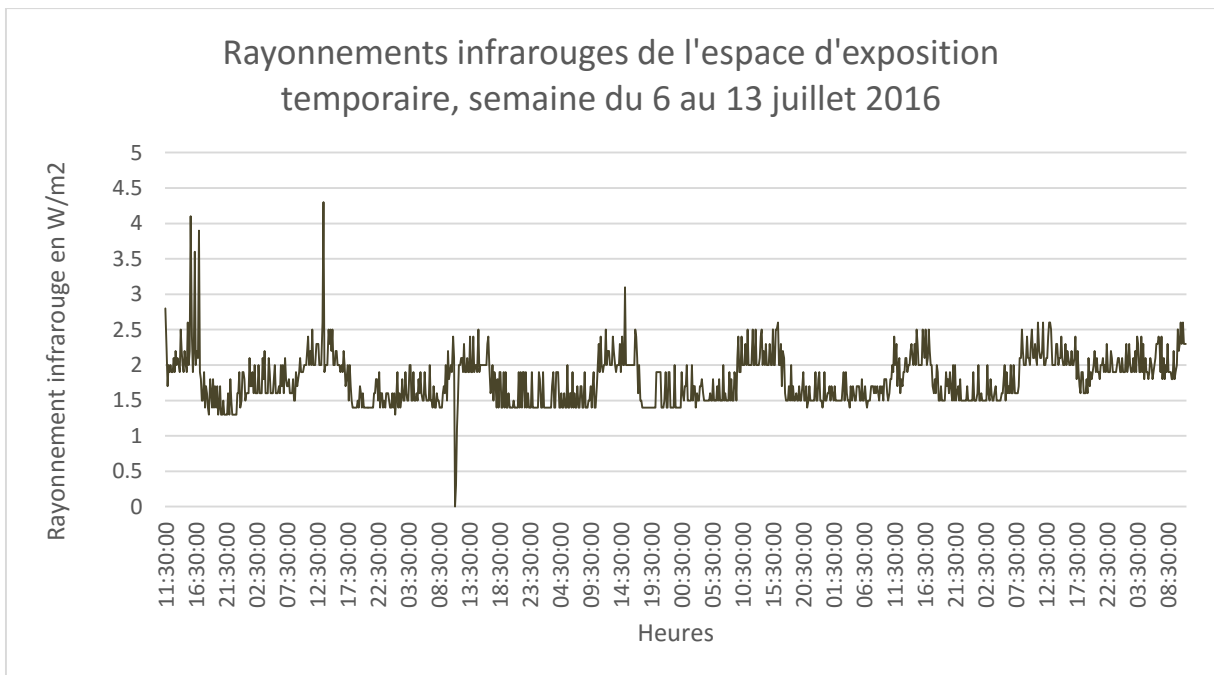


Tableau 12 : Graphique des rayonnements infrarouges de la troisième semaine.

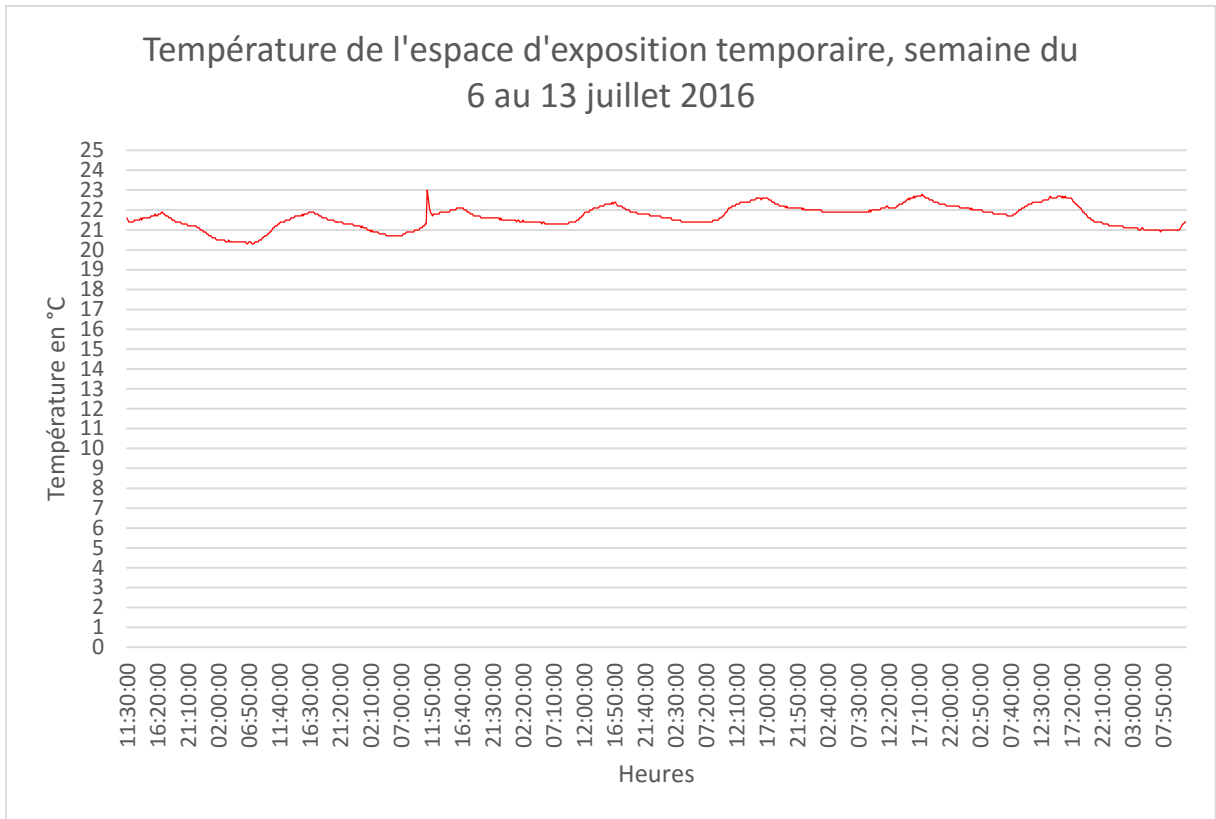


Tableau 13 : Graphique de la température de la troisième semaine.

	Eclaircement	UV	UV	Température	IR
	Lux	mW/M ²	μW/Lm	°C	W/M ²
Maxima	155	0	0	23	4.3
Minima	0	0	0	20.3	0
Moyenne	40.58	0	0	21.65	1.80

Tableau 14 : Tablette récapitulative des maxims, minims et moyennes des valeurs mesurées la deuxième semaine.

Annexe 17: Habillage



Figure 34 : Vue d'ensemble du Narguilé.



Figure 35 : Altération du tuyau de pipe.



Figure 36 : Vue du chapeau.



Figure 37 : Vue du chapeau de côté.



Figure 38 : Vue de la broche, il manque une pierre synthétique.



Figure 39 : Cordon tricolore de ceinture.



Figure 40 : Ceinture de velours.



Figure 41 : Fermeture par agrafe de la ceinture.



Figure 42 : Vue avant du gilet.



Figure 43 : Vue arrière du gilet.



Figure 44 : Vue avant de la chemise.



Figure 45 : Vue arrière de la chemise. On y voit les pressions de fermeture.



Figure 46 : Altération de la chemise, déjections d'insectes.

