

**Préparation de verrières à l'exposition : constats d'état,
recommandations de conservation préventive et d'accrochage
et nettoyage**

Vitromusée de Romont

Mémoire présenté par :
Meyer de Stadelhofen Zoé

Pour l'obtention du

Bachelor of Arts HES-SO en Conservation
Objets archéologiques et ethnographiques

Année académique 2020-2021

Remise du travail : 19 juillet 2021

Jury : 24 août 2021

Nombre de pages : 113

Engagement

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

Date et signature :

Remerciements

Ce travail de diplôme n'aurait pas pu être réalisé sans l'aide et le soutien de nombreuses personnes, que je souhaite remercier :

Le Collège des enseignants, M. Valentin Boissonnas, professeur référent de ce Bachelor, pour ses précieux conseils, M. Tobias Schenkel, pour son aide concernant les problématiques d'accrochage, Dr Régis Bertholon et M. Thierry Jacot. De manière générale, tous les membres du Collège pour leur disponibilité, le temps pris à répondre à mes questions, et leurs conseils avisés.

Mme Jennifer Burkard, conservatrice au Vitromusée et personne de référence pour ce travail, pour sa disponibilité, son temps, son investissement, son aide et ses conseils précieux, sa confiance, sa bonne humeur et sa gentillesse. Aussi, je souhaite remercier PD Dre Francine Giese, directrice des Vitromusée et Vitrocentre, Dre rer. nat. Sophie Wolf, géologue, minéralogiste et spécialiste de la conservation et de la technologie du vitrail, ainsi que toute l'équipe du Vitrocentre pour leur chaleureux accueil et leur aide tout au long de ce travail.

Dre Laura Brambilla, professeure et cheffe de projet à la HE-Arc pour sa disponibilité pour réaliser les analyses FTIR, et ses précieuses explications. Aussi, Dr Christian Degriy et Dre Edith Joseph, professeurs et chercheurs à la HE-Arc pour leur disponibilité et les informations fournies sur les micro-tests et les techniques d'analyse.

Parmi le corps enseignant de la HE-Arc, Mme Hortense de Corneillan, professeure et conservatrice-restauratrice spécialisée en céramique et verre et M. Guillaume Rapp, professeur et conservateur-restaurateur spécialisé en objets scientifiques et techniques, pour leurs conseils et leur expertise. Mme Andrea Calderon Ramirez, conservatrice-restauratrice et assistante à la HE-Arc, pour la mise à disposition de matériel et son aide.

M. Daniel Stettler, verrier et restaurateur de verre et de vitraux, pour ses conseils et son partage d'expérience.

M. Schnetzler, serrurier chez Schnetzler SA, pour ses conseils et son expertise concernant l'encadrement et l'accrochage de vitraux. Aussi, M. Frédéric Hasni, serrurier et forgeron, pour ses précieux conseils concernant les matériaux et techniques d'accrochage, et pour avoir partagé ses ressources et ses connaissances.

Toute la volée d'étudiantes de la 3^{ème} année de Bachelor 2020-2021, pour leur soutien, leur bonne humeur et leur entraide sans faille, ce depuis trois ans. Finalement, à mes relecteurs et mon entourage, pour leur présence, leur aide, leur patience et leur soutien.

Table des matières

Résumé	6
Abstract	7
1. Introduction	1
2. Méthodologie	2
3. Contexte patrimonial	3
3.1 Le Vitromusée et son organisation	3
3.2 L'exposition « Du précieux au quotidien »	4
3.3 Valeurs des objets étudiés	4
4. Technologie	5
4.1 Les verrières	5
4.2 Le verre	6
4.3 Le plomb	10
4.4 Autres éléments d'encadrement	11
5. Constats d'état	12
5.1 Méthode	12
5.2 Résumé de l'état des objets	14
5.3 Diagnostic	17
5.4 Impact des altérations sur le projet muséographique	19
6. Recommandations pour l'exposition	20
6.1 Evaluation des conditions de conservation actuelles	20
6.2 Propositions d'amélioration	22
6.3 Accrochage	23
7. Nettoyage superficiel des vitraux	28
7.1 Tests de nettoyage	28
7.2 Mise en œuvre des nettoyages	29
8. Discussion	32
9. Conclusion	34
Bibliographie	35
Sources écrites	35
Sources auxiliaires	38
Références consultées non citées	38
Liste des tableaux	39
Liste des documents	39
Liste des figures	40
Crédits photographiques	43

Annexes	44
10. Acronymes et abréviations	44
11. Glossaire	45
12. Photographies	48
13. Mécanismes d'altération et sensibilités des matériaux	52
13.1 La corrosion du verre	52
13.2 La corrosion du plomb	53
13.3 Sensibilités des alliages ferreux	54
13.4 Sensibilités du bois	54
14. Constats d'état	55
14.1 Documents d'accompagnement	55
14.2 Matériel d'examen et de rédaction	65
14.3 Corpus de constats d'état	65
14.4 Photographies de détails	70
14.5 Analyses FTIR	73
15. Recommandations	82
15.1 Relevés climatiques	82
15.2 Santé et sécurité lors de la manipulation d'objets contenant du plomb	84
15.3 Manuel de recommandations pour le musée	85
15.4 Récapitulatif des propositions d'amélioration	94
15.5 Estimation des coûts pour l'accrochage	95
16. Nettoyage	97
16.1 Présentation des outils et produits utilisés pour les tests et fiches techniques	97
16.2 Résultats des tests de nettoyage	105
16.3 Résultats du nettoyage	109

Résumé

Le Vitromusée de Romont a prévu pour novembre 2021 de présenter une exposition sur le verre plat, ses mises en œuvre et son histoire. Leur souhait était donc de créer à partir de la préparation de cette exposition un protocole des actions à prendre avant une exposition, en commençant par la réalisation de constats d'état, suivies des interventions nécessaires concernant l'encadrement des objets ou la conservation de ceux-ci ; tout cela encadré par des règles de manipulation et de conservation préventive.

Les objets traités dans ce mémoire sont un corpus de quinze objets, dont huit ont été sélectionnés pour l'exposition. Il s'agit de verrières allant de la période médiévale au 20^{ème} siècle, des vitraux non figuratifs à des fenêtres de maisons modestes.

Ce mémoire contient d'abord la présentation de la création d'un modèle de fiche de constat d'état, sur la base du corpus des objets du musée, et des souhaits des conservatrices. A partir du corpus de constats d'état ensuite réalisés, des propositions de nettoyage et des solutions d'accrochage sont formulées. Aussi, depuis l'observation des conditions de conservation au sein de l'institution, des recommandations et des propositions d'interventions ont été faites.

A la fin du travail seront livrés au musée le modèle pour les constats d'état, ainsi que des documents d'accompagnement pour qu'ils puissent être remplis à l'avenir par le personnel du musée, le corpus de constats d'état, les huit verrières nettoyées, un manuel de recommandations ciblé sur la manipulation et l'exposition, basé sur les problématiques observées dans l'institution, et finalement des propositions de solutions d'accrochage accompagnées d'estimations des coûts. Le modèle et le corpus de constats d'état se trouvent dans un document annexe, en format numérique.

Abstract

Romont's Vitromusée has planned to present an exhibition on flat glass, its fabrication technology and its history, for November 2021. Their wish was therefore to create, from the preparation process of this exhibition, a protocol of actions to be taken before an exhibition, starting with condition reporting, followed by the necessary interventions concerning the framing of the objects or their conservation. All of these actions ought to be framed by handling, safety and preventive conservation rules.

The objects treated in this thesis are an ensemble of fifteen objects, eight of which were then selected for the exhibition. They are stained glass windows and glazings dating from the medieval period to the 20th century. It groups some non-figurative stained-glass windows, as well as glazing from modest houses or ateliers.

This dissertation begins with a presentation of the creation of a model condition report form, based on the objects in the museum collections, as well as the wishes of the curators. From the corpus of condition reports then realized, cleaning proposals and hanging technique solutions are formulated. Also, from an observation of the storage and exhibition conditions within the institution, recommendations of intervention proposals are made.

At the end of this work, the museum received the template for the condition report forms, as well as accompanying documents, so that condition reports can be filled out in the future by the museum staff. They also got the corpus of condition reports, the eight cleaned windows, a manual of recommendations, focused on handling and display, and finally proposals for hanging the objects in the exhibition as well as budget estimations.

1. Introduction

Le Vitromusée de Romont (VMR) prévoit en novembre 2021 une exposition sur le verre plat, ses mises en œuvre et son histoire. Pour ce faire, un corpus d'objets a été sélectionné dans les collections afin d'illustrer le propos. En avril 2021, le mandant a sélectionné quinze objets pour l'exposition, dans le but de réaliser préalablement des constats d'état, avant de faire le choix final pour l'exposition. Pour ce faire, un modèle de fiche de constat, systématique et réutilisable à l'avenir, a d'abord dû être créé. Puis, huit objets ont été sélectionnés pour l'exposition, et la demande du mandant a donc été de réaliser un nettoyage superficiel de ces verrières et des propositions d'accrochage, basés sur les constats d'état réalisés en amont.

Le mandant souhaitait également qu'un travail d'observation des conditions de conservation soit mené, afin de créer à partir de cela un manuel de recommandations de conservation préventive et des propositions d'interventions de conservation préventive, ciblés sur le musée et ses problématiques propres. Ce travail cherche donc à renforcer le lien entre les différents acteurs du musée et la conservation préventive dans le cadre de préparation d'expositions, par la création d'aide-mémoires pour le personnel du musée.

Les limitations principales liées à la mise en œuvre de ce projet sont les contraintes budgétaires, particulièrement pour les questions d'accrochage, et les contraintes organisationnelles. Ces contraintes sont cependant une réalité dans grand nombre d'institutions culturelles, et permettent de fixer ce travail dans un contexte professionnalisant et intéressant du fait de ses limitations notamment.

Les verrières non figuratives, provenant de demeures modestes ou d'ateliers sont une source d'informations peu exploitée, et sont peu exposées dans les musées. Elles sont cependant intéressantes car elles portent des informations précieuses sur les techniques de fabrication et les traitements de réparation et de restauration anciens, ainsi que sur l'histoire de l'architecture. Les verrières et vitraux sont également des sujets d'étude intrigants du fait de la mixité de leurs matériaux constitutifs.

2. Méthodologie

Après une présentation du contexte patrimonial dans lequel s'inscrit le travail, une partie théorique abordera les différents aspects matériels du sujet : les verrières, le verre, le plomb et les autres matériaux d'encadrement. Puis, la première étape du travail pratique sera de dresser un modèle de fiche d'évaluation de l'état des objets. La méthode utilisée et les réflexions menées seront traversées, avant de résumer les constats d'état des huit objets qui seront exposés.

Afin d'appuyer ces constats et leur diagnostic, des analyses seront menées, par spectroscopie infrarouge à transformée de Fourier (FTIR), afin d'identifier les produits de corrosion du plomb et de déceler l'éventuelle présence de corrosion active. Un pronostic sera ensuite formulé pour ces objets, en centrant ce dernier sur l'exposition, notamment sur les notions de stabilité structurelle des objets et de leur valeur esthétique.

Ensuite, à partir d'une documentation des conditions de conservation actuelles, dans le lieu d'exposition temporaire ainsi que dans les lieux de travail, des propositions d'amélioration seront formulées. Cette documentation sera basée sur des observations et sur des relevés climatiques, mesurés par des capteurs Datalogger MSR IP60 en place dans le musée. Plusieurs options d'accrochage seront également formulées et comparées, selon l'état et la structure des verrières. La comparaison se basera sur les critères budgétaires, temporels et de l'innocuité*¹ sur les objets.

Puis, le travail de nettoyage des verrières sera détaillé. D'abord, des tests ont été menés, où la facilité d'application, l'effet sur la santé, l'efficacité, l'innocuité et la compatibilité seront évalués. Une fois les meilleures techniques déterminées, la mise en œuvre des nettoyages sera présentée.

Enfin, une discussion des résultats obtenus et des choix effectués permettra de reprendre une vision générale du travail réalisé et de conclure ce dossier.

¹ Tous les mots suivis d'une * sont définis dans le glossaire, p.45-47.

3. Contexte patrimonial

3.1 *Le Vitromusée et son organisation*

²Situé dans le château de Romont, au sommet d'une colline du canton de Fribourg, le Vitromusée collectionne, conserve et expose des objets liés aux arts du verre et du vitrail. Le musée a ouvert ses



Figure 1 : L'entrée du Vitromusée. A droite, le château Savoyard et à gauche le château fribourgeois

portes en 1981 et le Vitrocentre, le centre de recherche sur les arts du verre, en 1988. Il est porté par une fondation privée, et a plusieurs partenaires régionaux et nationaux³.

Les collections regroupent vitraux, peintures sous verre, objets en verre, œuvres graphiques, ainsi que des outils et matériaux liés à la fabrication du verre. Les espaces d'exposition sont composés d'une part du château Savoyard, dans lequel

sont présentés les vitraux⁴, les objets en verre et les expositions temporaires, et de l'autre, le château fribourgeois, où se trouvent les peintures sous verre, qui est occupé depuis 2006. Les deux bâtiments sont reliés par une passerelle.

Actuellement, Vitromusée et Vitrocentre sont sous la direction de Mme Francine Giese. Trois conservatrices travaillent pour le Vitromusée : Mmes Jennifer Burkard, Elisa Ambrosio et Sibylle Walther, responsables respectivement des vitraux, peintures sous verre et objets en verre. Les collections sont acquises par achats, donations, dépôts, prêts ou encore par sauvetage d'urgence d'œuvres verrières suisses.

Les objets hors exposition sont conservés principalement dans trois espaces : les œuvres graphiques, les objets précieux ou en cours d'étude sont au Vitrocentre ; les vitraux, verres, œuvres graphiques et peintures sous verre au dépôt Ecole Primaire ; toutes les verrières hors format sont au dépôt Poudrière. Les œuvres sont inventoriées sur *Filemaker*, une base de données en ligne regroupant les collections par typologie. Depuis 2017, la plateforme *Vitrosearch* a été mise en ligne, mettant à disposition du public des informations de l'inventaire sur une sélection d'objets.

² Tous les crédits photographiques sont donnés à la page 43.

³ Vitromusée [en ligne].

⁴ C'est le terme utilisé pour désigner la collection de verre architectural au sein du VMR. Il faut considérer que quand le terme « vitrail » est utilisé dans le chapitre 3.1, cela inclut toutes les verrières.

3.2 L'exposition « Du précieux au quotidien »

L'exposition « Du précieux au quotidien » qui ouvrira ses portes en novembre 2021, montrera le verre plat au travers d'une chronologie, de ses origines à nos jours. Au fil de l'exposition, les thèmes de la technologie de fabrication du verre plat, les styles et l'histoire de son utilisation dans l'architecture, ainsi que les liens entre les progrès sociaux et économiques et la fabrication du verre plat seront traités.

Les objets exposés proviendront des collections du musée, mais aussi de prêts, de verriers, d'une réserve de matériaux de construction anciens (Bauteillager, Berne), ou encore d'un prêt à long terme du Musée historique de Berne. Dans ce mémoire, les objets traités proviennent tous de la collection du Vitromusée⁵.

L'exposition sera présentée dans le Château Savoyard, dans les deux salles d'exposition temporaire au premier étage du musée⁶. Elle est conçue et préparée par Jennifer Burkard, conservatrice au Vitromusée, et Sophie Wolf, collaboratrice scientifique au Vitrocentre dans le domaine de la technologie de l'art du verre.

3.3 Valeurs des objets étudiés

Les verrières sont un cas particulier en ce qui concerne l'étude des valeurs, car elles ont une valeur d'usage intrinsèque, qu'elles perdent au moment de leur dépose*. C'est pourquoi les interventions de restauration menées sur une verrière jouant un rôle architectural ne sont pas les mêmes, et souvent bien plus invasives, que pour une verrière déposée. Certains de ces objets ont en plus de leur fonctionnalité une valeur esthétique.

Les verrières ont aujourd'hui une valeur d'information⁷, car elles permettent d'étudier, comprendre et illustrer des techniques de fabrication du verre plat et des techniques architecturales anciennes. Bien que la documentation liée à ces objets n'ait généralement pas de renseignements sur leur créateur, elles sont témoins d'une identité historique régionale. De plus, certains des objets provenant de demeures modestes sont en fait rares dans les collections muséales, puisque les verrières prestigieuses et esthétiques ont généralement été sauvées aux dépens d'éléments plus ruraux. On peut donc leur attribuer une valeur historique, et dans une moindre mesure, une valeur de rareté.

Finalement, les verrières qui seront exposées ont une valeur pédagogique, car elles serviront de support visuel pour illustrer un discours historique et muséographique.

⁵ Annexe 12 : Figures 14 à 23, p.48-50.

⁶ Annexe 12 : Figures 24 à 26, p.50-51.

⁷ English Heritage, 2008, p.28.

4. Technologie

4.1 *Les verrières*

Aux 12^{ème} et 13^{ème} siècles, les verrières sont apparues sous la forme de vitraux dans les bâtiments publics et les châteaux. Elles avaient trois rôles révolutionnaires dans la société médiévale européenne. D'abord un rôle politique, car la fermeture des ouvrants avec du verre permettait de conserver la chaleur à l'intérieur du bâtiment, afin que des réunions puissent avoir lieu également en hiver, en plus de la lumière qu'elles offraient pour l'écriture et la lecture. De plus, les vitraux ont eu un rôle important à jouer dans l'architecture, car ils ont contribué à la monumentalité des bâtiments gothiques, du fait du coût moins élevé du verre et du plomb que de la pierre. Finalement, ils ont joué un rôle social, car les vitraux dans les lieux de culte ont permis de communiquer à tous l'histoire biblique, non plus seulement par la parole mais aussi par les images⁸.

Le terme le plus général pour désigner une ouverture comblée d'une ou plusieurs pièces de verre plat, à fonction décorative et/ou fonctionnelle est la verrière. Elle peut être réalisée grâce à la technique du vitrail, de la vitrerie, ou du vitrage⁹, termes qui seront détaillés plus bas. Les verrières peuvent être géométriques, ornementales, figurées, abstraites, etc.

Le vitrail désigne un « ensemble de pièces de verre, généralement peu épaisses, découpées en formes diverses selon un dessin préétabli, translucides ou transparentes, colorées ou non et maintenues entre elles par un réseau de plombs¹⁰ ».

La vitrerie quant à elle désigne un ensemble de pièces de verre minces, de formes répétitives, et maintenues dans un réseau de plomb¹¹. On parle de vitreries à cives*, à losanges ou à chainons notamment.

Le vitrage est constitué par un ensemble de pièces généralement plus grandes, découpées dans des formes géométriques simples (carreaux) transparentes et incolores, mais parfois décorées ou gravées. Les éléments maintenant le verre peuvent être en fer et en bois.

Les premières étapes de la création d'une verrière sont la création du modèle et des cartons de coupe et d'assemblage. Pour les vitreries et les vitrages, les modèles sont plus simples et généralement réemployés, du fait des motifs répétitifs et communs.

⁸ Newton, 1987, p.6.

⁹ Blondel, 2000, p.20.

¹⁰ Pallot-Frossard, 2006, p.8.

¹¹ Blondel, 2000, p.54.

4.2 Le verre

Le verre est un matériau amorphe, solide, imperméable à l'eau, transparent et cassant. Il est de nature artificielle, et est produit par refroidissement rapide d'un mélange fondu¹². Dans sa composition il y a toujours de la silice, permettant de former la matrice vitreuse et des oxydes alcalins, ou fondants, servant à abaisser la température de fusion de la silice. Ces derniers peuvent être sodiques (Na_2CO_3) ou potassiques (K_2CO_3 , dans presque tous les verres médiévaux)¹³. Cependant, ces fondants rendent le verre instable et soluble, c'est pourquoi on y ajoute un stabilisant à base de calcium¹⁴. D'autres éléments peuvent être ajoutés au verre en fusion, comme de la fritte (verre recyclé), servant à abaisser la température de fusion du mélange davantage¹⁵. On retrouve également des oxydes métalliques, servant de colorants¹⁶ ou de blanchissants (oxyde de manganèse¹⁷) ou encore d'adjuvants (l'oxyde de bore rendant le verre plus résistant aux chocs thermiques par exemple¹⁸). Jusqu'au 19^{ème} siècle environ, le verre traditionnel contient énormément d'impuretés, lui conférant parfois une coloration ou des bulles¹⁹.

Mises en œuvre du verre plat

Il existe plusieurs techniques de création de verre plat au travers du soufflage. Pour commencer on soufflait dans une came métallique, afin de faire entrer de l'air dans un volume de verre en fusion – la paraison.

Au Moyen-Age, la technique la plus commune était le soufflage en cives, ou en couronne. La paraison une fois soufflée en forme de poire, est transférée sur un pontil*, puis ouverte en son centre et aplatie par une rotation rapide et continue (*Fig. 3, ci-dessous*) On reconnaît ce type de verre par une épaisseur plus importante en son centre et ses bords, ainsi que par la trace du pontil en son centre, si elle n'a

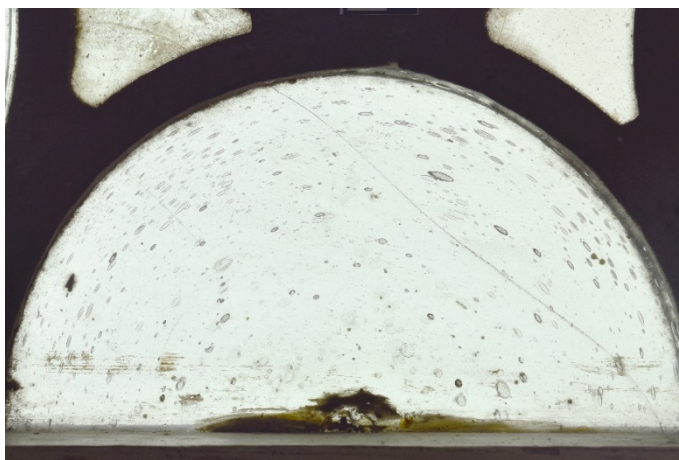


Figure 2 : Bulles concentriques d'une cive de verre (VMR_66)

pas été découpée. Les petites cives, utilisées tel quel peuvent aussi être reconnues par la présence de bulles allongées, longeant la forme concentrique de la cive (*Fig. 2, ci-dessus*). Le verre couronne est

¹² Pender et Godfraind, 2011, p.5.

¹³ Koob, 2006, p.11-12.

¹⁴ Pender et Godfraind, 2011, p.5.

¹⁵ Blondel, 2000, p.152.

¹⁶ Davison, 2003, p.76.

¹⁷ Davison, 2003, p.78.

¹⁸ Pender et Godfraind, 2011, p.5.

¹⁹ Koob, 2006, p.12.

brillant et très transparent, car il a été poli par la flamme des deux côtés, et est parfois ondulé²⁰. On parle aussi de soufflage « façon normande » car ils ont perfectionné la technique au 14^{ème} siècle et réussi à créer de très larges cives, allant jusqu'à un mètre cinquante de large²¹.

Une autre technique de soufflage de verre plat est la table de verre, ou verre de Lorraine (dès le 14^{ème} siècle). Un manchon de verre est soufflé, et formé en cylindre, en balançant la paraison soufflée. Puis, le manchon est séparé de la came de soufflage, et coupé longitudinalement par un fer chaud (*Fig. 3, ci-dessous*). Finalement, la plaque de verre est recuite et aplatie²². Cette technique permet d'obtenir de larges panneaux de verre réguliers. On l'utilisait souvent pour les verrières à losanges²³. Des reliefs peuvent être imprimés à la surface des verres²⁴. En 1834, un moule a été inventé pour souffler les manchons, ce qui a permis de créer des verres de plus grande taille et de meilleure qualité. Dès 1903 aux Etats-Unis, le processus a été mécanisé²⁵.

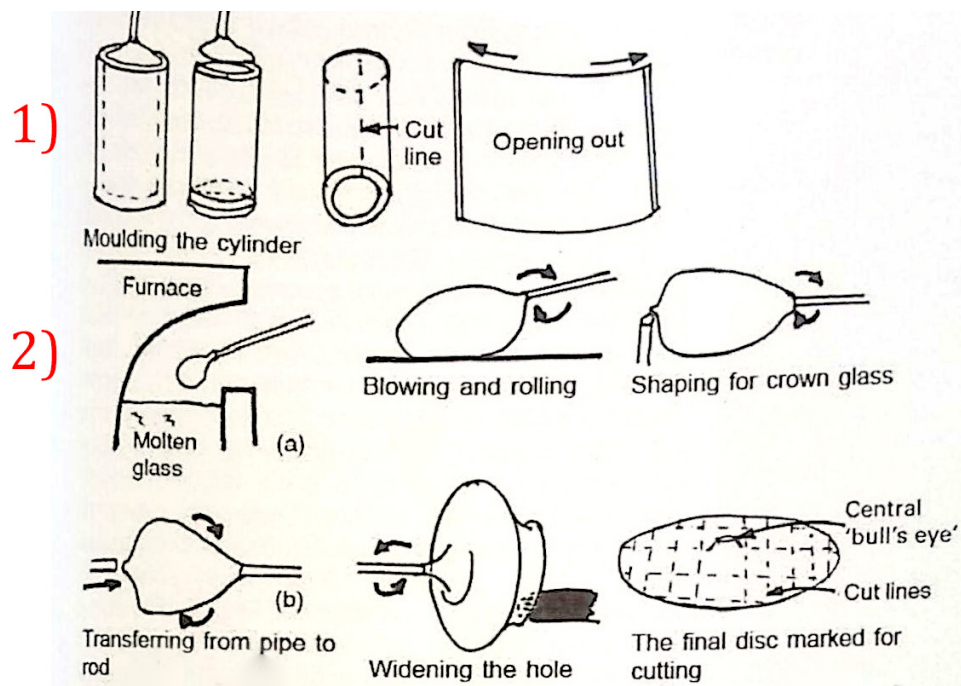


Figure 3 : Mise en œuvre du verre cylindre (1) et du verre couronne (2)

²⁰ Davison, 2003, p.128-129.

²¹ Pender et Godfraind, 2011, p.17-18.

²² Davison, 2003, p.126-128.

²³ Davison, 2003, p.62-63.

²⁴ Blondel, 2000, p.188.

²⁵ Pender et Godfraind, 2011, p.14.

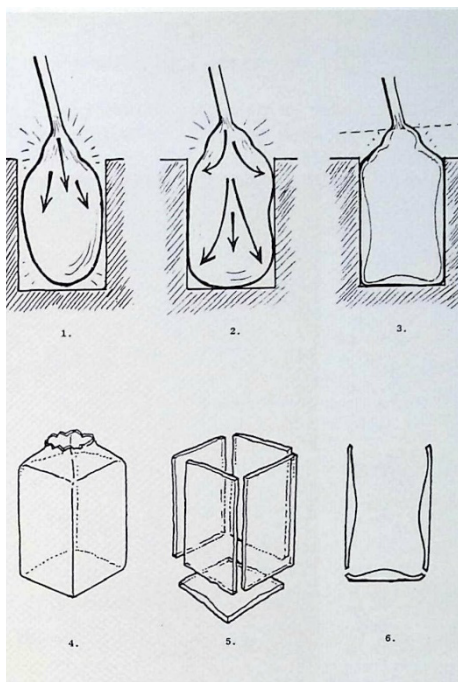


Figure 4 : Exécution des dalles normandes par soufflage forcé

Finalement, on retrouve aussi le soufflage forcé, ou la dalle normande. Une bouteille à section carrée est soufflée dans un moule, puis chaque panneau latéral et la base sont découpés, pour former des petits rectangles à épaisseur variable (*Fig. 4, ci-contre*).

En plus des techniques de soufflage, le verre peut également être coulé sur une table de coulage en métal. On obtient alors une plaque de verre qu'il faut ensuite polir pour obtenir du verre transparent et lisse²⁶. Avant 1800, le verre poli prend beaucoup de temps à manufacturer, et coûte donc extrêmement cher. Par la suite, le polissage devient mécanisé et les sources d'énergie moins coûteuses également²⁷.

Le verre laminé est produit par coulage du verre en fusion sur un plan incliné, qui va ensuite passer entre des rouleaux lamineurs, pouvant comporter des gravures²⁸. Cette technique

inventée au 19^{ème} siècle²⁹ permet d'obtenir un verre à motifs en relief.

Une fois le verre plat créé, il peut être découpé par un verrier, avec un fer rouge, ou un outil en diamant – dès le 16^{ème} siècle – ou en acier³⁰. La coupe au fer laisse des traces irrégulières sur les tranches du verre, et permet notamment d'identifier un vitrail d'époque médiévale. La pince à gruger*, permettant de raffiner la coupe de la pièce de verre, laisse également des traces caractéristiques³¹.

Verre coloré et décorations de surface

Lorsque les pièces de verre sont décorées, elles peuvent être colorées dans la masse, par introduction d'oxydes métalliques dans le verre en fusion³². Les décors plus fins peuvent ensuite être ajoutés avec de la grisaille, une poudre d'oxydes de fer, mélangée à un fondant (verre en poudre avec une température de fusion basse), de l'eau ou du vinaigre et un liant comme de la gomme arabique ou de

²⁶ Pender et Godfraind, 2011, p.175.

²⁷ Pender et Godfraind, 2011, p.24.

²⁸ Blondel, 2000, p.194.

²⁹ Davison, 2003, p.130.

³⁰ Pender et Godfraind, 2011, p.19.

³¹ Davison, 2003, p.65.

³² Pender et Godfraind, 2011, p.284.

l'huile, peints en surface du verre et cuit entre 600 et 650°C³³. La grisaille peut prendre une couleur rouge, brune ou noire.

D'autres techniques de coloration de surface comportent le jaune d'argent, les émaux* ou la peinture à froid. Les décors non cuits sont les plus fragiles, suivis des émaux³⁴. Le verre peut également être décoré par abrasion de la surface, en la gravant, en réalisant une attaque acide localisée, ou encore par sablage*³⁵.



Figure 5 : Décors à la grisaille, vus en lumière transmise

La longévité des décors dépend de la qualité des matériaux, de la technique de fabrication et des conditions d'exposition et d'entretien de la verrière. Les décors peuvent s'altérer si la température de cuisson n'a pas été assez élevée, ou s'il y a trop d'oxydes alcalins dans la composition du verre par exemple³⁶. Le nettoyage avec des produits inadéquats et la pollution atmosphérique peuvent également être des sources de dégâts pour les décors des vitraux.

³³ Pender et Godfraind, 2011, p.287.

³⁴ Pender et Godfraind, 2011, p.289.

³⁵ Pender et Godfraind, 2011, p.291.

³⁶ Pender et Godfraind, 2011, p.292.

4.3 Le plomb

Le plomb est un métal mou et ductile, utilisé dans la création de vitraux du fait de sa facilité de mise en œuvre. Il est très facile de le faire épouser précisément les contours des verres³⁷. Grâce à cette souplesse, il est aussi capable d'amortir et d'absorber les chocs et les contraintes physiques et donc de protéger le verre.

Les cames de plomb utilisées pour le vitrail ont une forme en H dont les parties se nomment l'âme et les ailes. Au Moyen-Age, les cames étaient créées par moulage, puis étirées et poncées. On peut les identifier par leur aspect de surface facetté³⁸. Plus tardivement, les cames étaient laminées* et l'âme était fraisée*, après le moulage (Fig. 6, ci-contre).

Les pièces de verre sont donc insérées sous les ailes de plomb, et souvent l'interstice était comblé de mastic, qui pouvait être à base d'huile de lin et de calcaire ou de

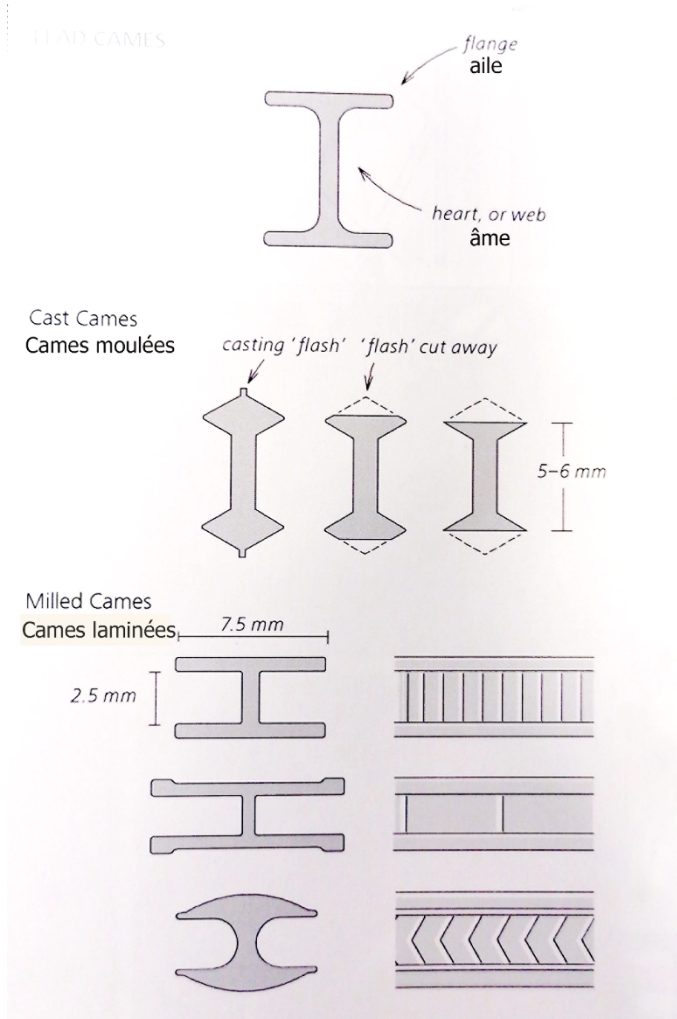


Figure 6 : Chronologie de la fabrication des cames

sciure de bois, afin d'assurer l'étanchéité de la verrière³⁹. Ces matériaux d'étanchéification, aussi appelés calfeutrage, doivent pour remplir leur fonction être souples et bien adhérents au substrat. Cependant, si un matériau inadéquat a été utilisé, ou si le mastic a subi une oxydation qui l'a durci et rendu cassant, la verrière peut subir des dégâts conséquents : dessertissage, chute de pièces, cassures, fentes, etc⁴⁰.

