



Colloque Grand Public

VITRAUX

A la croisée des disciplines:

Histoire, science, artisanat

14 avril 2022

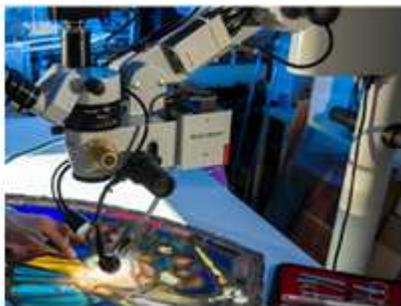


Le rôle du Laboratoire de recherche des monuments historiques dans la conservation-restauration et la recherche sur les vitraux



Dr Claudine LOISEL

Ingénieure de recherche, responsable du pôle scientifique Vitrail



Barbara TRICHEREAU

Ingénieure d'études, pôle scientifique Vitrail

Laboratoire de recherche des monuments historiques (LRMH)

29, rue de Paris - 77420 CHAMPS-SUR-MARNE – France



Contexte de la création du LRMH

1964 : Charte de Venise :

« *La conservation et la restauration des monuments constitue une discipline qui fait appel à toutes les sciences et à toutes les techniques qui peuvent contribuer à la sauvegarde du patrimoine monumental* ».



Jean Taralon

1967 : Mise en place d'une cellule de recherche

- Jean Taralon, inspecteur général des monuments historiques (IGMH), défend l'idée d'un laboratoire scientifique pour les monuments historiques.
- Recrutement de Marcel Stefanaggi, ingénieur-chimiste

1970 : installation à Champs-sur-Marne

- Installation du LRMH dans les communs du château de Champs-sur-Marne.
- Jean Taralon, directeur jusqu'en 1979.



Vue aérienne du chateau de Champs-sur-Marne

LABORATOIRE DE RECHERCHE DES MONUMENTS HISTORIQUES

STATUT

Service à compétence nationale (SCN)
du ministère de la Culture.
(Intervention gratuite au titre du service public)

MISSIONS

- › Contrôle scientifique et technique (étude des matériaux, des phénomènes d'altération, des traitements de restauration, des conditions de conservation...)
- › Assistance à maîtrise d'ouvrage et à maîtrise d'œuvre
- › Recherche sur la conservation et la restauration
- › Diffusion des connaissances et formation

CADRE D'INTERVENTION

- › Monuments historiques d'État, publics et privés (classés et inscrits), musées de France
- › Dans le cadre du contrôle scientifique et technique, d'études scientifiques, de programmes de recherche, etc.

CONTACTS

Directrice : Aline Magnien

LRMH
29 rue de Paris
77420 CHAMPS-SUR-MARNE

Courriel : fiche-demandeur.lrmh@culture.gouv.fr
Tél : 01 60 37 77 80

Centre de documentation :
accès public sur rendez vous au 01 60 37 77 90

DÉMARCHES «DEMANDEUR»

QUI ?

Direction régionale des affaires culturelles,
direction d'établissement public

COMMENT ?

Fiche demandeur obligatoire à télécharger ici :
www.lrmh.fr/IMG/pdf/fiche_demandeur.pdf

La demande doit être faite en amont des travaux
«dès l'intention de faire»
(premier contact possible par courriel ou téléphone)

GESTION DES DOCUMENTS

Le demandeur met à disposition :
les études documentaires, études de diagnostic anciennes
et en cours, les études précédentes (scientifiques,
architecturales, etc.) **lors de la demande.**

- + La copie des rapports d'études scientifiques (si laboratoire privé)
- + Les échantillons prélevés et analysés par autrui (circulaire du 1^{er} décembre 2009)
- + Tout autre document demandé spécifiquement par le LRMH

