

SUMMARY

Context

Flat glass is one of the greatest and most versatile art forms. Across numerous disciplines, stained glass windows in monumental settings have been thoroughly studied over the last two centuries. However, an even greater quantity of material remained unappreciated and unstudied in Belgian storerooms. The Art and History museum of Brussels has unparalleled resources for the study of flat glass in its depots providing a unique collection of material dated from the 13th to 20th century. This collection was the subject of this project. The collection can be divided in several sub-collections based on parameters like for example the flat glass type (individual fragment, roundel, unipartite panel, lead light, stained glass panel or complete windows), production period, production workshop, production technique, material and stylistic properties and specifications regarding acquisition.

Objectives

- (1) **The conservation of the collection.** To evaluate concrete conservation issues and to act for preventive conservation and long-term storage of the full collection.



- (2) **The creation of inventory files.** To make a detailed inventory of all material and create open access databases which are accessible by the broad public.

(3) **Study of the collection.** This very broad objective formed the umbrella of a subset of research questions that were either linked to the research of the individual pieces of the collection or to the use of the collection as case study to answer state-of-the-art research questions. By applying a transdisciplinary evaluation of the collection, the goal was to understand the extent, the state, the formation, and the historical value of the collection as a whole or of some well-selected individual pieces and to contribute to state-of-the-art research questions which are linked to potentially hidden evolutions in glass composition and technology (in the Low Countries).

- (4) **Dissemination and outreach.** The publication of the research results in a wide range of peer reviewed journals; as well as a *Corpus Vitrearum* (CVMA) publication. To bridge the gap between interesting academic knowledge and the broad public, an exhibition was organized at the end of the project.

Methodology

- (1) The conservation of the pieces consisted of three main steps which were carried out in a serial order: the installation of the storage room, the investigation of the state of the collection and the conservation of some well selected pieces.
- (2) After the storage room had been installed and the pieces had been moved to this new location, an inventory was made of all pieces. In a next step high resolution pictures were taken by a professional photographer after which all the information was added to the digitalization platforms BALaT (KIK-IRPA) and Carmentis (A&H museum).
- (3) The study of the formation of the collection was based on archival research. The individual pieces were investigated applying a combined art historical, archaeological and applied scientific methodology. The main aspects considered during the art historical research are technique and materials, iconography, style, and the relationship with contemporary artistic production. The archaeological research focused on the macroscopic study of the pieces with the goal to identify clues on the production traces. To study the raw materials and the silver stain layers of the windows, two non-destructive spectroscopic methods were employed, i.e., UV-VIS-NIR absorption spectroscopy and portable X-ray Fluorescence spectroscopy (p-XRF). The analysis was performed in view of the three defined sub-objectives: (i) to improve the methodology of dating flat glass based on optical fingerprints; (ii) to investigate the relation between composition (glass purity), fabrication technology and optical transparency; (iii) to research the technology of silver-stained glasses by optical means.
- (4) Each project partner had the responsibility over one main activity (VUB – journal publications; A&H – exhibition; KIK-IRPA – *Corpus Vitrearum* book) supplemented with several smaller activities.



Conclusions and recommendations

- The complete collection has been brought together in a new storage room obeying the optimal temperature and humidity conditions.
- Files have been created that describe the state of an individual piece, the preservation actions that have been taken and if applicable advises for future conservation.
- A first cleaning step has been applied to all pieces. For twenty pieces an urgent restoration treatment was carried out. Fourteen panels were restored.
- The inventory list was completed and for each panel a high-resolution picture was taken. This information was added to BALaT and Carmentis.
- The historic research gave us important insights into the life history of the collection.
- One of the main conclusions of the transdisciplinary research is the remarkable character of the stained-glass collection, by its importance, the diversity of the pieces and the artists represented through them, with some pieces that can be considered as leading works.
- The transdisciplinary research allowed us to have a better view on the authenticity of those pieces for which the dating was questioned and provided us information on the used materials and techniques.