Les cames de plomb étaient ensuite soudées ensemble, généralement avec une soudure à l'étain, pour former le sertissage. Cette soudure peut être un lieu de fracture ou de corrosion préférentielle.

³⁷ Isingrini-Groult, 2021, p.55.

³⁸ Brown et Strobl, 2002, p.14-20.

³⁹ Isingrini-Groult, 2021, p.55.

⁴⁰ Pender et Godfraind, 2011, p.159-160.

Autrefois, il était commun de refaire le réseau de plomb tous les 100 ans, cependant, ce n'est plus d'actualité car il a été prouvé que ce n'est généralement pas nécessaire⁴¹. On constate donc que l'on ne retrouve généralement que très peu de sertissages originaux. Des problèmes de déformation et de casse surviennent cependant parfois, notamment lorsque les pièces de verre sont trop lourdes pour le plomb⁴².

Les produits de corrosion du plomb sous forme de poussières sont des substances très toxiques, et des précautions lors de sa manipulation et de son nettoyage sont donc obligatoires. Ce sujet est abordé en Annexe 15.2, aux pages 84 et 85.

4.4 Autres éléments d'encadrement

Une fois le verre et le plomb assemblés, ils sont fixés dans un cadre soit métallique, soit en bois. Une armature métallique est souvent ajoutée, composée de barlotières* et de vergettes*, fixés sur la face interne ou externe de la verrière⁴³. Des parties praticables peuvent aussi être créées, comme des portes coulissantes, des ouvrants, etc. Les armatures métalliques, tout comme les gonds, charnières et serrures sont souvent en fer.

Lorsque des panneaux de verre plus larges étaient disponibles, on créait des verrières avec uniquement des soutiens en bois. Les fenêtres séparées par des barres en bois étaient très utilisées dans les habitations modestes jusqu'au milieu du 20^{ème} siècle. Les cadres en bois étaient généralement peints, pour des raisons décoratives mais aussi pour protéger le bois des intempéries et des micro-organismes*. En général, il s'agissait de peintures à base de blanc de plomb dans de l'huile de lin, ce jusqu'en 1960⁴⁴. Les cadres pouvaient aussi être vernis ou cirés par exemple.

⁴¹ Brown et Strobl, 2002, p.14-20.

⁴² Pender et Godfraind, 2011, p.160-161.

⁴³ Pallot-Frossard, 2006, p.10-11.

⁴⁴ Pender et Godfraind, 2011, p.119.

5. Constats d'état

5.1 Méthode

Un constat d'état est défini dans la norme européenne EN 16095 comme un « enregistrement de l'état d'un bien, daté et signé, établi dans un but déterminé⁴⁵. ». En effet, un constat d'état est un outil essentiel de la gestion du patrimoine. Il peut contribuer à la prise de décisions de conservation, comme des choix de traitement de conservation-restauration, de programmation de mouvements ou de prêts. Il peut également servir d'outil de suivi des changements d'état des objets, au niveau individuel ou comme échantillonnage statistique de la collection. A ce titre, le document a une valeur archivistique, et il convient de le conserver avec soin.

La première étape de la création d'un modèle pour constater l'état des objets est donc de déterminer le but de cette fiche, ainsi que sa temporalité. En effet, si un constat est par exemple fait pour une durée à court terme, comme suivi de l'objet avant et après une exposition, ou s'il est fait sans limitation de durée, par exemple comme une étude de l'état présent de l'objet, à but documentaire et archivistique, le format et le contenu ne seront pas les mêmes. Il faut aussi déterminer qui sera le rédacteur des constats. Dans le cadre de ce mémoire, il s'agit d'une personne en formation de conservation préventive, mais par la suite il s'agira de conservatrices du musée ou du Vitrocentre, n'ayant pas nécessairement le vocabulaire nécessaire des altérations des matériaux, pour réaliser un constat d'état *ex nihilo*.

Les informations que doit obligatoirement contenir un constat sont son contexte (la date, le motif de la rédaction du constat, le nom du rédacteur, etc.), les informations de base permettant d'identifier l'objet (numéro d'inventaire, désignation, dimensions, photographies, etc.) et finalement le constat d'état, avec le relevé des altérations observées. Le constat peut également, selon son but, contenir des préconisations qui découlent de l'évaluation de l'état, comme des recommandations pour le transport, l'emballage ou la présentation par exemple⁴⁶.

Choix du format

Les fiches de constat d'état peuvent prendre une forme libre, ou s'inscrire dans un cadre systématique, comprenant par exemple des cases à remplir, ou des descripteurs à cocher. Le tableau suivant compare les avantages et les inconvénients des deux formats, bien qu'il soit aussi possible de créer un mélange des deux systèmes.

⁴⁵ AFNOR, PR NF EN 16095, p.4.

⁴⁶ Touillon- Ricci, 2011, p.21-23.

	Cadre libre	Cadre systématique
Avantages	<ul style="list-style-type: none"> • Grande précision possible • Possibilité de nuancer (les degrés d'altération par exemple) • Réalisable n'importe où avec un crayon et du papier • Format adaptable aux caractéristiques de chaque objet 	<ul style="list-style-type: none"> • Synthétique • Facilement lisible / aisance d'accès aux informations • Facile d'utilisation / remplissage • Peut permettre de se rappeler ce qu'il faut regarder sur l'objet
Inconvénients	<ul style="list-style-type: none"> • Oublis possibles • Non systématique • Long à lire 	<ul style="list-style-type: none"> • Limité à un type d'objet • Nécessite un ordinateur (et une imprimante parfois) • Peut être incomplet et ne pas inciter à regarder plus loin que les descripteur proposés
Contraintes	<ul style="list-style-type: none"> • Nécessite du temps pour le remettre au propre après l'évaluation de l'état de l'objet. • Nécessite un professionnel de la conservation familier avec les termes utilisés usuellement, afin que son constat soit compréhensible par tous les utilisateurs suivants. 	<ul style="list-style-type: none"> • On doit faire un choix de descripteurs précis, propres à la collection ou aux types de matériaux. • Phase de test nécessaire pour déterminer si les bons descripteurs ont été choisis

Tableau 1 : Comparaison entre l'utilisation d'un cadre libre ou synthétique pour les fiches de constat

Puisque les auteures des constats à l'avenir seront les conservatrices du musée, il a été choisi de créer un modèle systématique. Cette décision s'est aussi basée sur le fait que puisque les objets de la collection de vitrail, peinture sous verre et verre ont généralement des matériaux similaires, une liste de matériaux et d'altérations à cocher pourrait être faite sans qu'elle ne soit trop longue.

Présentation du modèle et des documents d'accompagnement

Le but de la fiche de constat pour le Vitromusée a été discuté avec Mme Burkard et déterminé comme étant un but de programmation des expositions et des prêts (suivi de l'état des objets avant et après, et éventuellement détermination des besoins de conservation-restauration), ainsi que comme constat d'état à l'arrivée des objets dans la collection, dans un but documentaire.

Le modèle a donc été créé avant de débiter la phase pratique au musée, et présenté pour correction à Mme Burkard. Après correction en fonction de ses remarques, le modèle a été testé en réalisant deux constats complets d'objets, afin de déterminer les éventuelles failles ou les éléments inutiles. Des documents d'accompagnement ont également été créés par la suite, comme aide-mémoires pour les conservatrices devant réaliser des constats à l'avenir. Puisqu'une équipe plurilingue travaille au VMR,

un glossaire traduit en allemand, anglais et français a été réalisé. Aussi, une marche à suivre, et aide-mémoire pour reconnaître certaines altérations spécifiques ont été rédigés⁴⁷.

Sur la première page du constat, les informations de base sur l'objet et son état peuvent être renseignées. Les cases « Etat de Conservation » ont été reprises des catégories existant déjà dans la base de données du musée. Sur la deuxième page, des photographies des deux faces des objets (vitraux et peintures sous verre) peuvent être intégrées. Il est conseillé de mettre une copie des photographies en noir et blanc et d'en augmenter la luminosité, afin que l'illustration des altérations apparaisse mieux.

Puis, la fiche peut être imprimée et le rédacteur peut observer l'objet et entourer, hachurer ou surligner au besoin les altérations qu'il observe, sur les photographies, en indiquant à côté le numéro correspondant. Idéalement, les altérations sont illustrées sur les photos avec les trois couleurs proposées, mais les numéros permettent de noter les altérations, même si l'on ne dispose que d'un crayon gris, bien que cela rende le constat moins lisible. Ce modèle de relevé des altérations a été inspiré d'un modèle vu à la Collection de l'Art Brut, créé par Mmes Mijanou Gold, technicienne des collections et Astrid Berglund, conservatrice, et adapté aux besoins et aux objets du Vitromusée.

Durant le constat, le rédacteur peut prendre des photographies de détail, relever des commentaires et d'éventuels diagnostics, et même réaliser des analyses, qu'il pourra alors ajouter à la fin de la fiche. Il est essentiel qu'à la fin du constat, la fiche soit datée, signée et digitalisée, afin que le document soit archivé et visualisable facilement. Une liste du matériel de rédaction et d'examen est en Annexe 14.2, page 65.

5.2 Résumé de l'état des objets

Les constats d'état ont été faits en mai 2021, puis une seconde fois après le nettoyage pour les objets ayant été nettoyés. En annexe 14.3, un exemple est donné aux pages 65 à 69. Le document ANNEXE_CORPUS DE CONSTATS, présente l'état actuel des objets, au 1^{er} juillet 2021. Dans ce chapitre seront détaillés les constats des objets allant être exposés en novembre avant leur nettoyage afin d'appuyer les propositions d'accrochage et de nettoyage.

On retrouve de manière générale des cassures sur tous les objets constatés. Des éléments sont manquants sur deux tiers des verrières : il s'agit généralement de pièces de verre, ou des attaches des sertissage en plomb aux vergettes. Cela peut jouer un rôle important dans la continuation des dégradations, car la structure se trouve fragilisée et plus apte à se déformer ou à s'affaïsser, conduisant à des cassures, des dessertissages du verre ou des fentes dans les comes de plomb. La plupart des objets sont dans des cadres faisant partie de l'objet. Les deux vitraux médiévaux sont dans des cadres

⁴⁷ Annexe 14.1 : p.55-65.

récents, en chêne. VMR_74 n'est pas encadré et son sertissage n'est pas en bon état⁴⁸, la vitrerie est donc très souple et risque de se casser à chaque manipulation ou si on le stocke à la verticale sans un soutien rigide.

On observe souvent de l'usure sur les cadres en bois⁴⁹ et une corrosion importante sur les vergettes et autres éléments en alliage ferreux, sous la forme de croûte ou de cratères⁵⁰. Cette corrosion, souvent pulvérulente et volumineuse, se dépose sur le verre et peut le tacher⁵¹. En ce qui concerne la corrosion du plomb, on observe des comes avec des produits de corrosion allant du blanc⁵² au noir⁵³. Cependant, les analyses FTIR menées sur des échantillons suspectés de corrosion active ont prouvé la présence de carbonates et de sulfates de plomb en général, des produits de corrosion stables et insolubles. Un doute subsiste avec l'objet VMR_723, qui pourrait comporter des acétates de plomb, mais le résultat est incertain⁵⁴.

Sur le verre, on observe des croûtes et des cratères importants sur les deux vitraux médiévaux VMR_723 et VMR_385⁵⁵, à cause des phénomènes de lixiviation et de corrosion expliqués plus tôt. Cette altération, ainsi que l'érosion, ont provoqué des lacunes dans les décors à la grisaille, particulièrement dans la partie basse de la verrière⁵⁶. Des griffures sur le verre⁵⁷, probablement causées par une tentative de nettoyage, ont aussi contribué à dégrader la surface et les décors. Sur la majorité des verrières, le verre est opacifié, notamment par cette couche de produits de dégradation, mais surtout par une couche d'encrassement ou d'empoussièrement très importante⁵⁸. On observe aussi, sur plusieurs verrières, des éclaboussures⁵⁹, probablement issues de travaux de peinture dans leur bâtiment d'origine.

Les cadres en bois peints sont généralement craquelés, et la peinture s'écaille parfois de manière importante⁶⁰. On observe aussi un encrassement⁶¹, parfois incrusté, et la présence de dépôts, comme des lichens, de la peinture ou encore des résidus de ruban adhésif⁶². Les assemblages sont généralement en bon état et l'on retrouve des assemblages en tenon et mortaise pour les angles, avec des chevilles de bois ou de métal les consolidant. Cependant, le bois est parfois très altéré et s'enfonce facilement avec une aiguille sur quelques millimètres, particulièrement sur les faces extérieures.

⁴⁸ Annexe 14.4 : Figure 28, p.70.

⁴⁹ Annexe 14.4 : Figure 29, p.70.

⁵⁰ Annexe 14.4 : Figures 30 et 31, p.70.

⁵¹ Annexe 14.4 : Figure 32, p.70.

⁵² Annexe 14.4 : Figures 33 et 34, p.70-71.

⁵³ Annexe 14.4 : Figure 35, p.71.

⁵⁴ Annexe 14.5 : p.73-81.

⁵⁵ Annexe 14.4 : Figures 36 à 39, p.71.

⁵⁶ Annexe 14.4 : Figure 40, p.72.

⁵⁷ Annexe 14.4 : Figure 41, p.72.

⁵⁸ Annexe 14.4 : Figure 42, p.72.

⁵⁹ Annexe 14.4 : Figure 43, p.72.

⁶⁰ Annexe 14.4 : Figure 44, p.72.

⁶¹ Annexe 14.4 : Figure 45, p.72.

⁶² Annexe 14.4 : Figures 46 et 47, p.72.

On observe aussi, sur plus de la moitié des verrières, que d'anciennes interventions ont eu lieu. On reconnaît notamment les pièces de verre remplacées par la déformation des ailes de plomb les entourant⁶³, la différence de couleur ou de texture des surfaces et le degré d'altération parfois différent⁶⁴. On retrouve également des retouches, des plombs de casse⁶⁵, des collages et des comblements.

Ci-dessous est présenté un tableau récapitulatif des altérations observées sur les verrières allant être exposées. On observe que certaines altérations physiques comme des cassures, de l'usure ou des fentes sont visibles sur la grande majorité des verrières. Cependant, nombreuses ne nuisent pas à la conservation à long terme des objets, ni ne risquent de provoquer des altérations futures. Les altérations nuisibles sont un nombre de cassures et une déformation importants, empêchant alors l'accrochage dans l'exposition, et l'encrassement et certains dépôts et taches, qui peuvent engendrer des dégradations.

N° d' inventaire	Déformation	Élément manquant	Griffure / usure / abrasion	Cassure / rupture	Fissure / fente	Dessertissage	Croûtes / cratères	Corrosion active	Encrassement / poussière	Moississures / micro-organismes	Corrosion uniforme	Tache	Dépôt	Craquelures / écaillage	Lacune	Opacification	Anciennes interventions
VMR_74	x	x		x	x	x	x		x		x	x	x				x
VMR_385	x	x	x	x	x		x		x		x		x		x	x	x
VMR_415a-c	x			x			x		x			x	x	x			
VMR_654	x	x	x	x	x		x		x	x	x	x	x	x			
VMR_659	x	x		x	x	x	x		x			x	x				x
VMR_723	x		x	x	x			x	x		x		x		x	x	x
VMR_10054		x	x	x			x		x			x	x				
VMR_10055			x	x	x				x			x	x	x		x	

Tableau 2 : Recensement des altérations fréquentes relevées sur les objets de l'exposition

⁶³ Annexe 14.4 : Figure 48, p.73.

⁶⁴ Annexe 14.4 : Figure 49, p.73.

⁶⁵ Annexe 14.4 : Figure 50, p.73.

5.3 Diagnostic

Avant de pouvoir dresser un diagnostic des altérations, il faut d'abord connaître les sensibilités des matériaux, et les mécanismes de dégradation qui peuvent les altérer.

Sensibilités du verre

Les altérations du verre peuvent dépendre de la composition et de la technologie de fabrication de celui-ci. Par exemple, les verres à fondants potassiques, plus courants au Moyen-Age en Europe, sont d'avantage susceptibles à une lixiviation⁶⁶. Les décors ou les gravures en surface peuvent aussi être des sites privilégiés pour la pénétration de l'eau et subir de la corrosion préférentiellement⁶⁷.

Tant qu'une verrière est en place dans un bâtiment, elle peut subir de nombreux dégâts liés au climat, par la condensation sur la face interne, les intempéries, la stagnation d'eau qui peut contenir des polluants* atmosphériques dissous, les cycles chaud/froid, la présence de micro-organismes et le vandalisme sur la face externe notamment. Aussi, si les éléments entourant le verre, comme le calfeutrage, la maçonnerie ou les structures métalliques sont dégradés, cela peut engendrer des tensions physiques et causer des dessertissements ou des ruptures des pièces de verre. L'entretien des verrières est aussi un facteur jouant un rôle dans l'état de ces dernières. En effet, si les mauvais produits sont utilisés, ou que le verre est rayé, des altérations peuvent être engrangées.

Une fois le vitrail déposé et conservé dans un dépôt du musée, le verre est toujours sensible à l'eau et à l'humidité, aux polluants atmosphériques, au rayonnement ultraviolet et aux chocs thermiques. De plus, le verre supporte mal la torsion et les chocs⁶⁸ et peut donc être altéré à cause d'un mauvais système de stockage, ou encore d'erreurs de manipulations ou d'accidents avec le public du musée par exemple.

Sensibilités du plomb

Le plomb est généralement résistant à la corrosion, mais peut corroder en présence d'eau contenant de l'oxygène et des gaz dissous. Les produits de corrosion du plomb sont généralement peu solubles, et forment alors une couche protectrice en surface du métal⁶⁹. Les produits de corrosion produits dépendent des gaz dissous et du pH* de l'eau. Le plomb ira donc de teintes noires à blanches, tout en étant généralement stable⁷⁰. En présence d'acide acétique ou formique dans l'atmosphère et d'une

⁶⁶ Annexe 13.1 : p.52.

⁶⁷ Mardaga, 2001, p.104-105.

⁶⁸ Vallée, 2020.

⁶⁹ Selwyn, 2004, p.131.

⁷⁰ Isingrini-Groult, 2021, p.55.

humidité relative* (HR) supérieure à 50%, le plomb peut développer une corrosion active. Les processus de corrosion du plomb sont détaillés en Annexe 13.2, aux pages 53 et 54.

En ce qui concerne les autres matériaux d'encadrement, fer et bois, les sensibilités de ces matériaux sont détaillées respectivement en annexes 13.3 et 13.4, aux pages 54 et 55.

Diagnostic

Beaucoup des altérations des verrières peuvent être attribuées aux conditions de conservation durant leur période d'utilisation. Les altérations du verre et du métal sont liées à une humidité trop élevée ou à la présence d'eau – de condensation (sur la face interne), de pluie ou à cause de micro-organismes – et de polluants, comme le dioxyde de carbone (CO₂) et de soufre (SO₂). Aussi, l'utilisation du bâtiment – comme les travaux, la combustion de cigarettes ou de bougies, et les chocs ou vibrations – peut avoir provoqué taches, encrassement, usure et cassures. Sur la face externe, les intempéries comme la pluie, le vent et le soleil ont souvent endommagé les cadres en bois. Les variations de température et d'humidité peuvent également expliquer les craquelures dans la peinture des cadres. Les interventions de réparation sont vraisemblablement aussi toutes liées à la période d'utilisation des verrières, car l'on souhaitait conserver leur étanchéité.

L'encrassement peut être non seulement lié à un manque d'entretien durant la période d'utilisation, mais aussi à de mauvaises conditions de conservation depuis leur dépose et dans les réserves. On peut noter que les verrières provenant de la Poudrière sont généralement plus empoussiérées.

Une fois les verrières déposées et sorties de la maçonnerie qui les soutenait, elles sont à risque de se déformer, lorsqu'elles ne sont pas soutenues par un cadre en bois ou des vergettes fixes par exemple. La déformation, tout comme les chocs physiques lors de la manipulation et le transport, provoquent des cassures tout particulièrement du verre, mais aussi des fentes dans le plomb ancien.

Finalement, en ce qui concerne la suspicion de corrosion active sur VMR_723, elle est probablement liée au cadre en chêne récent dans lequel l'objet est conservé et était auparavant exposé. Le chêne est un matériau connu pour dégager des acides organiques volatils pouvant provoquer l'apparition de corrosion active. Sur VMR_385, on retrouve des stéarates de plomb, liés soit à un traitement de la verrière avec de la cire ou un autre produit gras, soit au contact du plomb avec des acides gras provenant de nos doigts par exemple⁷¹.

⁷¹ Brambilla, 2021.

5.4 Impact des altérations sur le projet muséographique

Pour que les verrières puissent être exposées, leur stabilité physique doit être assurée. Aussi, la poussière pose un problème non seulement esthétique, mais peut aussi engendrer des réactions de dégradation, par accumulation d'humidité en surface du verre et des parties métalliques notamment. Les dépôts exogènes comme la suie ou la peinture peuvent également créer des réactions chimiques néfastes et endommager les surfaces sur lesquelles elles se sont déposées⁷².

De plus, certains des objets n'ont pas une stabilité physique adéquate pour être exposés, et risquent de se briser s'ils sont conservés ou exposés à la verticale à cause de leur déformation importante et de la fragilité de leur sertissage, ou de chuter si un contact accidentel avait lieu avec une personne du public. Ces observations vont permettre d'appuyer la nécessité de faire encadrer certaines des verrières (VMR_74) ou d'ajuster le cadre déjà existant, avec des cales en mousse (VMR_723).

⁷² Daniel Stettler, 2021.

6. Recommandations pour l'exposition

6.1 *Evaluation des conditions de conservation actuelles*

Si l'on considère les dix agents de dégradation du patrimoine⁷³, les facteurs jouant un rôle dans la dégradation des matériaux constitutifs des verrières sont l'humidité relative inadéquate, les variations soudaines et fréquentes de température, les polluants et les forces physiques. Evidemment, des facteurs dévastateurs tels que le feu, l'eau, le vol et le vandalisme peuvent détruire les objets, mais l'on va considérer ici que le Vitromusée a déjà toutes les infrastructures nécessaires pour contrer cela : alarmes, extincteurs, caméras de sécurité, etc. Dans le cadre de l'exposition temporaire, le risque de dissociation, ainsi que le risque lié à la lumière sont moindres.

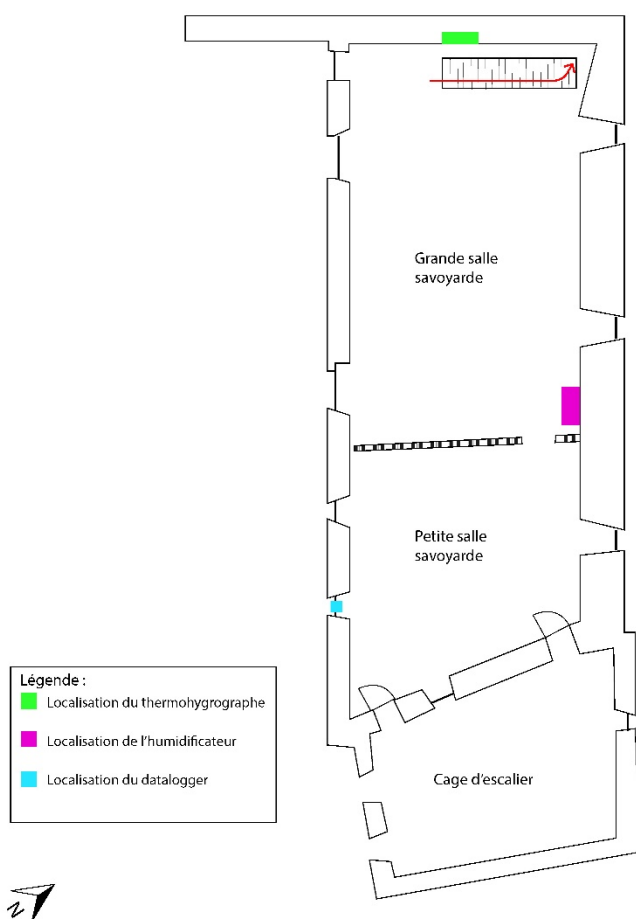


Figure 7 : Localisation des enregistreurs climatiques et de l'humidificateur

Humidité relative et température

Les espaces d'exposition temporaires ne sont pas dans des enceintes fermées par des portes, mais sont communicants avec le reste de l'aile savoyarde du musée. Le chauffage est fait par des radiateurs. Le bâtiment est ancien, avec des murs épais en molasse et des structures en bois. Des enregistreurs climatiques sont en place dans les réserves et les espaces d'exposition. Des thermohygrographes sont également en place et inscrivent en temps réel les conditions climatiques. Dans la grande salle savoyarde se trouve aussi un humidificateur et purificateur d'air (*Fig. 7, ci-contre*) adapté pour une pièce de 900 m³ maximum⁷⁴. Le volume des deux salles est estimé à 700 m³ environ, sans compter le niveau supérieur communicant.

L'enregistreur climatique dans la petite salle savoyarde a enregistré de grandes et fréquentes variations, allant parfois jusqu'à un saut de 20% d'HR en quelques jours. L'HR mesurée varie

⁷³ 10 agents de dégradation [en ligne], 2017.

⁷⁴ Humidificateur mobile Defensor PH28.

entre 23 et 58% environ, avec une moyenne autour de 30 à 50%⁷⁵. L'air est plus sec en hiver particulièrement, vraisemblablement à cause du chauffage. Dès septembre 2020 environ, on constate une augmentation conséquente de l'ampleur des variations climatiques⁷⁶. L'humidificateur, fréquemment entretenu et surveillé a toujours été en marche, mais il semblerait que de nombreuses alertes et messages d'erreur soient apparus depuis cette période, pouvant expliquer ces conditions.

Des mesures ont aussi été prises manuellement par les conservatrices autour des deux salles d'exposition temporaire. On remarque qu'entre les escaliers descendant de la salle d'exposition permanente, et la zone proche de l'humidificateur, il y a souvent une différence d'HR de 5%.

On constate une grande inertie thermique par rapport au climat extérieur, grâce aux épais murs en pierre, mais la température peut augmenter jusqu'à 26°C environ en été. Il est à noter qu'à l'intérieur des vitrines, la température augmente parfois jusqu'à 28°C environ, probablement à cause de l'éclairage, car il ne s'agit pas de lampes LED⁷⁷.

En ce qui concerne les dépôts, il serait intéressant de faire réaliser une étude climatique des relevés pris par les enregistreurs, mais les conditions de conservation optimales à viser sont identiques à celles pour l'exposition, autrement dit entre 15 et 22°C, avec une HR de 50% ± 10%. L'essentiel est de viser des conditions climatiques avec des variations journalières minimales (<5%)⁷⁸. Ces conditions sont valables pour les objets composites, comportant verre, métaux, peintures ou émaux et bois. Pour des objets uniquement en verre et en métal, une humidité plus basse serait acceptable.

Forces physiques

Les dégâts liés aux forces physiques peuvent survenir durant la manipulation et le transport des objets, un impact avec le public ou encore un mauvais système d'accrochage. Les verrières craignent surtout les chocs et la déformation.

La majorité des œuvres sont suspendues à l'aide de câbles au plafond de la salle d'exposition, afin de pouvoir être éclairées par l'arrière avec des spots. C'est donc au travers de la muséographie, de la signalétique et éventuellement de barrières que l'on peut réduire ce risque. Pour les manipulations et le transport, le risque va dépendre du respect des règles de précaution et de manipulation par le personnel mettant en place l'exposition, ainsi que l'utilisation de matériaux de calage adéquats pour les transports. Finalement, pour l'accrochage, il est essentiel de choisir le mode d'accrochage en fonction des fragilités de chaque objet – cela sera développé au chapitre 6.3.

⁷⁵ Annexe 15.1 : Figures 69 et 70, p.82-83.

⁷⁶ Annexe 15.1 : Figures 71 et 72, p.83-84.

⁷⁷ Annexe 15.1 : Figure 68, p.82.

⁷⁸ Mardaga, 2001, p.113 et 158.

Polluants

Les risques liés aux polluants vont également dépendre du choix de matériaux de conditionnement et d'accrochage. Par exemple, on va limiter l'utilisation de bois pour de longues durées ou dans une enceinte mal ventilée, ou choisir des essences de bois adaptées. La présence de polluants comme l'acide acétique ou formique peuvent engendrer des dégradations importantes du plomb, comme précédemment expliqué.

La poussière peut également poser un problème dans l'exposition, car elle crée des sites hygroscopiques*, et peut alors entraîner des dégradations liées à une humidité trop élevée sur les différents matériaux de l'objet. Les poussières et dépôts exogènes peuvent aussi contenir des produits instables chimiquement, ou encore toxiques pour les visiteurs. Ce risque lié aux polluants solides va dépendre du nettoyage des œuvres et de l'entretien des espaces d'exposition.

6.2 Propositions d'amélioration

Plusieurs améliorations de l'état de fait actuel seraient envisageables. Les propositions d'amélioration sont abordées sous trois angles : l'exposition, par le contrôle de l'environnement et le suivi des œuvres ; les réserves, par l'amélioration des conditions de stockage existantes ; le personnel, par des changements dans les règles de manipulation et de sécurité du personnel.

Comme constaté dans le chapitre précédent, on remarque des irrégularités du climat dans la salle d'exposition temporaire, particulièrement depuis le dernier tiers de l'année 2020. Selon Mme Elisa Ambrosio, conservatrice au Vitromusée, cela pourrait être lié à des dysfonctionnements de l'humidificateur. Une première proposition de traitement serait donc de faire réviser l'humidificateur, ou de le remplacer, avant de ré-évaluer si cela suffit à réguler le climat de manière adéquate. Aussi, l'utilisation de lampes LED serait à envisager, car l'éclairage actuellement en place peut faire chauffer considérablement la surface des objets, ou leur environnement s'ils sont dans une vitrine close. Concernant le risque des forces physiques, deux propositions sont à considérer. D'abord, il s'agit de choisir des modes d'accrochage respectant l'intégrité physique et la stabilité des objets, ce qui sera discuté au chapitre suivant. Aussi, des dispositifs de protection des objets exposés, par la mise en place de barrières ou d'alarmes peuvent être envisagés.

Finalement, il s'agirait d'appliquer le protocole de constats d'état à l'entrée des objets au musée, au début de l'exposition, et à leur sortie de l'exposition. Cela permettra de quantifier l'évolution des altérations, ou leur apparition au cours de l'exposition. Cela permet également de faire appel à un conservateur-restaurateur, sur la base de données quantifiables et illustrées. Ce protocole est particulièrement important dans le cas de prêts venant de collections externes.

Concernant l'amélioration des conditions de conservation des objets dans les réserves, quelques propositions sont à relever. D'abord, la réalisation de marquages directs sur les objets, plutôt que des étiquettes, souvent attachées avec du ruban adhésif et parfois perdues. Aussi, il serait intéressant de faire faire des études climatiques et spatiales des différents lieux de stockage, afin soit de justifier un déménagement des collections, soit d'améliorer les conditions existantes – protection de la poussière, régulation du climat, localisation des objets –, ainsi que pour déterminer les besoins en mobilier de stockage, notamment pour les objets hors formats.

Le manuel de recommandations rendu au musée est en annexe 15.3, aux pages 86 à 93. A l'intérieur sont données des règles de sécurité et de manipulation, ainsi que des listes de matériaux adaptés pour l'exposition et pour le stockage à long terme. Des indications sur le climat, l'éclairage, le choix du mobilier de stockage et un protocole pour le marquage direct sont également donnés. Finalement s'y trouve une liste de références bibliographiques utiles sur la conservation préventive, et une liste de fournisseurs. Les propositions d'amélioration pour l'exposition et les réserves sont toutes détaillées dans un tableau en annexe 15.4, aux pages 94 et 95.

6.3 Accrochage

Les verrières sont des objets particulièrement difficiles à accrocher, car elles sont grandes et lourdes mais, contrairement à des tableaux, elles doivent être éclairées depuis l'arrière⁷⁹ de manière à imiter l'éclairage naturel dans un contexte architectural. Au Vitromusée, les œuvres sont suspendues au plafond à l'aide de câbles métalliques et éclairés à l'aide de spots ou grâce à une fenêtre.

Les supports peuvent jouer trois rôles : le soutien structurel, la mise en valeur et la manutention⁸⁰. Idéalement, un bon support permettrait au personnel du musée de manipuler les œuvres facilement, et sans la présence d'un conservateur-restaurateur⁸¹. Les supports posent aussi des risques, ils peuvent exercer des contraintes – causant des déformations, des déséquilibres, et donc un risque de chute –, ou encore créer des abrasions aux points de contact avec l'objet⁸².

Le choix de support va dépendre de l'état des objets. Par exemple, le vitrail VMR_74 nécessitera un support sur mesure offrant non seulement un moyen de mise en valeur, mais surtout un soutien physique, pour contrecarrer ses fragilités structurelles et son affaissement. Dans le cadre des expositions au Vitromusée, les supports sont faits soit par un serrurier, soit par le personnel technique du musée – deux personnes ayant travaillé auparavant dans des métiers techniques manuels.

⁷⁹ Eatman [en ligne], 2008.

⁸⁰ Barclay, Bergeron et Dignard, 1998, p.4.

⁸¹ Eatman [en ligne], 2008.

⁸² Barclay, Bergeron et Dignard, 1998, p.4.

Le type de support va aussi dépendre de la valeur attribuée aux objets par les conservatrices. Le choix peut par exemple être fait de ne pas considérer les cadres des verrières comme faisant partie de l'objet patrimonial, ce qui influera donc sur les choix d'accrochage.