Le LRMH produit :

notes et rapports scientifiques, présentations orales et publications

POUR EN SAVOIR PLUS

- › Site internet : www.lrmh.fr

PÔLES SCIENTIFIQUES

BÉTON



BOIS



GROTTES ORNÉES



MÉTAL



MICROBIOLOGIE



PEINTURE MURALE
POLYCHROMIE



PIERRE



TEXTILE



VITRAIL



Equipe transdisciplinaire

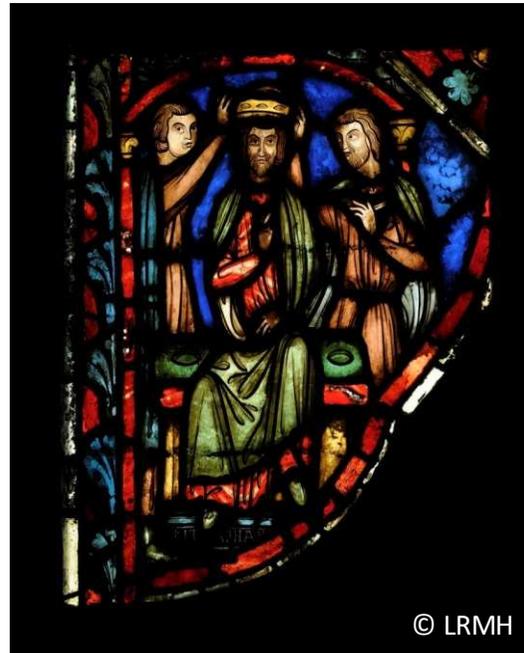
Direction régionale des
affaires culturelles (DRAC):
maître d'ouvrage

Communes :
maître d'ouvrage

Centre des
monuments nationaux:
maître d'ouvrage

Architecte en chef
des monuments
historiques (ACMH):
maitre d'œuvre

Centre André Chastel
(CAC) : historien d'art



LRMH:
scientifiques de la
conservation

Atelier de restauration:
Restaurateur qualifié /maître-verrier

Réunion en atelier : équipe transdisciplinaire

Conservateur, architecte, restaurateur, maître-verrier, historien, scientifique



Vitraux de la Sainte-Chapelle de Paris. Restauration des baies 111 et 113, Atelier Babet et SARL Debitus, 2013-2014

- L'expertise des historiens du vitrail : technique, critique d'authenticité
- L'expertise du LRMH: diagnostic, optimisation des traitements



Vitraux de l'église Saint-Etienne du Mont , à Paris, Manufacture Vincent-Petit. Analyses par Fluorescence X₅, composition chimique qualitative des verres

Expertise du LRMH: diagnostic, optimisation des traitements

1/ Etat sanitaire

Constat d'état sur les deux faces:

- verres
- peintures
- dépôts
- plombs
- serrurerie

2/ Observation et analyse scientifique

- identification des pathologies

3/ Préconisations et conclusions

- traitement nettoyage
- consolidation, collage
- verrière de protection

http://www.lrmh.fr/lrmh/telechargement/manuel_vitrail_interactif.pdf

<http://www.culture.gouv.fr/culture/min/index-min.htm>



Détail d'un visage des vitraux de Saint-Denis



Recherche sur la conservation-restauration des vitraux

- Recherche sur l'altération du verre en condition atmosphérique
 - Mécanismes et cinétiques d'altération des verres
 - Caractérisation des pathologies : cas particulier du brunissement des verres

- Recherche sur la connaissance des verres
 - Croisement des données: archives et analyses chimiques

- Recherche sur les matériaux de conservation
 - Matériaux (consolidant, colle...)
 - Mise en œuvre
 - Traitements de nettoyages chimiques et mécaniques

- Recherche sur la conservation préventive : verrières de protection
 - Paramètres essentiels

Recherche sur la conservation-restauration des vitraux

- Recherche sur l'altération du verre en condition atmosphérique
 - Mécanismes et cinétiques d'altération des verres
 - Caractérisation des pathologies : cas particulier du brunissement des verres

