

FP. 1

La restauration des vitraux de la chapelle royale du Château de Versailles

Claudine Loisel, Barbara Trichereau, Stéphanie Tournon

Laboratoire de Recherche des Monuments Historiques (LRMH), Ministère de la Culture, 29 rue de Paris, 77420 Champs-sur-Marne, France et Centre de Recherche sur la Conservation (CRC), Muséum national d'Histoire naturelle CNRS, Ministère de la Culture, 36 rue Geoffroy-Saint-Hilaire, 75005 Paris, France

Restoration of the Windows in the Royal Chapel of the Palace of Versailles – Abstract

The royal chapel of the palace of Versailles has been built between 1700 and 1710 with three levels of windows. The upper one is called the attique, the second level is the tribune and the lowest one is called rez-de-jardin. The windows are made up with wide colourless sheet of glass framed with small panels of stained glass and set into an ornamented metalwork. For this work of art as well as for the hall of mirrors, Louis XIV ordered the use of plate glass instead of blown glass. At this time, the manufacture of glass by casting and polishing is an innovative process vouching for a major expertise while the manufacture of blown glass has reached its height. However, after the 18th century, broken glass pieces have been replaced during successive restorations. Despite detailed documentation, no information could be found about the changes made and today it is difficult to tell the proportion of original glass panels left. The last restoration (2017-2020) included

the complete removal of all the bays in order to restore them in the conservator's studio. A preliminary study was carried out in 2015 allowing the Laboratoire de Recherche des Monuments Historiques (LRMH) to initiate the protocol of analyses in order to know the glass composition and then identify their origins as no distinction can be made on the mere observation. The analyses were done on site on the glass panels with a portable X-ray fluorescence spectrometer. An ancient glass with engravings was used as a reference sample. These analyses were coupled with thickness measures to separate plate glass sheets from blown ones. The results allowed the discrimination of several groups of glass panels originating from different periods: panels from the 17th–18th centuries (original glass), from the 19th and the 20th centuries. This work has been useful to increase the knowledge on the glass windows of the royal chapel and was also helpful for their removal in order to be restored.

La restauration des vitraux de la chapelle royale du Château de Versailles – Résumé

Construite entre 1700 et 1710, la chapelle royale du château de Versailles comporte 24 grandes baies entre l'attique et la tribune et un peu plus de 10 baies en rez-de-jardin. Elles sont composées de verres incolores (glaces) entourées de bordures en vitrail et d'une serrurerie constituée de parclozes vissées. Lors de la commande des verres pour la chapelle royale comme pour la grande galerie (galerie des glaces), Louis XIV exige l'emploi de glaces : des plaques de verre incolore de grandes dimensions et plus épaisses que le verre à vitre. A cette époque, la fabrication du verre par coulage et polissage est une technique innovante, attestant d'un savoir-faire d'excellence. En parallèle, la technique traditionnelle du verre soufflé est également à son apogée. Après le XVIII^e siècle, au cours des restaurations successives, les verres cassés vont être remplacés. Malgré une documentation détaillée, aucun relevé précis indiquant ces changements n'a été réalisé et il est difficile de dire aujourd'hui la proportion de glaces d'origine restantes. Un nouveau projet de restauration a débuté en 2017 et prévoit la dépose

complète des baies pour une restauration en atelier. Lors de l'étude préalable en 2015, une série d'analyses a été initiée par le Laboratoire de recherche des monuments historiques (LRMH) afin de déterminer la composition des verres et identifier les différences significatives entre les verres d'origine et de restauration, différences invisibles à l'œil nu. Ces analyses ont été faites in situ par spectrométrie de fluorescence X portable sur 24 panneaux et sur un verre ancien utilisé comme référence. Elles ont été couplées avec des mesures d'épaisseurs afin de déterminer la proportion de verres soufflés et de verres coulés. Ces premiers résultats ont permis de discriminer plusieurs groupes de glaces en fonction de leur période de fabrication : les verres d'origine datés de la fin du XVII^e-début du XVIII^e siècle, des verres du XIX^e siècle et des verres du XX^e siècle. Une campagne d'analyse systématique des glaces a donc été lancée pendant la restauration afin de cartographier les glaces de la chapelle royale. En raison des contraintes de chantier, il s'est avéré essentiel de réaliser cette cartographie en amont de la dépose afin d'identifier les glaces d'origine, et favoriser ainsi leur dépose et donc leur conservation.