Les matériaux utilisés pour la réalisation des supports ont diverses fonctions : soutien, matelassage, finition, adhésif et attaches⁸³. Les matériaux doivent être sélectionnés en fonction de leur compatibilité avec les matériaux des objets, et de la durée de l'exposition⁸⁴. On peut utiliser des matériaux considérés comme inadéquats, par exemple le néoprène ou le bois, si c'est pour une courte durée. Cependant, il est essentiel de considérer que les supports ne doivent pas rayer ou user l'objet, et ne pas le dégrader chimiquement, en dégagant des acides ou en provoquant une corrosion galvanique* par exemple. La dégradation chimique n'a lieu que si le climat en salle d'exposition est inadapté, et que l'humidité relative est trop élevée.

Propositions d'accrochage pour l'exposition

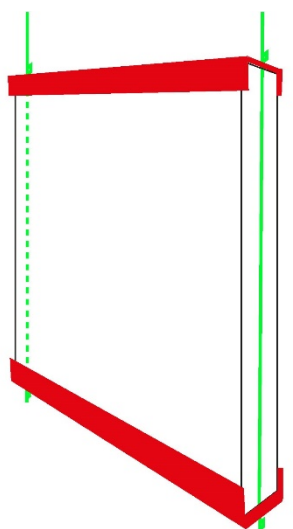
Les huit objets à suspendre dans l'exposition ne le seront pas tous de la même manière. Les deux vitraux médiévaux VMR_385 et VMR_723 seront accrochés grâce à leur cadre en bois déjà existant. Les objets VMR_74 et VMR_415 a-c seront encadrés par un serrurier, pour des raisons de soutien structurel pour le premier, et pour créer un support encadrant les trois éléments en un ensemble pour le second, ce qui est une structure complexe à réaliser.

En ce qui concerne les quatre autres objets, plusieurs options sont possibles et sont illustrées ci-dessous et détaillées dans le tableau à la page 24. Il est à noter que pour VMR_659, il est également envisageable d'utiliser les ouvertures existantes autour du vitrail pour passer des câbles avec des gaines, et le suspendre facilement. En effet, le cadre en fer est très solide et ne risque pas de déformation, sur la courte durée de l'exposition.

⁸³ Garcia Gomez, 2011, p.76, 86 et 90.

⁸⁴ Annexe 15.3 : p.89.

Option A : profilés en U



Visualisation de la suspension d'un objet

Figure 8 : Suspension d'une verrière avec des profilés en U et des câbles maintenus avec quatre serre-câbles

Option B : Cornières sur mesure

Réalisation de cornières sur mesure, permettant d'empêcher le basculement, aux quatre coins de l'objet, et de maintenir le câble. Le câble joue ici le rôle de soutien, et les cornières permettent d'orienter la verrière (empêcher le basculement) et de guider le câble.

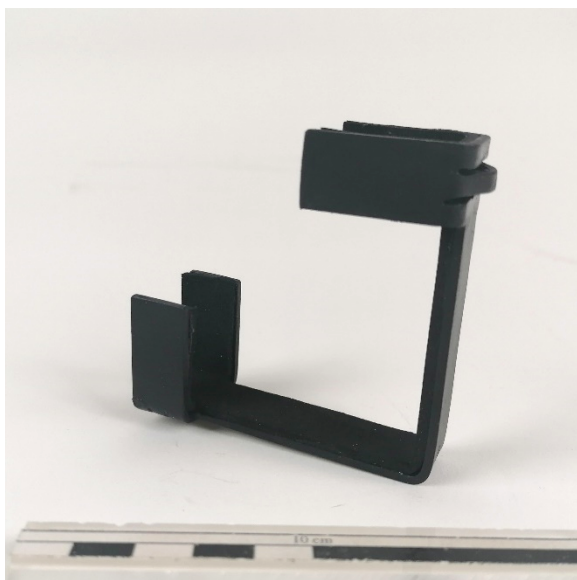
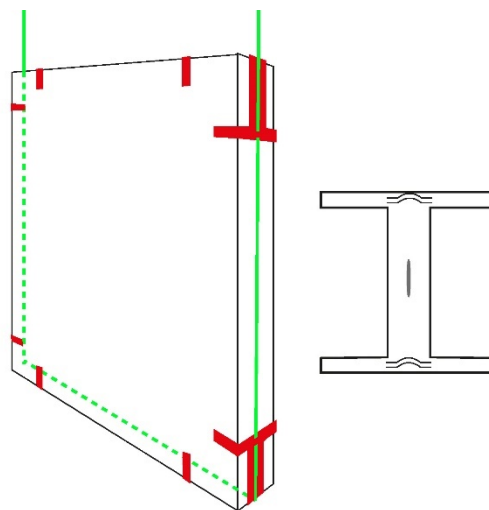


Figure 10 : Prototype de cornière sur mesure en acier de construction peint et matelassé en néoprène



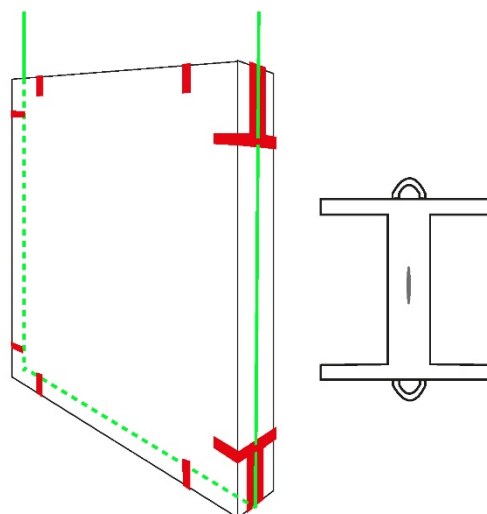
Visualisation de la suspension d'un objet

Cornière, avant pliage

Figure 9 : Suspension d'un objet avec des cornières sur mesure et un câble. Vue à plat de la cornière

Option C : Cornières « standardisées »

Sur le même principe que les cornières sur mesure, des cornières standardisées, découpées au laser et pouvant être utilisées sur tous les objets à exposer, mais aussi à l'avenir, sont conceptualisées. On peut alors plier facilement le H découpé à l'aide de pinces plates, au format et au profil désiré⁸⁵. Les boucles aux deux extrémités peuvent être pliées pour faire passer le câble.



Visualisation de la suspension
d'un objet

Cornière, avant pliage

Figure 11 : Suspension d'un objet avec des cornières et un câble. Vue à plat de la cornière standard

Option D : Perçage des cadres en bois

Les cadres sont percés et des crochets installés. Ce type d'accrochage dépend fortement de la résistance et de la solidité des assemblages des cadres anciens. Il est invasif et irréversible, bien que le trou puisse être mastiqué. Ce mode d'accrochage va à l'encontre des principes éthiques de la conservation-restauration de la réversibilité et du caractère non-invasif des interventions, et est donc déconseillé, à moins que les cadres ne soient pas considérés comme patrimoniaux au même titre que les verrières qu'ils contiennent.

⁸⁵ Rapp, 2021.

Matériel nécessaire	Avantages	Inconvénients
Encadrement par un serrurier		
Câbles ø 2 mm	<ul style="list-style-type: none"> - Fait sur mesure - Discret et esthétique - Adapté aux besoins des objets - Aucun temps de travail pour les techniciens du musée, à part l'accrochage 	<ul style="list-style-type: none"> - Coûteux : selon le devis, 880 francs pour VMR_74 - Non réutilisable
Option A – Profilés en U		
Deux profilés en U en acier inox ou aluminium Câbles ø 2 mm et serre-câbles Mousse PE et colle blanche Perceuse	<ul style="list-style-type: none"> - Mise en œuvre rapide - Non invasif - Profilés éventuellement réutilisables pour des objets de format similaire 	<ul style="list-style-type: none"> - Cache en partie les cadres des verrières - Pas discret - Les profilés utilisables dépendent de ce que l'on peut trouver dans le commerce
Option B – Cornières sur mesure		
Tôle d'acier (ép : 1.5 mm) ou aluminium Câbles ø 2 mm Mousse PE et colle blanche Etau / pinces plates Scie à métaux Limes / papier abrasif Poste à brasure forte	<ul style="list-style-type: none"> - Adaptable précisément au profil de chaque objet - Discret et non invasif - Si l'outillage est déjà à disposition, le matériel est peu coûteux⁸⁶ - Peu de contrainte exercée sur l'objet 	<ul style="list-style-type: none"> - Prend du temps à réaliser (env. 4-5 heures par objet⁸⁷) - Demande un outillage conséquent - Non réutilisable
Option C – Cornières « standardisées »		
Pièce de tôle découpée Pinces plates Câbles ø 2 mm Mousse PE et colle blanche	<ul style="list-style-type: none"> - Adaptable précisément au profil de chaque objet - Discret et non invasif - Peu d'outillage nécessaire - Peu de contrainte exercée sur l'objet - Réutilisable - Relativement rapide de mise en œuvre par le personnel technique 	<ul style="list-style-type: none"> - Découpage par une entreprise, peut être coûteux
Option D – Perçage des cadres en bois		
Perceuse Crochets / vis Câbles ø 2 mm et serre-câbles	<ul style="list-style-type: none"> - Mise en œuvre rapide - Discret - Peu coûteux 	<ul style="list-style-type: none"> - Invasif, peut créer des fentes dans le bois, ou des ruptures des assemblages, qui peuvent mener à une chute de l'objet - Irréversible

Tableau 3 : Comparaison des différentes options d'accrochage

⁸⁶ Annexe 15.5 : « Estimation des coûts pour l'accrochage », p.95-96.

⁸⁷ Estimation basée sur le fait que tout le matériel soit à disposition, selon l'expérience de la réalisation du prototype par l'étudiante avec l'aide de M. Guillaume Rapp.

7. Nettoyage superficiel des vitraux

7.1 Tests de nettoyage

Le nettoyage des verrières pour l'exposition a plusieurs portées. D'abord, c'est un souhait des conservatrices de rendre au verre sa translucidité, qui est parfois totalement obscurée par de la poussière ou d'autres dépôts exogènes. Cela nuit à la lisibilité des objets, et à leur valeur esthétique. De plus, la présence de dépôts sur les verrières, particulièrement les dépôts avec une part organique, contribuent à créer des dégradations en surface du verre et des métaux, en favorisant l'accumulation d'humidité en surface⁸⁸. La poussière peut également servir de milieu nutritif pour les micro-organismes, qui peuvent alors coloniser les cadres en bois par exemple.

Certains dépôts sont cependant stables, voire protecteurs pour le matériau sous-jacent, comme les croûtes de corrosion du verre, ou la corrosion stable des métaux. Remettre à jour le verre ou le métal sous-jacent représente donc d'avantage un risque que de conserver cette couche, même si elle est parfois considérée peu esthétique⁸⁹.

Le nettoyage est une intervention irréversible, mais avec une durabilité moyenne. En effet, la poussière risque de revenir se déposer à la surface des objets au cours de leur stockage, le mobilier de stockage et les conditionnements existants ne permettant pas la protection totale des objets.

Les tests de nettoyage permettent de sélectionner la ou les techniques offrant les meilleurs résultats. Les facteurs d'évaluation des techniques de nettoyage sont les suivants : facilité de mise en œuvre, santé et sécurité de l'utilisateur, ressources humaines et matérielles nécessaires, efficacité, innocuité et compatibilité avec les matériaux adjacents⁹⁰. Les techniques testées sont présentées en Annexe 16.1, aux pages 97 à 104.

Il s'agit donc d'abord de sélectionner une zone de test, discrète mais représentative de l'état général de l'objet. Puis, cette zone est documentée, par une description écrite, des photographies normale et sous grossissement (Dinolite®). Puis, les différentes techniques sont testées et documentées selon le même procédé. Les résultats détaillés des tests sont présentés en Annexe 16.2, aux pages 105 à 108

⁸⁸ Seliger, 2013 [en ligne].

⁸⁹ Ibid.

⁹⁰ Pender et Godfraind, 2011, p.81.

7.2 Mise en œuvre des nettoyages

Aspects théoriques

Avant tout nettoyage, il est essentiel d'évaluer l'état des différents matériaux présents, ainsi que les éventuelles zones de fragilité⁹¹. Si l'on trouve des peintures à froid, une irisation ou une micro-fissuration du verre par exemple, le nettoyage doit être mené avec beaucoup de précautions, et les solvants sont à proscrire. Si un doute subsiste, il est meilleur de ne rien faire que d'endommager les matériaux de manière irréversible.

Les verrières sont des objets composites, et les différents matériaux présents requièrent et supportent des techniques et des produits différents. Pour le verre, des moyens de nettoyage mécaniques peuvent être employés, en veillant tout particulièrement à ce qu'ils ne rayent pas la matière. Des pinceaux ou des éponges peuvent être testés. Le nettoyage avec des solvants est souvent recommandé pour le verre sain. De l'eau distillée mélangée à un solvant permettant d'évaporer le liquide plus rapidement sont souvent préconisés dans la littérature⁹². On peut également utiliser un tensio-actif*, qui permet d'augmenter la mouillabilité de l'eau, ou encore des gélifiants, qui permettent de mieux gérer la diffusion des solvants. Un exemple de gélifiant est la gomme xanthane, pouvant être ajoutée à 1% w/w dans un mélange hydroalcoolique par exemple⁹³. Ces solvants peuvent être couplés à une action mécanique, par exemple avec des badigeons ouatés, ou sur une patte microfibre. Ils peuvent aussi être appliqués en compresse, pour solubiliser des dépôts très adhérents par exemple⁹⁴.

En ce qui concerne le plomb, il ne nécessite généralement pas ou peu de nettoyage, hormis un dépoussiérage, car l'on ne souhaite pas retirer la couche protectrice de corrosion. Cependant, sur le plomb et toute la verrière, il risque d'y avoir des poussières de plomb toxiques⁹⁵. Un nettoyage humide ou mécanique sous aspiration contrôlée, filtré HEPA, et avec le port d'un masque FFP3 peuvent être envisagés⁹⁶.

En ce qui concerne le bois, s'il n'est pas peint ou vernis, les solvants sont à éviter, car ils risquent de former des auréoles, en solubilisant les produits de dégradation ou les tannins du bois puis, en séchant, de créer des taches circulaires sombres (front de séchage). Un nettoyage mécanique est donc envisageable, avec des pinceaux ou des éponges. En ce qui concerne le bois peint ou vernis, il est possible d'utiliser des solvants, après qu'un test de solubilisation soit fait. Les dépôts ne sont pas

⁹¹ Fontaine-Hodiamont, 2018, p.15.

⁹² Koob, 2006, p.39-46. ; Fontaine-Hodiamont, 2018, p.15-16 ; Seliger, 2013 [en ligne].

⁹³ De Corneillan, 2021, courriel du 14.06.2021.

⁹⁴ Pallot-Frossard, 2006, p.33.

⁹⁵ Annexe 15.2 : p.84-85.

⁹⁶ De Corneillan, 2021, courriel du 14.06.2021.

systématiquement retirés cependant. Cela va dépendre de leur nocivité pour l'objet, ainsi que la possibilité de les retirer sans risque d'endommager d'avantage les matériaux.

Validation des tests et choix de techniques

Une fois les tests réalisés, les meilleures techniques ont été déterminées et une validation du protocole a été faite par Mme Hortense de Corneillan, conservatrice-restauratrice spécialisée en céramique et verre. Le résultat des tests a également été consulté et validé par Mme Burkard, conservatrice au Vitromusée.

Les techniques et produits retenus sont donc les suivants :

Type de surface	Produits / outils	Technique
Verre sans décors et plomb	Eau distillée et éthanol 50% (v/v) Patte microfibre Bâtonnets en bois et ouate	Imbiber légèrement la patte et la passer en surface de l'objet. Pour les zones difficilement accessibles ou les dépôts, rouler le badigeon ouaté légèrement imbibé de solvants en surface, en jetant la ouate dès qu'elle est sale.
Verre décoré à la grisaille et plomb	Pinceaux de duretés variables Masque FFP3 Aspirateur filtré HEPA	Brosser la surface de l'objet avec un pinceau, en dirigeant les poussières en direction du tuyau d'aspirateur. Veiller à ne pas griffer la surface avec la virole métallique.
Verre à proximité de bois	Eau distillée et éthanol 50% (v/v) + gomme xanthane 1% (w/w) Bâtonnets en bois et ouate	Imbiber légèrement le badigeon ouaté du mélange, en enlevant l'excès sur du papier absorbant, et le rouler en surface du verre, en jetant la ouate dès qu'elle est sale.
Bois brut	Pinceaux de duretés variables Masque à poussières Aspirateur	Brosser la surface de l'objet avec les pinceaux, en dirigeant les poussières en direction du tuyau d'aspirateur. Veiller à ne pas griffer la surface avec la virole métallique.
Dépôts sur du bois peint ou vernis	Eau distillée et éthanol 50% (v/v) Bâtonnets en bois et ouate	Tester d'abord si le revêtement est imperméable et s'il ne se dissout pas. Au cas par cas, essayer de retirer les dépôts s'ils sont nuisibles pour l'objet, en roulant le badigeon ouaté imbibé de solvants en surface du bois.

Tableau 4 : Récapitulatif des techniques validées pour le nettoyage

Mise en œuvre des nettoyages et bilan

Finalement, les huit objets ont été nettoyés, de manière plus ou moins extensive. Les deux vitraux médiévaux à décors ont simplement été dépoussiérés au pinceau doux et sous aspiration contrôlée. En effet, les dépôts et produits de corrosion du verre peuvent non seulement protéger la surface du verre, mais sont aussi des marqueurs d'anciennes interventions, ou de la non-intervention. On peut notamment identifier les pièces de verre de remplacement avec facilité, du fait qu'elles ne comportent pas les mêmes altérations.

Le nettoyage a permis de rendre au verre sa transparence, parfois entièrement perdue à cause de la couche de dépôts exogènes. Les dépôts comme les éclaboussures ont généralement pu être nettoyés avec facilité. Aussi, les résidus de ruban adhésif sur les fenêtres VMR_415a-b ont pu être retirés en grande partie avec le mélange de solvant hydroalcoolique. Cela a pu être fait car la peinture est résistante à l'eau, et qu'elle ne s'écaillait pas dans cette zone. Cependant, certaines taches de corrosion du fer déposées sur le verre, ou certaines taches de peinture sur les cadres en bois non peints n'ont pas été retirées.

On observe souvent que le verre après nettoyage a encore par endroits un voile légèrement mat. Cela est synonyme d'une dégradation de la surface du verre, possiblement à cause de la stagnation d'humidité dans cette zone, et doit être conservé. Son retrait signifierait pénétrer sous la surface originelle du verre.



Figure 12 : Couche de dégradation du verre, conservée lors du nettoyage

Le nettoyage réalisé a influé sur les valeurs esthétiques, mais aussi historique des objets. Il a pu révéler ou mettre en évidence des détails auparavant peu visibles. On voit mieux les nuances de couleur entre les pièces de verre de VMR_659, les motifs ondulés de VMR_74, les bulles dans le verre de VMR_10054, ainsi qu'une zone de feuillement, liée à un défaut de fabrication ou à une altération, par la présence de micro-organismes peut-être⁹⁷ (?). Il permet une meilleure appréciation de la surface et de la structure des verres, ce qui est utile pour la recherche, et la présentation au public.

Le temps de nettoyage était estimé à 48 heures, en fonction de la taille et du degré d'encrassement de chaque verrière. Cependant, il a pu prendre moins de temps qu'estimé, en réalité environ 40 heures. Les photos prises avant et après le nettoyage sont en Annexe 16.3, aux pages 109 à 113.

⁹⁷ Annexe 16.3 : Figure 123, p.113.

8. Discussion

Les différentes tâches réalisées durant ce travail ont permis d'améliorer, à petite échelle, les conditions de conservation au sein du musée. Le modèle de fiche de constat pourra servir pour le suivi des œuvres lors de prêts ou d'exposition. La fiche permet de simplement et rapidement relever et visualiser les altérations. Cependant, elle ne permet pas de donner des informations précises sur le degré d'altération, à moins de prendre des photographies de détails, ou de rédiger davantage en annexe. Aussi, le processus de photographie et d'importation des images représente une réelle perte de temps dans le protocole, car il n'existe pas de photographies de tous les objets du musée. On peut imaginer réaliser des schémas en cas de besoin de constat très rapide, mais l'on perd alors en précision.

Quant aux propositions d'amélioration et au manuel à l'attention du musée, ils serviront de clés pour des améliorations, applicables immédiatement ou dans un futur plus lointain, selon les limites budgétaires et humaines de l'institution.

Le nettoyage permet l'amélioration directe des conditions de conservation des objets individuellement, en éliminant les risques liés aux polluants solides et donc certaines altérations futures.

A l'heure de la finalisation de ce travail, les verrières allant être exposées ont des constats d'état, sont nettoyées, et l'objet VMR_74 a déjà un devis pour l'encadrement. Pour les autres verrières, la question de l'accrochage reste en suspens et doit encore être évaluée par les conservatrices et le personnel technique. Si l'on reprend l'estimation des prix⁹⁸, on peut conclure que le prix minimal pour l'accrochage de tous les objets sera de 1830 CHF environ, et le prix moyen autour de 2100 CHF. Ce prix élevé est lié au coût fixe important de l'encadrement par un serrurier (*Cf. Tab. 5, ci-dessous*). Cette estimation ne prend pas en compte le coût des heures de travail, qu'il faut également considérer pour les options d'accrochages réalisées au sein du musée.

Le choix du moyen d'accrochage dépendra donc des limitations budgétaires, du matériel et de l'outillage à disposition, et du temps admis pour réaliser les supports. L'option A est rapide, mais relativement coûteuse et peu discrète. L'option B est la plus discrète et rentable si l'on a déjà l'outillage, mais plus longue à réaliser. Pour l'option C, une estimation des coûts n'a pas pu être obtenue dans le délai du travail, mais elle serait rapide à mettre en place, discrète, bien que vraisemblablement coûteuse également. L'option D, certes la moins chère et la plus discrète et rapide, est invasive et n'assure pas la sûreté des objets et du public.

⁹⁸ Annexe 15.5 : p.96.

Type d'accrochage	Objets	Prix (CHF)
Encadrement par un serrurier	VMR_74 VMR_415 a-c	1770.95 (max)
Suspension par utilisation des trous / cadres existants	VMR_385 VMR_659 VMR_723	27.50 (env.) Env. 1h de travail
Option A – Profilés en U	VMR_654 VMR_10054 VMR_10055	506.35 Env. 6h de travail
Option B – Cornières sur mesure	VMR_654 VMR_10054 VMR_10055	35.25 Ou 301.90 s'il faut acheter tout l'outillage Env. 40h de travail
Option C – Cornières « standardisées »	VMR_654 VMR_10054 VMR_10055	? + 26.00 + 79.90 s'il faut acheter les outils Env. 8h de travail
Option D – Perçage des cadres en bois	VMR_654 VMR_10054 VMR_10055	33.10 Env. 4h de travail

Tableau 5 : Récapitulatif de l'estimation des coûts pour l'accrochage

9. Conclusion

Les résultats de ce travail répondent en grande partie au mandat initial : les constats d'état avec les documents d'accompagnement et le protocole, le manuel de recommandations et le nettoyage des verrières ont pu être fournis en tant que livrables au musée, ainsi qu'une esquisse de différentes méthodes d'accrochage. Dans le mémoire, on retrouve également une étude des conditions de conservation actuelles, et des propositions d'amélioration autour de l'exposition.

Un choix et une recherche supplémentaires devront être menés en ce qui concerne les modes d'accrochage, afin de mettre en application le meilleur compromis entre une solution non-invasive, à un prix peu onéreux, en commun avec le personnel technique, avec lequel je n'ai malheureusement pas réussi à m'entretenir. Je préconise cependant l'encadrement par un serrurier des deux œuvres mentionnées dans le tableau ci-dessus, et l'utilisation de trous existants pour trois autres verrières. En ce qui concerne les trois autres verrières, une combinaison des options A et B, ou C sont conseillées, autrement dit l'utilisation de profilés métalliques en U ou de cornières métalliques sur mesure pour suspendre les objets avec des câbles métalliques. Le choix dépendra aussi de la volonté de mettre plus ou moins en valeur les cadres anciens.

Le travail réalisé dans le cadre de ce mémoire, mais surtout le travail conséquent des conservatrices et des historiens de l'architecture, permettront, je l'espère, de contribuer à la mise en valeur d'un patrimoine souvent mis de côté. Ce projet a été une occasion de se confronter aux limites et aux exigences réelles du métier, et a été très enrichissant. Le stage et la rédaction du mémoire ont aussi été une opportunité de mise en pratique des connaissances pluridisciplinaires acquises au cours des trois années d'étude en Bachelor en conservation préventive. La conservation préventive a un rôle essentiel dans les musées, car elle permet la mise en place de systèmes et de protocoles de conservation, qui finalement évitent beaucoup de travail et de coûts sur le long terme. Les musées sont des organismes en constante évolution, et la conservation préventive mérite d'y gagner progressivement sa place.

Bibliographie

Sources écrites

« 10 agents de détérioration » [en ligne] :

« 10 agents de détérioration ». In *Gouvernement du Canada* [en ligne]. Institut Canadien de Conservation [modifié le 26.09.2017] [consulté le 15.06.2021].

<https://www.canada.ca/fr/institut-conservation/services/agents-deterioration.html>

AFNOR PR NF EN 16095 :

AFNOR PR NF EN 16095. « Conservation des biens culturels – Constat d'état des biens culturels mobiliers – Observation et description de l'état d'un bien culturel mobilier ».

Barclay, Bergeron et Dignard, 1998 :

Barclay, Robert, Bergeron, André et Dignard, Carole. *Supports pour objets de musée : de la conception à la fabrication*. Institut Canadien de Conservation, Ottawa, 1998.

Blondel, 2000 :

Blondel, Nicole. *Vitrail, vocabulaire typologique et technique*. 2^{ème} édition. Centre des monuments nationaux, Editions du patrimoine, Paris, 2000.

Brown et Strobl, 2002 :

Brown, Sarah et Strobl, Sebastian. *A fragile inheritance. The care of stained glass and historic glazing : a handbook for custodians*. Church House Publishing, Londres, 2002.

***⁹⁹Coates et al., 2014 :**

Coates, L. et al. « Exposition au plomb chez les vitraillistes : évaluation et prévention ». *Références en santé au travail*, n°139, 2014.

***Conserve O Gram, 2004 :**

« Safe plastics and fabrics for exhibit and storage ». *Conserve O Gram*. National Park Service, n°18/2, 2004.

Davison, 2003 :

Davison, Sandra. *Conservation and restoration of Glass*. 2^{ème} édition. Butterworths-Heinemann, Londres, 2003.

Eatman, 2008 :

Eatman, Sherrie. « Displaying Stained Glass in a Museum ». *Conservation Journal* [en ligne], 56, 2008 [consulté le 28.02.2021]. <http://www.vam.ac.uk/content/journals/conservation-journal/issue-56/displaying-stained-glass-in-a-museum/>

English Heritage, 2008 :

English Heritage. *Conservation Principles, Policies and Guidance for the sustainable management of the historic environment*. English Heritage, Londres, 2008.

⁹⁹ Les références précédées d'une * ne sont présentes que dans les annexes.

Fontaine-Hodiamont, 2018 :

Fontaine-Hodiamont, Chantal. *Le verre ancien : principes de conservation, d'exposition et d'entretien*. KIK-IRPA, Bruxelles, 2018.

Garcia Gomez, 2011 :

Garcia Gomez, Isabel. *Le soclage dans l'exposition – En attendant la lévitation des objets*. Office de Coopération et d'Information Muséales, Dijon, 2011.

***Gerber, 2018 :**

Gerber, Alice. *Corrosion du sertissage en plomb des vitraux – Recherches autour de la dégradation de deux objets dans leur vitrine au Museum zu Allerheiligen de Schaffhouse*. Mémoire de Bachelor en Conservation. HES-SO, Neuchâtel, 2018.

***Infovitrail [en ligne] :**

Infovitrail [en ligne]. [Consulté le 06.07.2021]. <https://infovitrail.com/index.php/fr/accueil>

Isingrini-Groult, 2021 :

Isingrini-Groult, Emma. « De la structure au décor : le plomb en vitrail ». In Echinard, Jane et al. (coord.). *Métal : support de décor ou élément de décor*. ICOM Métal France 2021, visio-conférence, janvier 2021, p.55-62.

Koob, 2006 :

Koob, Stephen. *Conservation and care of glass objects*. Archetype, Londres, 2006.

***Larousse [en ligne] :**

Larousse [en ligne]. [Consulté le 07.07.2021]. <https://www.larousse.fr/>

***Logan, 2007 :**

Logan, Judy. « Reconnaître la corrosion active ». 1^{ère} édition en 1986, révision par Lyndsie Selwyn. *Notes de l'ICC 9/1*, Institut Canadien de Conservation, Ottawa, 2007.

Mardaga, 2001 :

Mardaga, Pierre (éd.). *Préserver les objets de son patrimoine : précis de conservation préventive*. SFIIC, Champs-sur-Marne, 2001.

Newton, 1987 :

Newton, Roy. *Caring for stained glass*. Ecclesiastical Architects' and Surveyors' Association, Banbury, 1987.

***OFSP, 2015 :**

Office Fédéral de la Santé Publique. *Le Plomb*. Confédération Suisse, 2015.

Pallot-Frossard, 2006 :

Pallot-Frossard, Isabelle. *Manuel de conservation, restauration et création de vitraux*. Ministère de la culture et de la communication, Paris, 2006.

Pender et Godfraind, 2011 :

Pender, Robyn et Godfraind, Sophie (éd.). *Glass and Glazing*. English Heritage, Londres, 2011. Practical Building Conservation.

***Russel et Winkworth, 2009 :**

Russel, Roslyn et Winkworth, Kylie. *Significance 2.0 – a guide to assessing the significance of collections*. Collections Council of Australia, 2009.

***Schotte et Adriaens, 2006 :**

Schotte, Bart et Adriaens, Annemie. « Treatments of Corroded Lead Artefacts : An Overview ». *Studies in Conservation*, vol. 51, n°4, 2006, p.297-304.

Seliger, 2013 :

Seliger, Léonie. « Cleaning Historic Stained Glass Windows ». In *The Building Conservation Directory* [en ligne], 2013 [consulté le 05.06.2021].

<https://www.buildingconservation.com/articles/cleaning-stained-glass/cleaning-stained-glass.htm>

Selwyn, 2004 :

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

***Selwyn, 2010 :**

Selwyn, Lyndsie. « La présence de plomb dans les collections muséales et édifices patrimoniaux ». *Notes de l'ICC 1/8*, Institut Canadien de Conservation, Ottawa, 2010.

***Stuart, 2007 :**

Stuart, Barbara. *Analytical Techniques in Materials Conservation*. John Wiley & Sons, Chichester, 2007.

Touillon-Ricci, 2011 :

Touillon-Ricci, Mathilde. *Méthodologies et protocoles de constat d'état*. Mémoire de Master 2. Ecole du Louvre, Paris, 2011.

***Unger et Schniewind, 2001 :**

Unger, Achim, Schniewind, Arno et Unger, Wibke. *Conservation of Wood Artifacts*. Springer-Verlag, Berlin, 2001.

Vallée, 2020 :

Vallée, Karen. *L'altération du verre*. Support de cours CC1.1. Haute Ecole ARC Neuchâtel, 2020, non publié.

***Van Horn, 2015 :**

Van Horn, Deborah Rose (éd.), et al. *Basic condition reporting : a handbook*. 4^{ème} éd. Southeastern registrars association, Rowman and Littlefield, Lanham, 2015.

Vitromusée [en ligne] :

« Organisation ». In *Vitromusée* [en ligne]. [Consulté le 15.06.2021].

<https://vitromusee.ch/fr/infos-pratiques/organisation.html>

Sources auxilliaires

Brambilla, 2021 [entretien] :

Brambilla, Laura. Entretien et analyses FTIR/ATR, explications sur le fonctionnement du système. Neuchâtel, 14 juin 2021.

De Corneillan, 2021 [courriel] :

De Corneillan, Hortense. Validation de la proposition de nettoyage des verrières. Réception du courriel le 14 juin 2021.

Rapp, 2021 [entretien] :

Rapp, Guillaume. Aide et conseil à la réalisation du prototype de cornière. Neuchâtel, 28 et 29 juin 2021.

Stettler, 2021

Stettler, Daniel. Validation de la proposition de nettoyage d'un vitrail médiéval. Romont, 16 juin 2021.

Références consultées non citées

Barclay, Robert. « Le soin et le nettoyage du bois nu ». 1^{ère} édition en 2002. *Notes de l'ICC 7/1*, Institut Canadien de Conservation, 2015.

Corpus Vitrearum. *Directives pour la conservation et la restauration des vitraux*. 2^{ème} édition. Nuremberg, 2004.

Corpus Vitrearum. *Guideline*. 4^{ème} édition (1^{ère} édition en 1958). Troyes, 2016.

Guillemard, Denis et Laroque, Claude (éd.). *Manuel de conservation préventive : gestion et contrôle des collections*. 2^{ème} édition. Office de coopération et d'information muséographiques, Dijon, 1999.

Historic England. *Stained Glass Windows : Managing Environmental Deterioration*. Historic England, Swindon, 2020.

Römich, Hannelore, et al. « Cleaning : a Balancing Act ». In *Corpus Vitrearum Medii Aevi* [en ligne] [consulté le 05.06.2021]. <https://www.cvma.ac.uk/conserv/cleaning.html>

Vuignier, Julie. *Mise en réserve d'éléments de vitraux pour la Römisch-katolische Kirchgemeinde de Soleure*. Mémoire de Bachelor en Conservation. HES-SO, Neuchâtel, 2020.

Wilton, Neil. *Picture the Light*. 10-10-10 Publishing, Ontario, 2016.