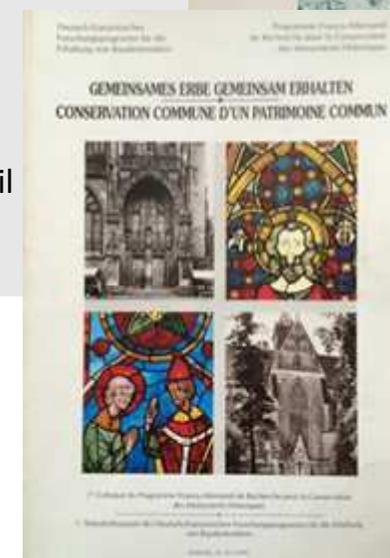
- Recherche sur la connaissance des verres
 - Croisement des données: archives et analyses chimiques

- Recherche sur les matériaux de conservation
 - Matériaux (consolidant, colle..)
 - Mise en œuvre
 - Traitements de nettoyages chimiques et mécaniques

- Recherche sur la conservation préventive : verrières de protection
 - Paramètres essentiels

Recherche sur l'altération des verres

Date	Projet/ contrat
1971-1974	Programme de recherche sur le développement d'un consolidant et d'un film organique protecteur de polyuréthane (Viacryl®+ Desmodur). Collaboration avec Ernst Bacher (Denkmalforscher GesBR)
1971-1975	Contrat ENSCPC : Rapport général: « Sur le phénomène de corrosion des vitraux ». R. Collongues et M. Perez Y Jorba. Laboratoire de chimie appliquée de l'état solide.
1981-1985	Contrat ENSCPC: Rapport sur le phénomène de corrosion des vitraux. R. Collongues et M. Perez Y Jorba. Laboratoire de chimie appliquée de l'état solide.
1988-1997	<p>Programme Franco-Allemand de recherche pour la Conservation des monuments historiques.</p> <p>Etat sanitaire et historique des verrières de Tours et de Meissen. C. Lautier, E. Drachenberg, A. Nickel</p> <p>Altération des verres et compréhension des phénomènes de brunissement. W. Krumbein, M. Robert, M. Torge, G. Libourel, E. Krawczyk-Bärsch, J-M. Bettembourg, J-J. Burck</p> <p>Traitement du brunissement et contrôle des effets. J.H. Thomassin, M. Pilz, A. Pinto, J-M. Bettembourg, J-J. Burck</p> <p>Protection contre les agents atmosphériques. Modélisation des flux d'air entre le vitrail ancien et la verrière de protection. M. Rosant, G. Lauriat, école Centrale de Nantes.</p>



Altérations des verres

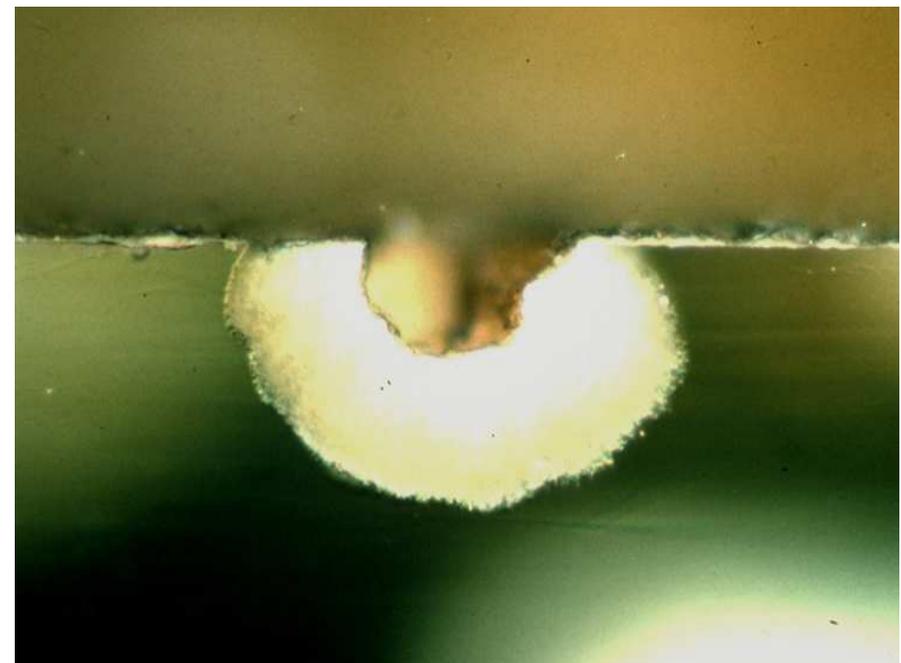
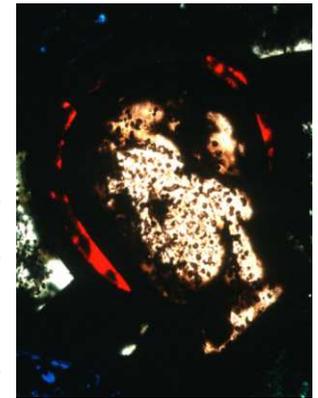
Cratère