1. Introduction

Construite entre 1700 et 1710, la chapelle royale du château de Versailles comporte sur ces trois niveaux de baies, 24 grandes baies entre l'attique (niveau haut) et la tribune (niveau intermédiaire) et un peu plus de 10 baies en rez-de-jardin (fig. 1). Elles sont composées de verres incolores, appelés glaces, entourées de bordures en verre mis en plomb. La serrurerie métallique très ornementée est constituée de parclozes vissées. Lors de la commande des verres pour la chapelle royale, comme pour

celle de la grande galerie (galerie des glaces), Louis XIV exige l'emploi de glaces : des plaques de verre incolore de grandes dimensions et plus épaisses que le verre à vitre¹. À cette époque, leur fabrication par coulage et polissage est une technique innovante, attestant d'un savoir-faire d'excellence^{2,3}. En parallèle, la technique traditionnelle du verre soufflé est également à son apogée. Après le XVIII^e siècle, au cours d'interventions d'entretien ou de restauration, les verres cassés seront remplacés. Malgré une documentation détaillée, aucun relevé précis indiquant ces changements n'a été réalisé. L'observation visuelle ne permet pas de différencier les verres. Le projet actuel de restauration de l'ensemble des verrières, débuté en 2017, a bénéficié d'une étude du Laboratoire de recherche des monuments historiques (LRMH) pour identifier les verres d'origine des verres de restauration à l'aide de la spectrométrie de fluorescence X portable⁴.



Fig. 1. Vue intérieure des vitraux de la chapelle royale de Versailles avant la restauration. Chaque verrière est composée de grandes glaces incolores et d'une bordure de panneau en verre mis en plomb.
© Claudine Loisel, 2015.

2. Projet de restauration et mise en place des analyses in situ

Le projet de restauration des verrières de la chapelle royale de Versailles a été engagé par la Direction régionale des Affaires culturelles d'Île-de-France. Les travaux ont été dirigés par l'architecte en chef des monuments historiques Frédéric Didier, en charge du monument. En 2015, l'étude préalable des vitraux a été confiée à Isabelle Baudoin, restauratrice qualifiée, en collaboration avec le LRMH. De 2017 à 2020, le projet de restauration a été attribué à l'atelier Vitrail France dirigé par Emmanuel Putanier et aux ateliers Saint-Jacques pour la partie serrurerie. Dans le cadre de ce chantier d'exception, des précautions pour la mise en sécurité des personnes ont été mise en place. En effet, la présence d'amiante identifié dans les mastics de restauration du XX^e siècle et de minium (peinture au plomb) sur la serrurerie ont entraîné le conditionnement des espaces de travail pour la sécurité des hommes et de l'environnement.

¹ MARAL 2011, p. 389.

² HAMON 2005.

³ VELDE 2013, p. 563-572.

⁴ LOISEL et al. 2015 p. 42.

Les analyses par spectrométrie de fluorescence X portable ont été réalisées in situ en face interne et/ou en face externe avant les opérations de dépose (fig. 2). Les relevés des baies ont été fournis aux restaurateurs avant la dépose afin de les aider à repérer les niveaux de difficultés.