- During the art-historic research the iconography of the windows in the collection have been further studied and updated.
- The art-historical research findings include multiple examples of leading artists that applied their art to stained glasses.
- With the outcome of the macroscopic research, we were able to classify the roundels in groups based on the number of fabrication traces that were observable by the naked eye. Further research unveiled no direct relation between the number of air bubbles and the quality of the painting layers. However, an inverse relationship is observed between the purity of the raw materials and the number of appearing air bubble inclusions.
- During this project, we demonstrated the feasibility of applying UV-VIS-NIR absorption spectroscopy as a non-destructive method to better discern the subgroups of HLLA glass and their respective dating.
- A generic method was worked out to quantify the iron and the cobalt concentrations from the recorded optical spectra. This approach has been described in a submitted journal article ('Using UV-Vis-NIR absorption spectroscopy as a tool for the detection of iron and cobalt in glass: a case-study on HLLA material from the Low Countries') so that other researcher can apply this method to study glasses of other collections.
- The project findings helped us to better understand the glass consumption in the Low Countries. In most cases, the glass analytical research confirmed the expected HLLA composition. We concluded that in a minority of cases, the glasses are potash glass.
- The project permitted the investigation of the interplay between glass technology (glass 'quality') and daylight transmission. A comparison was made between non-figurative windows and a selection of six roundels. For both groups we observed an evolution towards less pure materials in later periods. It was observed that more light was transmitted through the roundels compared with the non-figurative windows due to their lesser thickness. This can be seen as proof for their status as a luxury commodity. These findings are published in a *Scientific Reports* paper ('The interaction between daylight and 15th and 16th century glass windows from the Low Countries').
- By studying the spectral profiles of two sets of silver-stained samples with known fabrication conditions, we were able to define a flowchart that could help in unravelling the applied silver stain technology of unknown samples (applied silver salt, temperature, type of mixing agent).
- The project helped us to gain insights on the applied silver stain technology in the Low Countries.



- **Keywords**

Glass – Stained windows – Roundels – Window glass – Plain glass – Unipartite panes - Glass conservation – Iconographic research – Stylistic research – Archaeometry – UV-VIS-NIR absorption spectroscopy – Portable XRF – Glass consumption – Glass composition – High-Lime-Low-Alkali – Potash glass – Silver stain technology – Daylight transmission – Low Countries – History of the A&H collection Brussels

FENESTRA

800 Years of FENESTRAtion history.

Flat glass and windows in Federal Scientific Institutes

RESUME

Contexte

Le vitrail est une expression artistique majeure qui offre une grande diversité. Au cours des deux derniers siècles, les verrières des monuments historiques ont bénéficié d'études approfondies pluridisciplinaires. Par contre, de nombreuses œuvres importantes conservées dans les réserves d'institutions belges ont été peu étudiées et demeurent méconnues. Ainsi, l'exceptionnelle collection du musée Art & Histoire de Bruxelles, constituée d'œuvres datant du XIIIe au XXe siècle, est-elle une ressource inestimable pour l'étude du verre plat et l'art du vitrail. Cette collection a fait l'objet d'étude de ce projet. Selon différents paramètres, cette collection peut être divisée en plusieurs catégories ou sous-collections : le type et la présentation de verre plat (fragment isolé, pièce de verre circulaire – médaillon ou 'rondel' - ou d'une autre forme, panneau de vitrail ou verrière complète), la période, la technique et le lieu de production, les propriétés matérielles et stylistiques des œuvres ou leur provenance.

Objectifs

- (1) **La conservation de la collection.** Évaluer les problèmes concrets de conservation et agir pour la conservation préventive et le stockage à long terme.



- (2) **La mise à jour de l'inventaire.** Vérifier et compléter l'inventaire de l'ensemble du matériel et créer des bases de données accessibles en libre accès au grand public.

- (3) **L'étude de la collection.** Cet objectif a été rencontré en examinant différentes questions liées soit à des pièces individuelles de la collection, soit à l'utilisation de la collection comme étude de cas. L'objectif de l'évaluation transdisciplinaire de la collection était d'appréhender la

collection dans son ensemble, tant son histoire que son état de conservation, sa représentativité et sa valeur artistique, et de certaines pièces soigneusement sélectionnées, afin de progresser dans la connaissance de la collection, en identifiant des évolutions potentiellement cachées dans la composition et la technologie du verre qui auraient pu avoir une incidence sur le plan artistique.