- Altération du verre, majoritairement en face externe



Chartres, cathédrale Notre-Dame, XIIIe siècle
Observation à la loupe binoculaire de la face externe

Cathédrale
Notre-Dame
de Chartres,
XIIIe siècle



Le Mans, cathédrale Saint-Julien, XIIIe siècle
Observation au microscope optique d'une coupe transversale d'un cratère

Altérations des verres

Croûte uniforme

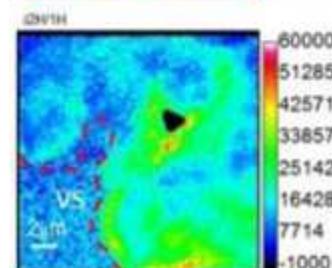
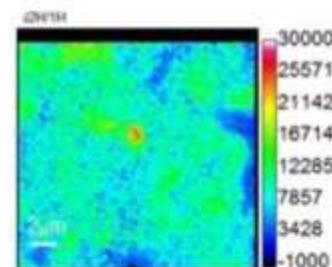
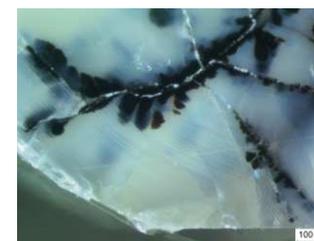
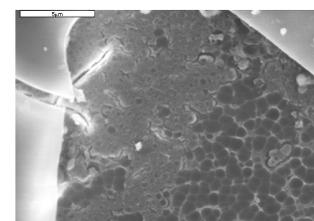
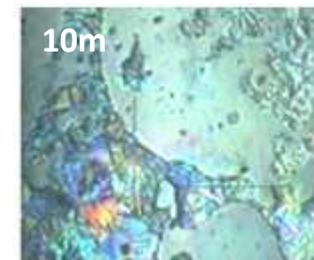
- Produits de corrosion
- Croûte poreuse et/ou dense



Reims, basilique de Saint-Remi , XIIe siècle, couche d'altération.