Liste des tableaux

Tableau 1 : Comparaison entre l'utilisation d'un cadre libre ou synthétique pour les fiches de constat	13
Tableau 2 : Recensement des altérations fréquentes relevées sur les objets de l'exposition	16
Tableau 3 : Comparaison des différentes options d'accrochage.....	27
Tableau 4 : Récapitulatif des techniques validées pour le nettoyage.....	30
Tableau 5 : Récapitulatif de l'estimation des coûts pour l'accrochage	33
Tableau 6 : Récapitulatif des résultats des analyses FTIR/ATR.....	81
Tableau 7 : Récapitulatif des propositions d'intervention et estimation des prix.....	95
Tableau 8 : Liste d'articles nécessaires pour les différentes options d'accrochage.....	95
Tableau 9 : Estimation des prix des différentes options d'accrochage.....	96
Tableau 10 : Récapitulatif des observations liées à l'outil pinceau	97
Tableau 11 : Récapitulatif des observations liées à l'utilisation de la gomme Wishab	98
Tableau 12 : Récapitulatif des observations liées à l'utilisation de la Smoke Sponge	98
Tableau 13 : Récapitulatif des observations liées à l'utilisation de solvants sur un badigeon ouaté.....	99
Tableau 14 : Récapitulatif des observations liées à l'utilisation de solvants sur une patte microfibre	100
Tableau 15 : Résultat des tests de nettoyage sur VMR_74	105
Tableau 16 : Résultats des tests de nettoyage sur VMR_654	107
Tableau 17 : Résultats des tests de nettoyage sur VMR_10054.....	108

Liste des documents

Document 1 : Protocole d'utilisation des fiches de constat d'état.....	57
Document 2 : Reconnaître les altérations caractéristiques des vitraux	58
Document 3 : Glossaire trilingue.....	60
Document 4 : Glossaire trilingue, détaillé et illustré.....	64
Document 5 : Matériel d'examen et de rédaction de constats d'état	65
Document 6 : Constat d'état de VMR_66.....	69
Document 7 : Manuel de recommandations de conservation préventive pour le Vitromusée.....	93
Document 8 : Fiche technique des gommes Wishab (Source : promuseum.eu)	101
Document 9 : Fiche technique de la Smoke Sponge (Source : artech-avignon.com)	102
Document 10 : Fiche de données de sécurité de l'éthanol (Source : inrs.fr)	104

Liste des figures

Figure 1 : L'entrée du Vitromusée. A droite, le château Savoyard et à gauche le château fribourgeois	3
Figure 2 : Bulles concentriques d'une cive de verre (VMR_66)	6
Figure 3 : Mise en œuvre du verre cylindre (1) et du verre couronne (2)	7
Figure 4 : Exécution des dalles normandes par soufflage forcé	8
Figure 5 : Décors à la grisaille, vus en lumière transmise	9
Figure 6 : Chronologie de la fabrication des cames	10
Figure 7 : Localisation des enregistreurs climatiques et de l'humidificateur	20
Figure 8 : Suspension d'une verrière avec des profilés en U et des câbles	25
Figure 9 : Suspension d'un objet avec des cornières sur mesure et un câble	25
Figure 10 : Prototype de cornière sur mesure en acier de construction peint et matelassage	25
Figure 11 : Suspension d'un objet avec des cornières et un câble. V	26
Figure 12 : Couche de dégradation du verre, conservée lors du nettoyage	31
Figure 13 : Assemblage en tenon et mortaise	47
Figure 14 : VMR_74, avant nettoyage	48
Figure 15 : VMR_385	48
Figure 16 : VMR_415a	48
Figure 17 : VMR_415b	48
Figure 18 : VMR_415c	49
Figure 19 : VMR_654, avant nettoyage	49
Figure 20 : VMR_659, avant nettoyage	49
Figure 21 : VMR_723	49
Figure 22 : VMR_10054, avant nettoyage	50
Figure 23 : VMR_10055, avant nettoyage	50
Figure 24 : Petite salle savoyarde	50
Figure 25 : Grande salle savoyarde	50
Figure 26 : Plan du premier niveau du musée	51
Figure 27 : Mécanisme de corrosion du plomb dans un environnement contenant de l'acide acétique.	54
Figure 28 : VMR_74, cassure et déformation du sertissage en plomb	70
Figure 29 : VMR_10054, désassemblage et usure du cadre (liée aux intempéries)	70
Figure 30 : VMR_659, piqûres de corrosion du fer	70
Figure 31 : VMR_10054, cratères de corrosion du fer, grossissement env.220x	70
Figure 32 : VMR_654, corrosion du fer et taches sur le verre	70
Figure 33 : VMR_659, produits de corrosion blancs du plomb	70
Figure 34 : VMR_723, corrosion du plomb, grossissement env. 220x	71

Figure 35 : VMR_74, produits de corrosion noirs du plomb.....	71
Figure 36 : VMR_385, croûtes sur le verre	71
Figure 37 : VMR_385, croûtes sur le verre, grossissement env. 220x	71
Figure 38 : VMR_385, cratères de corrosion du verre.....	71
Figure 39 : VMR_723, cratères de corrosion du verre, grossissement env. 220x.....	71
Figure 40 : VMR_723, lacunes dans la grisaille	72
Figure 41 : VMR_385, griffures.....	72
Figure 42 : VMR_10054, encrassement du verre, lumière transmise.....	72
Figure 43 : VMR_74, éclaboussures blanches	72
Figure 44 : VMR_415b, craquelures et écaillage	72
Figure 45 : VMR_415c, encrassement du cadre peint.....	72
Figure 46 : VMR_10054, taches de peinture sur le cadre.....	72
Figure 47 : VMR_415b, résidu de ruban adhésif	72
Figure 48 : VMR_74, déformation des ailes de plomb autour d'une pièce remplacée (gauche)	73
Figure 49 : VMR_385, pièce de verre remplacée (droite).....	73
Figure 50 : VMR_723, plomb de casse	73
Figure 51 : Système d'analyse FTIR, dans la HE-Arc	74
Figure 52 : VMR_385, localisation de la zone de prélèvement.....	75
Figure 53 : VMR_385, localisation du prélèvement.....	75
Figure 54 : Spectre 2 de VMR_385	75
Figure 55 : Spectre analysé, comparé à des spectres de calcite (bleu), carbonate de plomb (vert) et stéarate de plomb (rose)	76
Figure 56 : VMR_415b, localisation de la zone de prélèvement	77
Figure 57 : VMR_415b, localisation du prélèvement.....	77
Figure 58 : Spectre 2 de VMR_415b	77
Figure 59 : VMR_659, localisation de la zone de prélèvement.....	78
Figure 60 : VMR_659, localisation du prélèvement.....	78
Figure 61 : Spectre 2 de VMR_659	78
Figure 62 : Spectre analysé de VMR_659, comparé au spectre de l'anglésite (PbSO_4) (vert)	79
Figure 63 : VMR_723, localisation de la zone de prélèvement.....	80
Figure 64 : VMR_723, localisation du prélèvement.....	80
Figure 65 : Spectre 2 de VMR_723	80
Figure 66 : Spectre 1 de VMR_723, comparé à de l'acétate de plomb (vert), interprétation incertaine	81
Figure 67 : Spectre 2 de VMR_723, comparé à des carbonates de plomb (blanc de plomb, cérussite) (violet)	81
Figure 68 : Graphique thermo-hygrométrique enregistré dans une vitrine, dans la grande salle savoyarde, 08.2018 à 11.2019	82

Figure 69 : Graphique hygrométrique enregistré dans la petite salle savoyarde, 12.2019 à 10.2020 ..	82
Figure 70 : Graphique thermo-hygrométrique enregistré dans la petite salle savoyarde, 02.2020 à 03.2020.....	83
Figure 71 : Graphique thermo-hygrométrique enregistré dans la petite salle savoyarde, 02.2020 à 07.2020.....	83
Figure 72 : Graphique thermo-hygrométrique enregistré dans la petite salle savoyarde, 07.2020 à 07.2021.....	84
Figure 73 : Pinceau doux	97
Figure 74 : Pinceau dur	97
Figure 75 : Gomme Wishab dure	98
Figure 76 : Gomme Wishab tendre	98
Figure 77 : Smoke Sponge.....	98
Figure 78 : Badigeon ouaté.....	99
Figure 79 : Patte microfibre	100
Figure 80 : VMR_74, zone de test, avant nettoyage	105
Figure 81 : VMR_74, zone de test, après nettoyage	105
Figure 82 : VMR_74, après nettoyage au badigeon ouaté et eau distillée.....	105
Figure 83 : VMR_74, après nettoyage à la gomme Wishab dure, grossissement 40x	105
Figure 84 : VMR_74, après nettoyage au pinceau dur, grossissement 40x	105
Figure 85 : VMR_654, zone de test 1, avant nettoyage	106
Figure 86 : VMR_654, zone de test après nettoyage	106
Figure 87 : VMR_654, zone de test après nettoyage : Smoke Sponge	106
Figure 88 : VMR_654, zone de test après nettoyage : eau distillée (6) et eau distillée et éthanol (7)	106
Figure 89 : VMR_654, après nettoyage à l'eau distillée, grossissement 40x.....	107
Figure 90 : VMR_654, avant nettoyage, grossissement 40x	107
Figure 91 : VMR_654, après nettoyage à la gomme Wishab molle, grossissement 40x	107
Figure 92 : VMR_654, zone de test 2, avant nettoyage	107
Figure 93 : VMR_654, zone de test 2, après nettoyage	107
Figure 94 : VMR_10054, zone de test avant nettoyage	108
Figure 95 : VMR_10054, zone de test après nettoyage.....	108
Figure 96 : VMR_10054, après nettoyage à l'eau distillée et éthanol, grossissement 40x	108
Figure 97 : VMR_10054, après nettoyage au pinceau dur, grossissement 40x.....	108
Figure 98 : VMR_10054, avant nettoyage, grossissement 40x	108
Figure 99 : VMR_74, avant nettoyage.....	109
Figure 100 : VMR_74, après nettoyage	109
Figure 101 : VMR_74, détail, avant nettoyage	109
Figure 102 : VMR_74, détail, après nettoyage	109

Figure 103 : VMR_74, tache de corrosion, avant nettoyage	109
Figure 104 : VMR_74, tache de corrosion, après nettoyage	109
Figure 105 : VMR_415b, résidu de ruban adhésif, avant nettoyage	110
Figure 106 : VMR_415b, résidu de ruban adhésif, après nettoyage	110
Figure 107 : VMR_654, avant nettoyage	110
Figure 108 : VMR_654, après nettoyage	110
Figure 109 : VMR_654, résidus organiques avant nettoyage.....	110
Figure 110 : VMR_654, résidus organiques après nettoyage.....	110
Figure 111 : VMR_654, encrassement avant nettoyage	111
Figure 112 : VMR_654, après nettoyage	111
Figure 113 : VMR_659, avant nettoyage	111
Figure 114 : VMR_659, après nettoyage	111
Figure 115 : VMR_659, pièce de verre avant nettoyage, lumière transmise.....	111
Figure 116 : VMR_659, pièce de verre après nettoyage, lumière transmise.....	111
Figure 117 : VMR_10054, avant nettoyage, face interne	112
Figure 118 : VMR_10054, après nettoyage, face interne	112
Figure 119 : VMR_10054, avant nettoyage, face externe.....	112
Figure 120 : VMR_10054, après nettoyage, face externe.....	112
Figure 121 : VMR_10054, carreau de verre avant nettoyage, lumière transmise.....	113
Figure 122 : VMR_10054, carreau de verre après nettoyage, lumière transmise.....	113
Figure 123 : VMR_10054, altération du verre rendue visible par le nettoyage	113
Figure 124 : VMR_10055, avant nettoyage.....	113
Figure 125 : VMR_10055, après nettoyage.....	113

Crédits photographiques

Figures 1-2, 12, 14-25, 28-50, 52-53, 56-57, 59-60, 63-64, 80-125 :

© Vitrocentre, Romont (photo : Zoé Meyer)

Figure 3 : © Sandra Davison (Davison, 2003)

Figure 4 : © William Morris Gallery (Blondel, 2000)

Figure 6 : © English Heritage, Ian McCaig (Pender et Godfraind, 2011)

Figures 5, 7-10, 51, 68-79 : © Zoé Meyer

Figure 13 : © bâtiments.wallonie.be

Figure 26 : © Vitrocentre, Romont (plan : Siemens)

Figure 27 : © Degriigny et LeGall (Schotte et Adriaens, 2006)

Figures 54-55, 58, 61-62, 65-67 : © Laura Brambilla

Annexes

10. Acronymes et abréviations

ATR	<i>Attenuated Total Reflectance</i>	LED	<i>Light-Emitting Diode</i> Diode électroluminescente
Fig.	Figure	PE	Polyéthylène
FFP1/2/3	<i>Filtering Facepiece Particles</i> Pièce faciale filtrante contre les particules	pH	Potentiel hydrogène
FTIR	Fourier Transform Infrared Spectroscopy Spectroscopie Infrarouge à Transformée de Fourier	PS	Polystyrène
HE-Arc CR	Haute Ecole Arc, filière conservation-restauration	Tab.	Tableau
HEPA	<i>High-efficiency Particulate Air</i> Filtre à particules aériennes à haute efficacité	VMR	Vitromusée, Romont
HR	Humidité relative		

11. Glossaire

Barlotière :	« Pièce de l'armature métallique, scellée dans la maçonnerie. Elle comprend des pannetons qui soutiennent les panneaux ¹⁰⁰ . »
Corrosion galvanique :	« Quand deux métaux différents sont en contact électrique dans un même électrolyte, le métal plus actif devient l'anode et le moins actif, la cathode. La corrosion galvanique qui résulte accélère la corrosion du métal plus actif, par rapport à sa vitesse de corrosion normale, tandis que la corrosion du métal moins actif est ralentie par rapport à sa vitesse normale ¹⁰¹ . »
Dépose :	« Opération consistant à retirer le ou les panneaux de la baie après avoir démonté les éléments mobiles de l'armature métallique ¹⁰² . »
Email :	« Couleur vitrifiable presque transparente [...]. Elle est obtenue par combinaison d'un ou plusieurs colorants à base d'oxydes métalliques et d'un fondant broyés après une cuisson à haute température ¹⁰³ . »
Fraiser :	Usiner une pièce, au moyen d'un outil rotatif de coupe, comportant plusieurs arêtes tranchantes régulièrement disposées autour de son axe de rotation ¹⁰⁴ .
Humidité relative :	« Rapport, à une température donnée, entre la quantité d'eau vapeur effectivement contenue dans l'air et la quantité maximale que ce même air pourrait contenir, à la même température. Autrement dit, l'HR indique le niveau de saturation de l'air qui s'exprime en % ¹⁰⁵ . »
Hygroscopique :	Propriété d'un matériau qui « réagit de manière telle que sa teneur en eau soit en équilibre avec la vapeur d'eau présente dans l'air ambiant ¹⁰⁶ . »
Innocuité :	« Caractère de ce qui n'est pas toxique, nocif ¹⁰⁷ . »

¹⁰⁰ Infovitrail [en ligne]. « Définition d'une barlotière ».

¹⁰¹ Selwyn, 2004, p.31.

¹⁰² Blondel, 2000, p.376.

¹⁰³ Blondel, 2000, p.268.

¹⁰⁴ Larousse [en ligne].

¹⁰⁵ Mardaga, 2001, p.12.

¹⁰⁶ Ibid, p.169.

¹⁰⁷ Larousse [en ligne].

Laminer :	« Faire subir à un produit, en général métallique, une déformation permanente par passage entre deux cylindres d'axes parallèles et tournant en sens inverse ¹⁰⁸ . »
Lignine :	« Constituant fondamental du bois, qui imprègne les membranes cellulodiques des cellules dites « lignifiées » (tissus de soutien et de conduction de la sève brute, sclérenchyme des noyaux, etc.) ¹⁰⁹ . »
Micro-organismes :	Champignons (moisissures), bactéries, algues et lichens ¹¹⁰ .
Pince à gruger :	« Pince plate en fer présentant des encoches internes de différentes tailles sur un côté, que l'on manie dans un mouvement de va-et-vient ¹¹¹ . » Le grugeage est une « opération consistant à corriger et parfaire la coupe d'une pièce de verre ¹¹² . »
Polluants :	On distingue les polluants gazeux et les particules (poussières, fumées, spores, etc.) ¹¹³ . Ils sont issus notamment de la pollution atmosphérique, par les industries et par les transports et de la dégradation des matériaux ¹¹⁴ .
Pontil :	Désigne la « masse de verre à l'état de demi-fusion à laquelle on fixe, à l'extrémité d'une barre de fer, un objet de verre en fabrication. ». Mais aussi la barre de fer en elle-même ¹¹⁵ .
Sablage :	« Décapage d'une surface au moyen de sable, de silice ou de tout autre abrasif minéral projeté à l'aide d'air comprimé ¹¹⁶ . »

¹⁰⁸ Larousse [en ligne].

¹⁰⁹ Ibid.

¹¹⁰ Mardaga, 2001, p.34-35.

¹¹¹ Blondel, 2000, p.254.

¹¹² Ibid.

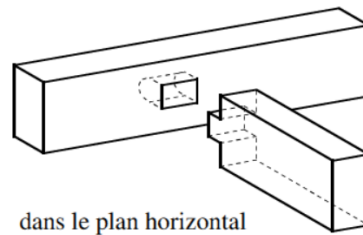
¹¹³ Mardaga, 2001, p.30.

¹¹⁴ Ibid, p.29.

¹¹⁵ Larousse [en ligne].

¹¹⁶ Ibid.

Tenon et mortaise :



Assemblage de deux pièces de bois, où le tenon se fiche dans une mortaise.

dans le plan vertical avec
cheville en bois dur

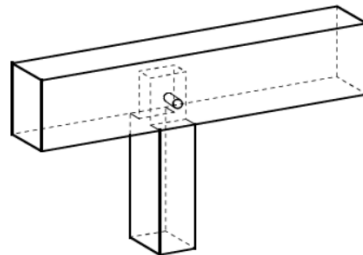


Figure 13 : Assemblage en tenon et mortaise

Tensio-actif :

« Molécule amphiphile qui, placée en solution diluée dans l'eau, abaisse sa tension superficielle¹¹⁷. » Aussi appelé surfactant, on en retrouve par exemple dans le savon.

Valeur culturelle :

Valeurs historique, artistique, scientifique, sociale ou spirituelle que les objets et collections portent pour les générations passées, présentes et futures. Ce sont les critères qui aident à exprimer comment et pourquoi un objet ou une collection est important¹¹⁸.

Vergettes :

« Tige métallique qui renforce la solidité d'un panneau face au vent ou à son propre affaissement. Elle est scellée dans la maçonnerie ou vissée dans une menuiserie. Le panneau est maintenu contre elle grâce à des attaches¹¹⁹. »

¹¹⁷ Larousse [en ligne].

¹¹⁸ Russel et Winkworth, 2009, p.10.

¹¹⁹ Infovitrail [en ligne]. « Définition d'une vergette ».

12. Photographies



Figure 14 : VMR_74, avant nettoyage



Figure 15 : VMR_385



Figure 16 : VMR_415a



Figure 17 : VMR_415b



Figure 18 : VMR_415c



Figure 19 : VMR_654, avant nettoyage



Figure 20 : VMR_659, avant nettoyage



Figure 21 : VMR_723



Figure 22 : VMR_10054, avant nettoyage



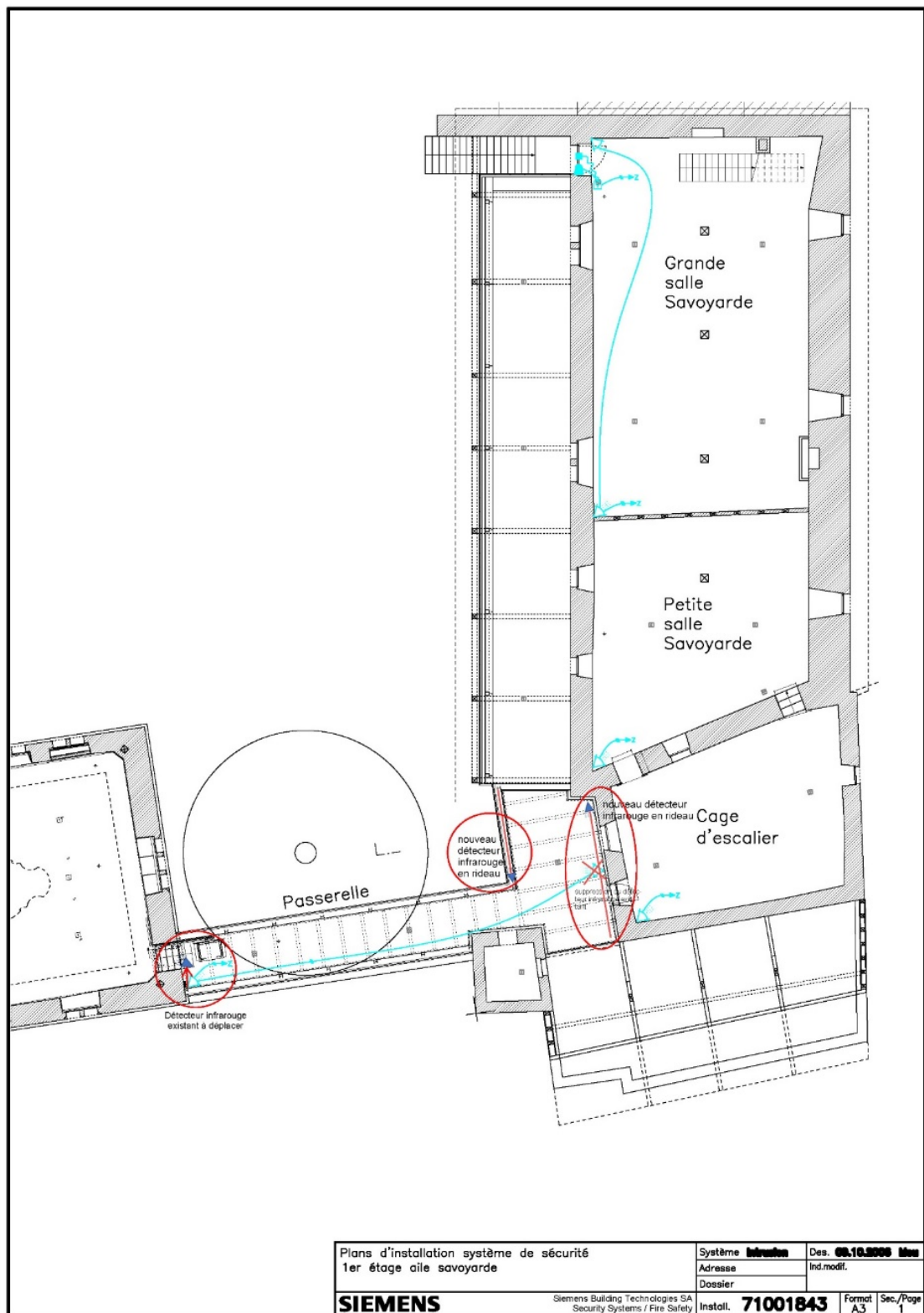
Figure 23 : VMR_10055, avant nettoyage



Figure 24 : Petite salle savoyarde



Figure 25 : Grande salle savoyarde



13. Mécanismes d'altération et sensibilités des matériaux

13.1 *La corrosion du verre*

L'eau est le principal facteur d'altération du verre et elle est notamment responsable d'un phénomène de dégradation comparable à de la corrosion. L'action de l'eau dépend de la composition du verre (fondants sodiques ou potassiques, proportion des composants), de la température et du pH de l'eau, de la durée de contact entre l'eau et le verre, de la présence de polluants environnementaux dissous (principalement le SO₂ et le CO₂) et du mode d'apport de l'eau (vapeur, ruissellement ou stagnation)¹²⁰.

Tous les verres anciens sont sensibles à l'eau, mais les verres à fondants potassiques à teneur faible en silice, datant généralement du Moyen-Age, ont une sensibilité accrue à la dégradation par l'eau¹²¹. La première étape de la corrosion du verre est la lixiviation, autrement dit la fixation en surface du verre d'une mince pellicule d'eau (environ un dixième de mm d'épaisseur) très adhérente. Cette gaine d'humidité va dissoudre le potassium (fondant) et même le calcium (stabilisant), et les extraire du réseau vitreux¹²². Cette lixiviation sera d'autant plus rapide si l'eau est acide à cause de la pollution, notamment par le dioxyde de soufre (SO₂) et le dioxyde de carbone (CO₂), ou à cause du métabolisme de micro-organismes ayant colonisé la surface de la verrière¹²³. La lixiviation va laisser des vides microscopiques dans le verre, et va donc permettre à l'eau de pénétrer plus en profondeur¹²⁴.

La lixiviation du verre provoque une perte de brillance et une opacification du verre. Sur la face externe, des croûtes ou des piqûres peuvent se former, contenant du gypse et de la syngénite (sulfate de calcium et de potassium respectivement), en présence de polluants atmosphériques¹²⁵. Sur la face interne du verre, altérée à cause de la condensation, des piqûres ainsi que le soulèvement de la grisaille sont observés¹²⁶.

A ce stade, l'eau, si elle est stagnante en surface, devient basique à cause des fondants dissous. Alors va débuter le processus de corrosion du verre. L'eau alcaline va rompre les liaisons de la matrice siliceuse (Si-O-Si) et le verre va totalement se disloquer. Cela va s'observer d'abord avec un phénomène d'irisation en surface, puis un suintement du verre, et des micro-fissurations¹²⁷.

¹²⁰ Vallée, 2020, p.3.

¹²¹ Mardaga, 2001, p.102

¹²² Fontaine-Hodiamont, 2018, p.5.

¹²³ Mardaga, 2001, p.102.

¹²⁴ Davison, 2003, p.175.

¹²⁵ Mardaga, 2001, p.102.

¹²⁶ Mardaga, 2001, p.103.

¹²⁷ Vallée, 2020, p.3.

13.2 La corrosion du plomb

Le plomb se corrode en présence d'eau contenant des gaz, notamment l'oxygène, et des sels dissous. Le plomb est généralement résistant à la corrosion, car la plupart de ses produits de corrosion sont peu ou pas du tout solubles, et forment une couche protectrice adhérente à la surface du métal¹²⁸. Les produits de corrosion du plomb peuvent être blancs, noirs, gris, jaunes ou rouges, selon les gaz et sels dissous, et le pH de l'eau.

Lorsque le plomb est exposé à l'extérieur, on y trouve en général une couche de carbonate de plomb (cérussite et hydrocérussite), liée à la présence de dioxyde de carbone issu de la pollution dissous dans l'eau. On peut également trouver des oxydes, et des sulfites et sulfates de plomb (en présence de dioxyde de soufre dans l'air)¹²⁹. Si des composés organiques volatiles acides, comme l'acide acétique, sont présents, l'hydrocérussite formée sera friable et peu adhérente, ce qui permettra à la corrosion de se poursuivre plutôt que de protéger le métal¹³⁰.

Lorsque le plomb est exposé au climat intérieur, on y trouve également des carbonates de plomb, sous la forme d'une couche généralement blanche, stable¹³¹. Cependant, en présence d'acides acétiques ou formiques dans l'air, une corrosion active se crée. Cette corrosion, généralement sous la forme de petits points ou d'une couche uniforme de couleur blanche, peu adhérente à la surface¹³², est dite active du fait de la vitesse de corrosion du métal¹³³. Cette poudre blanche est composée de carbonate basique de plomb (la même composition que le pigment de blanc de plomb).

La réaction de corrosion active du plomb n'est pas connue, et plusieurs hypothèses existent. Ici, sera présentée une hypothèse illustrée plus bas (*Fig. 27*) et d'abord formulée par Drs. Degriigny et LeGall. Pour résumer la réaction, les acides organiques servent de catalyseurs, et des sels solubles sont formés en surface du métal pour remplacer les carbonates stables présentes auparavant. Les produits de la corrosion active étant volumineux, ils peuvent faire se déliter ou tomber la surface externe, laissant alors place à la surface sous-jacente de se corroder en carbonates à nouveau. C'est un processus cyclique¹³⁴ et pouvant créer des pertes de matière importantes si elle a lieu dans un environnement fermé avec une haute concentration de composés organiques volatils¹³⁵. Les principales sources

¹²⁸ Selwyn, 2004, p.131.

¹²⁹ Selwyn, 2004, p.134.

¹³⁰ Selwyn, 2004, p.135.

¹³¹ Isingrini-Groult, 2021, p.55.

¹³² Logan, 2007.

¹³³ Schotte et Adriaens, 2006, p.297.

¹³⁴ Gerber, 2018, p.13.

¹³⁵ Schotte et Adriaens, 2006, p.298.

d'émission d'acides dans les musées se trouvent généralement dans les matériaux d'exposition et de stockage, dont on peut citer le bois (particulièrement le chêne) ou encore le carton détérioré¹³⁶.

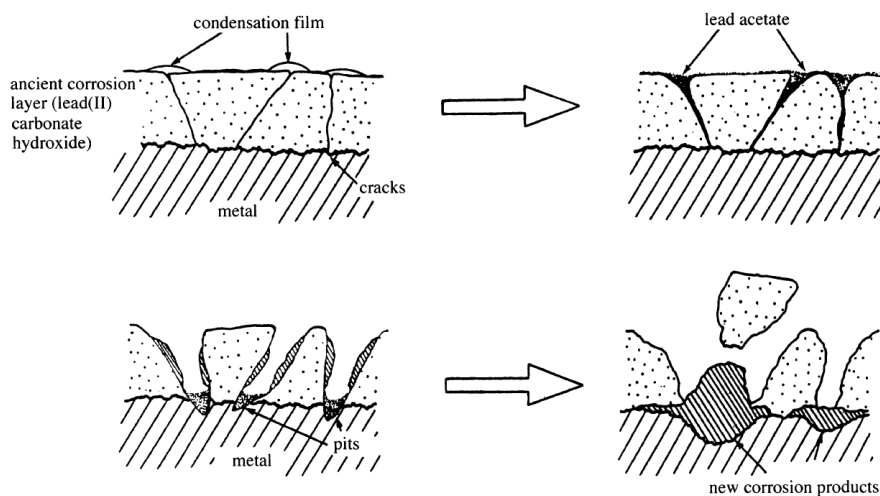


Figure 27 : Mécanisme de corrosion du plomb dans un environnement contenant de l'acide acétique.

13.3 Sensibilités des alliages ferreux

Les alliages ferreux sont susceptibles à la corrosion, une dégradation chimique pouvant prendre diverses formes. Elle peut être lisse, ou sous la forme d'écailles, ou encore de piqûres ou de cratères, allant d'une couleur noire à orangée. La corrosion consomme le métal et l'on perd la surface métallique originelle de l'objet.

Les facteurs pouvant jouer un rôle dans la corrosion des métaux sont l'humidité relative, les sels et les acides gazeux et dissous dans l'eau. L'accumulation de poussière peut également créer des sites hygroscopiques, qui peuvent alors provoquer des départs de corrosion ou contribuer à l'empirer.

Le fer ayant un faible potentiel électrique, il peut également se corroder aux dépens d'autres métaux avec lesquels il serait en contact, par exemple le cuivre ou le plomb.

13.4 Sensibilités du bois

Le bois est un matériau hygroscopique, en recherche permanente d'équilibre avec son environnement. Des variations fréquentes d'humidité relative peuvent donc provoquer des tensions, et donc des fentes, des arrachements, des séparations d'assemblages, ou le délitement d'éléments collés ou peints¹³⁷.

La présence de poussière sur les objets en bois peut contribuer au départ d'une infestation biologique, par exemple des insectes ou des moisissures.

¹³⁶ Logan, 2007.

¹³⁷ Mardaga, 2001, p.156-161.

Lorsqu'il est exposé à l'extérieur, le bois est altéré par l'exposition directe au soleil, plus particulièrement par le rayonnement ultraviolet. Cela peut foncer le bois, car la lignine* sera attaquée préférentiellement¹³⁸. Aussi, les phénomènes climatiques comme la pluie et le vent peuvent dégrader le bois, et plus particulièrement la lignine, ce qui va en changer la couleur, mais aussi attaquer physiquement la surface du bois, en érodant sa surface. L'érosion provoquée dépend de la densité du bois et peut créer une surface fortement irrégulière, qui sera alors propice à la prolifération de micro-organismes.

14. Constats d'état

14.1 Documents d'accompagnement

Aux pages suivantes se trouvent les documents suivants, fournis au musée comme documents d'accompagnement pour la réalisation des constats d'état :

- Protocole d'utilisation des fiches de constat d'état
- Fiche d'aide pour reconnaître quelques altérations caractéristiques
- Glossaire trilingue des termes utilisés
- Glossaire trilingue avec des définitions et illustrations

¹³⁸ Unger et Schniewind, 2001, p.47.

Utilisation des fiches de constat d'état



Photographier l'objet

Si une photographie de bonne qualité de l'objet n'existe pas encore,

- ☐ **Imprimer des étiquettes**
- ☐ **Prendre une photographie en lumière transmise** : sur la table lumineuse ou devant une fenêtre
- ☐ **Prendre une photographie en lumière réfléchie** : sous lumière artificielle ou naturelle
Utiliser un réflecteur pour éviter les reflets sur le verre (plaque de carton ou de polystyrène blanc)
- ☐ **Prendre des photographies de détail**



Remplir la page 1 du constat

- ☐ **Renseigner le motif du constat** : exposition, prêt, suivi, etc.
- ☐ **Renseigner les informations de base** : N° d'inventaire, auteur du constat, date
- ☐ **Renseigner toutes les informations disponibles dans l'inventaire sur la page 1**
- ☐ **Noter les recommandations particulières** : s'il y en a, au bas de la page 1
- ☐ *Dans les remarques, indiquer le traitement préconisé, des observations ou remarques sur les techniques de fabrication, des éventuels tests à faire, ou des choses auxquelles faire attention.*

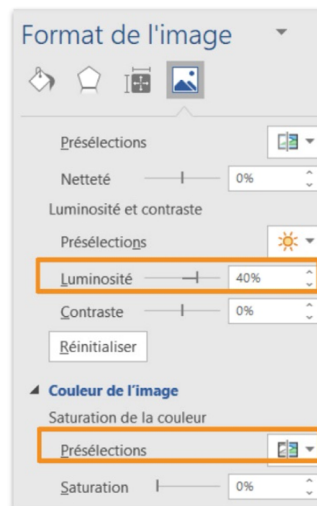


Traitement des photographies

- ☐ **Importer les photographies sur l'ordinateur**
- ☐ **Dans Word ou un logiciel de traitement de photographie** : augmenter la luminosité et diminuer la couleur (ou saturation)
- ☐ **Insérer les photographies** : face interne et face externe sur la page 2 (*hauteur 13 cm ; proportion 3 : 4*)
- ☐ **Ajouter les photographies de détail en page 3**



Imprimer le document





Remplir la fiche de constat

Se munir de stylos rouge, bleus et verts, et d'une bonne lumière.