- (4) **Diffusion and sensibilisation.** La publication des résultats de la recherche dans un large éventail de revues à comité de lecture, ainsi que dans un volume de la série belge du *Corpus Vitrearum* (CVMA). Afin de rendre accessible au grand public des connaissances académiques essentielles pour la compréhension de la collection dans le contexte de l'art du vitrail, une exposition a été organisée à la fin du projet.

Methodology

- (1) La conservation des pièces a comporté trois étapes principales, mises en œuvre successivement : l'aménagement de la nouvelle réserve (avec le déménagement de la collection), l'évaluation de l'état sanitaire de l'ensemble de la collection et le traitement de conservation de quelques pièces soigneusement sélectionnées.
- (2) Après l'aménagement de la réserve et le déplacement des pièces, un inventaire de toutes les œuvres a été dressé. Dans une étape suivante, des photos haute résolution ont été prises par un photographe professionnel, sous la supervision d'un historien d'art ; ensuite, toutes les informations ont été ajoutées aux plates-formes en- ligne BALaT (KIK-IRPA) et Carmentis (musée A&H).
- (3) L'étude de l'histoire de la constitution de la collection s'est appuyée sur les archives conservées. Les pièces ont été étudiées individuellement, selon une méthodologie combinée d'histoire de l'art, d'archéologie et de sciences appliquées. Les principaux aspects considérés lors de la recherche relevant de l'histoire de l'art sont la technique et les matériaux, l'iconographie, le style et la relation avec la production artistique contemporaine. Les recherches archéologiques ont porté sur l'étude macroscopique des pièces dans le but d'identifier des indices témoignant des conditions de production. Pour étudier les matières premières et les différentes couches de jaune d'argent des pièces, deux méthodes spectroscopiques non destructives ont été utilisées, à savoir la spectroscopie d'absorption UV-VIS-NIR et la spectroscopie de fluorescence X portable (p-XRF). L'analyse a été réalisée en fonction des trois sous-objectifs définis : (i) améliorer la méthodologie de datation du verre plat à partir des empreintes optiques ; (ii) étudier la relation entre la composition (pureté du verre), la technologie de fabrication et la transparence optique ; (iii) mieux comprendre la technologie du jaune d'argent par voie optique.
- (4) A côté de tâches ponctuelles ou communes, chaque partenaire du projet avait la responsabilité d'une activité principale (VUB – publications de revues ; A&H – exposition ; KIK-IRPA – volume de la série du *Corpus Vitrearum*).



Conclusions and recommendations

- La collection dans son ensemble a été regroupée dans un nouveau local de stockage respectant les bonnes conditions de température et d'hygrométrie.
- Des fichiers ont été créés qui décrivent, pour chaque pièce, l'état sanitaire, les actions de conservations réalisées et, le cas échéant, des conseils pour une conservation future.
- Un premier nettoyage de toutes les pièces a été effectué. Une vingtaine de pièces ont fait l'objet d'un traitement de restauration urgent. Quatorze éléments ont été restaurés.
- L'inventaire a été complété et pour chaque panneau une photo haute résolution a été prise. Cette information a été ajoutée à BALaT et Carmentis.
- La recherche historique nous a fourni des informations précieuses sur l'histoire de la collection.
- L'une des principales conclusions de la recherche transdisciplinaire est le caractère remarquable de la collection de vitraux, par son importance, la diversité des pièces et des artistes représentés à travers elles, avec certaines pièces pouvant être considérées comme des œuvres phares.
- La recherche transdisciplinaire nous a permis d'avoir une meilleure vision quant à l'authenticité de certaines pièces, dont la datation n'était pas encore clairement établie, et nous a fourni des informations sur les matériaux et techniques utilisés.