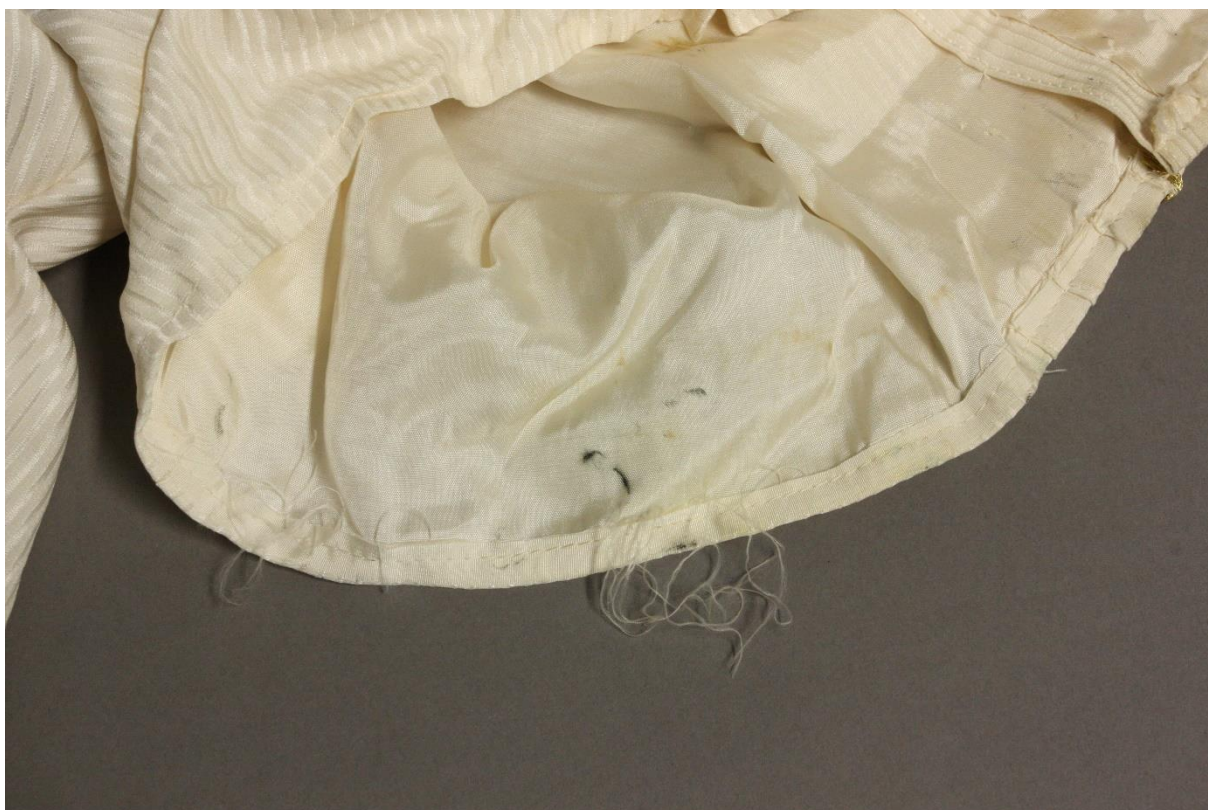


Figure 47 : Altération de la chemise, taches de graisses et effiloquement de la doublure.



Figure 48 : Fermeture des manches de la chemise par bouton.



Figure 49 : Détail des taches de la chemise sous la ceinture de velours.



Figure 50 : Détail de la tache sur la poitrine.



Figure 51 : Altérations du col de la chemise (taches de graisse et cordon doré décousu).



Figure 52 : Décoloration locale du tapis.

Annexe 18: Mise en sécurité des parties d'habillage.



Figure 53 : Etagère de stock des éléments durant l'intervention dans les réserves.

Annexe 19: Vues de parties mécaniques

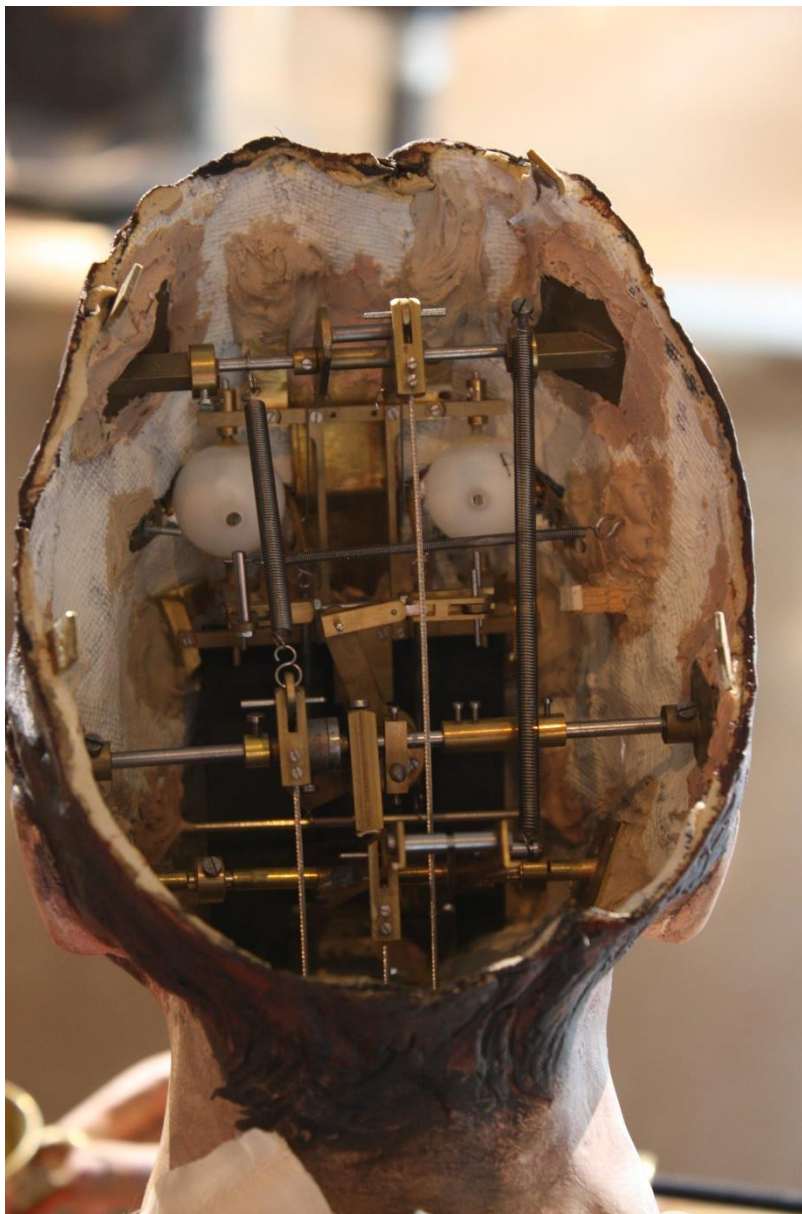


Figure 54 : Vue des mécanismes des mouvements du visage.

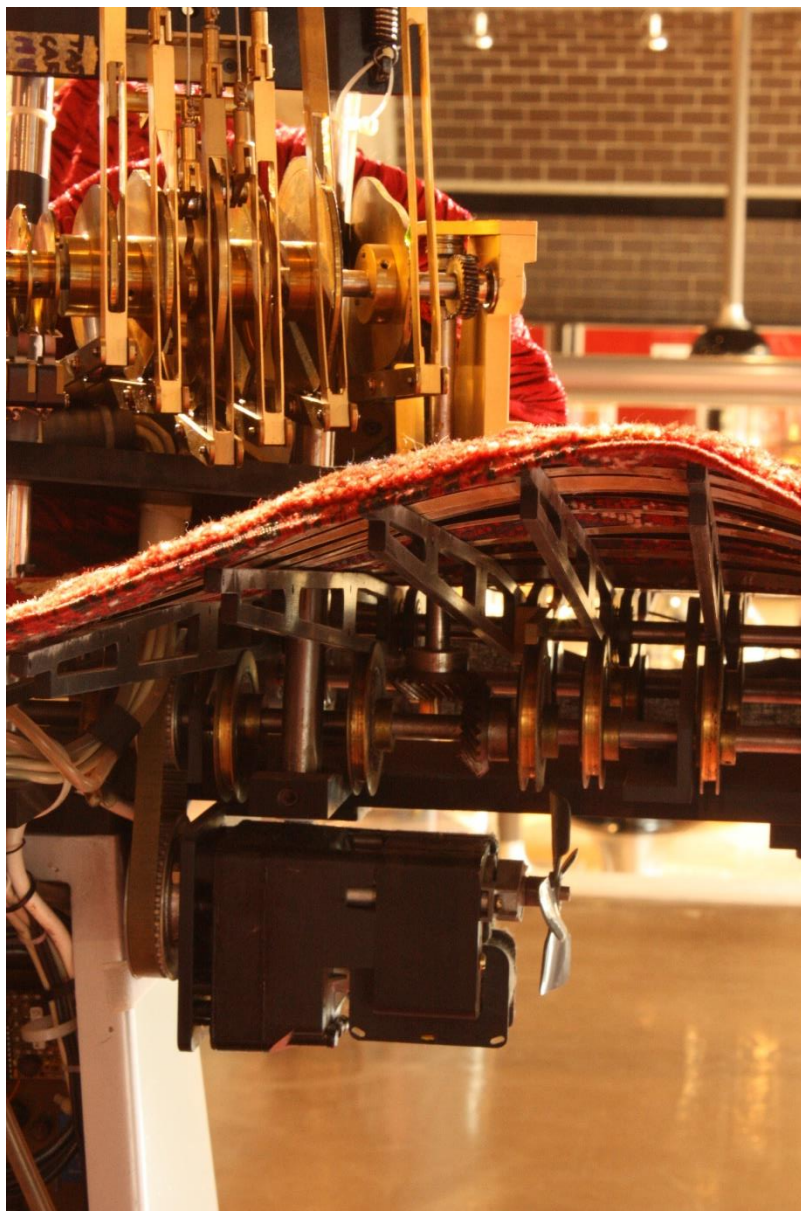


Figure 55 : Vue du moteur principal et du système d'entraînement (détail sous tapis).

