

Master-Thesis en Conservation-restauration

LA LUBRIFICATION DES OBJETS SCIENTIFIQUES ET TECHNIQUES À FONCTIONNEMENT OCCASIONNEL:

Mise en œuvre sur un calculateur mécanique pour appareil de commande de canons antiaériens de la Fondation HAM (Suisse)

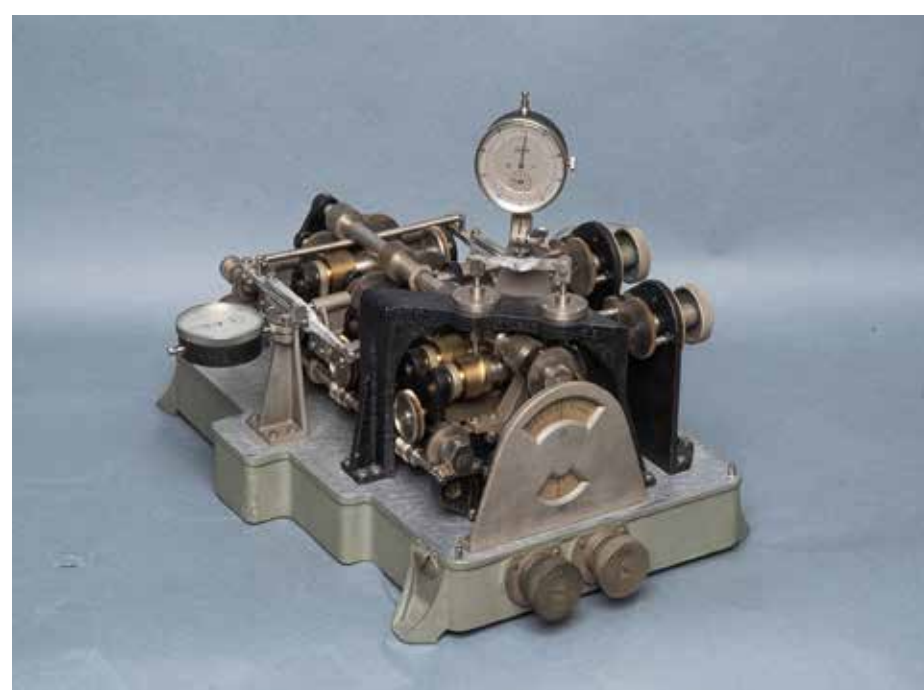


Fig. 1: Photographie générale du calculateur.
© HE-Arc CR, Grua L. – Fondation HAM.

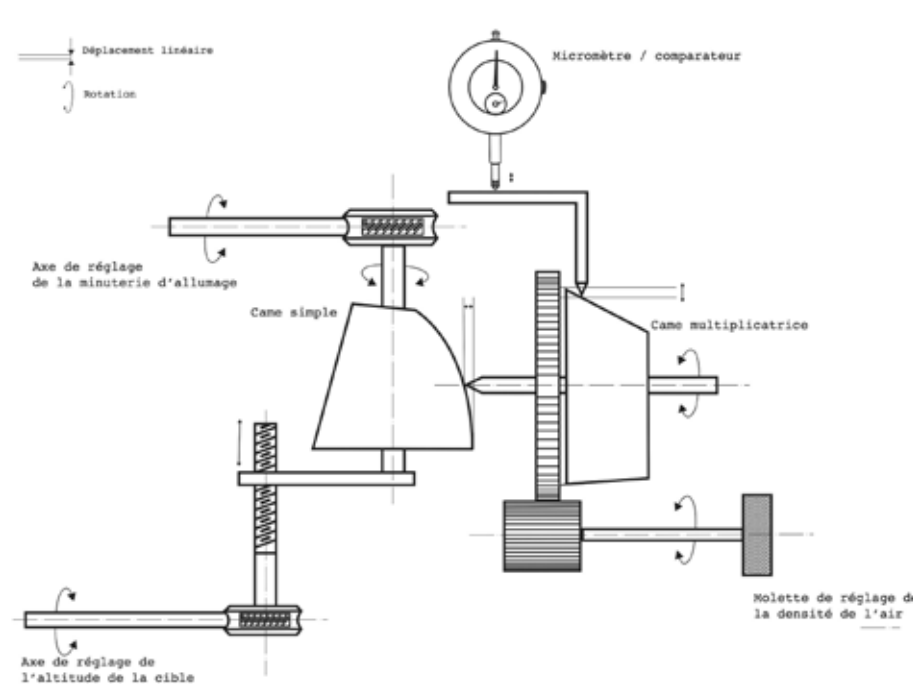


Fig. 2: Schéma du réglage des cames du calculateur.
© HE-Arc CR, Grua L. – Fondation HAM.

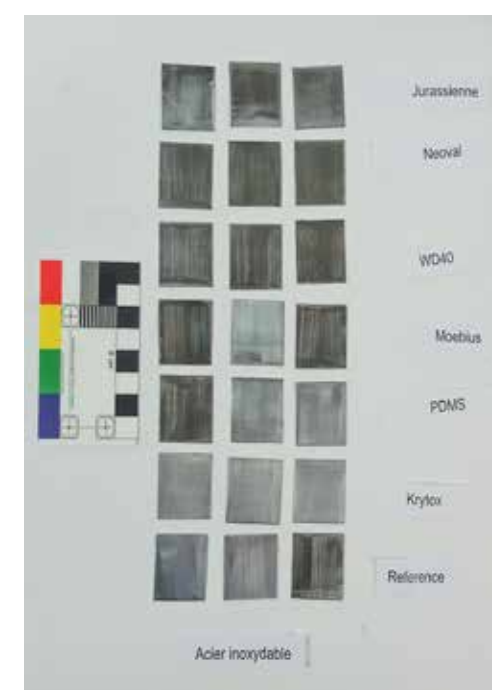


Fig. 3: Photographie des coupons d'acier nickel couverts de lubrifiants à T0.
© HE-Arc CR, Grua L. – Fondation HAM, 2026.