- Au cours de la recherche en histoire de l'art, toutes séries de données ont été précisées, comme la technique, l'iconographie et la datation des vitraux de la collection.
- La recherche en histoire de l'art a également permis de mettre en évidence des artistes de premier plan qui sont intervenus dans la conception voire la réalisation de vitraux.
- Grâce aux résultats de la recherche macroscopique, nous avons pu classer les rondels en groupes en fonction du nombre de traces de fabrication observables à l'œil nu. Des recherches plus poussées n'ont révélé aucune relation directe entre le nombre de bulles d'air et la qualité du travail de peinture. Cependant, une relation inverse est observée entre la pureté des matières premières et le nombre d'inclusions de bulles d'air observables.
- Au cours de ce projet, nous avons démontré la faisabilité de l'application de la spectroscopie d'absorption UV-VIS-NIR comme méthode non destructive pour mieux identifier et caractériser les sous-groupes de verres HLLA et leur datation respective.
- Une méthode générique a été élaborée pour quantifier les concentrations de fer et de cobalt à partir des spectres optiques enregistrés. L'approche a été décrite dans un article de journal soumis afin que d'autres chercheurs puissent appliquer cette méthode pour étudier les verres d'autres collections ('Using UV-Vis-NIR absorption spectroscopy as a tool for the detection of iron and cobalt in glass : a case-study on HLLA material from the Low Countries').
- Les résultats du projet nous ont aidés à mieux comprendre l'utilisation et la mise en œuvre du verre dans les anciens Pays-Bas, dans le cadre de la production de vitraux et de vitrerie. Dans la plupart des cas, la recherche analytique sur le verre a confirmé la composition HLLA attendue. Nous avons conclu que dans une minorité de cas, les verres sont de type 'potassique'.
- Le projet a permis d'étudier l'interaction entre la technologie du verre (la 'qualité' du verre) et la transmission de la lumière. Une comparaison a été faite entre des fenêtres non figuratives et une sélection de six rondels. Pour les deux groupes, nous avons observé une évolution vers des matériaux moins purs dans les périodes plus récentes. Il a été observé que davantage de lumière était transmise à travers les rondels par rapport aux fenêtres non figuratives en raison de leur épaisseur moindre. Cela peut être considéré comme une preuve de leur statut de produit de luxe. Ces résultats sont publiés dans un article de *Scientific Reports* ('The interaction between daylight and 15th and 16th century glass windows from the Low Countries').
- En étudiant les profils spectraux de deux ensembles d'échantillons de coloration à l'argent avec des conditions de fabrication connues, nous avons pu définir un organigramme qui pourrait aider à préciser la technologie de coloration à l'argent mise en œuvre dans des échantillons inconnus (sel d'argent appliqué, température, type de liant).
- Le projet nous a aidés à mieux comprendre la technologie de coloration à l'argent employée dans les anciens Pays-Bas.



- **Mots-clés et synonymes**

Verre – Vitraux – Rondels – Médaillons, rectangles, carrés de verre – Vitrage – Verre à vitre – Conservation du verre – Etude iconographique – Etude stylistique – Archéométrie – Spectroscopie d'absorption UV-VIS-NIR – XRF portable – Mise en œuvre du verre plat – Composition du verre – Verre calcique – Verre potassique – Technologie du jaune d'argent - Lumière transmise – Anciens Pays-Bas – Histoire de la collection A&H Bruxelles – Documentation photographique - Inventaire

FENESTRA

800 Years of FENESTRAtion history.

Flat glass and windows in Federal Scientific Institutes

SAMENVATTING

Context

Vlakglas is één van de meest veelzijdige kunstvormen. In de afgelopen twee eeuwen werden tal van gebrandschilderde ramen bestudeerd gebruikmakend van de expertise uit verschillende disciplines. Dit betreft dan voornamelijk in situ glasramen in monumentale gebouwen. Het overgrote deel van het materiaal dat zich in opslagruimten bevindt werd slechts gedeeltelijk bestudeerd. Zo ook de omvangrijke en unieke vlakglascollectie van het museum Kunst & Geschiedenis (Brussel), die materiaal bevat daterende uit de 13de tot de 20ste eeuw. De studie van deze collectie vormde het onderwerp van dit project. De collectie kan worden opgedeeld in verschillende deelcollecties op basis van het type vlakglas (individueel fragment, medaillon, eendelig paneel, loodlicht, glaspaneel of volledig raam), de productieperiode, de productietechniek, het productieatelier en de materiaal- en stijl eigenschappen, alsook specificaties met betrekking tot de verwerving.

Doelstellingen

- (1) **Het behoud van de collectie.** Identificatie van de conserveringsproblematiek eigen aan deze collectie. Het toepassen van de eerste conservatieacties en het definiëren van richtlijnen met het oog op het vrijwaren van de collectie op lange termijn.