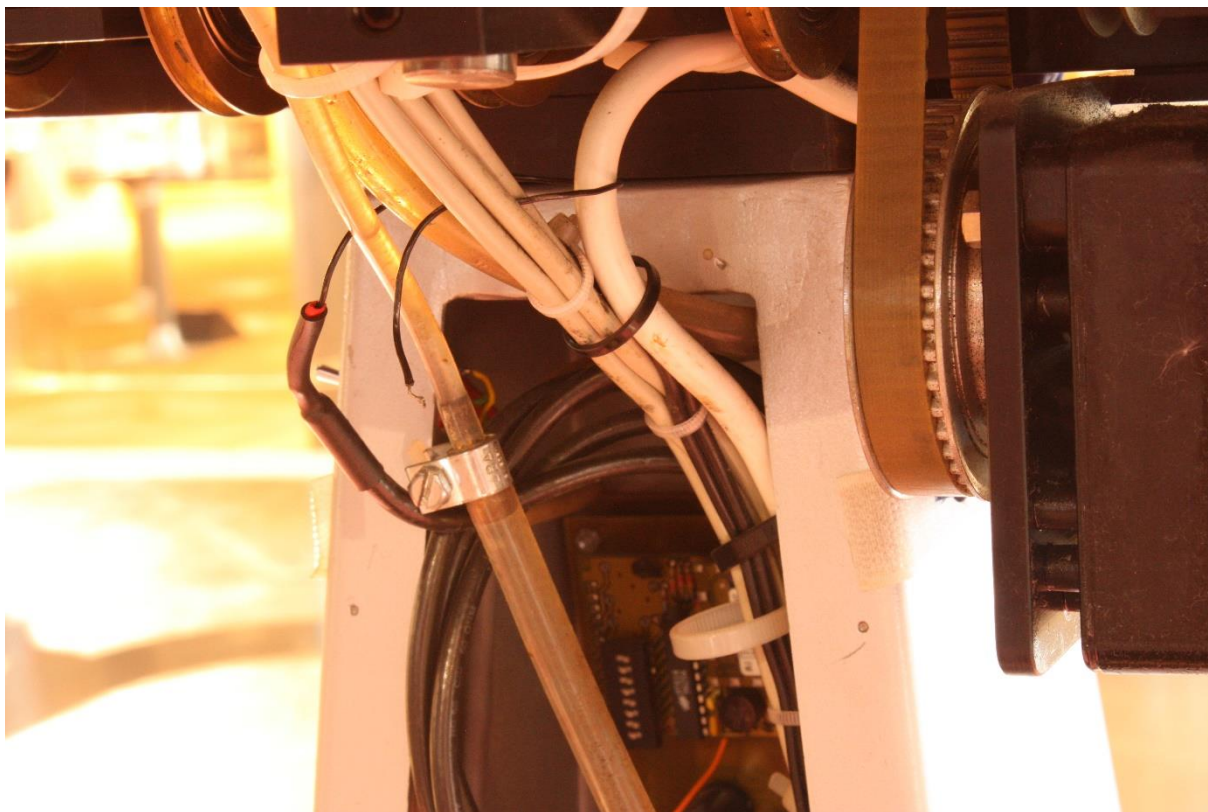


Figure 56 : Câble-antenne de réception du signal de déclenchement.



Figure 57 : Système de fixation des lames de cupro-bérylium.

Annexe 20: Altérations diverses



Figure 58 : Vue du dos en staff.

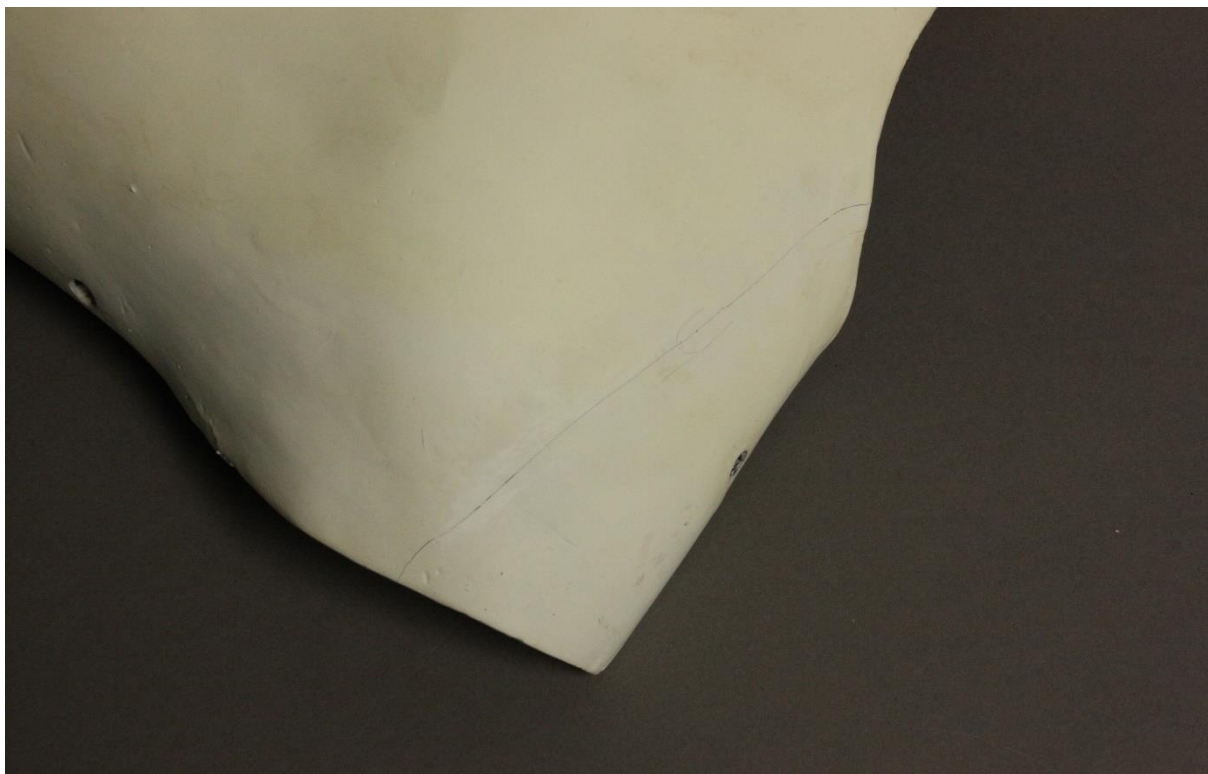


Figure 59 : fissure de l'épaule droite du dos en staff.



Figure 60 : Vue de la corrosion sur les tiges de maintien de l'automate sur le socle.



Figure 61 : Ancien tube-réceptacle du déclencheur.

Annexe 21: Thermographie



Figure 62 : Vue de l'installation de thermographie.

Les analyses thermographiques ont été réalisées à l'aide d'une camera thermique enregistreuse de marque FLIR. Cet appareil permet la prise de clichés et de vidéos. Il a également la capacité de mesurer ponctuellement la temperature à des endroits définis.

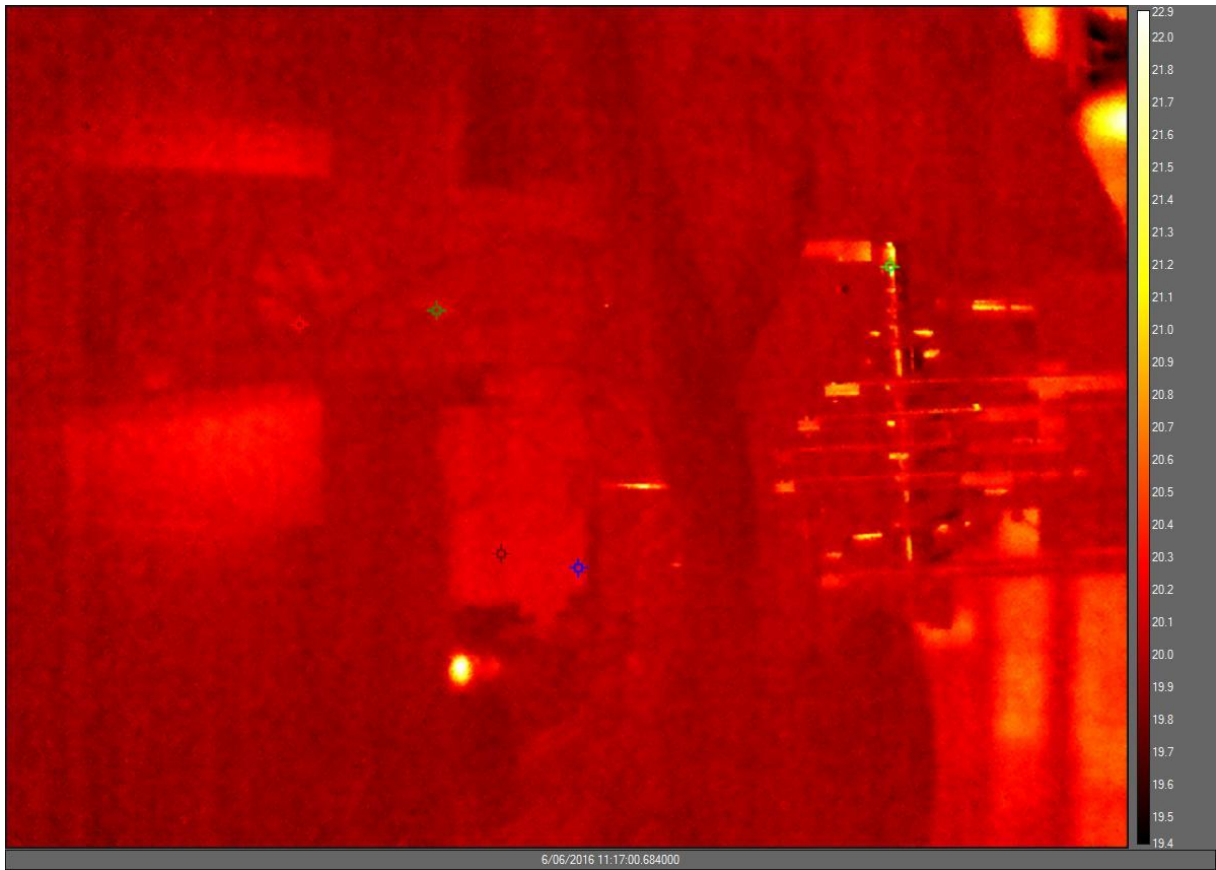


Figure 63 : Vue avant branchement du circuit électrique.