- ☐ **Entourer / souligner les altérations observées** : dans la liste, en page 2
- ☐ **Dessiner / hachurer / entourer les altérations** : sur les photographies
- ☐ **Cocher les cases besoins de traitement et état de conservation** : en page 1
- ☐ **Si nécessaire, rédiger des remarques en pages 2 et 3** : altérations supplémentaires constatées, observations notables, diagnostic possible, analyses complémentaires ou propositions de traitement



Numériser le constat

- ☐ **Scanner le constat**
- ☐ **Archiver le constat** : sur le serveur

Autres documents à disposition

- Etiquettes pour les photographies
- Glossaire (FR/ENG/DE)
- Glossaire illustré (FR/ENG/DE)
- Méthode d'identification des altérations
- Guide de manipulation et de conservation préventive

Reconnaitre les altérations caractéristiques des vitraux



Reconnaitre la corrosion active

« Corrosion qui soumet le métal à une perte continue de matière et à une augmentation rapide de volume. Tout objet en métal qui présente des écailles, des boursouflures ou de la pulvérulence peut être considéré en état de corrosion active¹. »

Pour les alliages de cuivre : vert vif, cireux, peu adhérent

Pour les alliages de plomb : blanc, pulvérulent, peu adhérent, sous la forme de petits points parfois volumineux

Pour les alliages de fer : orange, pulvérulent, volumineux (cratères, croûtes, soulèvements de matière)



Identification des alliages ferreux

Les alliages ferreux sont (presque) tous aimantables. Il est donc très simple de les identifier en approchant un aimant du métal.



Déceler la présence de micro-organismes

Insectes : présence de trous d'envol et de sciure sous l'objet (pour vérifier si la sciure est récente, nettoyer, puis revenir quelques semaines plus tard voir s'il y en a de nouveau)

Moisissures : aspect mousseux, poilu, parfois petits points noirs indicatifs de moisissures encore actives (spores). Les couleurs peuvent être diverses.



Evaluer l'état de dégradation du bois

Deux tests pour évaluer l'état de dégradation du bois² :

1. Enfoncement d'une petite pointe métallique (aiguille, épingle entomologique). Le degré de facilité à enfoncer la pointe déterminera le niveau de dégradation du bois.
Il s'agit d'une technique comparative et l'on se fait un référentiel avec l'expérience.
2. Arracher une fibre (dans un endroit discret) avec une pincette. Plus les fibres du bois sont courtes, plus le bois est détérioré.



Test auditif pour évaluer l'état structurel de la vitrerie

En tapotant gentiment sur le verre, on peut déceler les défauts dans le plomb, et l'absence ou la dégradation des matériaux de calfeutrement. En effet, le verre va bouger entre les ailes de plomb et faire du bruit³.

¹ Institut canadien de Conservation [en ligne]. « Reconnaitre la corrosion active ». *Notes de l'ICC*, 9/1.

² Pender, Robyn et Godfraind, Sophie (éd.). *Glass and Glazing*. English Heritage, London, 2011. Practical Building Conservation, p.183.

³ Picture the Light, Neil Wilton, *Picture the Light*, 2016, p.18-19.

Glossaire / glossary / Glossar

Matériaux / Werkstoffe / materials

Français	Allemand	Anglais
verre	Glas	glass
grisaille	Grisaille	grisaille
jaune d'argent	Silberfärbung	silver staining
peinture	Malstoffe	paint
sanguine	Rötöl	sanguine
mastic	Kitt	putty
mortier	Mörtel	mortar
fer	Eisen	iron
cuivre	Kupfer	copper
plomb	Blei	lead
bois	Holz	wood
vergette	Quereisen	saddle bars
came de plomb	Bleiruten	lead came

Altérations / Degradationen / damage

Altérations structurelles / strukturelle Degradationen / structural damage

Français	Allemand	Anglais
déformation	Verformung	deformation
élément manquant	fehlendes Teil	missing piece
griffure / abrasion	Kratzer / Abrieb	scratch / abrasion
usure	Abnutzung	wear
cassure / rupture	Bruch	break
fissure / fente	Riss / Spalte	crack
dessertissage		loosening / release
croute	Belag	crusts
cratère	Krater	craters
corrosion active	Aktivkorrosion	active corrosion

Altérations de surface / Oberfläche Degradationen / surface damage

Français	Allemand	Anglais
Encrassement / empoussièrement	Verschmutzung / stauben	soiling / dustiness
moisissures	Schimmelpilz	mould
corrosion	Korrosion	corrosion
tache	Fleck	spot
auréole	Rand	ring
dépôt / résidu	Ablagerung / Rest	deposit / residue
craquelures	Riss	crazing
écaillage	abblättern	flaking
lacune	Lücke	lacuna
opacification	Trübung	opacification

Anciennes interventions / folgende Eingriffe / posterior interventions

Français	Allemand	Anglais
élément remplacé	ausgetauschtes Teil	replaced piece
plomb de casse	Bruchblei	repair lead
collage	Zusammenkleben	gluing
comblement	Auffüllen	infill
soudure de consolidation	Verdichtungsschweißung	consolidation welding
doublage	Unterlegen	lining
re-fixage de décors	Refixierung der Oberfläche	re-attaching the surface decorations
retouches	Retusche	retouching
pièce retournée	umdrehtes Teil	upside down piece

Glossaire / glossary / Glossar

Matériaux / Werkstoffe / materials

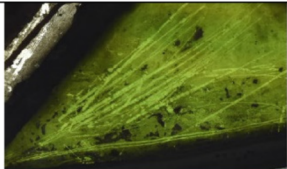

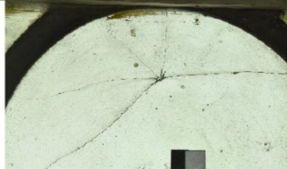


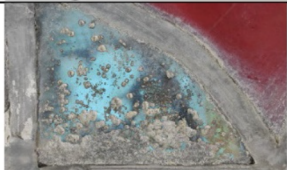
Français	Allemand	Anglais
verre	Glas	glass
grisaille	Grisaille	grisaille
jaune d'argent	Silberfärbung	silver staining
peinture	Malstoffe	paint
sanguine	Rötöl	sanguine
mastic	Kitt	putty
<i>Pâte plastique employée comme adhésif et produit d'étanchéité</i>	<i>Paste, die als Kleb- und Dichtstoff verwendet wird</i>	<i>Soft paste used as an adhesive and sealant</i>
mortier	Mörtel	mortar
<i>Mélange de chaux éteinte (ou de ciment) et de sable dans l'eau, utilisé en construction pour lier, sceller ou enduire</i>	<i>Mischung aus gelöschtem Kalk (oder Zement) und Sand, in Wasser. Im Bauwesen verwendet, um zu binden, versiegeln oder beschichten</i>	<i>Mixture of slaked lime (or cement) and sand in water, used in construction to bind, seal or coat</i>
fer	Eisen	iron
cuivre	Kupfer	copper
plomb	Blei	lead
bois	Holz	wood
vergette¹	Quereisen	saddle bars
<i>Tige métallique qui renforce la solidité d'un panneau face au vent ou à son propre affaissement. Elle est scellée dans la maçonnerie ou vissée dans une menuiserie. Le panneau est maintenu contre elle grâce à des attaches.</i>	<i>Metallstab, der die Festigkeit eines Paneels gegen Wind oder sein eigenes Durchhängen verstärkt. Er wird in das Mauerwerk eingelassen oder in eine Tischlerei geschraubt. Die Platte wird mit Befestigungselementen dagegen gehalten.</i>	<i>A metal rod that reinforces the strength of a panel against wind or its own sagging. It is embedded in the masonry or screwed into a joinery. The panel is held against it by fasteners.</i>
came de plomb²	Bleiruten	lead came
<i>Ou baguette de sertissage, profilée en H et formée de trois parties : l'âme, les ailes et les chambres. Les stries qui apparaissent sur l'âme sont appelées les guillochures.</i>	<i>Ein Setzstab, H-förmig und aus drei Teilen bestehend: dem Kern, den Flügeln und den Kammern. Die Schlieren, die auf dem Kern erscheinen, werden Guillochen genannt.</i>	<i>Or setting rod, H-shaped and made up of three parts: the core, the wings and the chambers. The striations that appear on the core are called guilloche marks.</i>

¹ Infovitral [en ligne]. « Définition d'une vergette ».

² Infovitral [en ligne]. « Définition du plomb des vitraux »

Altérations / Degradationen / damage

Altérations structurelles / strukturelle Degradationen / structural damage

Français	Allemand	Anglais	Illustration
déformation	Verformung	deformation	
élément manquant	fehlendes Teil	missing piece	
griffure / abrasion	Kratzer / Abrieb	scratch / abrasion	
usure	Abnutzung	wear	
cassure / rupture	Bruch	break	
fissure / fente	Riss / Spalte	crack	
dessertissage		loosening / release	
croûte	Belag	crusts	
cratère	Krater	craters	
corrosion active ³	Aktivkorrosion	active corrosion	

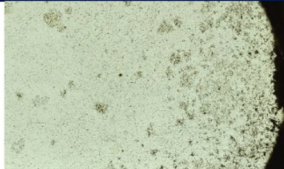


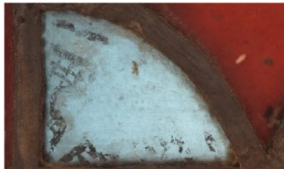
³ FR : Corrosion qui soumet le métal à une perte continue de matière et à une augmentation rapide de volume. Tout objet en métal qui présente des écailles, des boursouffures ou de la pulvérulence peut être considéré en état de corrosion active.

Source : Institut canadien de Conservation [en ligne]. « Reconnaître la corrosion active ». *Notes de l'ICC*, 9/1.


DE : Korrosion, bei der das Metall einem kontinuierlichen Materialverlust und einer schnellen Volumenzunahme ausgesetzt ist. Jedes Metallobjekt, das Abplatzungen, Blasenbildung oder Pulverisierung aufweist, kann als in einem Zustand aktiver Korrosion befindlich angesehen werden.

EN : Corrosion that subjects the metal to continuous loss of material and rapid increase in volume. Any metal object that exhibits spalling, blistering or powdering can be considered to be in a state of active corrosion.

Altérations de surface / Oberfläche Degradationen / surface damage

Français	Allemand	Anglais	Illustration
Encrassement / empoussièrément	Verschmutzung / stauben	soiling / dustiness	
moisissures	Schimmelpilz	mould	
corrosion	Korrosion	corrosion	
tache	Fleck	spot	
auréole	Rand	ring	
dépôt / résidu	Ablagerung / Rest	deposit / residue	
craquelures	Riss	crazing	
écaillage	abblättern	flaking	
lacune	Lücke	lacuna	
opacification	Trübung	opacification	

Anciennes interventions / folgende Eingriffe / posterior interventions

Français	Allemand	Anglais	Illustration
élément remplacé	ausgetauschtes Teil	replaced piece	
plomb de casse	Bruchblei	repair lead	
collage	Zusammenkleben	gluing	
comblement	Auffüllen	infill	
soudure de consolidation	Verdichtungsschweißung	consolidation welding	
doublage	Unterlegen	lining	
re-fixage de décors	Refixierung der Oberfläche	re-attaching the surface decorations	
retouches	Retusche	retouching	
pièce retournée	umdrehtes Teil	upside down piece	

Document 4 : Glossaire trilingue, détaillé et illustré

14.2 Matériel d'examen et de rédaction

La liste de matériel suivante regroupe l'équipement utile voire nécessaire pour la réalisation de constats d'état complets. Elle est inspirée des travaux de Mathilde Touillon-Ricci¹³⁹ et de Deborah Rose Van Horn¹⁴⁰.

Documentation et rédaction	Eclairage
<ul style="list-style-type: none">- Ordinateur (saisie et/ou consultation)- Crayon- Stylos de couleur : rouge, bleu, vert- Formulaire de constat d'état- Papier- Appareil photo- Anciens constats d'état et photographies	<ul style="list-style-type: none">- Table lumineuse- Lampe- Lampe de poche
Mesures	Outils divers
<ul style="list-style-type: none">- Mètre déroulant- Double mètre	<ul style="list-style-type: none">- Loupe (grossissement 10x)- Loupe binoculaire ou loupe frontale (grossissement 55x)- Aimant- Pincettes- Pinceaux
Manipulation	
<ul style="list-style-type: none">- Gants en nitrile ou en latex- Chariot- Caisse gerbable (ex : Rako®)- Matériaux de calage en matériaux neutres : plaques de polystyrène expansé, carton non acide, mousse PE, etc.	

Document 5 : Matériel d'examen et de rédaction de constats d'état

14.3 Corpus de constats d'état

Le corpus des 17 constats d'état des objets, dans leur état au 1^{er} juillet 2021 (après nettoyage, pour les objets ayant été nettoyés) se trouvent dans le document d'annexe numérique : « ANNEXE_CORPUS DE CONSTATS ». Ci-dessous, un exemple de constat pour l'objet VMR_66. Dans le document cité plus haut se trouvent les constats des objets suivants :

VMR_74 ; VMR_79 ; VMR_363 ; VMR_385 ; VMR_415a ; VMR_415b ; VMR_415c ; VMR_551 ; VMR_654 ; VMR_659 ; VMR_723 ; VMR_10050 ; VMR_10052 ; VMR_10053 ; VMR_10054 ; VMR_10055

¹³⁹ Touillon-Ricci, 2011, p.33-38.

¹⁴⁰ Van Horn, 2015, p.1-2.



Motif du constat :
Exposition « Du précieux au quotidien »

Constat d'état d'œuvre

N° d'inventaire : VMR_66	Auteur du constat : Zoé Meyer	Date du constat : 18.05.2021	Conditions particulières : (éclairage, ...)
Besoins de traitement : <input type="checkbox"/> Nécessite un traitement de conservation-restauration ou de restauration <input checked="" type="checkbox"/> Petit traitement nécessaire (nettoyage, etc.) <input type="checkbox"/> Aucun traitement nécessaire <input type="checkbox"/> Evaluation supplémentaire nécessaire		Etat de conservation : <input type="checkbox"/> Très bon : état comme neuf <input checked="" type="checkbox"/> Bon : encrassement, bon état structurel général <input type="checkbox"/> Moyen : quelques fractures ou lacunes, couche picturale altérée <input type="checkbox"/> Mauvais : nombreuses cassures et manques, couche picturale lacunaire et fragile <input type="checkbox"/> Très mauvais : prêt et exposition impossibles	
Remarques :			

Identification de l'œuvre

Dénomination :	Vitrerie à cives		
Auteur :	-	Datation :	-
Origine :	Phonothèque, Capucins. Donation Indergand		
Propriétaire :	MSV		
Lieu de stockage :	Dépôt Ecole Primaire		

Description de l'œuvre

Dimensions (h x l x p) en cm :	102 x 42 x 3,5		
Matériaux constitutifs :	<input checked="" type="checkbox"/> Verre <input checked="" type="checkbox"/> Grisaille <input type="checkbox"/> Jaune d'argent <input type="checkbox"/> Email <input checked="" type="checkbox"/> Peinture <input type="checkbox"/> Sanguine <input checked="" type="checkbox"/> Mastic <input type="checkbox"/> Mortier	<input checked="" type="checkbox"/> Fer <input checked="" type="checkbox"/> Cuivre <input checked="" type="checkbox"/> Plomb <input checked="" type="checkbox"/> Bois <input checked="" type="checkbox"/> Cadre : <i>ancien</i> <input type="checkbox"/> Cadre avec crochets <input type="checkbox"/> Autres :	
Nombre d'éléments :	1		

Recommandations

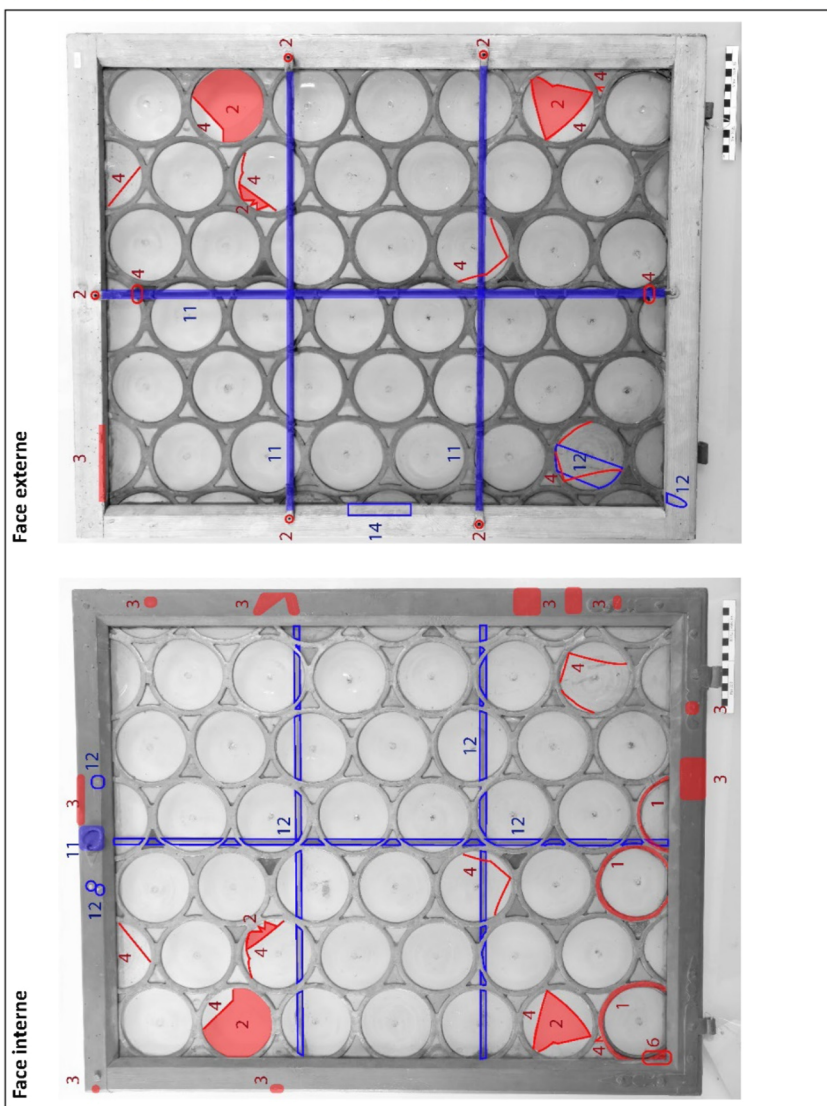
Humidité relative	Température	Lumière	Accrochage	Transport
50% ±10%.	15-22°C		<input type="checkbox"/> Suspendu <input type="checkbox"/> Au mur <input type="checkbox"/> Vitrine <input type="checkbox"/> Autre :	Calage en mousse ou en polystyrène.

Signature :

Z. Meyer

VITROROMUSÉE ROMONT

Motif du constat :
Exposition « Du précieux au quotidien »



Rouge : altérations structurelles

1. Déformation
2. Élément manquant
3. Griffures / usure / abrasion
4. Cassure / rupture
5. Fissure / fente
6. Dessertissage des pièces de verre
7. Croûtes / cratères
8. Corrosion active (spécifier) :

Bleu : altérations de surface

9. Encrassement / empoussièrément : général
10. Moisissures
11. Corrosion uniforme : plomb et fer
12. Tache / auréole
13. Dépôt / résidu
14. Craquelures / écaillage
15. Lacune
16. Opacification uniforme du verre

Vert : anciennes interventions

17. Élément remplacé
18. Plomb de casse
19. Collage
20. Comblement
21. Soudure de consolidation
22. Doublage
23. Re-fixage de décors / retouches
24. Pièce retournée

Remarques :

Les taches représentées sur la face interne (12) sont en fait des taches issues de la corrosion des vergettes en fer, s'étant déposées à la surface du verre sur la face externe.

Parmi les pièces de verre triangulaires, nombreuses ont un aspect de surface (technique, décor, couleur, état de dégradation) différent. Il s'agit peut-être d'un choix délibéré lors de la fabrication ou bien de réparations anciennes (?).

Photographies

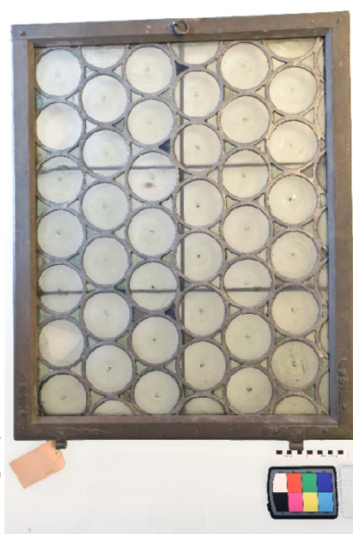


Figure 1 : VMR_66_Face intérieure

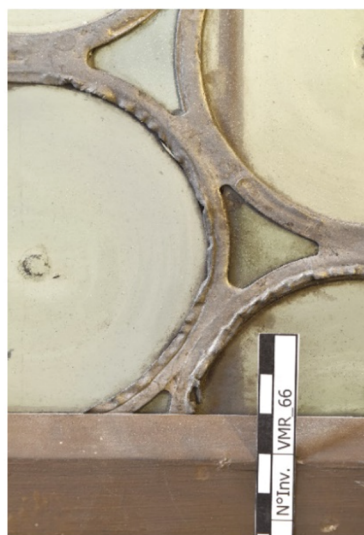


Figure 2 : Déformation des ailes de plomb



Figure 3 : Encrassement



Figure 4 : Cassure des liens en plomb tenant une vergette

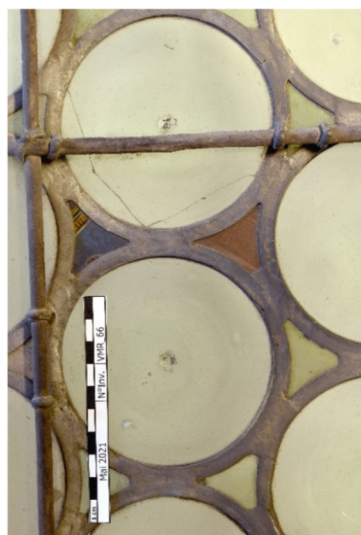


Figure 5 : Détail

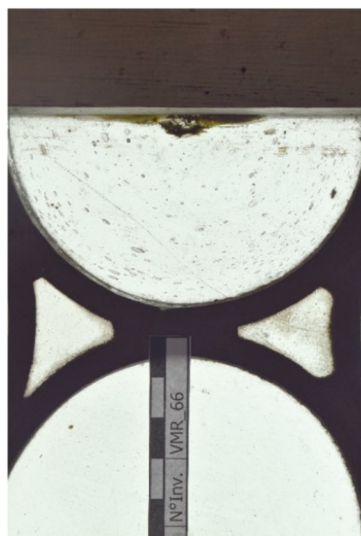


Figure 6 : Détail, bulles dans allongée et concentriques dans le verre, indicatives du soufflage en couronne (lumière transmise)

Annexes

Diagnostic

Les déformations des cames de plomb sont possiblement liées à des remplacements de pièces de verre durant la période d'utilisation de la fenêtre. Les cassures, usure et éléments manquants sont liés à des chocs physiques, durant la période d'utilisation du verre, ou depuis sa dépose et son stockage.

L'encrassement peut être lié à la pollution, mais aussi à un empoussièrement depuis le stockage de la fenêtre dans la réserve Ecole Primaire. Finalement, les taches sont liées au dépôt de rouille sur le verre, à cause de la corrosion des vergettes en fer.

Finalement, la peinture sur la face externe se craquèle à cause des dilatations et des rétractions du bois avec les changements d'humidité et de température, menant à des ruptures dans la surface de peinture.

14.4 Photographies de détails



Figure 28 : VMR_74, cassure et déformation du sertissage en plomb



Figure 29 : VMR_10054, désassemblage et usure du cadre (liée aux intempéries)¹⁴¹



Figure 30 : VMR_659, piqûres de corrosion du fer



Figure 31 : VMR_10054, cratères de corrosion du fer, grossissement env.220x



Figure 32 : VMR_654, corrosion du fer et taches sur le verre



Figure 33 : VMR_659, produits de corrosion blancs du plomb

¹⁴¹ Les numéros sur les étiquettes des objets VMR_10050 à 10055 sont incorrects, car les numéros d'inventaire ont été attribués après les photographies (les objets venant tous du même lieu, ils avaient auparavant un numéro récapitulatif, commençant par 901).



Figure 34 : VMR_723, corrosion du plomb, grossissement env. 220x



Figure 35 : VMR_74, produits de corrosion noirs du plomb

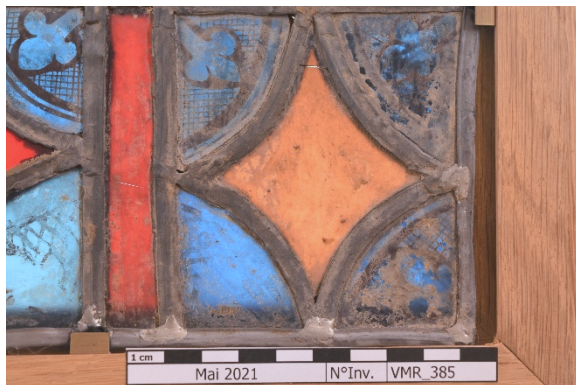


Figure 36 : VMR_385, croûtes sur le verre

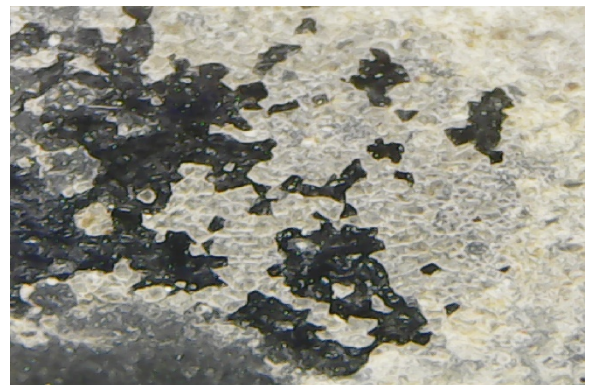


Figure 37 : VMR_385, croûtes sur le verre, grossissement env. 220x

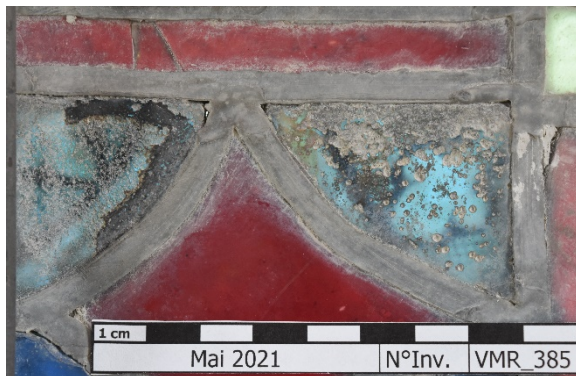


Figure 38 : VMR_385, cratères de corrosion du verre

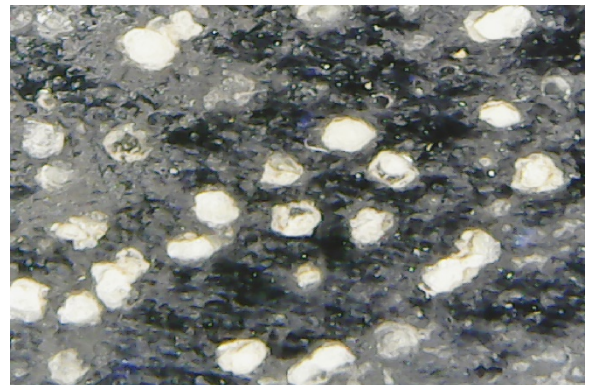


Figure 39 : VMR_723, cratères de corrosion du verre, grossissement env. 220x



Figure 40 : VMR_723, lacunes dans la grisaille



Figure 41 : VMR_385, griffures

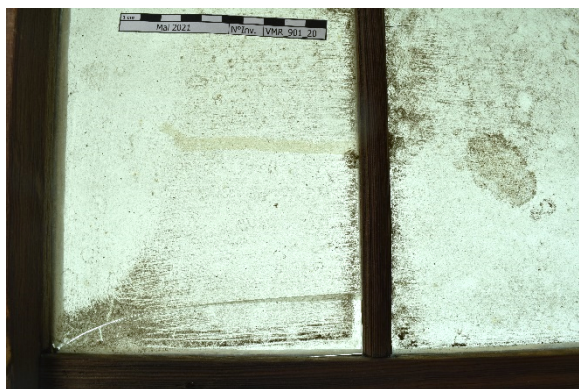


Figure 42 : VMR_10054, encrassement du verre, lumière transmise



Figure 43 : VMR_74, éclaboussures blanches



Figure 44 : VMR_415b, craquelures et écaillage

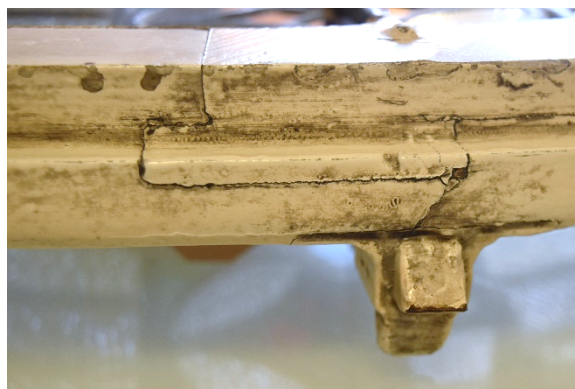


Figure 45 : VMR_415c, encrassement du cadre peint



Figure 46 : VMR_10054, taches de peinture sur le cadre

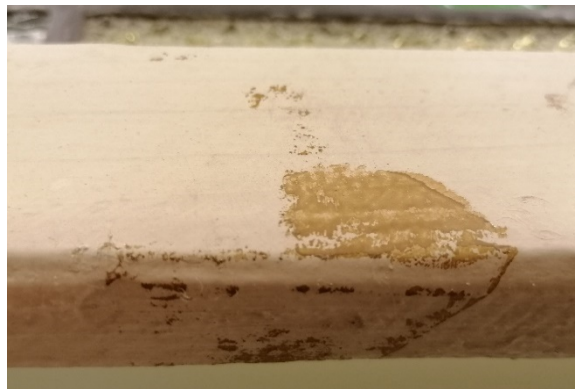


Figure 47 : VMR_415b, résidu de ruban adhésif

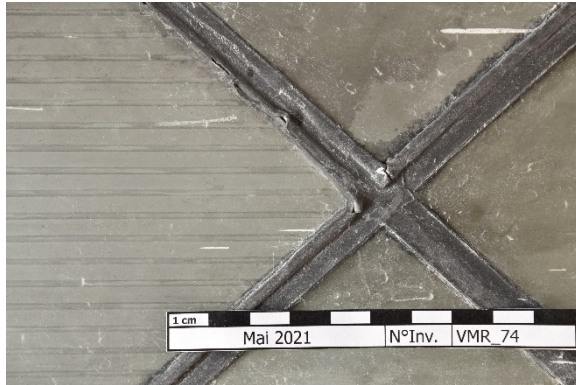


Figure 48 : VMR_74, déformation des ailes de plomb autour d'une pièce remplacée (gauche)

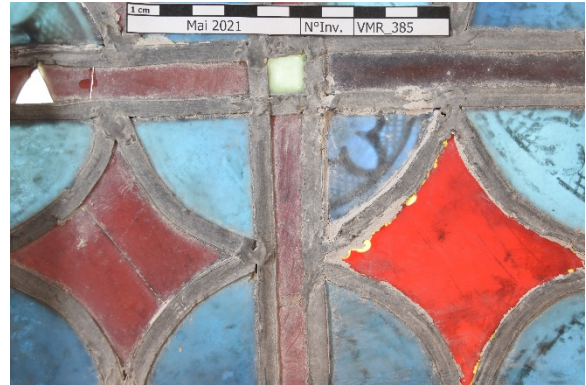


Figure 49 : VMR_385, pièce de verre remplacée (droite)



Figure 50 : VMR_723, plomb de casse

14.5 Analyses FTIR

Principe de fonctionnement

L'analyse FTIR, signifiant spectroscopie infrarouge à transformée de Fourier, est une technique d'analyse moléculaire. Elle offre comme résultats des spectres, avec des pics caractéristiques, que l'on peut alors comparer à des spectres de référence de substances préalablement analysées, enregistrés dans une base de données de spectres FTIR.

Dans notre cas, l'analyse FTIR a été menée en mode « attenuated total reflectance » ou ATR. Cette technique est utilisée pour les prélèvements solides et opaques, par mise en contact de l'échantillon avec un cristal de détection¹⁴². Le rayonnement infrarouge produit par l'instrument d'analyse est réfléchi sur la surface interne du cristal, créant ainsi une onde. L'énergie de cette onde est alors partiellement absorbée, partiellement réfléchi par l'échantillon. Le rayonnement réfléchi est renvoyé vers le détecteur et mesuré par le système¹⁴³.

Une fois ce processus terminé, le spectre est obtenu sur l'ordinateur, et il faut alors corriger les éventuelles déformations du spectre, avant de pouvoir procéder à l'interprétation des données. Ce travail nécessite un analyste spécialisé, ici Dre Laura Brambilla.