- (2) **Het aanmaken van inventarisbestanden.** Het gedetailleerd inventariseren van al het materiaal en het creëren van open access databanken die toegankelijk zijn voor het brede publiek.
- (3) **Studie van de collectie.** Deze zeer brede doelstelling vormde de basis voor een set van onderzoeksvragen die ofwel gekoppeld waren aan het onderzoek van de individuele stukken van de collectie ofwel aan het gebruik van de collectie als casestudy om state-of-the-art onderzoeksvragen te beantwoorden. Door het toepassen van een transdisciplinaire aanpak, bestond het doel erin om de omvang, de staat, de vorming en de historische waarde van de collectie als geheel of van enkele goed geselecteerde individuele stukken te begrijpen. Verder hoopten we ook een bijdrage te leveren aan openstaande onderzoeksvragen over het in kaart brengen van evoluties in glassamenstelling en technologie (in de Lage Landen).
- (4) **Wetenschapsverspreiding en publieksvoorlichting.** Het publiceren van de onderzoeksresultaten in een brede waaier aan 'peer-reviewed' tijdschriften evenals in een *Corpus Vitrearum* (CVMA) publicatie. Het brede publiek kan eveneens kennis maken met deze unieke collectie tijdens een tentoonstelling die werd geïnitieerd op het einde van het project.

Methodologie

- (1) De conservatie van de stukken bestond uit drie opeenvolgende stappen: de installatie van de opslagruimte, het onderzoek naar de staat van de collectie en de conservering van enkele geselecteerde stukken.
- (2) Nadat de opslagruimte was geïnstalleerd en de stukken naar deze nieuwe locatie waren verhuisd, werden alle stukken geïnventariseerd. In een volgende stap werden hoge resolutie foto's gemaakt door een professionele fotograaf, waarna alle informatie werd ingevoerd in de databanken BALaT (KIK-IRPA) en Carmentis (K&G museum).
- (3) Het onderzoek naar de totstandkoming van de collectie was gebaseerd op archiefonderzoek. Een gecombineerde kunsthistorische, archeologische en toegepaste wetenschappelijke methodologie, vormde de basis voor de studie van de afzonderlijke stukken. De voornaamste aspecten die werden bestudeerd tijdens het kunsthistorisch onderzoek zijn de studie van de toegepaste techniek en de materialen, de iconografie, de stijl en de relatie met de hedendaagse artistieke productie. Het archeologische onderzoek richtte zich op de macroscopische studie van de stukken met als doel om productiesporen te identificeren. Voor de studie van het natuurlijk gekleurde of ontkleurde glas en van de zilverkleuring, maakten we gebruik van twee niet-destructieve optische methoden, namelijk UV-VIS-NIR absorptiespectroscopie en draagbare röntgenfluorescentiespectroscopie (p-XRF). De analyse van de data werd uitgevoerd met het oog op de drie gedefinieerde subdoelstellingen: (i) het verbeteren van de methodologie voor het dateren van vlakglas vertrekkende van de opgemeten optische spectra; (ii) het onderzoeken van de relatie tussen de compositie (glaszuiverheid) van het glas, de toegepaste fabricagetechnologie en de optische transparantie; (iii) het onderzoeken van de technologie van zilverkleuring met bovengenoemde absorptietechniek.
- (4) Elke projectpartner had de verantwoordelijkheid over één hoofdactiviteit (VUB – tijdschriftpublicaties; K&G – tentoonstelling; KIK-IRPA – *Corpus Vitrearum* boek) aangevuld met verschillende kleinere activiteiten.



Conclusies en aanbevelingen

- De volledige collectie is samengebracht in een nieuwe opslagruimte die voldoet aan de optimale temperatuur- en vochtigheidscondities.
- Voor elk individueel stuk werd er een rapport opgemaakt waarin de oorspronkelijk staat wordt beschreven samen met een beschrijving van eventueel reeds toegepaste conserveringsacties of adviezen voor toekomstige conservering.
- Alle stukken uit de collectie ondergingen een eerste reinigingsstap. Twintig stukken werden onderworpen aan een dringende restauratie actie. Hier bovenop werden nog eens veertien panelen gerestaureerd.
- De inventarislijst is aangevuld en van elk paneel werd een hoge resolutie foto gemaakt. Al deze informatie werd toegevoegd aan de databanken BALaT en Carmentis.
- Het historisch onderzoek gaf ons belangrijke inzichten in de historiek van de collectie.
- Het transdisciplinaire onderzoek toonde het opmerkelijke karakter van de glas-in-loodcollectie aan, alsook de diversiteit van de stukken en de kunstenaars die erdoor worden vertegenwoordigd. Enkele stukken kunnen worden beschouwd als zijnde toonaangevend.