La zone plus chaude est le reflet d'un projecteur contre le sol.

Statistic [units]	Cursor 1	Cursor 2	Cursor 3
Mean [°C]	20.1	20.1	20.2
Std. Dev. [°C]	0.0	0.0	0.0
Center [°C]	(167.0, 181.0) 20.1	(245.0, 173.0) 20.1	(326.0, 320.0) 20.1
Maximum [°C]	(166, 182) 20.1	(246, 172) 20.2	(325, 321) 20.2
Minimum [°C]	(167, 180) 20.1	(244, 174) 20.1	(326, 319) 20.1
Number of Pixels	9	9	9
Single Pixel Area [cm ²]	N/A	N/A	N/A
Area [cm ²]	N/A	N/A	N/A
Length [cm]	N/A	N/A	N/A
Emissivity	0.95	0.95	0.95
Distance [m]	1	1	1

Statistic [units]	Cursor 4	Cursor 5
Mean [°C]	20.2	21.0
Std. Dev. [°C]	0.0	0.6
Center [°C]	(282.0, 312.0) 20.2	(504.0, 148.0) 21.3
Maximum [°C]	(283, 313) 20.2	(505, 149) 22.0
Minimum [°C]	(281, 313) 20.1	(504, 147) 20.4
Number of Pixels	9	9
Single Pixel Area [cm ²]	N/A	N/A
Area [cm ²]	N/A	N/A
Length [cm]	N/A	N/A
Emissivity	0.95	0.95
Distance [m]	1	1

Tableau 15 : Tableau de résultat des curseurs placés.

La température est stable et correspond à la température de la salle d'exposition. Seules les photographies probantes sont présentées. A savoir qu'aucun système mécanique ne s'échauffe lors de la mise en action de l'automate.



Figure 64 : Vue après branchement du circuit électrique.

Statistic [units]	Cursor 1	Cursor 2	Cursor 3
Mean [°C]	20.0	20.5	20.1
Std. Dev. [°C]	0.0	0.1	0.0
Center [°C]	(167.0, 181.0) 20.0	(245.0, 173.0) 20.5	(326.0, 320.0) 20.1
Maximum [°C]	(166, 181) 20.1	(244, 172) 20.6	(325, 321) 20.1
Minimum [°C]	(168, 180) 20.0	(244, 174) 20.3	(326, 320) 20.1
Number of Pixels	9	9	9
Single Pixel Area [cm ²]	N/A	N/A	N/A
Area [cm ²]	N/A	N/A	N/A
Length [cm]	N/A	N/A	N/A
Emissivity	0.95	0.95	0.95
Distance [m]	1	1	1

Statistic [units]	Cursor 4	Cursor 5
Mean [°C]	20.1	20.9
Std. Dev. [°C]	0.0	0.8
Center [°C]	(282.0, 312.0) 20.1	(504.0, 148.0) 21.1
Maximum [°C]	(281, 313) 20.1	(505, 149) 22.5
Minimum [°C]	(282, 313) 20.1	(505, 147) 20.2
Number of Pixels	9	9
Single Pixel Area [cm ²]	N/A	N/A
Area [cm ²]	N/A	N/A
Length [cm]	N/A	N/A
Emissivity	0.95	0.95
Distance [m]	1	1

Tableau 16 : Tableau de résultat des curseurs placés après branchement.

Deux curseurs présentent une légère hausse de temperature. Il s'agit de composants électriques, notamment des résistance. En effet, lors de la transformation de la tension et du voltage dans ces éléments, un échauffement de produit.



Figure 65 : Vue après mise en marche de l'automate.

Statistic [units]	Cursor 1	Cursor 2	Cursor 3
Mean [°C]	31.8	20.8	24.0
Std. Dev. [°C]	0.1	0.2	0.5
Center [°C]	(167.0, 181.0) 31.9	(245.0, 173.0) 20.7	(326.0, 320.0) 24.1
Maximum [°C]	(168, 181) 31.9	(244, 172) 21.2	(326, 321) 24.5
Minimum [°C]	(166, 180) 31.5	(244, 174) 20.5	(325, 319) 22.9
Number of Pixels	9	9	9
Single Pixel Area [cm ²]	N/A	N/A	N/A
Area [cm ²]	N/A	N/A	N/A
Length [cm]	N/A	N/A	N/A
Emissivity	0.95	0.95	0.95
Distance [m]	1	1	1
Statistic [units]	Cursor 4	Cursor 5	
Mean [°C]	21.5	20.9	
Std. Dev. [°C]	0.0	0.7	
Center [°C]	(282.0, 312.0) 21.5	(504.0, 148.0) 21.1	
Maximum [°C]	(283, 311) 21.5	(505, 149) 22.4	
Minimum [°C]	(281, 311) 21.4	(504, 147) 20.2	
Number of Pixels	9	9	
Single Pixel Area [cm ²]	N/A	N/A	
Area [cm ²]	N/A	N/A	
Length [cm]	N/A	N/A	
Emissivity	0.95	0.95	
Distance [m]	1	1	

Tableau 17 : Tableau de résultat des curseurs placés après mise en marche.

Constat un fort échauffement des systèmes électriques et électroniques, le moteur principal et plus particulièrement le bobinage s'échauffe également.

Annexe 22: Traitement du textile



Figure 66 : Vue de la chemise avant traitement.



Figure 67 : Vue de la chemise en cours de test de pH et de conductivité avec du gel d'agarose.

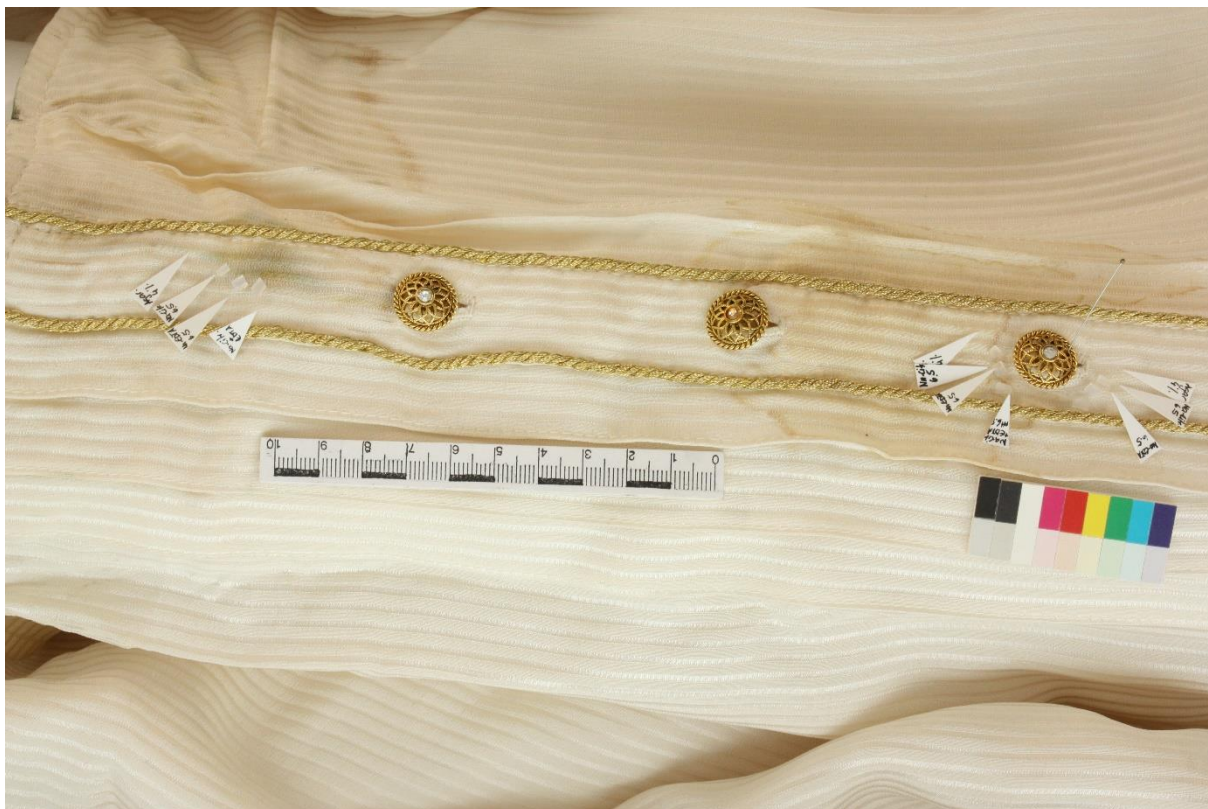


Figure 68 : Phase de test de solubilisation avec des gels d'agarose enrichis.