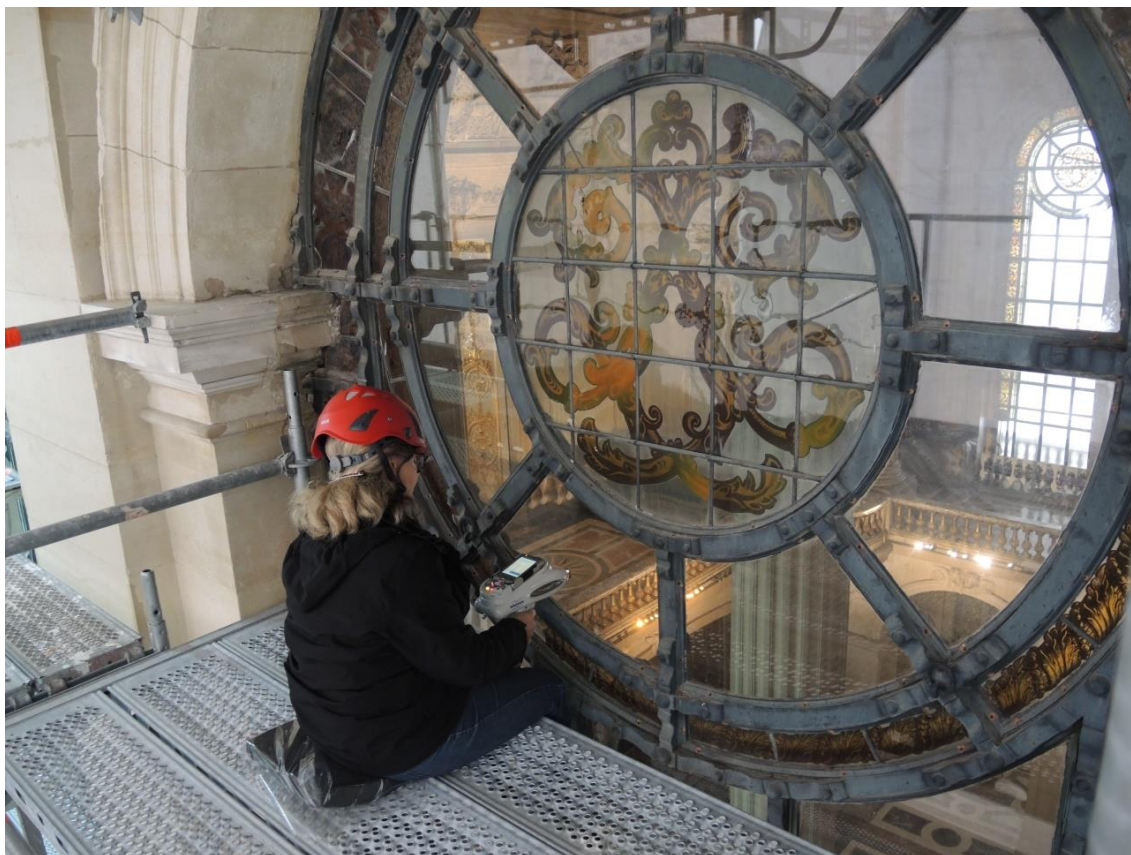


Fig. 2. Analyses par spectrométrie de fluorescence X (Tracer III-SD Bruker) réalisées sur la face externe des glaces constituant les verrières. © Barbara Trichereau, 2019.

3. Techniques analytiques

Les analyses scientifiques choisies pour cette étude sont la spectrométrie de fluorescence X portable et les mesures d'épaisseurs des verres. Ces deux techniques présentent l'avantage d'être non invasives et non destructives et peuvent être utilisées *in situ*. Chaque verre a fait l'objet de trois analyses chimiques et trois mesures d'épaisseur pour s'assurer de la validité des résultats.

3.1 Spectrométrie de fluorescence X portable

La spectrométrie de fluorescence X portable permet d'obtenir une composition chimique élémentaire des matériaux. Les analyses ont été réalisées au contact des vitraux de la chapelle Royale de Versailles avec le modèle Tracer III-SD (Bruker) (fig. 2) dont la source est un tube de Rhodium (Rh). La surface analysée est d'environ 10mm². Cet appareil permet de détecter les éléments chimiques à partir de l'aluminium dans le tableau périodique. Le temps d'analyse est de 2 minutes à deux voltages différents : 15 KeV/55 µA pour l'excitation des éléments légers (Al à Fe) et 40 KeV/36 µA pour l'excitation des éléments plus lourds (Co et au-delà). Afin de s'assurer de la stabilité du faisceau, un échantillon de verre standard (NIST 620) est analysé avant chaque série de mesure.

3.2 Mesures d'épaisseur de verre

Les mesures d'épaisseur de verre ont été réalisées à l'aide d'un appareil ultrason 45MG (Olympus) avec une sonde piézo-électrique mono-élément avec ligne de retard adaptée pour la gamme d'épaisseur des verres (<http://www.olympus-ims.com/en/45mg/>). La vitesse de propagation des ondes dans la matière est fonction de la densité et de la composition du matériau traversé. Une calibration sur un verre d'épaisseur connue a été préétablie. L'eau est utilisée comme couplant pour permettre le passage des ultrasons.

4. Résultats

Le mode opératoire mis en place dans le cadre de l'étude préalable a pu être déployé sur l'ensemble des verrières. Afin d'avoir une référence chimique, des analyses ont tout d'abord été réalisées sur un verre présentant des gravures anciennes et donc fabriqué avant 1720. La composition chimique élémentaire des verres, associée à leur épaisseur, a permis de différencier les verres d'origine des verres de restauration, aucune différence n'étant visible à l'œil nu.

4.1 Verres des XVII^e et XVIII^e siècles (verres d'origine)

Les verres des XVII^e et XVIII^e siècles sont des verres riches en potassium et en calcium. Ces verres sont également composés de fer, de manganèse, et d'éléments traces tels que le brome, le strontium ou encore le rubidium. Quatre sous-groupes peuvent être envisagés en fonction des compositions en manganèse, brome et plomb :

- Verres avec brome, manganèse et plomb ;
- Verres avec brome, manganèse, sans plomb ;
- Verres avec brome, sans manganèse ni plomb ;
- Verres sans brome, sans manganèse ni plomb.