Recherche sur l'altération des verres

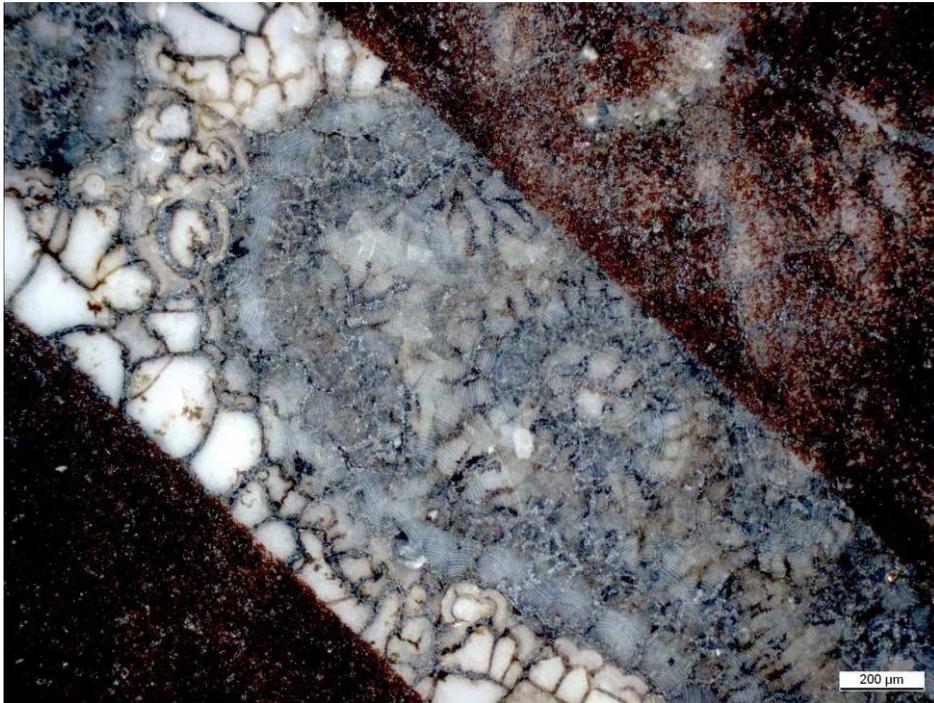
Date	Projet/ contrat
2006-2008	PNRCC: Vitrail et environnement atmosphérique : simulation et modélisation de l'altération des verres médiévaux. Tiziana Lombardo et Anne Chabas, Laboratoire Interuniversitaire des Systèmes Atmosphériques (LISA), université Paris Est Créteil
2009-2010	PNRCC: Analyse mécanistique de l'altération des verres de type médiéval Simulation et modélisation de l'altération des verres en environnement atmosphérique Tiziana Lombardo et Anne Chabas, Laboratoire Interuniversitaire des Systèmes Atmosphériques (LISA), université Paris Est Créteil Thèse Lucile Gentaz
2009-2012	PNRCC: Etude du PHEnomène de Brunissement de vitraux médiévaux : facteurs d'influence et mécanismes élémentaires (EPHEB). Stéphanie Rossano (professeur, université Marne-la-Vallée), Fanny Bauchau, Faisl Bousta, Alexandre François, Collaboration avec M. Torge, BAM Berlin (Programme Franco-Allemand) Thèse Jessica Ferrand / Stagiaire Elisabeth de Bourleuf Suivi durabilité: 2 traitements, Chlorhydrate d'hydroxylamine et hydrogénosulfite de sodium.
2011-2013	PNRCC: Calcaires et Vitraux : applications des outils Isotopiques (2H , 18O , 29Si) pour l'étude des mécanismes d'Altération des matériaux du patrimoine (CAVIAR). Aurélie Verney-Carron et Mandana Saheb, Anne Chabas, Laboratoire Interuniversitaire des Systèmes Atmosphériques (LISA), université Paris Est Créteil Jean-Didier Mertz
2014-2017	ANR: Glass and Limestone Alteration: an innovative Methodology to study its mechanisms and kinetics (GLAM). Mandana Saheb, Aurélie Verney-Carron, Anne Chabas, Laboratoire Interuniversitaire des Systèmes Atmosphériques (LISA), université Paris Est Créteil Jean-Didier Mertz, Thèse de Loryelle Sessegolo soutenue en 2018