Figure 51 : Système d'analyse FTIR, dans la HE-Arc

Utilisation

Afin de pouvoir réaliser des analyses FTIR/ATR, il a d'abord fallu prélever des échantillons sur les objets. Une zone de prélèvement discrète et représentative est donc grattée avec une lame de scalpel préalablement nettoyée avec de l'éthanol, et les poussières récupérées dans un tube en polyéthylène. L'échantillon peut être de taille minuscule pour ce type d'analyse (de l'ordre de la poussière).

Puis, lors des analyses, deux spectres ont été mesurés à chaque échantillon, afin de pallier les problèmes d'hétérogénéité des prélèvements. Alors, les spectres mesurés sont corrigés par l'analyste, notamment pour retirer le « bruit », l'atmosphère (H₂O et CO₂) puisque l'analyse n'est pas faite sous vide, et les déformations des courbes¹⁴⁴.

Résultats

Les résultats obtenus sont des spectres caractéristiques de différents composés. Les localisations des prélèvements, les spectres obtenus et leurs interprétations sont donnés ci-après :

¹⁴² Brambilla, 2021.

¹⁴³ Stuart, 2007, p.113.

¹⁴⁴ Brambilla, 2021.

VMR_385

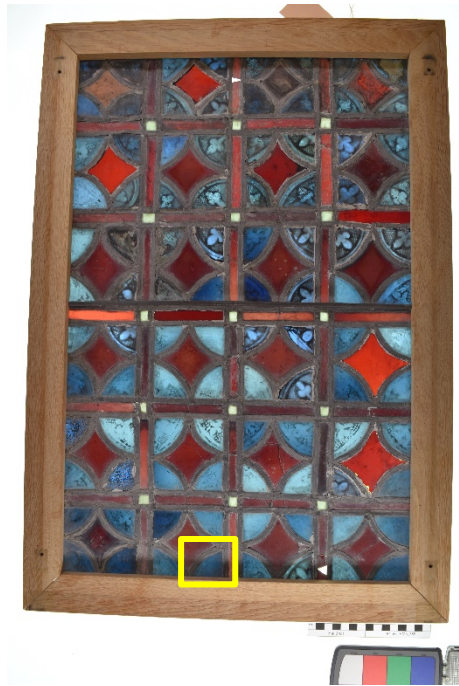


Figure 52 : VMR_385, localisation de la zone de prélèvement



Figure 53 : VMR_385, localisation du prélèvement

Produits identifiés : carbonate de plomb, savon de plomb (stéarate ?) et silicate (poussière ?).

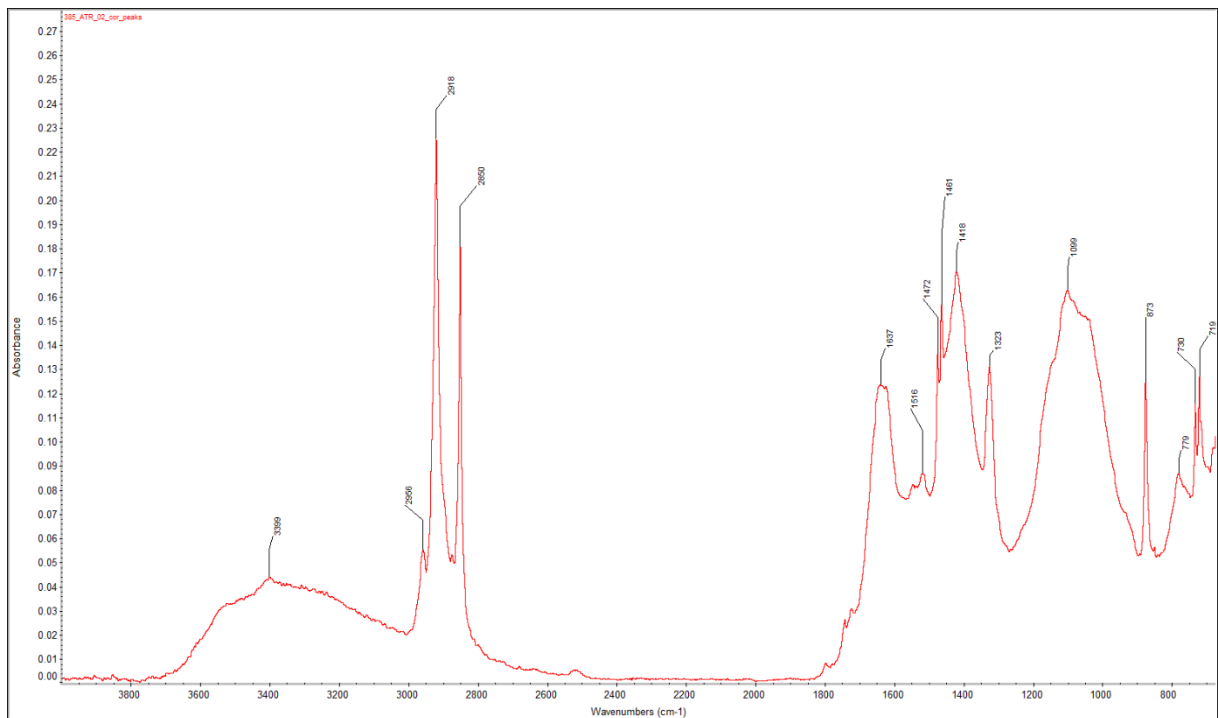


Figure 54 : Spectre 2 de VMR_385

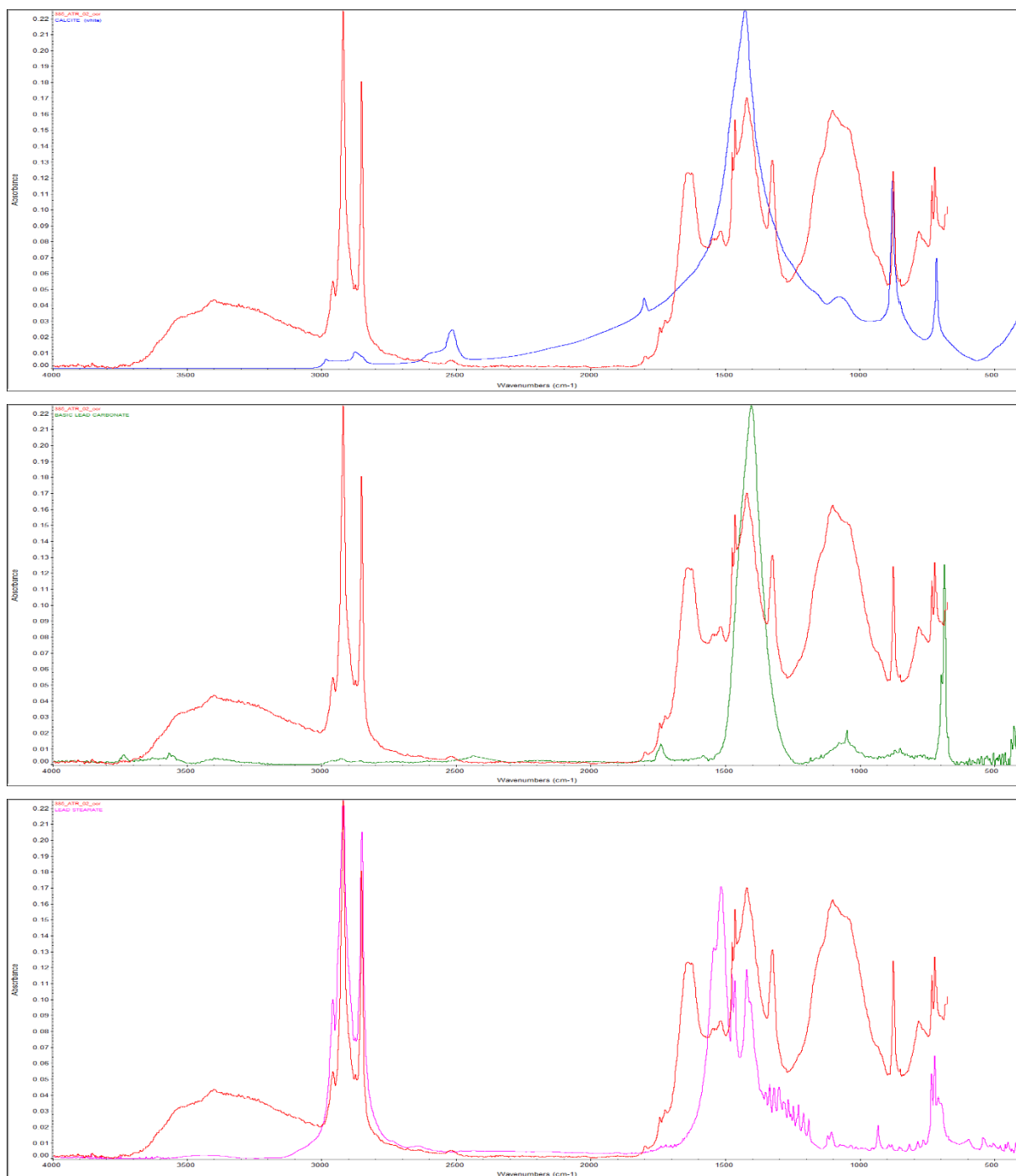


Figure 55 : Spectre analysé, comparé à des spectres de calcite (bleu), carbonate de plomb (vert) et stéarate de plomb (rose)

VMR_415c



Figure 56 : VMR_415b, localisation de la zone de prélèvement

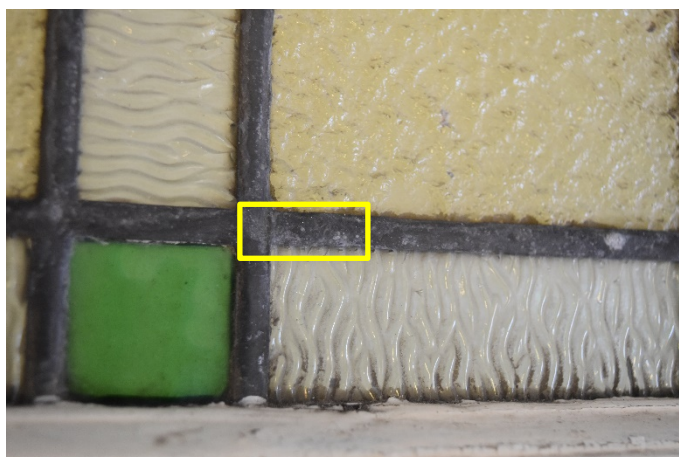


Figure 57 : VMR_415b, localisation du prélèvement

Produits non identifiés

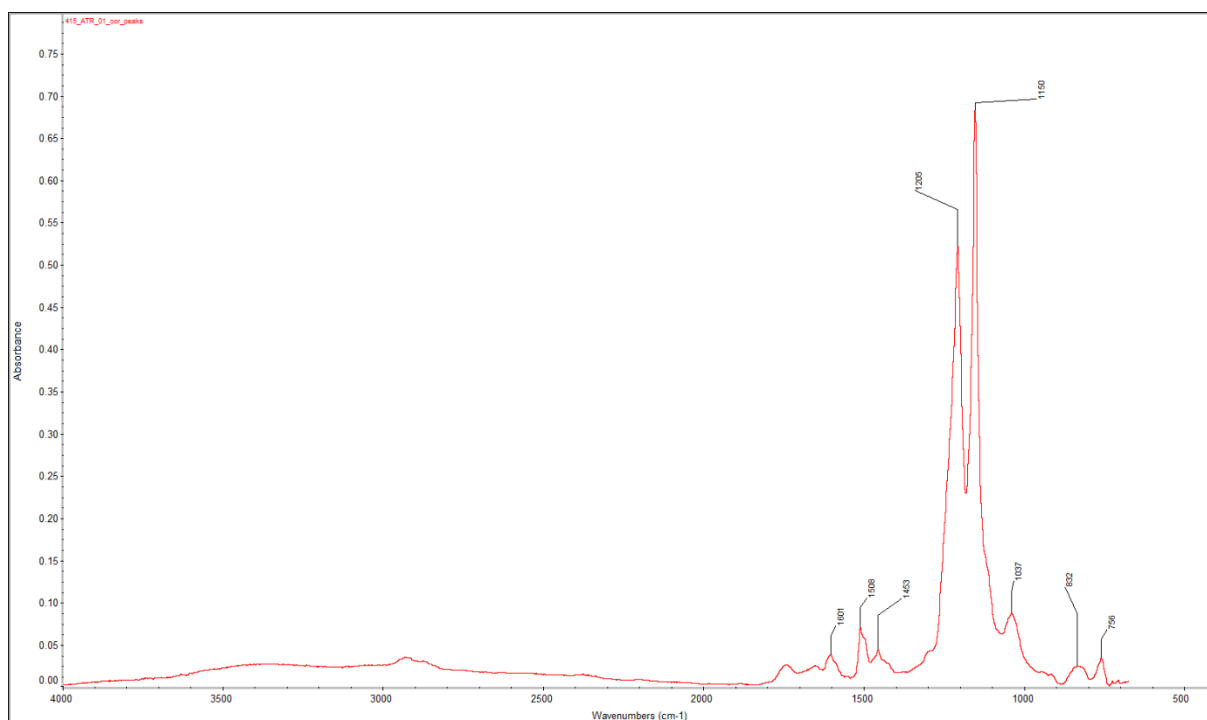


Figure 58 : Spectre 2 de VMR_415b

VMR_659

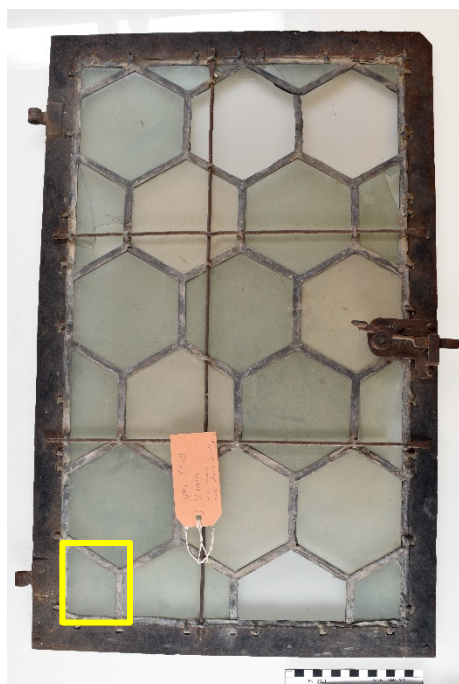


Figure 59 : VMR_659, localisation de la zone de prélèvement

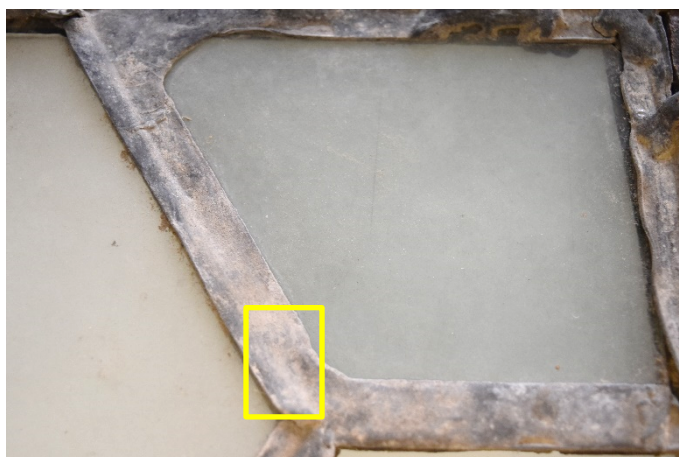


Figure 60 : VMR_659, localisation du prélèvement

Produit identifié : Sulfate de plomb (PbSO_4).

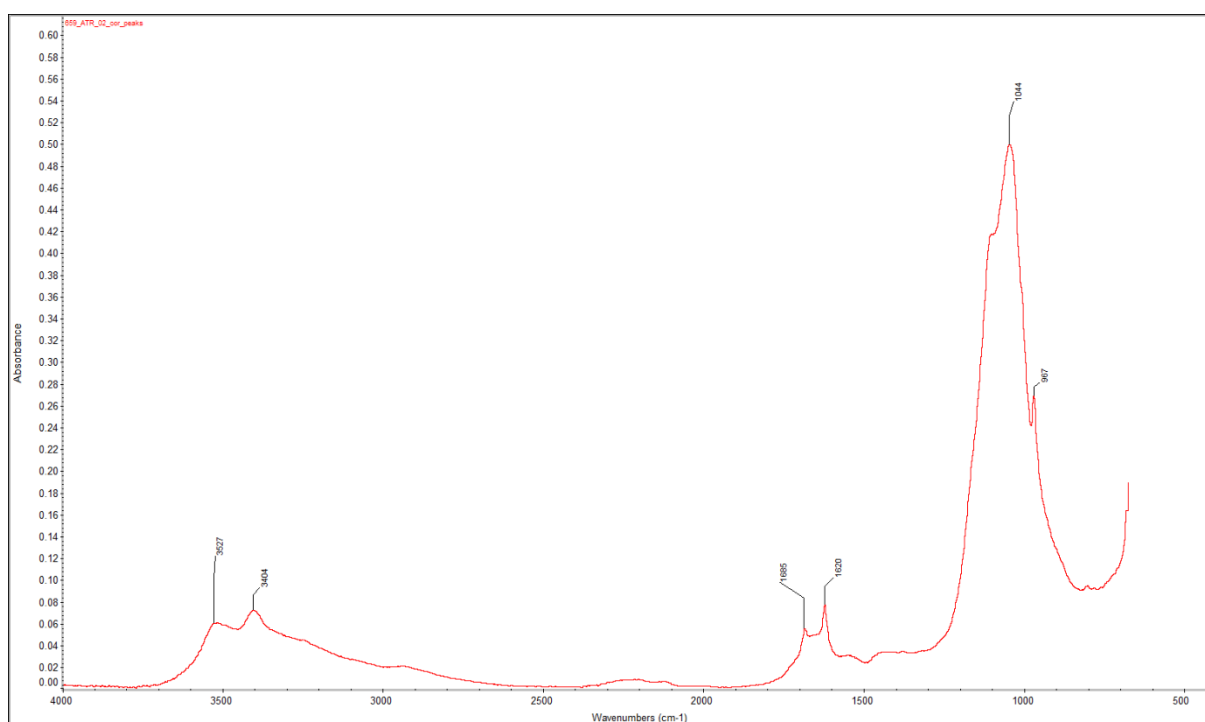


Figure 61 : Spectre 2 de VMR_659

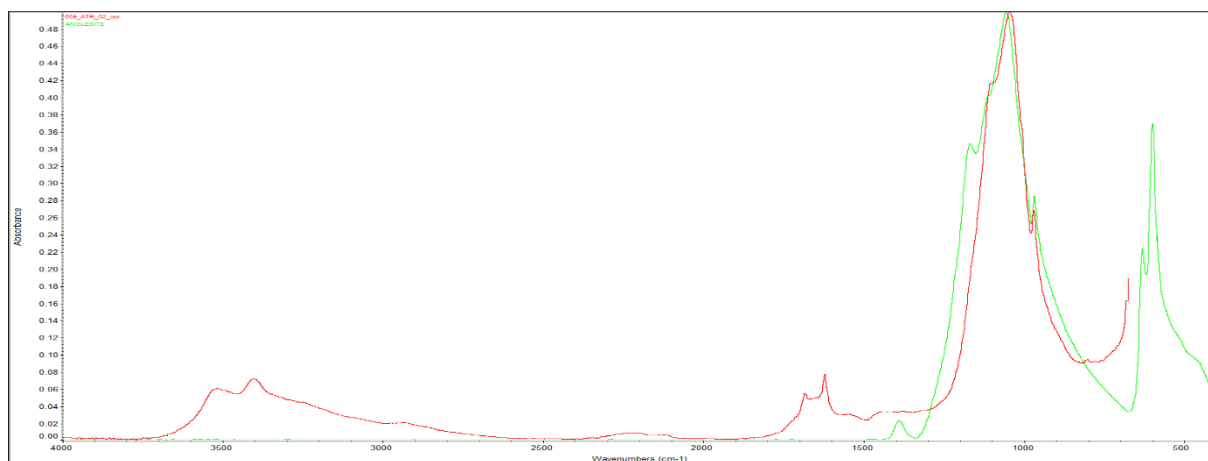


Figure 62 : Spectre analysé de VMR_659, comparé au spectre de l'anglésite ($PbSO_4$) (vert)

VMR_723



Figure 63 : VMR_723, localisation de la zone de prélèvement

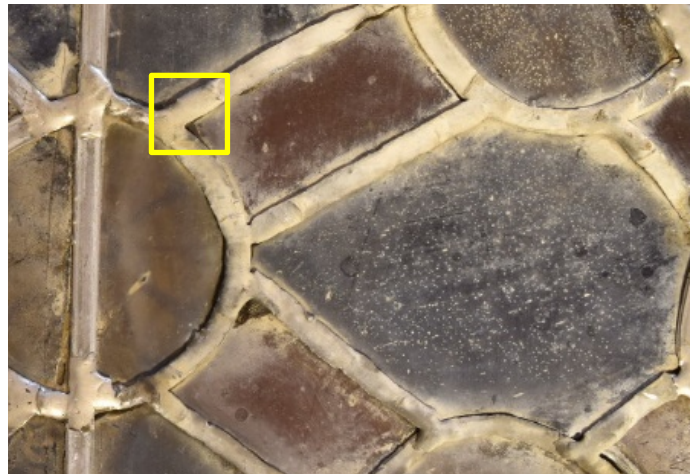


Figure 64 : VMR_723, localisation du prélèvement

Produits identifiés : carbonate de plomb hydraté (spectre 2), acétate de plomb (spectre 1, incertain)

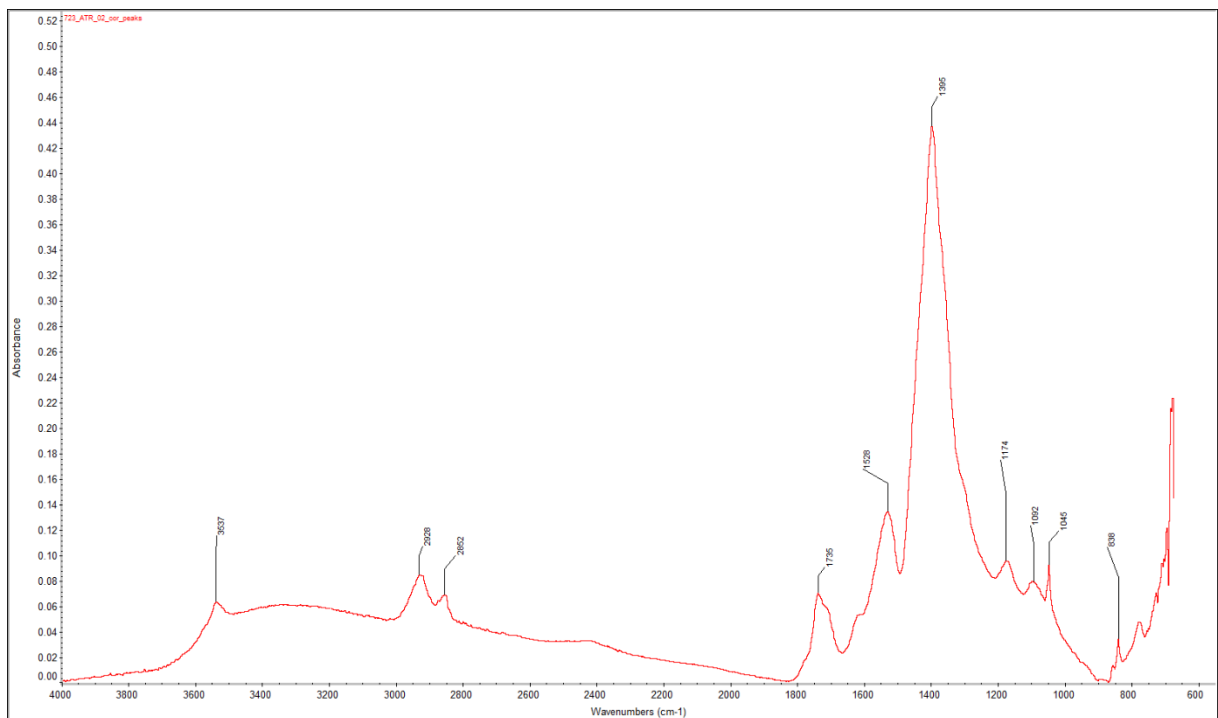


Figure 65 : Spectre 2 de VMR_723

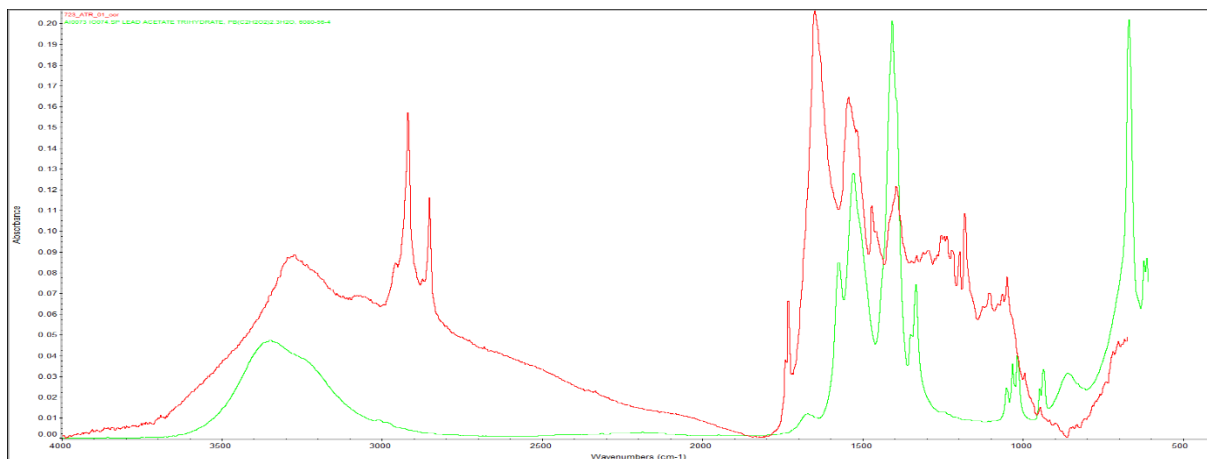


Figure 66 : Spectre 1 de VMR_723, comparé à de l'acétate de plomb (vert), interprétation incertaine

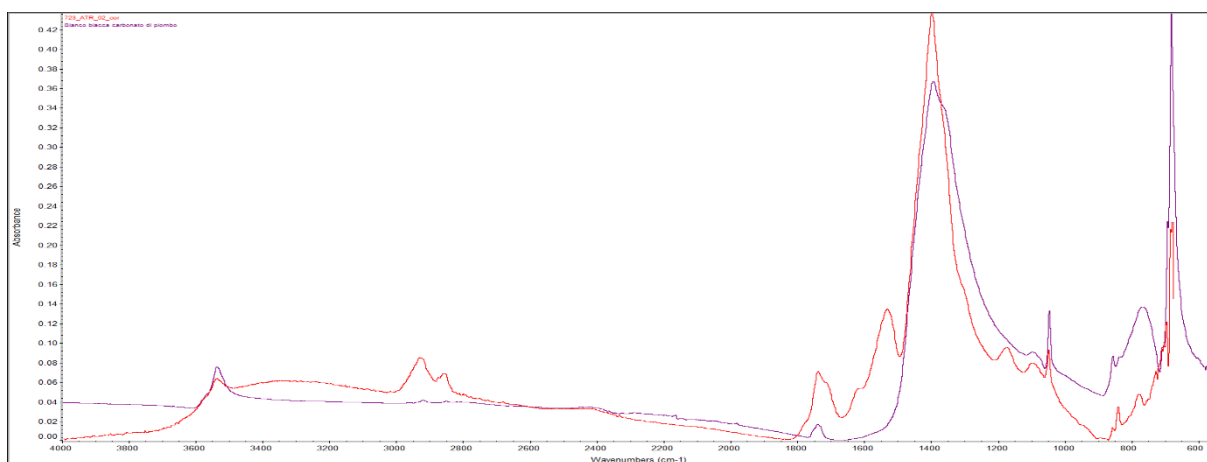


Figure 67 : Spectre 2 de VMR_723, comparé à des carbonates de plomb (blanc de plomb, cérussite) (violet)

L'échantillon est très hétérogène, et l'on ne trouve pas le même spectre lors des deux mesures. Dans le premier spectre, une présence organique est évidente, à cause de contaminations (?). Une comparaison avec le spectre de l'acétate de plomb peut être faite, mais elle est incertaine.

Récapitulatif des produits de corrosion identifiés

Numéro d'inventaire	Face de l'objet	Produits identifiés
VMR_385	Externe	Carbonate de plomb, savon de plomb et silicate
VMR_415b	Interne	-
VMR_659	Interne	Sulfate de plomb
VMR_723	Externe	Carbonate de plomb hydraté, peut-être acétate de plomb ?

Tableau 6 : Récapitulatif des résultats des analyses FTIR/ATR

15. Recommandations

15.1 Relevés climatiques

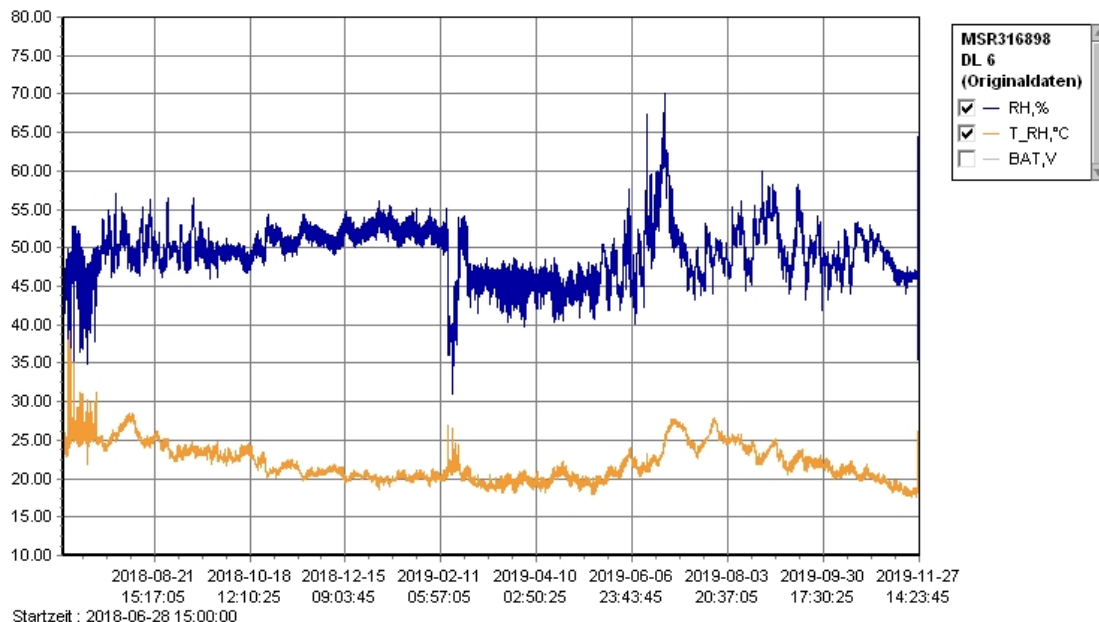


Figure 68 : Graphique thermo-hygrométrique enregistré dans une vitrine, dans la grande salle savoyarde, 08.2018 à 11.2019

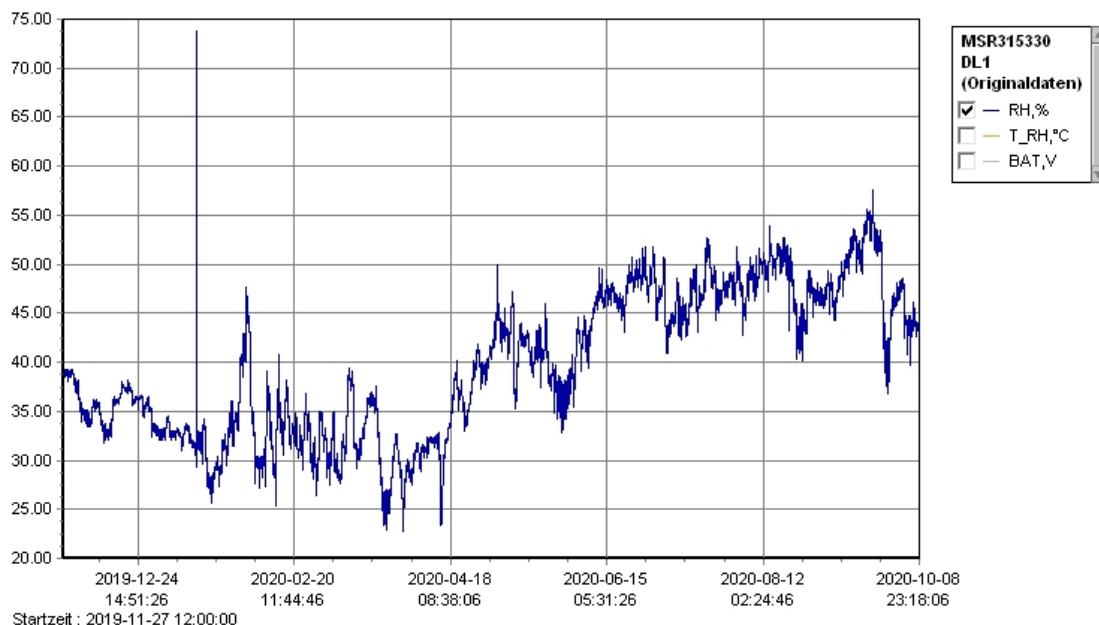


Figure 69 : Graphique hygrométrique enregistré dans la petite salle savoyarde, 12.2019 à 10.2020