Pour ce dernier sous-groupe, une présence importante de rubidium a été détectée contrairement aux autres sous-groupes.

Tous ces verres étant d'origine, il est primordial de tout mettre en œuvre pour pouvoir les conserver *in situ*. Par ailleurs, des graffitis avec dates et signatures ont pu être observés sur plusieurs panneaux. Ces témoignages précieux racontent l'histoire du monument.

4.2 Verres du XIX^e siècle

Ces verres présentent une très grande qualité de fabrication ; il s'agit de verres composés de calcium, de fer et d'arsenic avec parfois quelques traces de plomb. L'absence de potassium renforce l'hypothèse d'un verre du XIX^e siècle. La présence d'arsenic dans la composition des verres n'étant pas courante, il a pu être utilisé pour le polissage⁵ et donc être présent à l'état de trace en surface, malgré les nettoyages successifs. La composition de ces verres est très proche de celle obtenue par Dungworth sur des verres incolores du XIX^e en Angleterre⁶.

4.3 Verres du XX^e siècle

Il existe plusieurs compositions de verres du XX^e siècle : trois sous-groupes peuvent être identifiés. Le premier comporte les verres feuilletés, constitués de deux verres assemblés à l'aide d'une résine, l'un est composé majoritairement de zinc avec du calcium, du potassium et du baryum ; l'autre présente une composition majoritaire en calcium. Le deuxième sous-groupe est constitué des verres composés de calcium et non feuilletés. Leur composition est très homogène et ils ont pu être identifiés comme des verres du XX^e siècle car cette composition est identique à celle d'un des deux verres du verre feuilleté. Le troisième sous-groupe est celui des verres coulés sur bain d'étain. Ils sont composés majoritairement de calcium avec des traces de fer et d'étain.

4.4 Épaisseur des verres

L'épaisseur des verres est un paramètre important. Le croisement des données conduit aux résultats suivants : les verres de faible épaisseur, inférieure à 3mm, et contenant du potassium sont des verres anciens soufflés ; les verres ayant une épaisseur supérieure à 4-5mm et contenant du potassium sont des verres coulés d'origine. Enfin, les verres sans potassium sont des verres de restauration, soufflés si l'épaisseur est inférieure à 4mm et coulés si supérieure à 5mm.

5. Conclusions

L'utilisation de la spectrométrie de fluorescence X portable a permis d'identifier les verres d'origine de la chapelle royale de Versailles. Les résultats ont également mis en évidence des interventions aux XIX^e et XX^e siècles avec des changements de glace. Les verres montrent des compositions chimiques élémentaires différentes suivant les époques : des verres riches en potassium et en calcium (produits aux XVII^e

⁵ LOISEL et al. 2015, p. 42.

⁶ DUNGWORTH 2012, p. 7-25.

et XVIII^e siècles) et des verres riches en calcium sans potassium (produits au cours des XIX^e et XX^e siècles). L'utilisation couplée de la spectrométrie de fluorescence X et des mesures d'épaisseurs des verres a permis d'élaborer des relevés essentiels pour programmer et faciliter la dépose des panneaux. Elle a aussi permis d'approfondir la connaissance technique et historique de ces verrières en identifiant des interventions d'entretien et de restauration depuis 1710. Toute la documentation autour de la restauration du XXI^e siècle participe à la connaissance et la transmission de cet édifice majeur.

Bibliographie

- David DUNGWORTH, "Historic window glass. The use of chemical analysis to date manufacture". *Journal of Architectural Conservation* 18, 2012, 7-25.
- Maurice HAMON, Les commandes de glaces pour Versailles aux XVIIe et XVIIIe siècles, Colloque international de l'association verre et histoire, Paris-La défense/Versailles, 13-15 octobre 2005.
- Claudine LOISEL et al. VERSAILLES – 78, Yvelines (Île-de-France), Château, chapelle Royale, Baies ANR005-01, ANR096-01, ANR089-02, ANR090-02, ANR091-02 : vitraux, Étude scientifique, Analyses in situ pour identification, LRMH, Champs-sur-Marne, R1396A, 2015, 42 p.
- Alexandre MARAL, La chapelle royale de Versailles : Le dernier grand chantier de Louis XIV, Arthena, Paris, 2011, p. 389.
- Bruce VELDE, "Seventeenth-century vane glass from the great hall of mirrors at Versailles", in *Modern methods for analysing archaeological and historical glass*, editor Koen Janssens Chichester : Wiley, cop. 2013, 2 vol., 563-572.