Altérations des verres

Fissure

- Processus de fissuration avec écaillage et irisation



Luyères, église Saint-Julien
Microscope optique, face interne,
lumière réfléchi



Luyères, église Saint-Julien
Détails au microscope optique

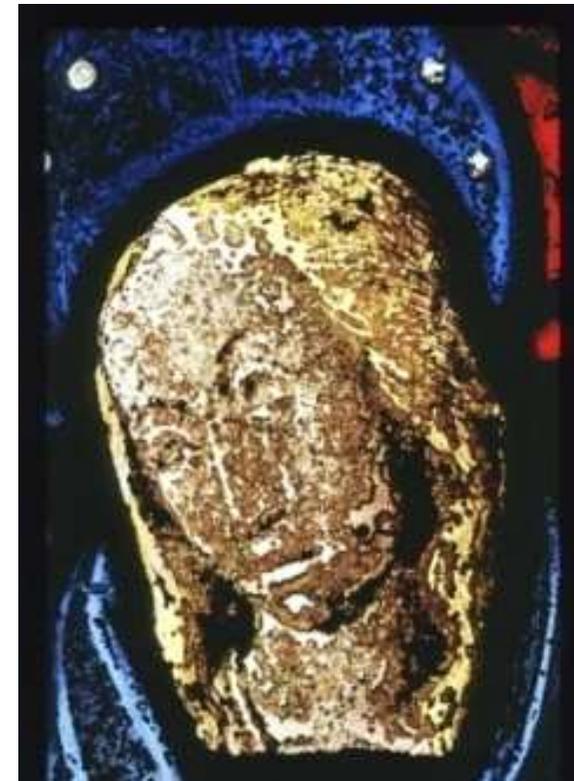
Altérations des verres

Phénomène de brunissement lié à l'oxydation du manganèse (Mn)

- Zone et point noirs ou bruns



Les-Noës-Près-Troyes, face interne, lumière transmise



Les-Noës-Près-Troyes, face interne, lumière transmise
Détail du visage

Altérations des verres

Microorganismes

- Biofilm
- Prolifération d'algues et de lichens



Chartres, église Saint-Pierre,
Loupe binoculaire, face interne, lumière
réfléchie



Chartres, église Saint-Pierre,
Détails du phénomène de
condensation en face interne,
lumière réfléchie

Recherche sur la conservation-restauration des vitraux

- Recherche sur l'altération du verre en condition atmosphérique
 - Mécanismes et cinétiques d'altération des verres
 - Caractérisation des pathologies : cas particulier du brunissement des verres

- Recherche sur la connaissance des verres
 - Croisement des données: archives et analyses chimiques

- Recherche sur les matériaux de conservation
 - Matériaux (consolidant, colle..)
 - Mise en œuvre
 - Traitements de nettoyages chimiques et mécaniques

- Recherche sur la conservation préventive : verrières de protection
 - Paramètres essentiels