Présenté par **GRUA Louis**

Master of Arts HES-SO en Conservation-restauration
Orientation: Objets scientifiques, techniques et horlogers
Mentor: Dr MOLINA DELGADO Teresa, PhD in material Science, R&D HE-Arc, Neuchâtel
Responsable de stage: **Tarchini Antonin**, conservateur-restaureur, Fondation HAM, Thoun, Suisse
Réalisation: Printemps 2026

RÉSUMÉ

Ce travail de diplôme porte sur l'étude et la conservation-restauration d'un calculateur balistique mécanique Gamma fabriqué en 1938 et conservé par la Fondation du Matériel Historique de l'Armée Suisse (HAM). Destiné à une remise en fonctionnement occasionnelle à des fins de médiation, cet objet constitue le point de départ d'une réflexion sur la sélection de lubrifiants adaptés aux objets techniques patrimoniaux. L'étude historique, matérielle et fonctionnelle du calculateur a permis préciser sa fonction, de définir ses besoins de conservation et de lubrification. La caractérisation des matériaux par fluorescence X (XRF) et l'analyse FTIR des lubrifiants historiques ont permis d'établir le diagnostic. Plusieurs huiles et graisses ont ensuite été comparées par vieillissement accéléré sur des coupons métalliques représentatifs des alliages de l'objet, puis évaluées par observations macroscopiques, microscopiques, analyses FTIR et tribologiques. Parallèlement, le calculateur a été démonté, nettoyé et restauré. Cette recherche propose une démarche de sélection de lubrifiants conciliant exigences mécaniques, compatibilité avec les matériaux, stabilité au vieillissement et principes de conservation-restauration.

INTRODUCTION:

Les objets du patrimoine technique se caractérisent souvent par la mise en mouvement de leurs composants. En milieu muséal, leur fonctionnement occasionnel constitue un précieux outil de compréhension et de médiation, mais génère des frottements nécessitant une lubrification adaptée pour prévenir l'usure. Ce travail prend pour cas d'étude un calculateur balistique mécanique de 1938 conservé par la Fondation HAM, en vue de sa conservation-restauration et de sa remise en fonction occasionnelle.

Cet appareil didactique traduit mécaniquement plusieurs paramètres du tir antiaérien, tels que le vent, la densité de l'air ou la vitesse initiale du projectile, afin de déterminer des corrections de tir. Son mécanisme associe notamment engrenages, vis sans fin, cames, palpeurs, paliers lisses et roulements à billes.

ÉTUDE DE L'OBJET:

L'analyse cinématique selon la méthodologie SCHEMATEC a permis de comprendre la transmission des mouvements et de cartographier les couples de frottement. Les analyses par fluorescence X (XRF) ont identifié des alliages ferreux, cuivreux et d'aluminium. La spectroscopie infrarouge (FTIR) des lubrifiants historiques a révélé des huiles minérales, des paraffines et des graisses altérées. Le constat d'état a notamment mis en évidence des savons de cadmium et de cuivre issus de réactions entre anciens lubrifiants et métaux.

Cette étude a permis d'établir un cahier des charges pour la nouvelle lubrification: viscosité adaptée, stabilité physico-chimique, faible migration, compatibilité avec les matériaux et possibilité de retrait lors d'une intervention future.

PARTIE EXPÉRIMENTALE:

Huit huiles et graisses, minérales ou synthétiques, ont été comparées. Appliquées sur des coupons métalliques représentatifs des alliages du calculateur, elles ont subi un vieillissement accéléré en chambre climatique. Leur évolution esthétique et chimique a été évaluée par observations macroscopiques et microscopiques et par FTIR. Plusieurs produits présentant des modifications chimiques ou des phénomènes de migration ont ainsi été écartés. Des essais complémentaires au tribomètre ont permis d'étudier leurs caractéristiques physiques et de départager les candidats. La Jurassienne et la Molykote 33 Light ont finalement été sélectionnées.

PARTIE PRATIQUE:

L'intervention a permis la remise en état fonctionnel de l'objet dans le respect des principes de conservation-restauration. Elle comprend un démontage méthodique et documenté, le retrait des anciens lubrifiants, des dépôts graisseux et des suies, ainsi que le traitement des produits de corrosion et des savons métalliques. L'axe déformé d'une manivelle de réglage, qui empêchait le fonctionnement, a été pris en charge afin de restituer la chaîne cinématique. Le calculateur a ensuite été remonté et les lubrifiants sélectionnés appliqués de manière ciblée sur les paliers lisses, roulements et engrenages selon un nouveau plan de lubrification.

CONCLUSION:

Ce projet propose un cadre méthodologique reproductible pour le choix des lubrifiants destinés aux mécanismes patrimoniaux semi-statiques, conciliant préservation matérielle à long terme et mise en valeur dynamique. Le choix d'un lubrifiant est ainsi considéré comme une intervention de conservation-restauration à part entière, associant compréhension du mécanisme, connaissance des matériaux, évaluation expérimentale et suivi à long terme.