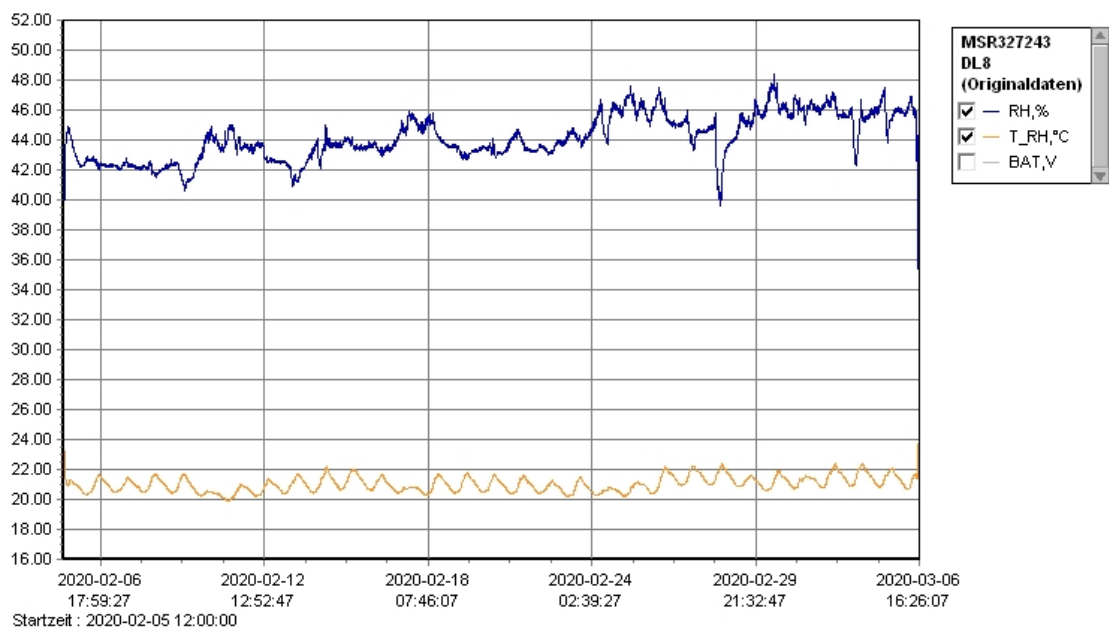


Figure 70 : Graphique thermo-hygrométrique enregistré dans la petite salle savoyarde, 02.2020 à 03.2020

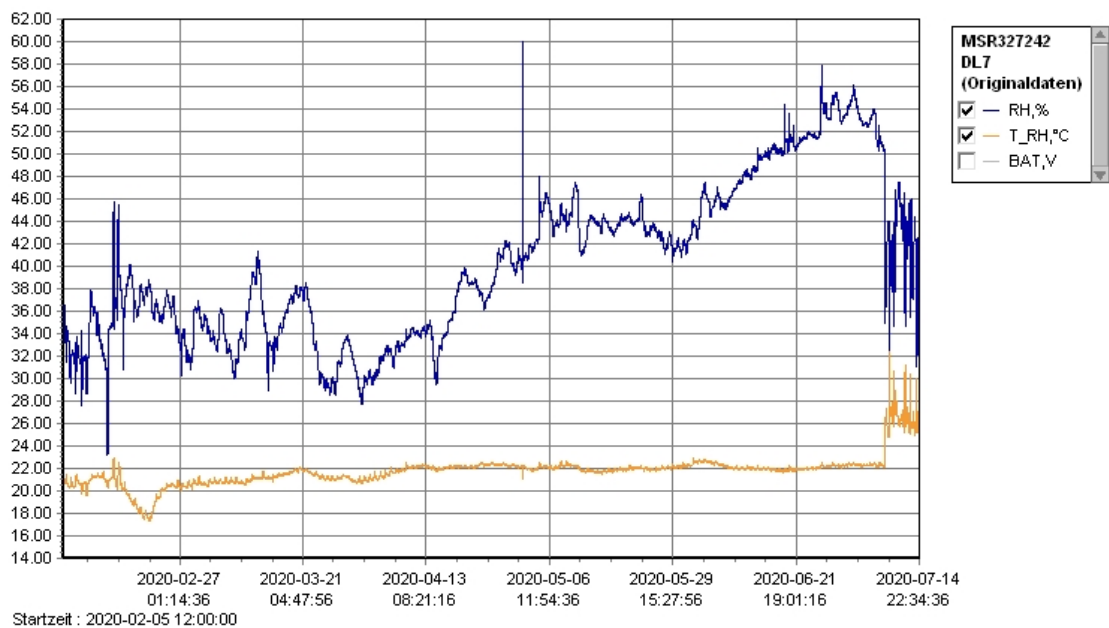


Figure 71 : Graphique thermo-hygrométrique enregistré dans la petite salle savoyarde, 02.2020 à 07.2020

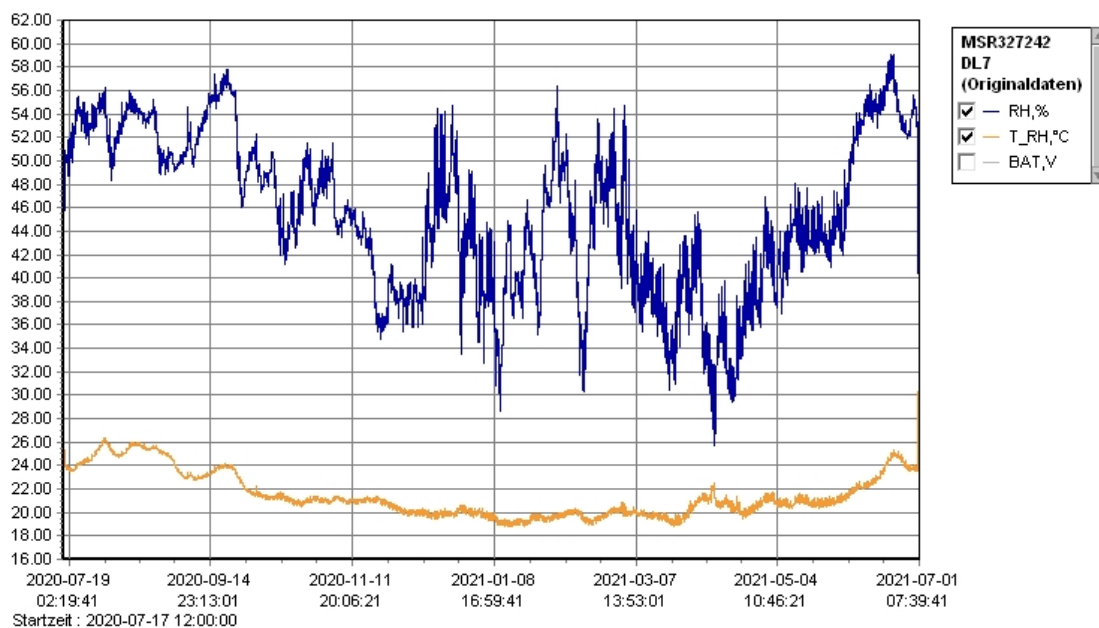


Figure 72 : Graphique thermo-hygrométrique enregistré dans la petite salle savoyarde, 07.2020 à 07.2021

15.2 Santé et sécurité lors de la manipulation d'objets contenant du plomb

Des précautions particulières doivent être prises lorsque l'on manipule des objets en plomb, du fait de sa toxicité. En effet, l'accumulation de plomb dans l'organisme humain amène de nombreux effets toxiques graves. Le métal et ses produits de corrosion sont aussi possiblement cancérogènes¹⁴⁵. Le plomb et ses composés pénètrent dans l'organisme par ingestion, inhalation ou absorption par voie cutanée, et sont particulièrement facilement absorbés sous la forme de poussières, fumées, liquides et vapeurs.

La poussière de plomb est la forme qui nous préoccupe le plus dans le cas des vitraux, car c'est sous cette forme que se présentent les produits de corrosion du plomb. Elle reste longtemps dans l'air, si les particules sont suffisamment petites. Le dépoussiérage présente notamment un risque élevé, car cette intervention met inévitablement en suspension dans l'air des particules contenant des produits de corrosion du plomb. Les mastics, ainsi que les peintures anciennes, peuvent également contenir du plomb, mais posent moins de risque de suspension dans l'air, au vu de la taille des particules.

Les mesures de prévention peuvent être prises sur plusieurs niveaux : technique, organisationnel et individuel¹⁴⁶. Les systèmes de ventilation par aspiration, le confinement et l'élimination des débris font partie des mesures techniques. Les mesures organisationnelles incluent les règles d'hygiène

¹⁴⁵ Office Fédéral de la Santé Publique, 2015 [en ligne].

¹⁴⁶ Selwyn, 2010 [en ligne].

personnelles, comme l'interdiction de la consommation d'aliments et de boissons dans la zone de travail, l'obligation de se laver les mains fréquemment, ainsi que les ongles, les avant-bras et le visage à chaque fin de journée¹⁴⁷, et le nettoyage des zones de travail avec par exemple un aspirateur avec un filtre à très haute efficacité (HEPA) et des détergents riches en phosphate¹⁴⁸. Finalement, les mesures individuelles concernent les équipements de protection individuels : masque à poussière FFP2 ou P3, vêtements de protection jetables ou lavés régulièrement, port de gants en nitrile ou en latex, stockés dans une zone propre et non contaminée.

Dans le cadre de ce travail, le Vitromusée n'offrait pas la possibilité de remplir tous les critères de protection proposés dans la littérature. Les précautions suivantes ont donc été envisagées. Lors de la manipulation des objets, des gants en nitrile jetables étaient portés. Les mains et les avant-bras étaient lavés avec de l'eau et du savon après les manipulations. Lors des travaux de nettoyage des objets, un nettoyage humide était préféré, afin d'éviter le soulèvement important de poussières de plomb¹⁴⁹. Lorsque du dépoussiérage devait être fait, un masque FFP3 et une blouse étaient portés par l'opérateur des nettoyages.

15.3 Manuel de recommandations pour le musée

¹⁴⁷ Coates et al., 2014, p.54.

¹⁴⁸ Selwyn, 2010 [en ligne].

¹⁴⁹ De Corneillan, 2021 [courriel du 14.06.2021].



Recommandations de conservation préventive

Manipulation, exposition et stockage

Vitromusée Romont

Juillet 2021

Table des matières

1. Manipulation des objets	1
Santé et sécurité	1
Règles de manipulation	2
2. Exposition	2
Climat et éclairage	2
Matériaux compatibles	2
3. Stockage des œuvres	4
Mobilier	4
Marquage	4
Matériaux adaptés	5
Annexes	6
Ouvrages et sites de référence	6
Fournisseurs	7

1. Manipulation des objets

Santé et sécurité

Le plomb dans les collections muséales

L'accumulation de plomb dans l'organisme humain amène de nombreux **effets toxiques graves**. Le métal et ses produits de corrosion sont également possiblement cancérogènes. Le plomb et ses composés pénètrent dans l'organisme par ingestion, inhalation ou absorption par voie cutanée et sont particulièrement facilement absorbés sous la forme de poussières, fumées, liquides et vapeurs. « Environ 95% du plomb accumulé dans l'organisme se trouve dans les os, lesquels peuvent se libérer de nouveau dans le sang lors du processus de vieillissement, de maladies, d'épisodes de stress ou de la grossesse¹. »

La poussière de plomb est la forme qui nous préoccupe le plus dans le cas des vitraux, car c'est sous cette forme que se présentent les produits de corrosion du plomb et elle reste longtemps dans l'air, si les particules sont suffisamment petites. Les produits de corrosion blancs du plomb sont souvent peu adhérents à la surface du métal et sont une des sources de **poussière contaminée au plomb**.

Les mesures administratives et les Equipements de Protection Individuels (EPI) sont les plus faciles à mettre en œuvre et devraient être respectés lors de nettoyages par exemple. Lors de la manipulation, **le port de gants est obligatoire en présence de plomb** ; le lavage des mains et le port du masque sont recommandés.

Mesures de réduction de l'exposition professionnelle au plomb¹

- **Mesures d'ingénierie** : systèmes de ventilation par aspiration à la source (hottes)
 - Confiner les débris, les collecter et éliminer de manière adéquate
 - Enceinte à pression négative
- **Mesures de réduction administratives** : hygiène personnelle
 - Interdire la consommation d'aliments et de boissons dans l'aire de travail
 - Se laver les mains avant de manger
 - Assurer la propreté des zones de travail (filtre HEPA sur les aspirateurs, détergents riches en phosphate)
- **EPI** :
 - Masque à poussière
 - Gants (nitrile, latex)
 - Blouse ou veste à laisser sur le lieu de travail

¹ Office Fédéral de la Santé Publique, 2015.

Règles de manipulation

Manipuler signifie toucher, changer de position ou déplacer un objet. Les recommandations suivantes sont donc valables à chacune de ces interventions.

- **Porter des gants** : en nitrile ou en latex.
 - *Exception* : pour les objets en verre ne contenant sans métal, avoir les mains propres et sèches s'il n'y a pas de gants à disposition.
- **Manipuler l'objet à deux mains**. Pour les vitraux, privilégier des déplacements à la verticale.
- **Ne pas utiliser les poignées** ou autres éléments qui dépassent pour soulever l'objet, on ne sait jamais dans quel état sont les assemblages et l'objet risquerait de chuter.
- **En utilisant un support ou un conteneur** :
 - Assurer qu'il soit propre et recouvert d'une surface douce et antidérapante
 - Caler les objets et les séparer entre eux avec un matériau amortisseur.
- **Préparer son itinéraire** et sa destination au préalable de tout déplacement
- **Eviter les bijoux** : bagues, bracelets et colliers qui pendent, qui pourraient rayer les objets.
- **Evaluer l'état de l'objet** avant de le manipuler
- Au moindre doute, **demander de l'aide**
- Si un accident survient, **documenter les dégâts et conserver** les éventuels morceaux cassés. Analyser les circonstances de l'accident, pour éviter que cela se reproduise.

2. Exposition

Climat et éclairage

Pour les objets composites tels que les vitraux, le climat devrait idéalement rester entre **15 et 22°C** avec une humidité relative de **50% ±10%**. Il faut en tout cas viser des conditions climatiques avec des **variations journalières minimales**. S'il s'agit d'un vitrail ou de verre sans décors peints ou surfaces dégradées, une humidité plus basse peut être privilégiée, autour de 35% d'humidité relative.

L'exposition de **verres altérés ou restaurés** doit se faire sous une intensité lumineuse égale ou inférieure à **150 lux**. Les **verres sains** peuvent être exposés sous **300 lux** maximum.

Matériaux compatibles

Certains matériaux considérés comme inadéquats peuvent être employés pour les expositions temporaires, à condition qu'il ne soient pas conservés avec l'objet par la suite. Ci-dessous, une liste non exhaustive des matériaux retrouvés en exposition, avec leur durée d'utilisation admise.

Recommandations de conservation préventive
Zoé Meyer, juillet 2021

	Matériau	Durée admise	Remarques
Métaux	Acier inoxydable	Permanente	Attention au contact avec d'autres métaux sur l'objet (corrosion galvanique en présence d'humidité).
	Aluminium	Permanente	
	Laiton	Temporaire	Seulement si on met une gaine ou de la peinture sur le métal.
	Acier de construction	Temporaire	
Polymères	Plexiglas	Permanente	
	Fil de polyester	Permanente	
	Mousse PE : plastazote® ou ethafoam®	Permanente	Choisir la mousse blanche ou noire, sans adjuvants (sauf du charbon).
	Polystyrène	Temporaire	Extrudé (plus dense, non électrostatique) ou expansé.
	Polypropylène	Temporaire à permanente	Le polypropylène peut se dégrader lorsqu'il est exposé aux UV.
	Fil de nylon	Temporaire	Dégradation à la lumière. Durée de vie de 10 ans environ.
	Polyuréthane	Inadéquate	
Bois	Bois	Temporaire à permanente	S'il faut en utiliser, choisir un bois sans nœuds, vieilli, séché, et d'une espèce reconnue comme peu acide. Sinon, appliquer un revêtement pare-vapeur.
	Bois aggloméré	Temporaire	S'il faut en utiliser, appliquer impérativement un revêtement pare-vapeur, ou choisir un bois aggloméré adapté aux normes muséales.
Peintures et revêtements	Peintures : acrylique ou vinyle acrylique	Permanente	Laisser sécher au minimum 4 semaines. Eviter le contact direct avec l'objet.
	Pare vapeur : résines butadiène-styrènes	Permanente	Laisser sécher au minimum 4 semaines.
	Colles et revêtements : résines époxydes bi-composantes, acryliques, PVA et EVA neutres	Temporaire à permanente	Laisser sécher au minimum 4 semaines.
	Colles et revêtements : résines époxydes mono-composantes, polysulfides, polychloroprènes, nitrates de cellulose, colles à base de caoutchouc.	Inadéquate	
	Peintures : alkydes, à l'huile, à base d'uréthane	Inadéquate	
Gaines et tubes	Gaines et tubes : silicone, Teflon, polyéthylène et polypropylène.	Permanente	
	Gaines thermo-rétractables : plastique polyoléfinique et polytétrafluoréthylène	Temporaire à permanente	Toute autre composition de gaine est à proscrire, car ils dégagent des acides.

3. Stockage des œuvres

Une bonne réserve doit :

- Permettre un **repérage rapide des objets**
- Permettre un **accès facile aux objets**, avec un minimum de manipulations
- Contenir des **unités de stockage adaptées** à la nature et aux dimensions des objets
- **Protéger les objets** des agents de détérioration

Mobilier

Le mobilier de stockage devrait idéalement être en métal, revêtu de poudre ou peint. Il doit être inerte et chimiquement stable, adapté au format des objets et au budget. Le bois peut dégager des acides volatils, nuisibles pour les métaux et le papier. Il est également sensible aux insectes nuisibles.

Les objets ne devraient pas reposer contre des murs froids ou directement sur le sol. Des matériaux de calage et de matelassage doivent séparer les objets les uns des autres, et de la surface de contact avec le mobilier ou le sol (pour les objets hors-formats).

Marquage

Eviter l'usage unique d'étiquettes à fil, car il y a un risque de dissociation. Eviter également les étiquettes autocollantes : elles risquent de retenir l'humidité et accélérer localement le processus de détérioration. Elles peuvent éventuellement être utilisées si l'objet a un cadre récent. Des rubans adhésifs ne doivent en aucun cas être utilisés pour fixer une étiquette. Préférer un **marquage à l'encre de Chine**, dont voici ci-après la marche à suivre.

- 1) Choisir une zone pour le marquage (si possible discrète et systématique sur tous les objets d'une même typologie)
- 2) Appliquer au pinceau une couche de résine Paraloid B-72® dissoute à 20% dans l'acétone ou l'acétate d'éthyle.
- 3) Une fois la résine sèche, inscrire dessus le numéro de l'objet avec une plume et de l'encre de Chine blanche ou noire.
- 4) Après séchage de l'encre de chine, appliquer une deuxième couche de Paraloid® au pinceau, en le tapotant afin d'éviter d'étaler l'encre.
- 5) Nettoyer le pinceau, avec de l'éthanol ou de l'acétate d'éthyle, et la plume avec de l'eau.

Recommandations de conservation préventive
Zoé Meyer, juillet 2021

Matériaux adaptés

Pour le conditionnement et le calage des œuvres figure ci-dessous une liste de matériaux adaptés à la conservation à long terme².

Matériau	Utilisations	Variante disponibles	Remarques
Ethafoam® (mousse PE à cellules fermées)	Calage, amortissement pour le rangement et les transports. Les films de mousse sont utiles pour recouvrir le fond des rayonnages.	Différentes épaisseurs disponibles (allant du film aux blocs de mousse)	Inerte, durable, léger, amortissant, facile à découper au couteau ou au cutter. Les bords peuvent être abrasifs.
Plastazote® (mousse PE à cellules fermées)	Calage, amortissement pour le rangement et les transports. Calage dans les cadres d'exposition.	Différentes densités et épaisseurs disponibles.	Plus compact et doux que l'Ethafoam®. Inerte, durable, léger, amortissant, facile à découper au couteau ou au cutter.
Polypropylène canalé	Boîtes et plateaux de transport et de conditionnement.	Existe en plusieurs couleurs et épaisseurs.	Léger, stable, se découpe au cutter facilement. Peut se dégrader à la lumière directe.
Polystyrène expansé	Calage pour le transport uniquement.	Sous la forme de plaques, pour le calage, ou de billes plus ou moins grandes pour le transport	Stable, léger, mais cassant et très électrostatique.
Plastique bulle (PE basse densité)	Coussins et emballage d'objets (pour le transport uniquement).		Eviter le contact avec les objets ayant une surface fragile, ne pas utiliser à long terme.
Carton et boîtes d'archives	Plateaux, intercalaires, boîtes pour petits objets ou œuvres papier.	Existent en plusieurs épaisseurs et couleurs.	Léger, non acide. Il est possible de contacter Oekopack pour faire des séries de boîtes sur mesure.
Tyvek® (intissé de fibres de polyéthylène)	Couvertures anti-poussière, étiquettes, intercalaires entre la mousse et les objets.	Existe en rouleau, en différentes épaisseurs.	Flexible, doux, résistant à la poussière et à l'eau, mais perméable aux gaz.

Une liste de fournisseurs se trouve en annexe, à la page 7.

² Adaptée de la liste de Conserve O Gram, 2004.

Annexes

Ouvrages et sites de référence

10 agents de dégradation [en ligne], Institut Canadien de Conservation, 2017.

<https://www.canada.ca/fr/institut-conservation/services/agents-deterioration.html>

« Safe plastics and fabrics for exhibit and storage ». *Conserve O Gram*. National Park Service, n°18/2, 2004.

Garcia Gomez, Isabelle. *Le soclage dans l'exposition, en attendant la lévitation des objets*. Office de coopération et d'information Muséales, Dijon, 2011.

Hayashi-Denis, Nao (dir.). *Guide sur la manipulation des collections dans les réserves*. UNESCO, Paris, 2010. Guide sur la protection du patrimoine culturel n°5.

Levillain, Agnès et Markarian, Philippe. *La conservation préventive des collections : fiches pratiques à l'usage des personnels de musée*. Musée des techniques et cultures comtoises, Salins-les-Bains, 2004.

Mardaga, Pierre. *Préserver les objets de son patrimoine. Précis de conservation préventive*. SFIIC, Liège, 2001.

Notes de l'Institut Canadien de Conservation [en ligne]. Toutes les notes au lien suivant :

<https://www.canada.ca/fr/institut-conservation/services/publications-conservation-preservation/notes-institut-canadien-conservation.html>

- « Précautions à prendre pour les réserves – généralités ». ICC, 1/1, 2002.
- Selwyn, Lyndsie. « La présence de plomb dans les collections muséales et les édifices patrimoniaux ». ICC, 1/8, 2010.

Office Fédéral de la Santé Publique. *Le Plomb*. Confédération Suisse, 2015.

Pletscher, Claudia et Liechti, Bernard. *Plomb et risques professionnels*. 6^{ème} édition. Suva, 2007.

Recommandations de conservation préventive
Zoé Meyer, juillet 2021

Fournisseurs

Mousses PE

Vibraplast AG

Wittenwilerstrasse 25
CH - 8355 Aadorf
Tél. +41 52 368 00 50
info@vibraplast.ch
www.vibraplast.ch

Plastic Haus AG

Fabrikmattenweg 15
CH - 4144 Arlesheim
Tél. +41 61 706 29 99
info@plastic-haus.ch
www.plastic-haus.ch

Mousses PE et caisses Rako®

Abena Schaumstoff AG

Meierhofweg 5
CH - 6032 Emmen
Tél. +41 41 269 88 99
info@abena.ch
www.abena.ch

Plaques de polypropylène alvéolaire et mousse PE

Neupack Produkte AG

Gewerbestrasse 1
CH - 6038 Honau/LU
Tél. +41 58 455 00 00
info@neupack.ch
www.neupack.ch

Carton, papier et boîtes d'archive

KLUG Conservation

Zollstrasse 2
DE - 87509 Immenstadt
Tél. +49 8323 9653 30
info@klug-conservation.fr
www.klug-conservation.fr

Oekopack Conservus AG

Industriestrasse 18
CH - 3700 Spiez
Tél. +41 33 655 90 55
info@oecag.ch
www.oekopack.ch

Carton d'archive, matériel d'encadrement

ARTProfil GmbH

Bahnhofstrasse 75
CH - 8887 Mels
Tél. +41 81 725 80 70
office@artprofil.ch
www.artprofil.ch

Tyvek®

Avila AG

Huebstrasse 11
CH - 8633 Wolfhausen
Tél. +41 55 253 00 00
info@avila.ch
www.shop.avila.ch

Deffner & Johann GmbH

Mühlackerstrasse 13
DE - 97520 Rötthlein
Tél. +49 9723 9350 0
shop@deffner-johann.de
www.deffner-johann.de

Mobilier pour la conservation

Gaerner SA

Erlenweg 8
CH - 6312 Steinhausen
Tél. +41 21 728 39 00
service@gaerner.ch
www.gaerner.ch

Kaiser+Kraft SA

Erlenweg 8, Postfach 261
CH - 6312 Steinhausen
Tél. +41 41 747 10 10
verkauf@kaiserkraft.ch
www.kaiserkraft.ch

15.4 Récapitulatif des propositions d'amélioration

Proposition d'amélioration	Avantages	Inconvénients	Estimation du coût
Révision ou remplacement de l'humidificateur	<ul style="list-style-type: none"> - Contrôle amélioré de l'humidification de la salle d'exposition - Filtration des polluants dans l'air 	<ul style="list-style-type: none"> - Investissement financier supplémentaire 	Environ 6500 CHF pour un nouvel humidificateur.
Mise en place de lampes LED	<ul style="list-style-type: none"> - Diminution de l'augmentation de température localisée sur les objets et dans les vitrines 	<ul style="list-style-type: none"> - Ne résout pas le problème de la température trop élevée dans les salles d'exposition en été - Chronophage - Investissement supplémentaire 	Environ 50 CHF par lampe.
Installation de barrières de protection dans l'exposition	<ul style="list-style-type: none"> - Mitige le problème du public qui endommage les objets en les touchant ou par accident 	<ul style="list-style-type: none"> - Occupation de place si on prend un système qui n'est pas vissé au sol 	Environ 110 CHF.
Réalisation de constats d'état avant et après les expositions	<ul style="list-style-type: none"> - Suivi de l'état des objets - Documentation et justificatif en cas de dommages lors de prêts 	<ul style="list-style-type: none"> - Chronophage - Augmentation du volume des archives 	Compter 1h par objet environ.
Marquage direct des objets	<ul style="list-style-type: none"> - Limitation du risque de dissociation - Elimination des risques liés aux étiquettes et au ruban adhésif - Solution à long terme pour la conservation des objets 	<ul style="list-style-type: none"> - Chronophage 	Compter 10 minutes par objet. Plus rapide si l'on travaille en série.
Evaluation climatique par un professionnel de la conservation préventive	<ul style="list-style-type: none"> - Propositions d'amélioration pour les conditions dans les réserves 	<ul style="list-style-type: none"> - Investissement financier - Possibilité de ne pas trouver de moyen d'améliorer l'existant, sans changer de réserve 	Environ 80-100 CHF/heure pour un indépendant ¹⁵⁰ .

¹⁵⁰ Personne qui détient un Bachelor en conservation préventive.

Evaluation spatiale par un professionnel de la conservation préventive	<ul style="list-style-type: none"> - Propositions d'amélioration pour les conditions dans les réserves - Solution à long terme pour la conservation des objets 	- Investissement financier	Environ 80-100 CHF/heure pour un indépendant.
--	--	----------------------------	---

Tableau 7 : Récapitulatif des propositions d'intervention et estimation des prix

15.5 Estimation des coûts pour l'accrochage

Fournisseur	Article	Caractéristiques	Prix / pce (CHF)
JUMBO	Câbles	Câble en fil d'acier galvanisé, 2 mm x 10 m	10.95
Rotima	Gaine silicone	Gaine silicone mono-filament, ø 1.5 mm x 25 m	?
JUMBO	Serre-câbles	Serre-câble en acier ovoïde pour corde 2 mm	4.25 pour 2
Vibrplast	Mousse PE	Plastazote® LD 45 noir, 2000 x 1000 x 5 mm	34.60
JUMBO	Colle blanche	Colle vinylique, 100 ml	4.95
JUMBO	Primer	Dupli-color, plastic primer, 400 ml	21.95
JUMBO	Peinture en bonbonne	Dupli-color, spray de peinture automobile, noir, 400 ml, acrylique	19.95
Notzmetall	Profilés en U	Profilés en U, acier inoxydable laminé à chaud (taille variable et longueur découpée sur demande en supplément de 9.50 CHF)	100 - 140
Hornbach	Tige plate en acier	Tige plate en acier 20 x 4 mm x 2 m	7.25
JUMBO	Fil de fer	Fil de fer galvanisé 1.8 mm x 11 m	4.95
JUMBO	Crochets	Crochets de fixation en acier galvanisé, fixation à deux vis	1.40
JUMBO	Vis	Vis à tête plate T25, 5 x 20 mm	2.75 pour une boîte
Coop brico+loisirs	Etau	Etau d'établi 60 x 55 mm en fonte	24.95
JUMBO	Pince plate	Pince multiprise à mâchoire pivotante	39.95
JUMBO	Scie à métaux	Scie à métaux	12.75
JUMBO	Lime	Lime plate émoussée	2.00
JUMBO	Papier abrasif	Feuilles de papier abrasif au corindon, grain de 100	0.60
Coop brico+loisirs	Poste à braser	Appareil de brasage (bouteille de gaz et buse), fil pour brasure forte, décapant.	Env. 160.00

Tableau 8 : Liste d'articles nécessaires pour les différentes options d'accrochage

Type d'accrochage	Objets	Matériel nécessaire	Prix (CHF)	TOTAL (CHF)
Encadrement par un serrurier	VMR_74 VMR_415 a-c	2 Cadres Câbles	2 x 880 10.95	1770.95 (max)
Suspension par utilisation des trous / cadres existants	VMR_385 VMR_659 VMR_723	Câbles 6 serre-câbles Vis Gaine silicone	10.95 12.75 1.00 (env.) ?	27.50 (env.) 1h de travail
Option A – Profilés en U	VMR_654 VMR_10054 VMR_10055	6 profilés en U Câbles 12 Serre-câbles Mousse PE Colle blanche Primer Peinture en bonbonne	461.30 ¹⁵¹ 10.95 25.50 6.50 0.10 1.00 1.00	506.35 6h de travail
Option B – Cornières sur mesure	VMR_654 VMR_10054 VMR_10055	Tige plate en acier Câbles Mousse PE Colle blanche Primer Peinture en bonbonne Outils : Etau 2 Pincés plates Scie à métaux Lime Poste à brasure	7.25 21.90 env. 4.00 0.10 1.00 1.00 24.95 79.90 12.75 2.00 env. 160.00	35.25 Ou 301.90 s'il faut acheter tout l'outillage 40h de travail
Option C – Cornières « standardisées »	VMR_654 VMR_10054 VMR_10055	12 pièces découpées au laser Câbles Mousse PE Colle blanche Primer Peinture en bonbonne Outils : 2 pincés plates	? 21.90 2.00 0.10 1.00 1.00 79.90	? + 26.00 + 79.90 s'il faut acheter les outils 8h de travail
Option D – Perçage des cadres en bois	VMR_654 VMR_10054 VMR_10055	6 crochets Vis Câbles 6 serre-câbles	8.40 1.00 10.95 12.75	33.10 4h de travail

Tableau 9 : Estimation des prix des différentes options d'accrochage

¹⁵¹ Devis réalisé par Notzmetall pour le découpage de 6 pièces à la longueur souhaitée.

16. Nettoyage

16.1 Présentation des outils et produits utilisés pour les tests et fiches techniques



Pinceaux brosse doux et dur sous aspiration	
Paramètres d'application : Brossage de la surface en récupérant les poussières à l'aspirateur (brosser les poussières en direction du tuyau !). Attention à ne pas griffer la surface avec la virole métallique.	Propriétés de l'outil : Pinceau brosse à poils synthétiques. Virole en aluminium.
Santé et sécurité : Port d'un masque à poussière (FFP2 ou FFP3) et bouchons à oreilles sur la durée (bruit constant de l'aspirateur). Risque de mettre en suspension dans l'air des poussières de plomb toxiques.	Evacuation des déchets produits : Poussières évacuées avec l'aspirateur (si possible avec un filtre HEPA).
Remarques pour le pinceau doux : Bon effet de dépoussiérage, pas de rayure du verre observée. Aucun résidu pouvant altérer le verre. Cependant, pour les résidus adhérents à la surface, c'est inefficace. Bonne accessibilité des zones étroites/difficiles d'accès.	 <p>Figure 73 : Pinceau doux</p>
Remarques pour le pinceau dur : Relativement bon effet de dépoussiérage et de nettoyage des résidus adhérents. Suspicion de rayure du verre dans certains cas. Aucun résidu pouvant altérer le verre. Bonne accessibilité des zones étroites/difficiles d'accès. L'utilisation de cet outil demande parfois une insistance (pression) pour retirer efficacement les résidus. Cependant, c'est un procédé généralement rapide, car l'on peut sélectionner des pinceaux plus ou moins épais.	 <p>Figure 74 : Pinceau dur</p>

Tableau 10 : Récapitulatif des observations liées à l'outil pinceau

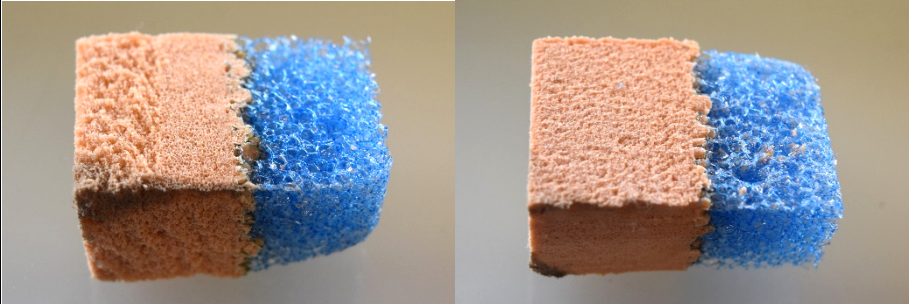
Gommes Wishab tendre et dure	
Paramètres d'application : Couper la gomme en petits morceaux, permettant de mieux la manier. Utiliser la partie orange en tenant par le côté bleu, et frotter légèrement la surface.	Propriétés de l'outil : Eponges en latex vulcanisé, pH neutre, utilisées pour le nettoyage à sec par abrasion. Durée de vie de 2 à 3 ans (d'après le fournisseur).
Santé et sécurité : -	Evacuation des déchets produits : Résidus produits lors du gommage, à éliminer avec un pinceau et un aspirateur. Peut laisser des résidus soufrés.
Remarques : Parfois efficace pour le nettoyage des dépôts peu adhérents et sur les matériaux organiques. Les zones étroites ou dans les angles sont inaccessibles avec la gomme. On a observé une fois des rayures sur le verre sous un grossissement de 40x. Les résidus produits posent un problème lorsqu'ils adhèrent à la surface avec l'électricité statique, et s'accumulent dans les anfractuosités.	
	