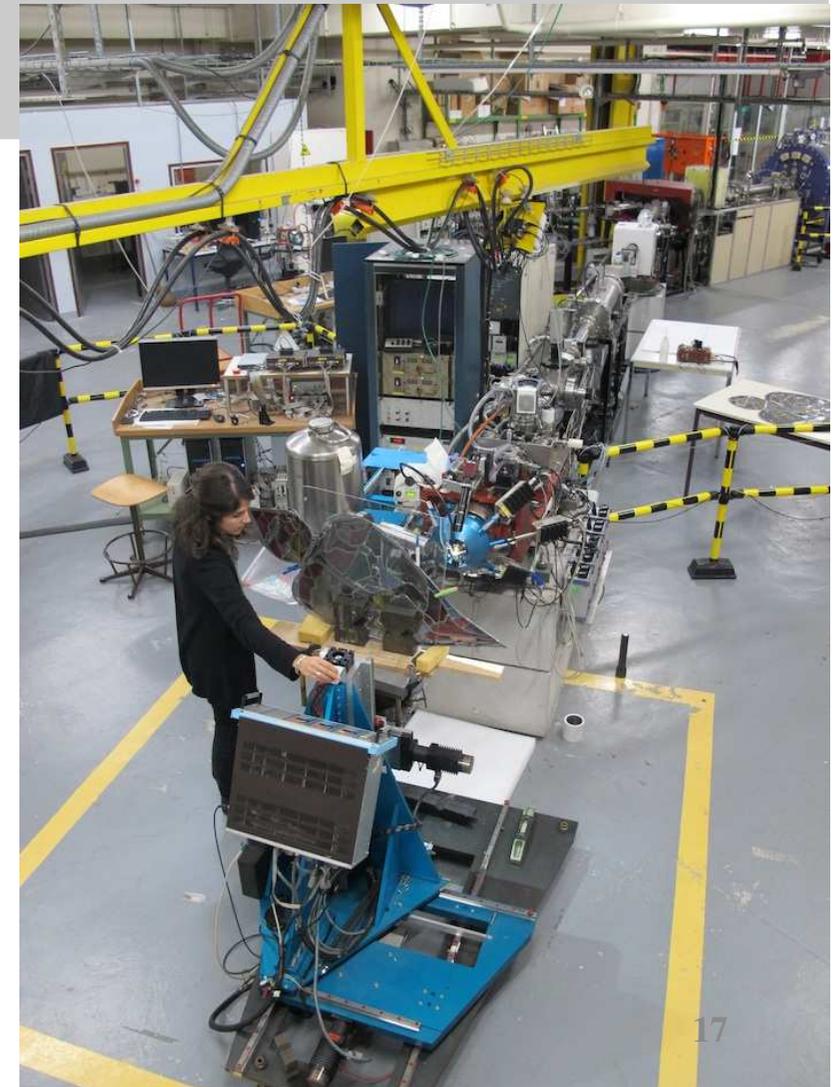
Recherche sur la connaissance des verres et des peintures

Date	Projet interne MCC
2006-2016	<p>Projet LRMH-C2RMF</p> <p>Analyse des verres et des peintures par AGLAE (Accélérateur grand Louvre d'Analyse élémentaire). Méthode non-invasive et non-destructive. Claire Pacheco (responsable de l'équipe AGLAE du C2RMF), Quentin Lemasson, Laurent Pichon, Brice Moignard. Bénédicte Chantelard (régie des œuvres)</p> <p>Collaboration avec le Centre André Chastel Michel Hérold, Karine Boulanger, Claudine Lautier</p>

Analyses quantitatives

Pixe : particule induced X-ray emission

Pige : particule induced gamma-ray emission

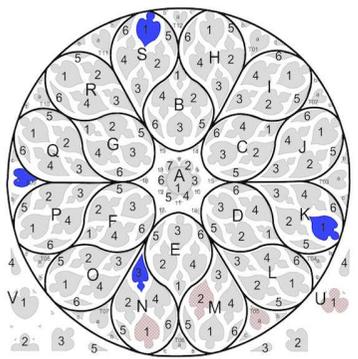
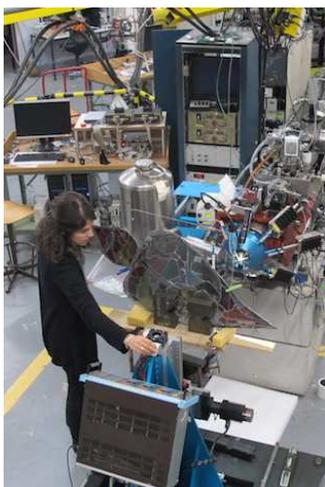


Objectif :

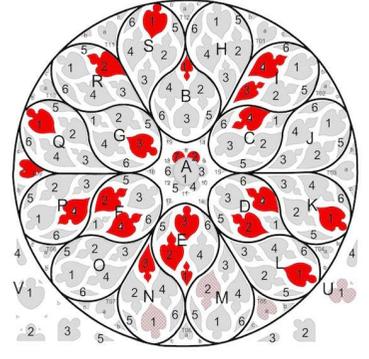
- Établir la composition des verres (et des peintures)
- Base de données