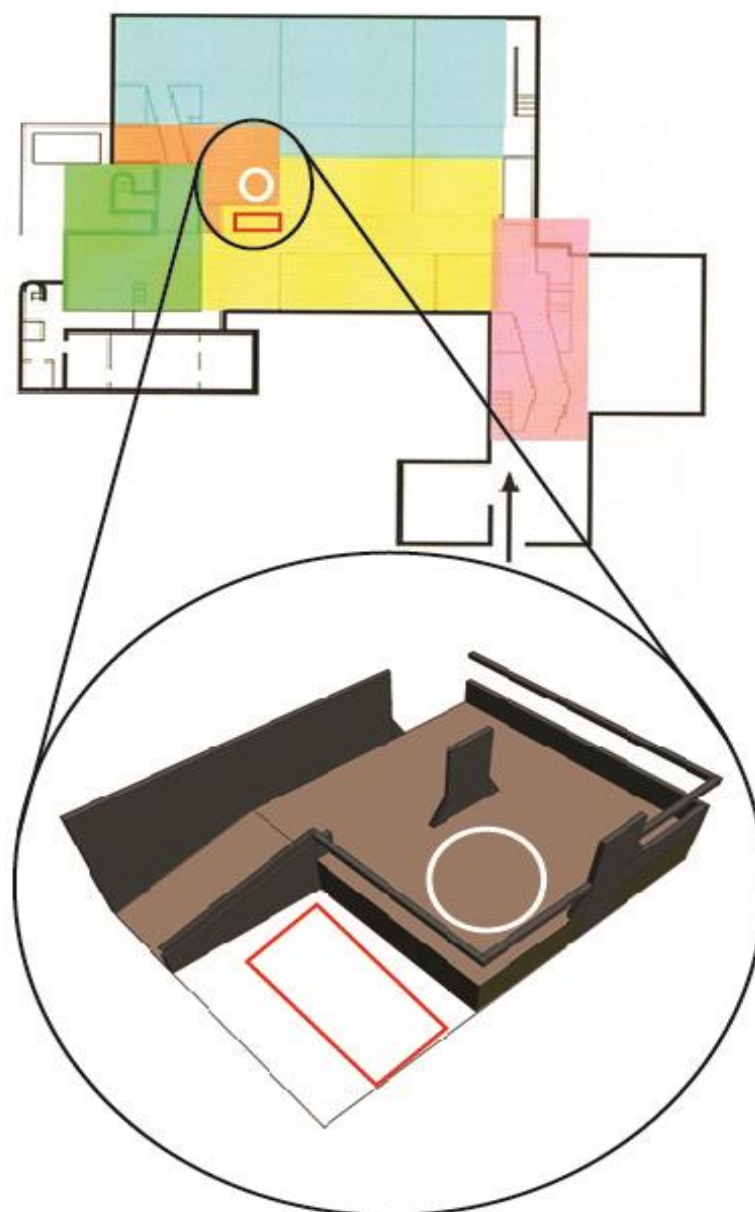
Figure 69 : Etape de rinçage à l'eau déminéralisée à la seringue sur le disque de succion.



Figure 70 : Vue avant-après. A gauche la tache avant intervention, à droite après.

Les altérations chromatiques sont dues à des conditions de prises de vues différentes.

Annexe 23: emplacement actuel et futur dans le musée.





	Zone d'exposition actuelle de l'automate
	Zone d'exposition future de l'automate

Figure 71 : Emplacement actuel et futur de l'automate au sein des espaces d'exposition.

Annexe 24 : Commande des vérins de remplacement

François Junod
 sculpteur-fabric.automates
 Rue des Rasses 17
 1450 Ste-Croix

FESTO

Pour toute demande d'information, veuillez spécifier le n° de client et le n° de commande			
N° client	N° document		
0070308762	2070208576		
Mode d'expédition		Devise	
Serv.paquets/Transp.		CHF	
Conditions de règlement		Conditions de livraison	
30 jours net		EXW / Dietikon	

Confirmation de
 commande
 2070208576

Date
 28. Août 2012

Nombre de pages
 1 de 1

Votre interlocuteur
 Service interne
 Sales Support
 Tél.: 024/447 21 11
 Fax: 024/447 21 00
 info.fy@ch.festo.com

Votre commande Fax du 28. Août 2012
 Remarque: les quantités ont été arrondies aux unités de livraison standard

Désignation article	N° article	Quantité	Prix unitaire net	Prix total net
Position 0010 / Votre Position 1 DSN-25-125-PPV VERIN DOUBLE EFFET	8531	2 PCE	103,26	206,52
Date de livraison: HS=84123100, ULA=DE	31.08.2012			
Montant total net H.T.				206,52

Total CHF (TVA en sus)
 206,52

REACH : nous honorons notre devoir d'information conformément au Règlement 1907/2006 (CE).
 REACH à l'adresse www.festo.com/productcompliance -> davantage d'informations sur la conformité des produits -> REACH.

Veillez prendre note que vos conditions sont prises en compte dans le prix net.
 En cas de retour de matériel, nous vous prions de nous indiquer le n° de facture ou de bulletin de livraison correspondant.

Les conditions générales de vente du Festo SA sont en vigueur, vous les trouverez sur www.festo.ch/cgv


Festo SA

Le Bey 24
 CH-1400 Yverdon-les-Bains VD
 Téléphone: 024 447 21 11
 Téléfax: 024 447 21 00
 Mailbox: info.fy@festo.ch

Figure 72 : Facture du remplacement des vérins-pistons du système hydraulique en 2012.

Annexe 25 : Références du moteur principal

bsender : 0628873848 CROUZET AG MÄGENWIL A4->A4 16/02/00 15:27 S.: 1/3



TELEFAX

Crouzet AG Gewerbepark CH-5506 Mägenwil Tel: +41 (0)62/ 887 30 30 Fax: +41 (0)62/ 887 30 40 Internet: http://www.crouzet.com E-mail: com-ch@crouzet.com	Datum / date: <u>16.02.2000</u>
u/Ref. / n/réf.: <u>C. Casciano</u>	Seite / page: 1 von / de <u>3</u>
Firma / société: <u>Junod F.</u>	Fax: <u>024/4542800</u>
z. Hd. / à l'att.: <u>H. Junod</u>	Abtl. / dép.: _____

Sie erhalten / Please find enclosed / Vous recevez ci-joint **3RPM** **4RPM**
Fiche technique Motoréducteur 80547018/80547017

<input checked="" type="checkbox"/> auf Ihren Wunsch at your request à votre demande	<input checked="" type="checkbox"/> zur Stellungnahme for your comments pour avis	<input type="checkbox"/> genaue Angaben erbeten please give details données exactes requises
<input type="checkbox"/> zur Kenntnis for your information pour information	<input type="checkbox"/> zur Behandlung for your attention à votre attention	<input type="checkbox"/> Unterlagen erbeten documents requested documentation requise
<input type="checkbox"/> zum Weiterleiten for reforwarding à faire suivre	<input type="checkbox"/> wie besprochen as discussed selon entretien	<input type="checkbox"/> Irrtümlich erhalten wrongly received reçu par erreur
<input type="checkbox"/> zu Ihren Akten for your files pour votre dossier	<input type="checkbox"/> zur Unterschrift / Visum please sign / initial pour la signature / visa	<input type="checkbox"/> bitte besprechen please discuss à discuter s.v.p.
<input type="checkbox"/> _____	<input type="checkbox"/> _____	<input type="checkbox"/> _____

Bemerkungen: _____
 Remarks: _____
 Remarques: _____

Mit freundlichen Grüßen
 with kind regards
 avec nos compliments

C. Casciano

C. Casciano
 vente - Interne
 technicien ET

Figure 73 : Fiche technique du moteur principal.

bsender : 0628873848

CROUZET AG MAEGENWIL A4->A4 22/02/00 08:28 S.: 1/2



TELEFAX

Crouzet AG Gewerbepark CH-5506 Mägenwil Tel: +41 (0)62/ 887 30 30 Fax: +41 (0)62/ 887 30 40 Internet: http://www.crouzet.com E-mail: com-ch@crouzet.com	Datum / date: <u>22.02.2000</u>
u/Ref. / n/rét.: <u>C. Casciano</u>	Seite / page: 1 von / de <u>2</u>
Firma / société: <u>Juned F.</u>	Fax: <u>024/454 2800</u>
z. Hd. / à l'att.: <u>M. Junod</u>	Abtl. / dép.: _____

Sie erhalten / Please find enclosed / Vous recevez ci-joint

schéma de branchement moteur 80547017

<input checked="" type="checkbox"/>	auf Ihren Wunsch at your request à votre demande	<input type="checkbox"/>	zur Stellungnahme for your comments pour avis	<input type="checkbox"/>	genaue Angaben erbeten please give details données exactes requises
<input type="checkbox"/>	zur Kenntnis for your information pour information	<input type="checkbox"/>	zur Behandlung for your attention à votre attention	<input type="checkbox"/>	Unterlagen erbeten documents requested documentation requise
<input type="checkbox"/>	zum Weiterleiten for reforwarding à faire suivre	<input type="checkbox"/>	wie besprochen as discussed selon entretien	<input type="checkbox"/>	irrtümlich erhalten wrongly received reçu par erreur
<input type="checkbox"/>	zu Ihren Akten for your files pour votre dossier	<input type="checkbox"/>	zur Unterschrift / Visum please sign / initial pour la signature / visa	<input type="checkbox"/>	bitte besprechen please discuss à discuter s.v.p.
<input type="checkbox"/>	_____	<input type="checkbox"/>	_____	<input type="checkbox"/>	_____

Bemerkungen: _____
 Remarks: _____
 Remarques: _____

Mit freundlichen Grüßen
 with kind regards
 avec nos compliments

C. Casciano
 vente - Interne
 technicien ET

Figure 74 : Schéma de branchement du moteur principal.