<i>Figure 76 : Gomme Wishab tendre Figure 75 : Gomme Wishab dure</i>	

Tableau 11 : Récapitulatif des observations liées à l'utilisation de la gomme Wishab


Smoke Sponge	
Paramètres d'application : Couper la gomme en petits morceaux, permettant de mieux la manier. Frotter la gomme en surface de l'objet en coupant régulièrement les parties encrassées de l'outil.	Propriétés de l'outil : Mousse de latex naturel vulcanisé pour le nettoyage mécanique par captation des saletés, sans effet chimique ni abrasif. pH neutre.
Santé et sécurité : -	Evacuation des déchets produits : Quelques résidus produits lors du gommage, à éliminer avec un pinceau et un aspirateur.
Remarques : Bonne efficacité pour le nettoyage des dépôts peu adhérents et sur les matériaux organiques. Manque de précision mais efficacité pour traiter des grandes surface rapidement. L'outil a pour intérêt de ne pas soulever les poussières pouvant être nocives mais de les capter dans l'éponge.	
	
<i>Figure 77 : Smoke Sponge</i>	

Tableau 12 : Récapitulatif des observations liées à l'utilisation de la Smoke Sponge


Badigeon ouaté et solvants	
Paramètres d'application : <p>Imbiber le badigeon de solvant, et éponger le surplus sur du papier absorbant. Rouler le badigeon à la surface sans appliquer trop de pression.</p>	Propriétés de l'outil : <p>Le badigeon de ouate a des capacités d'abrasion, et de captation du solvant. Les solvants ont des capacités de solubilisation des dépôts. L'éthanol permet au mélange hydroalcoolique de s'évaporer plus rapidement. La gomme xanthane est un gélifiant permettant de mieux contrôler la dispersion des solvants.</p>
Santé et sécurité : <p>L'utilisation d'éthanol nécessite une ventilation.</p>	Evacuation des déchets produits : <p>Bocal de récupération de la ouate salie. Des fibres de ouate restent parfois en surface de l'objet, à retirer au pinceau ou avec une pincette, en veillant à ne pas rayer le verre !</p>
Remarques pour l'eau distillée : <p>L'eau distillée est une eau ne contenant ni gaz ni sels dissous, et est donc adaptée pour le nettoyage du plomb. Effet nettoyant chimique et mécanique, par dissolution des saletés et frottement. Bons résultats en général. Risque de pénétration dans les matériaux poreux : formation de corrosion ou d'auréoles. Peut prendre beaucoup de temps sur des grandes surfaces. On risque de souvent étaler la saleté si l'on ne jette pas très fréquemment les badigeons sales. Grande précision d'application.</p>	 <p><i>Figure 78 : Badigeon ouaté</i></p>
Remarques pour le mélange binaire eau distillée et éthanol : <p>Même remarque que ci-dessus. Evaporation plus rapide des solvants et donc moins de stagnation en surface du verre.</p>	
Remarques pour le mélange binaire eau distillée et éthanol, avec 1% de gomme xanthane : <p>Permet de mieux contrôler la dispersion des solvants. Utile dans le cas de nettoyage de zones proches des bords, ou d'éléments en bois. Aucun résidu observé en surface.</p>	

Tableau 13 : Récapitulatif des observations liées à l'utilisation de solvants sur un badigeon ouaté

Patte microfibre et solvants (eau distillée et éthanol 50 : 50)	
Paramètres d'application : Plier ou couper la patte à la taille nécessaire pour pouvoir travailler avec précision et ne pas étaler la saleté. Imbiber légèrement la patte de solvants et la frotter en surface.	Propriétés de l'outil : Textile doux en polyamide et polyester à très fines fibres, à grande capacité absorbante.
Santé et sécurité : L'utilisation d'éthanol nécessite une ventilation.	Evacuation des déchets produits : Ne pas mettre les pattes utilisées pour le nettoyage à la lessive, mais les jeter.
Remarques : Effet nettoyant chimique et mécanique, par dissolution des saletés et frottement. Bons résultats en général. Rapidité de mise en œuvre, mais parfois peu précis et difficulté pour atteindre les coins et les anfractuosités de surface. Risque de pénétration des solvants dans les matériaux poreux : formation de corrosion ou d'auréoles, mais l'éthanol permet une évaporation rapide, évitant ainsi la stagnation d'eau en surface. Risque d'étaler la saleté et de rayer la surface avec les particules soulevées si l'on ne tourne pas régulièrement la patte pour toujours utiliser une zone propre.	



Figure 79 : Patte microfibre

Tableau 14 : Récapitulatif des observations liées à l'utilisation de solvants sur une patte microfibre

Gommes Wishab

- Qualité produit
- Conformes aux règles de conservation en rigueur

Les gommes Wishab sont utilisées pour un **nettoyage à sec pratique et efficace**. En fonction de la fragilité de la surface à traiter (dos de cadres, papier-peint, textile...), l'intervenant choisira l'un des sept niveaux de dureté : **ultra-dure, extra-dure, dure, tendre, flexible, en poudre dure ou en poudre tendre**.

Le côté bleu, rigide, permet la préhension avec un contrôle visuel constant de l'action de la face active jaune ou blanche.

La partie jaune est composée de latex synthétique, d'huile minérale et de produits vulcanisants et gélifiants liés chimiquement. Elles ne contiennent aucune substance nuisible et ont un pH neutre. Cependant elles peuvent laisser des résidus soufrés.

La blanche est composée de gomme plastique et ne laisse pas de résidus soufrés.

Caractéristiques :

Matériaux : éponge latex vulcanisé

PH : neutre

Durée de vie : approx. 2 à 3 ans

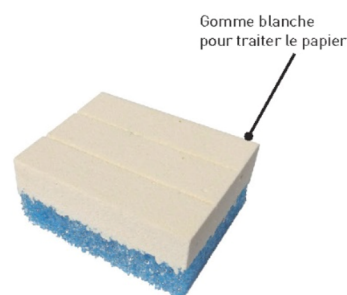
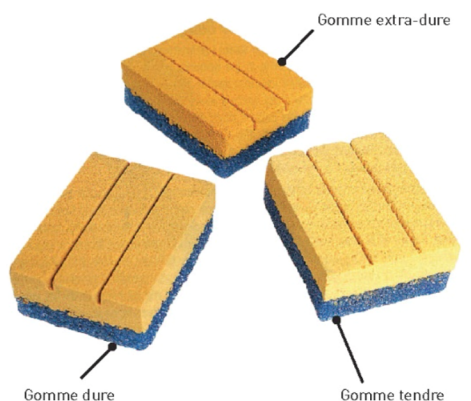
Choisir la gomme en fonction de la fragilité de la surface à nettoyer. Nettoyage à sec seulement.

La gomme Wishab classique présente 4 niveaux de dureté :

- **ultra-dure,**
- **extra-dure,**
- **dure,**
- **tendre.**

La gomme Wishab blanche est déclinée en 5 niveaux de dureté :

- **dure,**
- **tendre,**
- **flexible,**
- **poudre 500 g Wishab tendre,**
- **poudre 500 g Wishab dure.**



FICHE TECHNIQUE



ARTECH PRO
Fournitures pour l'Art

www.artech-avignon.com contact@artech-avignon.com
04 90 80 07 83

EPONGE ECOLO SUIE

Date de mise à jour : 23/03/2021

Description :	Etat : Mousse Couleur : Brun Clair Dimensions : 15,4 Cm X 3,8 cm environ
Composition :	Caoutchouc Naturel (Latex)
Caractéristiques :	NETTOIE SANS EAU NI PRODUITS CHIMIQUES. Enlève les marques opiniâtres sans action chimique ou abrasive. Moyen idéal pour éliminer la suie et les fumées après incendie. Elimine également les poussières et les poils d'animaux.
Applications :	L'éponge à sec ECOLO SUIE s'utilise comme une gomme. Commencer par le dessus en effectuant des mouvements légers et larges dans une seule direction. Éviter les pressions excessives. Ne pas nettoyer ni broser l'éponge. Ne pas mouiller l'éponge (Sauf pour la laver). Ne pas exposer à la chaleur ni aux rayons du soleil. Conserver dans un endroit sec. Emballer sous film plastique après utilisation. L'éponge se coupe en deux, ce qui procure deux nouvelles surfaces de nettoyage.
Utilisations :	Papiers Peints, Revêtements Textiles, Stores Vénitiens, Chapeaux D'abat-Jour, livres, archives ou documents souillés par la suie



Base de données FICHES TOXICOLOGIQUES

Éthanol

Fiche toxicologique synthétique n° 48 - Edition Novembre 2019

Pour plus d'information se référer à la fiche toxicologique complète.

Formule Chimique	Nom	Numéro CAS	Numéro CE	Numéro index	Synonymes
C ₂ H ₅ O	Éthanol	64-17-5	200-578-6	603-002-00-5	Alcool éthylique



ÉTHANOL

Danger

- H225 - Liquide et vapeurs très inflammables

Les conseils de prudence P sont sélectionnés selon les critères de l'annexe 1 du règlement CE n° 1272/2008.
202-578-6

Propriétés physiques

Nom Substance	N° CAS	Etat Physique	Point de fusion	Point d'ébullition	Pression de vapeur	Point d'éclair
Éthanol	64-17-5	Liquide	-114 °C	78 °C	5,9 kPa à 20 °C 10 kPa à 30 °C 29,3 kPa à 50 °C	13 °C (éthanol pur); 17 °C (éthanol à 95 % vol); 21 °C (éthanol à 70 % vol); 49 °C (éthanol à 10 % vol); 62 °C (éthanol à 5 % vol) (lous en coupelle fermée)

À 20 °C et 101 kPa, 1 ppm = 1,91 mg/m³

Méthodes de détection et de détermination dans l'air

Prélèvement d'air sur un tube rempli d'un adsorbant (charbon actif, gel de silice ou Anisorb® 747) et désorption au solvant ou prélèvement d'air au travers d'un tube rempli de Chromosorb® 106 et désorption thermique.

Dosage par chromatographie en phase gazeuse avec détection par ionisation de flamme et/ou spectrométrie de masse.

Valeurs Limites d'Exposition Professionnelle

Des valeurs limites d'exposition professionnelle (VLEP) dans l'air des lieux de travail ont été établies pour l'éthanol.

Substance	PAYS	VME (ppm)	VME (mg/m ³)	VLCT (ppm)	VLCT (mg/m ³)
Éthanol	France (VLEP indicatives - 1982)	1 000	1 900	5 000	9 500
Éthanol	États-Unis (ACGIH - 2009)	-	-	1000	1880
Éthanol	Allemagne (valeurs MAK - 2018)	200	380	-	-

Pathologie - Toxicologie

Toxicocinétique - Métabolisme



Base de données FICHES TOXICOLOGIQUES

L'éthanol est rapidement absorbé par voie orale et respiratoire et peu par contact cutané. Il est distribué dans tous les tissus et fluides de l'organisme, notamment le cerveau et le foie, et est principalement éliminé par une métabolisation oxydative dans le foie produisant transitoirement de l'aldéhyde puis de l'acide acétique.

Toxicité expérimentale

Toxicité aiguë

La toxicité aiguë de l'éthanol est faible par inhalation et par ingestion, et négligeable par contact cutané. L'éthanol est irritant pour les yeux mais n'a pas d'effet irritant ou sensibilisant sur la peau.

Toxicité subchronique, chronique

L'éthanol possède une faible toxicité par exposition répétée par voie orale et respiratoire. Les effets se manifestent sur le foie et le système hématopoïétique à des doses élevées. Aucun effet systémique n'est observé par voie cutanée.

Effets génotoxiques

Les données suggèrent que l'éthanol provoque des lésions de l'ADN dans les cellules somatiques et germinales.

Effets cancérogènes

Selon l'évaluation du CIRC en 2007, il existe des preuves suffisantes de la cancérogénicité de l'éthanol chez l'animal. Il n'y a pas de donnée concernant les risques cancérogènes liés à l'inhalation répétée d'éthanol.

Effets sur la reproduction

À forte dose, l'éthanol affecte les fonctions reproductrices mâles et femelles et induit une diminution de la viabilité, des malformations et des retards de croissance dans la descendance. Des effets comportementaux sont observés chez la descendance à plus faible dose.

Toxicité sur l'Homme

L'exposition à de fortes concentrations d'éthanol provoque des effets dépressifs du système nerveux central, associés à une forte irritation des yeux et des voies aériennes supérieures qui est rapidement intolérable. Les projections dans l'œil se traduisent par une conjonctivite réversible. En cas d'exposition répétée, il est possible de noter des irritations des yeux et des voies aériennes associées à des troubles neurologiques légers. Il n'est pas démontré que l'exposition chronique par inhalation puisse provoquer les mêmes troubles organiques que l'ingestion de boissons alcoolisées. Le CIRC a classé en 2007 « l'éthanol dans les boissons alcoolisées » dans le groupe 1 des agents cancérogènes pour l'homme. D'importantes anomalies sont observées dans le domaine de la reproduction chez des souris mâles et des femelles ayant absorbé de l'éthanol au cours de leur grossesse par ingestion. On ne dispose d'aucune donnée clinique correspondant à des inhalations de vapeurs. Contrairement à l'ingestion, l'inhalation ne conduit pas à l'augmentation significative de la concentration d'éthanol dans le sang. Certains des effets constatés surviennent pour des doses faibles et il convient d'y prêter attention en cas d'exposition importante.

Recommandations

Au point de vue technique

L'intégralité des recommandations techniques figurant dans la fiche complète. On prendra tout particulièrement soin de respecter les points suivants :

- Observer une hygiène corporelle et vestimentaire très stricte : lavage soigneux des mains (savon et eau) après manipulation et changement de vêtements de travail. Les vêtements de travail sont fournis gratuitement, nettoyés et remplacés si besoin par l'entreprise. Ceux-ci sont rangés séparément des vêtements de ville. En aucun cas les salariés ne doivent quitter l'établissement avec leurs vêtements et leurs chaussures de travail.
- Éviter tout contact de produit avec la peau et les yeux. Éviter l'inhalation de vapeurs et d'aérosols. Effectuer en système clos toute opération industrielle qui s'y prête. Dans tous les cas, prévoir une aspiration des vapeurs à leur source d'émission, ainsi qu'une ventilation des lieux de travail conformément à la réglementation en vigueur.
- Le choix des équipements de protection individuelle (EPI) dépend des conditions au poste de travail et de l'évaluation des risques professionnels. Ils ne doivent pas être source d'électricité statique : chaussures antistatiques, vêtements de protection et de travail dissipateurs de charges. Une attention particulière sera apportée lors du retrait des équipements afin d'éviter toute contamination involontaire. Ces équipements seront éliminés en tant que déchets dangereux.
- Stockier l'éthanol dans des locaux frais et sous ventilation mécanique permanente. L'éloigner à l'écart de la chaleur, des surfaces chaudes, de toute source d'inflammation (étincelles, flammes nues, rayons solaires...) et des produits oxydants.
- Conservier les déchets et les produits souillés dans des récipients spécialement prévus à cet effet, clos et étanches. Les éliminer dans les conditions autorisées par la réglementation en vigueur.

En cas d'urgence

- En cas de déversement accidentel de liquide, récupérer le produit en l'absorbant avec un matériau absorbant inerte. Laver à grande eau la surface ayant été souillée.
- Si le déversement est important, aérer la zone et évacuer le personnel en ne faisant intervenir que des opérateurs entraînés et munis d'un équipement de protection approprié. Supprimer toute source d'inflammation potentielle.
- Des appareils de protection respiratoires isolants autonomes sont à prévoir à proximité et à l'extérieur des locaux pour les interventions d'urgence.
- Prévoir l'installation de fontaines oculaires.
- Si ces mesures ne peuvent pas être réalisées sans risque de sur-accident ou si elles ne sont pas suffisantes, contacter les équipes de secours interne ou externe au site.

16.2 Résultats des tests de nettoyage

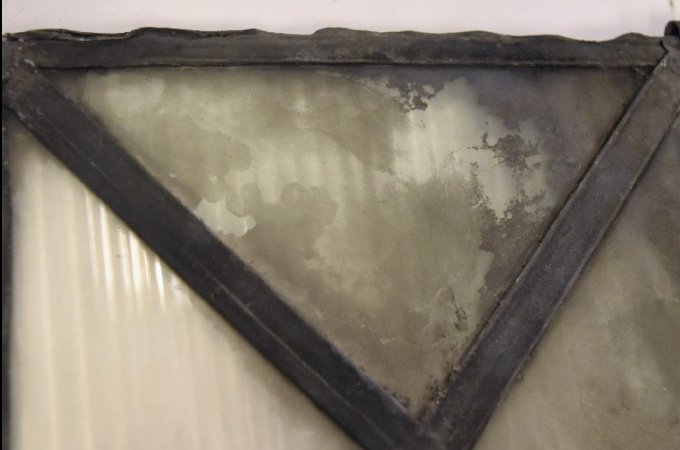
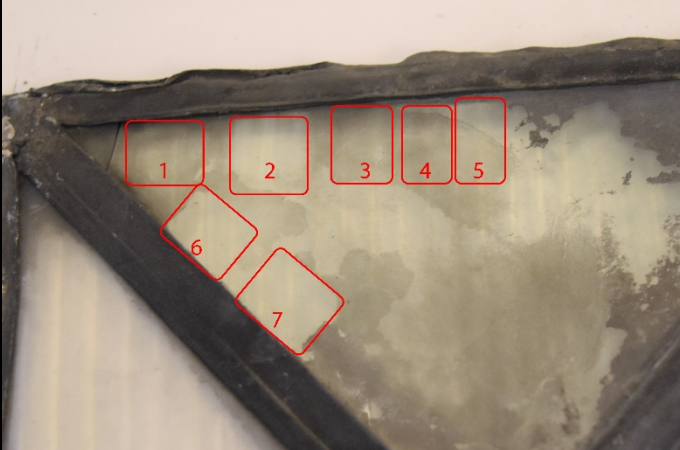
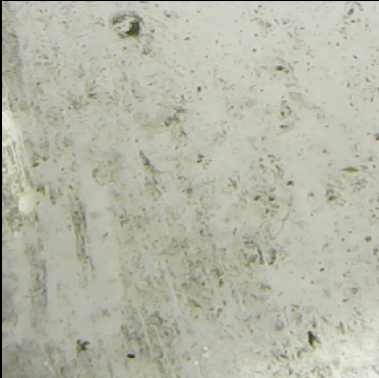
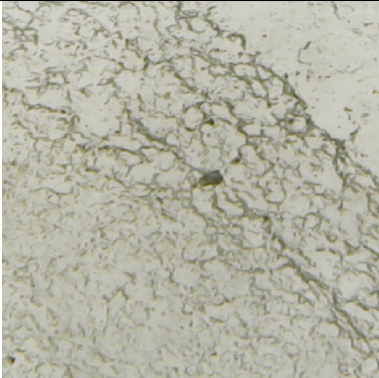
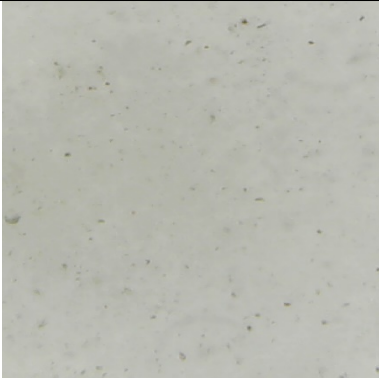
VMR_74		
		
Figure 80 : VMR_74, zone de test, avant nettoyage		
		
Figure 81 : VMR_74, zone de test, après nettoyage		
<ol style="list-style-type: none"> 1) Pinceau doux 2) Pinceau dur 3) Gomme Wishab molle 4) Gomme Wishab dure 5) Smoke Sponge 6) Eau distillée 7) Eau distillée et éthanol (50%) 		
<p>Remarque : Les tests 6 et 7 donnent le meilleur résultat. Les tests 1, 3, 4 et 5 n'ont eu aucun effet nettoyant.</p>		
		
Figure 84 : VMR_74, après nettoyage au pinceau dur, grossissement 40x	Figure 83 : VMR_74, après nettoyage à la gomme Wishab dure, grossissement 40x	Figure 82 : VMR_74, après nettoyage au badigeon ouaté et eau distillée

Tableau 15 : Résultat des tests de nettoyage sur VMR_74

VMR_654



Figure 85 : VMR_654, zone de test 1, avant nettoyage



Figure 86 : VMR_654, zone de test après nettoyage

- 1) Pinceau doux
- 2) Pinceau dur
- 3) Gomme Wishab molle
- 4) Gomme Wishab dure



Figure 87 : VMR_654, zone de test après nettoyage : Smoke Sponge



Figure 88 : VMR_654, zone de test après nettoyage : eau distillée (6) et eau distillée et éthanol (7)

Remarque : Tous les tests sauf le 5 donnent un bon résultat. Sous grossissement, on voit que les gommes Wishab rayent le verre, par déplacement de particules abrasives provenant des dépôts de surface.

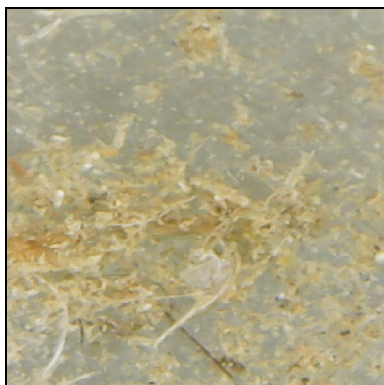


Figure 90 : VMR_654, avant nettoyage, grossissement 40x

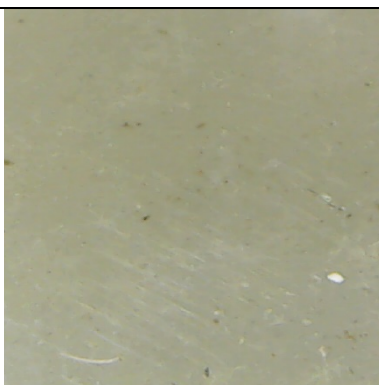


Figure 91 : VMR_654, après nettoyage à la gomme Wishab molle, grossissement 40x

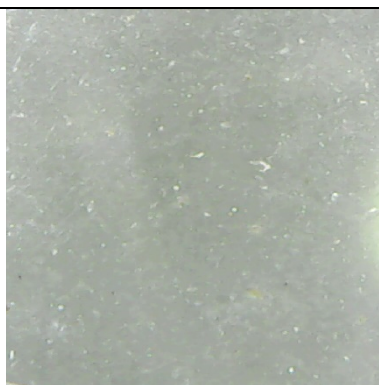


Figure 89 : VMR_654, après nettoyage à l'eau distillée, grossissement 40x



Figure 92 : VMR_654, zone de test 2, avant nettoyage

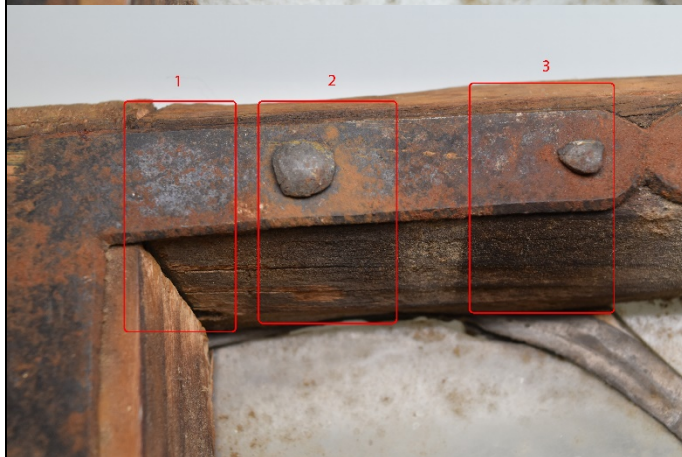


Figure 93 : VMR_654, zone de test 2, après nettoyage

- 1) Pinceau doux
- 2) Pinceau dur
- 3) Gomme Wishab dure

Remarque : Le pinceau dur et la gomme Wishab ont permis d'obtenir un résultat satisfaisant sur le bois. Sur le fer, les tests 1 et 3 sont plus concluants, car le pinceau dur est trop abrasif.

Tableau 16 : Résultats des tests de nettoyage sur VMR_654




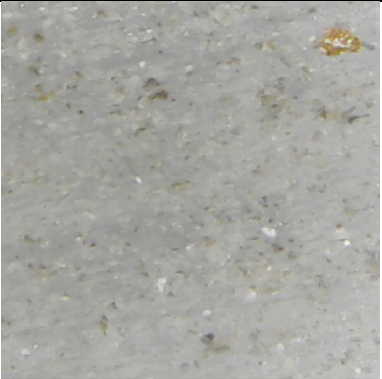
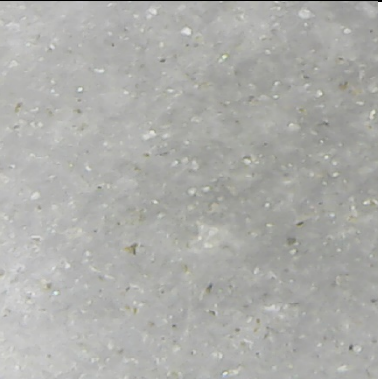
VMR_10054		
		Figure 94 : VMR_10054, zone de test avant nettoyage
		Figure 95 : VMR_10054, zone de test après nettoyage
		<ol style="list-style-type: none"> 1) Pinceau doux 2) Pinceau dur 3) Gomme Wishab molle 4) Gomme Wishab dure 5) Smoke Sponge 6) Eau distillée 7) Eau distillée et éthanol (50%) <p>Remarque : Les tests 6 et 7 offrent les résultats les plus satisfaisants. La Smoke Sponge est efficace sauf pour les dépôts adhérents. Le pinceau dur semble rayer le verre, sous grossissement 40x.</p>
		
Figure 98 : VMR_10054, avant nettoyage, grossissement 40x	Figure 97 : VMR_10054, après nettoyage au pinceau dur, grossissement 40x	Figure 96 : VMR_10054, après nettoyage à l'eau distillée et éthanol, grossissement 40x

Tableau 17 : Résultats des tests de nettoyage sur VMR_10054

16.3 Résultats du nettoyage



Figure 99 : VMR_74, avant nettoyage

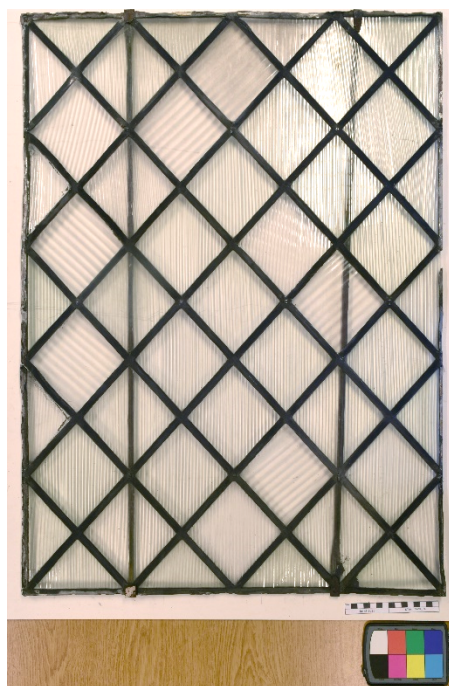


Figure 100 : VMR_74, après nettoyage



Figure 101 : VMR_74, détail, avant nettoyage

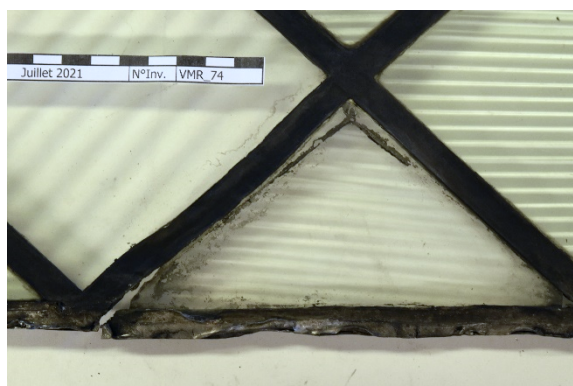


Figure 102 : VMR_74, détail, après nettoyage



Figure 103 : VMR_74, tache de corrosion, avant nettoyage

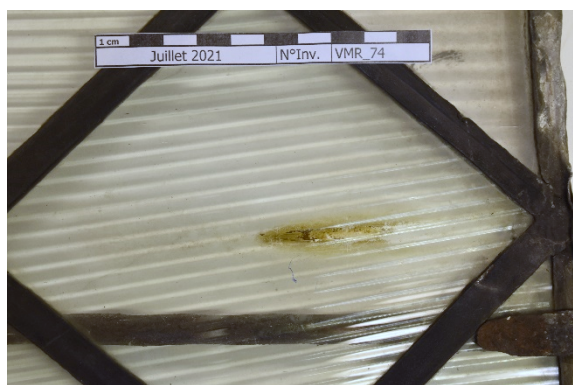


Figure 104 : VMR_74, tache de corrosion, après nettoyage

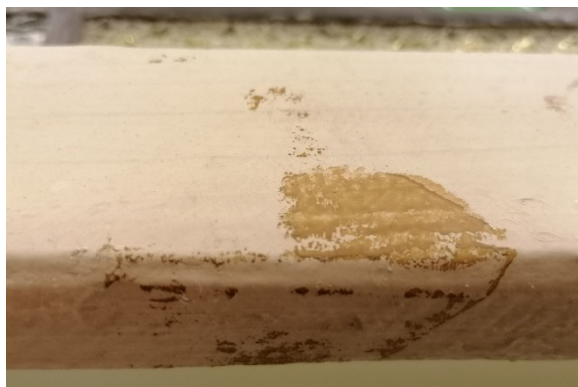


Figure 105 : VMR_415b, résidu de ruban adhésif, avant nettoyage



Figure 106 : VMR_415b, résidu de ruban adhésif, après nettoyage



Figure 107 : VMR_654, avant nettoyage



Figure 108 : VMR_654, après nettoyage



Figure 109 : VMR_654, résidus organiques avant nettoyage

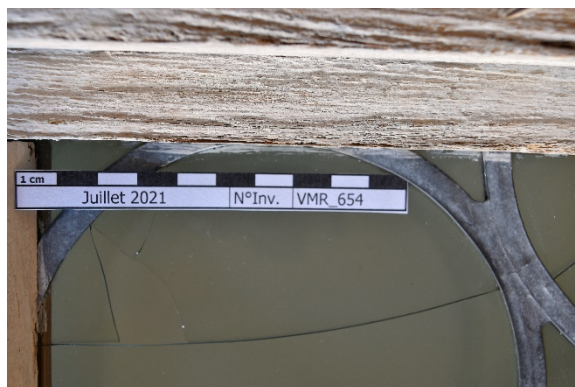


Figure 110 : VMR_654, résidus organiques après nettoyage



Figure 111 : VMR_654, encrassement avant nettoyage



Figure 112 : VMR_654, après nettoyage



Figure 113 : VMR_659, avant nettoyage



Figure 114 : VMR_659, après nettoyage

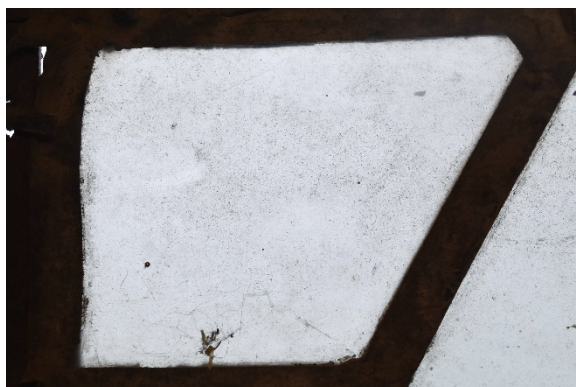


Figure 115 : VMR_659, pièce de verre avant nettoyage, lumière transmise

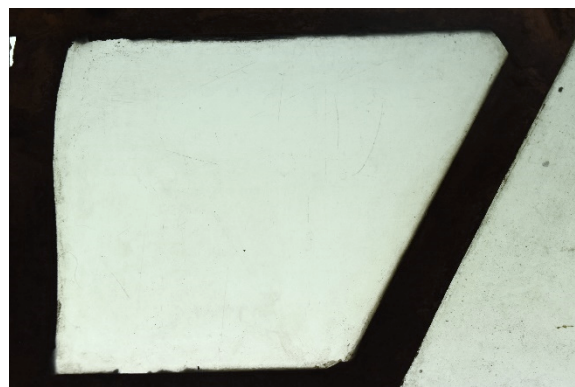


Figure 116 : VMR_659, pièce de verre après nettoyage, lumière transmise



Figure 117 : VMR_10054, avant nettoyage, face interne



Figure 118 : VMR_10054, après nettoyage, face interne



Figure 119 : VMR_10054, avant nettoyage, face externe



Figure 120 : VMR_10054, après nettoyage, face externe



Figure 121 : VMR_10054, carreau de verre avant nettoyage, lumière transmise



Figure 122 : VMR_10054, carreau de verre après nettoyage, lumière transmise



Figure 123 : VMR_10054, altération du verre rendue visible par le nettoyage



Figure 124 : VMR_10055, avant nettoyage



Figure 125 : VMR_10055, après nettoyage