- Het transdisciplinaire onderzoek gaf ons inzichten over de authenticiteit van bepaalde stukken. Meer in het bijzonder voor de stukken waarvan de datering in twijfel werd getrokken. Het gaf ons ook informatie over de gebruikte materialen en de toegepaste technieken.
- Tijdens het kunsthistorisch onderzoek is de iconografie van de ramen van de collectie verder bestudeerd en geactualiseerd.
- De kunsthistorische onderzoeksresultaten bevatten meerdere voorbeelden van vooraanstaande kunstenaars die hun kunst toepasten op glas-in-lood ramen.
- Met de uitkomst van het macroscopisch onderzoek konden we de medaillons in groepen indelen op basis van het aantal fabricagesporen die met het blote oog waarneembaar waren. Nader onderzoek bracht geen direct verband aan het licht tussen het aantal luchtbellens en de kwaliteit van de verflagen. Er werd echter wel een verband waargenomen tussen de zuiverheid van de grondstoffen en het aantal waargenomen luchtbellens.
- Met dit project hebben we de haalbaarheid kunnen aantonen van het toepassen van UV-VIS-NIR-absorptiespectroscopie als een niet-destructieve methode om de subgroepen van HLLA-glas en hun respectievelijke datering beter te onderscheiden.
- Er is een generieke methode uitgewerkt om de ijzer- en de kobaltconcentraties te kwantificeren op basis van de opgemeten optische spectra. Deze aanpak is beschreven in een tijdschriftartikel zodat andere onderzoekers deze methode kunnen toepassen bij het bestuderen van hun glas collecties ('Using UV-Vis-NIR absorption spectroscopy as a tool for the detection of iron and cobalt in glass: a case-study on HLLA material from the Low Countries').
- De projectbevindingen hielpen ons om de glasconsumptie in de Lage Landen beter te begrijpen. In de meeste gevallen bevestigde het analytische onderzoek de verwachte HLLA-samenstelling. We concludeerden dat een minderheid van het glas tot de kaliumrijke glas groep behoort.
- Het project maakte het mogelijk om het samenspel tussen glastechnologie (glas 'kwaliteit') en daglichttransmissie te onderzoeken. Er is een vergelijking gemaakt tussen non-figuratieve vensters en een selectie van zes medaillons. Voor beide groepen zagen we in latere perioden een evolutie naar minder zuivere materialen. We stelden vast dat er meer licht door de medaillons werd doorgelaten in vergelijking met de niet-figuratieve vensters vanwege hun geringere dikte. Dit kan worden gezien als bewijs voor hun status als luxegoed. Deze bevindingen zijn gepubliceerd in een *Scientific Reports* paper ('The interaction between daylight and 15th and 16th century glass windows from the Low Countries').
- Door het bestuderen van de spectrale profielen van twee sets zilverkleurmonsters met bekende fabricageparameters, konden we een stroomdiagram opstellen, die ons kan helpen bij het ontrafelen van de toegepaste technologie van zilverkleuring voor historisch glas (toegepaste zilverzout, temperatuur, type bindend medium).

- Het project hielp ons inzicht te verwerven over de in de Lage Landen toegepaste techniek van zilverkleuring.



- **Trefwoorden**

Glas – Glas-in-loodramen – Medaillons – Vensterglas – Vlak glas – Eendelige ramen - Glasconservering – Iconografisch onderzoek – Stilistisch onderzoek – Archeometrie – UV-VIS-NIR absorptiespectroscopie – Draagbare XRF – Glas consumptie – Glassamenstelling – Hoog-kalk-laag-alkali glas – Potasglas – Zilverkleuring – Daglichttransmissie – Lage Landen – collectie van het K&G museum Brussel