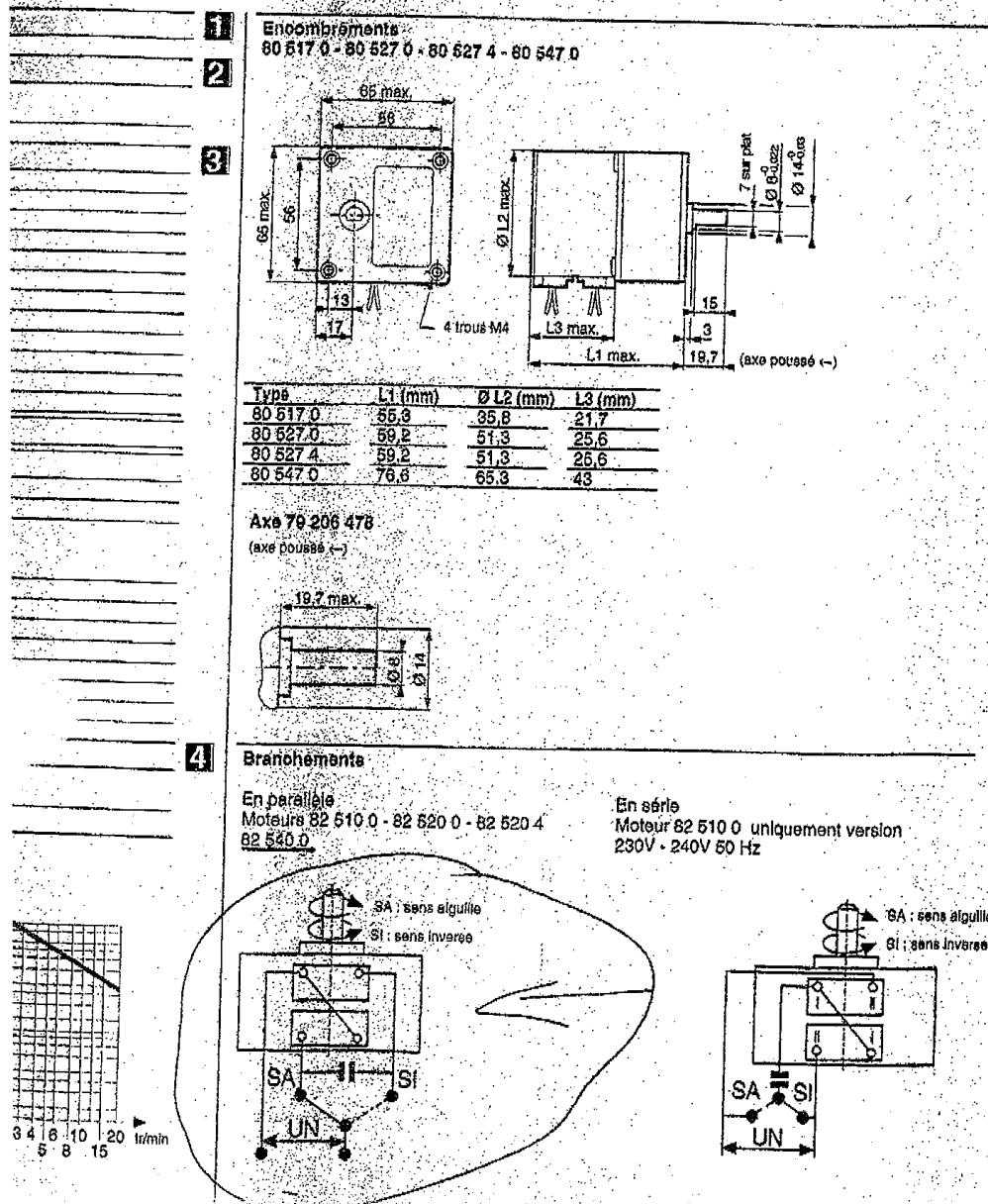


Figure 75 : Schéma de branchement du moteur principal bis.

Annexe 26 : Plan de la cafetière

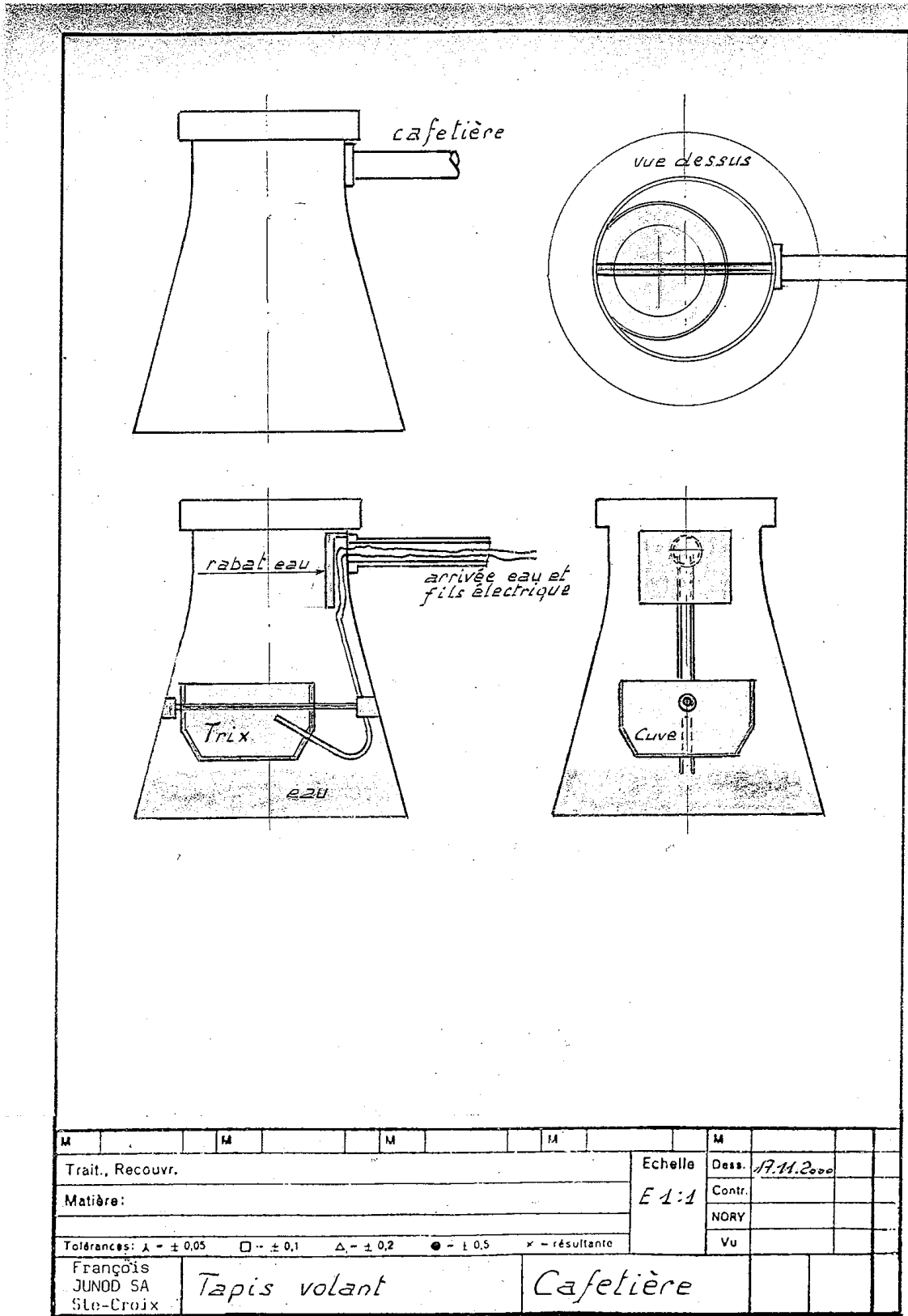


Figure 76 : Plan de la cafetière.

Annexe 27 : Plan des excentriques du tapis

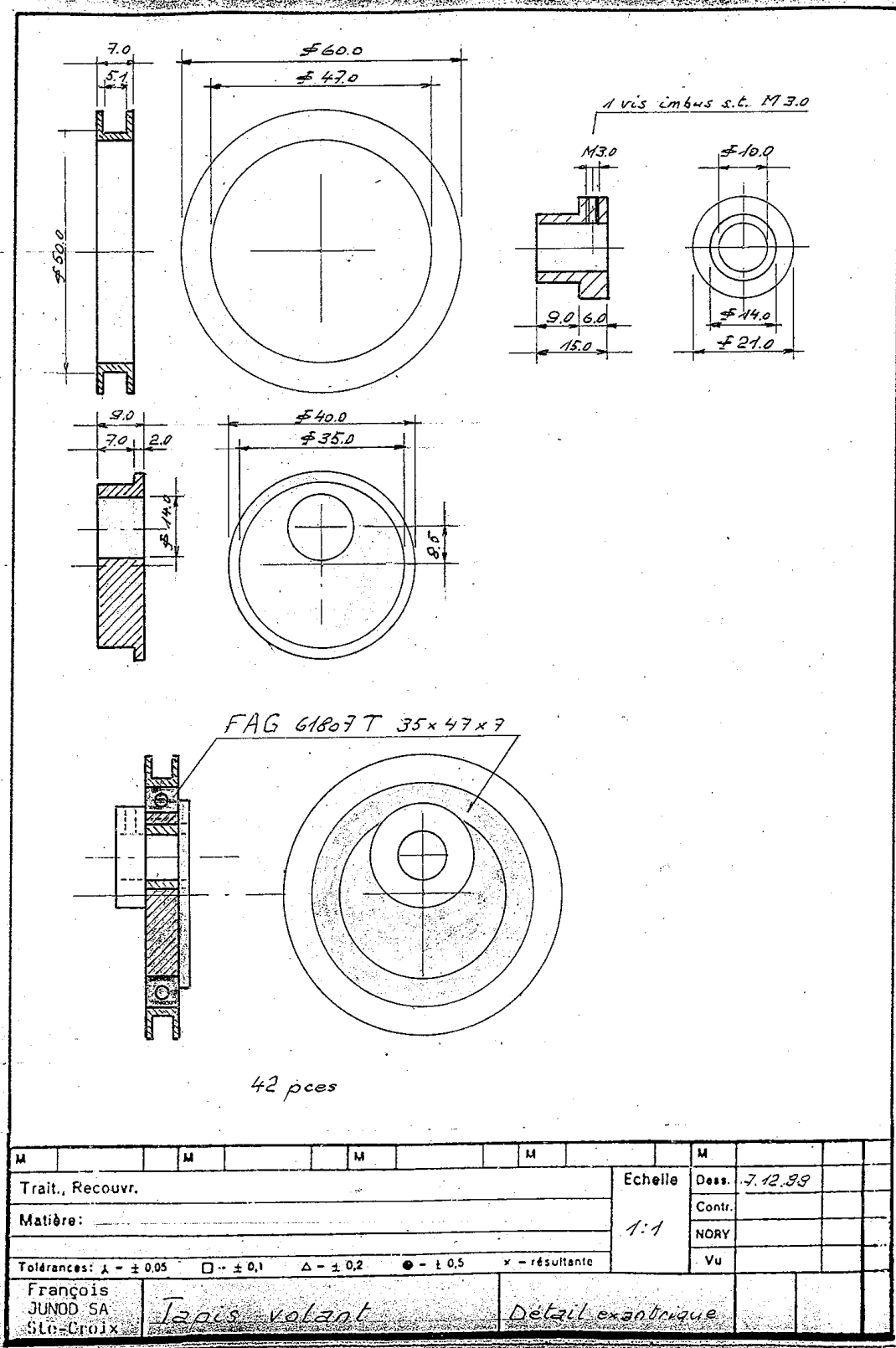


Figure 77 : Excentriques du tapis volant.

Annexe 28 : Plan des bras en aluminium

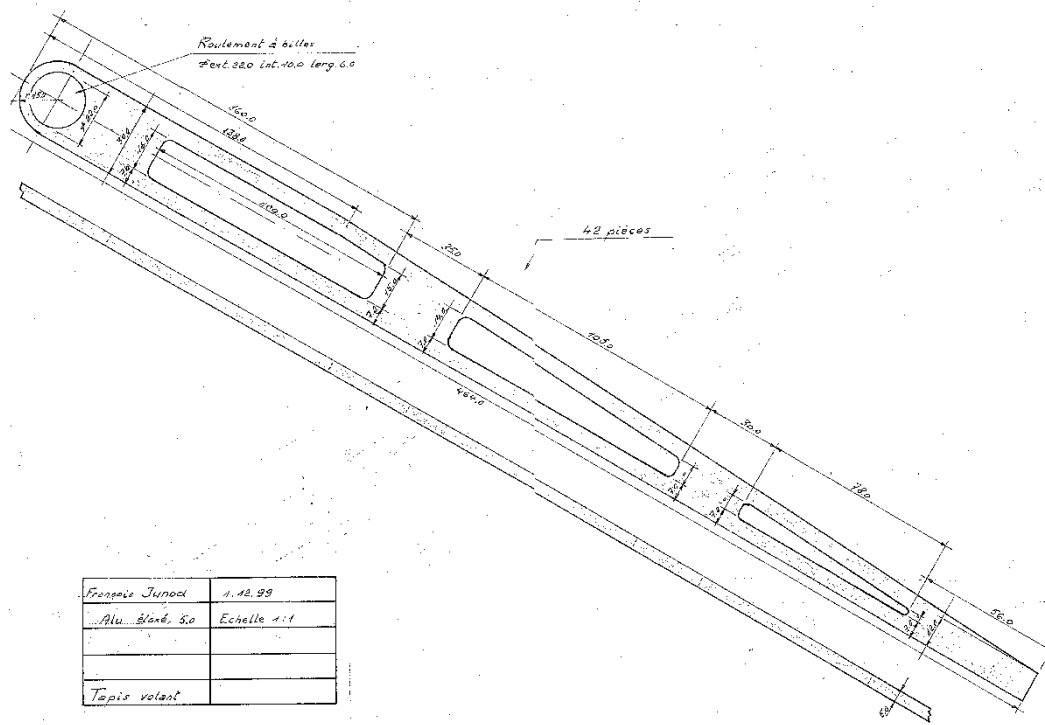


Figure 78 : Plan des bras en aluminium.

Annexe 29 : Rapport d'entretien du MIH, février 2016

MIH		CENTRE DE RESTAURATION		Fiche No. 11-947	
Nom: MIH		Objet: Automate Turc buveur de café conçu par François Junod à St. Croix en 2000. Déclenchement électrique, le reste est entièrement mécanique. Le tapis conduit, le personnage se meut, l'eau est versée de la cafetière dans la tasse puis et aspirée à l'aide de pompe. Un petit corps de chauffe permet à la cafetière de dégager de la fumée. Mélodie du fonctionnement.			
Adresse:		Entré le:			
Tél.:					
Devis mouvement	Temps	Devis habillage	Prix Temps	Fournitures	Prix
Démontage				ressorts	
Polissage pivots					
Pose bouchons					
Nettoyage des aciers					
Nettoyage, polis, visserie					
Mise au point échappement					
Mise au point sonneries					
Nettoyage complet					
Remontage-huilage					
Contrôles-retouches					
Nettoyage complet du système de soupapes. Graissage des pistons au silicone pour joints de montage. Amorcer l'entrée et la sortie de l'eau en aspirant par les tuyaux.					
Devis détaillé		Devis détaillé		Port + emballage	
Total		Total		Total	
Devis approximatif		Frs.	Prix de la restauration		Frs.
Réponse client:		Délai de livraison:			
Artisan:					
Travail effectué par: Aurélie et Masaki en février 2016.					
Expédié le:		Facturé le:			

Figure 79 : Rapport d'entretien du MIH page 1.

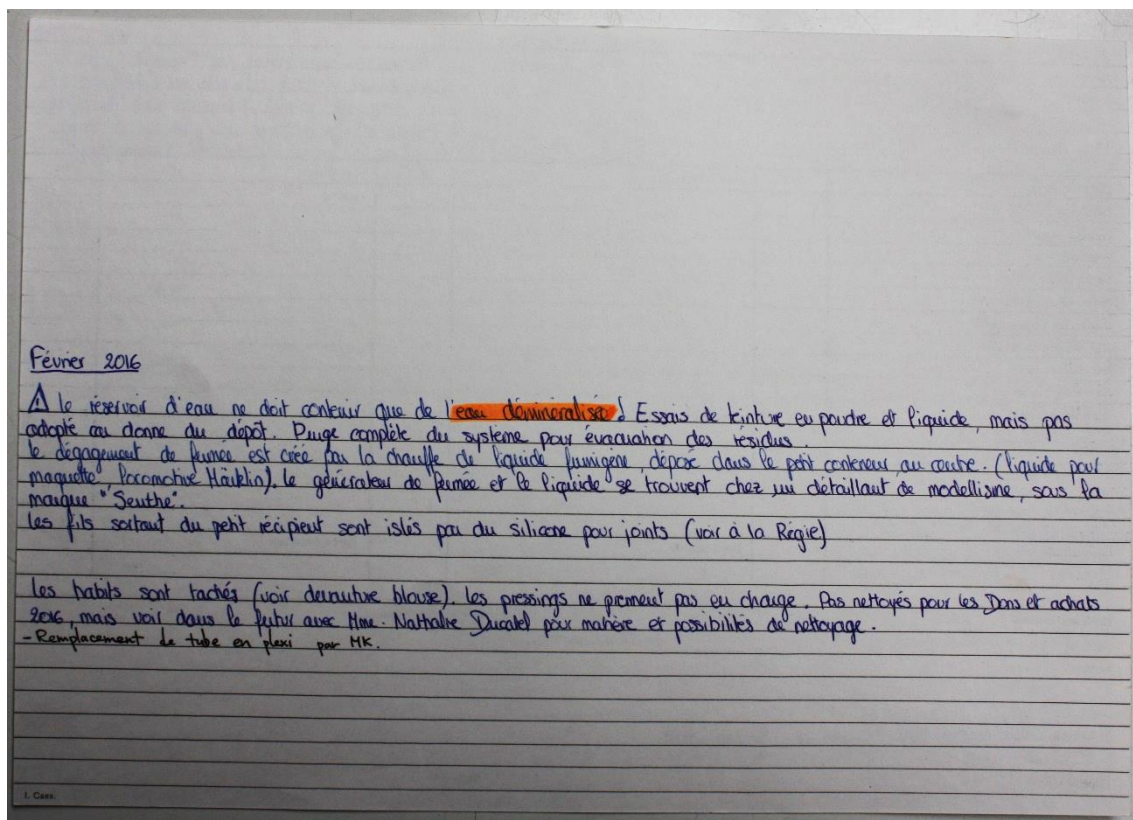


Figure 80 : Rapport d'entretien du MIH page 2.

Annexe 30 : Tableau des couples galvaniques.

		Electrolyte : eau + 2% de sel marin																									
		Le métal B est attaqué								Le métal A est attaqué																	
		Contact pratiquement indifférent								Le métal A est attaqué																	
		Tableau des couples galvaniques entre quelques métaux et alliages (en millivolts)																									
		Le métal B est attaqué								Le métal A est attaqué																	
Métal A :	Métal B :	Platine	Or	Inox passivé	Argent	Mercur	Nickel	Arcap	Cuivre	Bronze d'alu	Laton	Bronze	Etain	Plomb	Duralumin	Acier doux	Alpax H	Alu 99,5%	Acier dur	Durallinox	Cadmium	Fer pur	Almasilium	Chrome	Sn75-Zn25	Zinc	Magnésium
Platine		0	130	250	350	350	430	450	570	600	650	770	800	840	840	1000	1065	1090	1095	1100	1100	1105	1105	1200	1350	1400	1950
Or		130	0	110	220	220	300	320	440	470	520	640	670	710	810	870	935	960	965	970	970	975	975	1070	1230	1270	1820
Inox passivé		250	110	0	100	110	180	200	320	350	400	520	550	590	690	750	815	840	845	850	850	855	855	950	1100	1150	1700
Argent		350	220	100	0	0	80	100	220	250	300	420	450	490	590	650	715	740	745	750	750	755	755	850	1010	1050	1600
Mercur		350	220	110	0	0	80	100	220	250	300	420	450	490	590	650	715	740	745	750	750	755	755	850	1010	1050	1600
Nickel		430	300	180	80	80	0	20	140	170	220	340	370	410	510	570	635	660	665	670	670	675	675	770	930	970	1520
Arcap		450	320	200	100	100	20	0	120	150	200	320	350	380	490	550	615	640	645	650	650	655	655	750	910	950	1500
Cuivre		570	440	320	200	200	120	0	30	80	120	200	230	270	370	430	495	520	525	530	530	535	535	630	790	830	1380
Bronze d'al		600	470	350	250	250	150	30	0	50	170	200	240	340	400	465	490	495	500	500	505	505	600	760	800	1350	
Laton		650	520	400	300	300	200	80	50	0	120	150	190	290	350	415	440	445	450	450	455	455	550	710	750	1300	
Bronze		770	640	520	420	420	340	320	200	170	120	0	30	70	170	230	295	320	325	330	330	335	430	590	630	1180	
Etain		800	670	550	450	450	370	350	230	200	150	30	0	40	140	200	265	290	295	300	300	305	400	560	600	1150	
Plomb		840	710	590	490	490	410	380	270	240	190	70	40	0	100	160	225	250	255	260	260	265	360	520	560	1100	
Duralumin		940	810	690	590	590	510	490	370	340	290	170	140	100	0	60	125	150	155	160	160	165	260	420	530	1010	
XC8 à 10		1000	870	750	650	650	570	550	430	400	350	230	200	160	60	0	65	90	95	100	100	105	200	360	400	950	
AS10G		1065	935	815	715	715	635	615	495	465	415	295	265	225	125	65	0	25	30	35	35	40	40	135	295	335	885
A5		1090	960	840	740	740	660	640	520	490	440	320	290	250	150	90	25	0	5	10	10	15	15	110	270	310	860
XC80 à 120		1095	965	845	745	745	665	645	525	495	445	325	295	255	155	95	30	5	0	5	5	10	10	105	265	305	855
AG3 - AG5		1100	970	850	750	750	670	650	530	500	450	330	300	260	160	100	35	10	5	0	0	5	5	100	260	300	850
Cd		1100	970	850	750	750	670	650	530	500	450	330	300	260	160	100	35	10	5	0	0	5	5	100	260	300	850
Fe		1105	975	855	755	755	675	655	535	505	455	335	305	265	165	105	40	15	10	5	0	0	95	255	295	845	
ASG		1105	975	855	755	755	675	655	535	505	455	335	305	265	165	105	40	15	10	5	0	0	95	255	295	845	
C		1200	1070	950	850	850	770	750	630	600	550	430	400	360	260	200	135	110	105	100	100	95	95	0	25	200	750
EZ25		1350	1230	1100	1010	1010	930	910	790	760	710	590	560	520	420	360	295	270	265	260	260	255	255	25	0	40	590
Z		1400	1270	1150	1050	1050	970	950	830	800	750	630	600	560	530	400	335	310	305	300	300	295	295	200	40	0	550
G		1950	1820	1700	1600	1600	1520	1500	1380	1350	1300	1180	1150	1100	1010	950	885	860	855	850	850	845	845	750	590	550	0

Tableau 18 : Tableau des couples galvaniques communs. Tiré du site <http://www.apper-solaire.org/Pages/Fiches/Tuyaux%20et%20liquide%20caloporteur/Couples%20Galvaniques/index.pdf>

Annexe 31 : Guide de base d'entretien.

Avant toute opération, veillez à couper l'alimentation électrique.	
Habillage	
Tous les 6 mois	Passer la poussière sur l'automate. Ceci devra se faire à l'aide d'un pinceau à poil doux et d'un aspirateur à filtre HEPA. Il ne faut pas aspirer directement les textiles, sous peine de faire disparaître des fibres.
Mesures particulières	Si des taches ou autre dégradation devait apparaître, il faut impérativement et dans les plus brefs délais faire appel à du personnel compétent. Un restaurateur textile devra être contacté pour établir un diagnostic et un pronostic ainsi qu'une proposition d'intervention et si nécessaire et possible, cette dernière.
<p>Pour mener les interventions sur le mécanisme, il convient de retirer tout l'habillage qui peut l'être. Il devra être entreposé à l'abri de la lumière et dans un endroit sécurisé. Il convient de respecter les formes des habits en créant des coussins en papier de soie par exemple.</p> <p>Pour les opérations de manutention des textiles, des gants ne sont pas obligatoires. En effet, sur la soie, ceux-ci peuvent se révéler glissant et donc inadaptés. Des mains propres et sèches conviennent.</p>	
Mécanisme	
Toutes les années	<p>Un contrôle du mécanisme doit être effectué. Le centre de restauration du MIH possède toutes les compétences techniques nécessaires.</p> <p>Une observation des lubrifiants est un excellent guide pour analyser les usures. Elle devra accompagner les actions d'observation, de documentation et de mesures des altérations principales et notamment des bras en aluminium. Ceci doit être fait afin de vérifier et documenter l'évolution de l'usure.</p> <p>Les anciens lubrifiants doivent être éliminés (par exemple à l'aide d'éthanol et les surfaces fonctionnelles débarrassées de tout résidu. Une nouvelle lubrification sera appliquée. Une graisse graphitée sera employée entre les bras en aluminium et les galets excentriques. Pour le reste, les graisses horlogères employées usuellement en fonction des vitesses de rotation, des pressions et des matériaux en contact conviennent parfaitement.</p>
Mesures particulières	<p>Si un problème de fonctionnement important survient, il faut stopper toute utilisation de l'automate!</p> <p>Un contact avec le créateur peut permettre de comprendre d'avantage l'objet ou à quel endroit se fournir les pièces tels les pistons, ou autres éléments.</p>

Tableau 19 : Bases de l'entretien de l'automate.