Recherche sur la connaissance des verres et des peintures

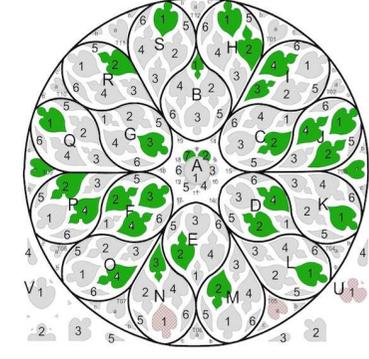
Date	Projet IDEX
2014-2015	Convergence IDEX Sorbonne Universités La couleur des VITRAUX anciens: une approche interdisciplinaire (VITRAUX) Contrat Post-doc: Myrtille Hunault (LRMH, IMPMC, CAC) Coordinateur: Michel Hérold (CAC, INHA)



AGLAE



Fluorescence X



Spectroscopie optique

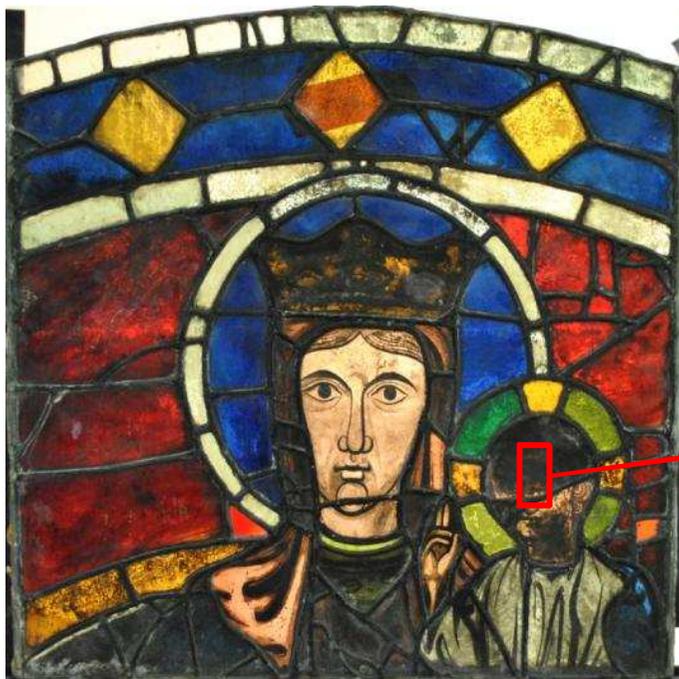
Verre particulier: verre avec des rayures dit "vénitien"

Recherche sur la connaissance des verres et des peintures

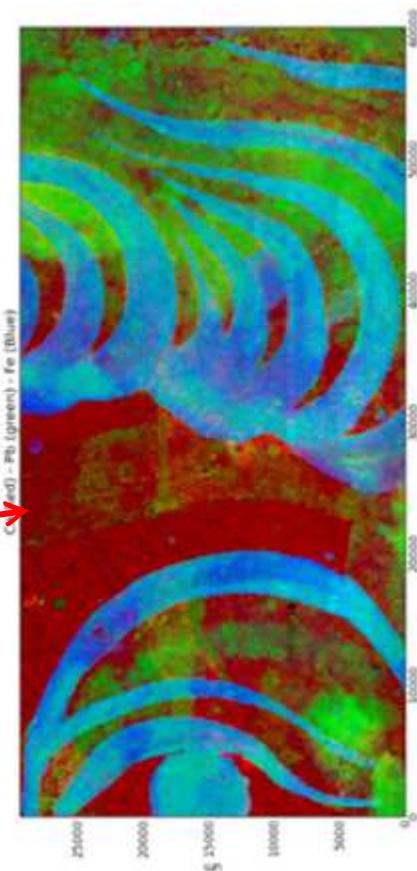
Composition chimique des verres et des peintures

Analyses :

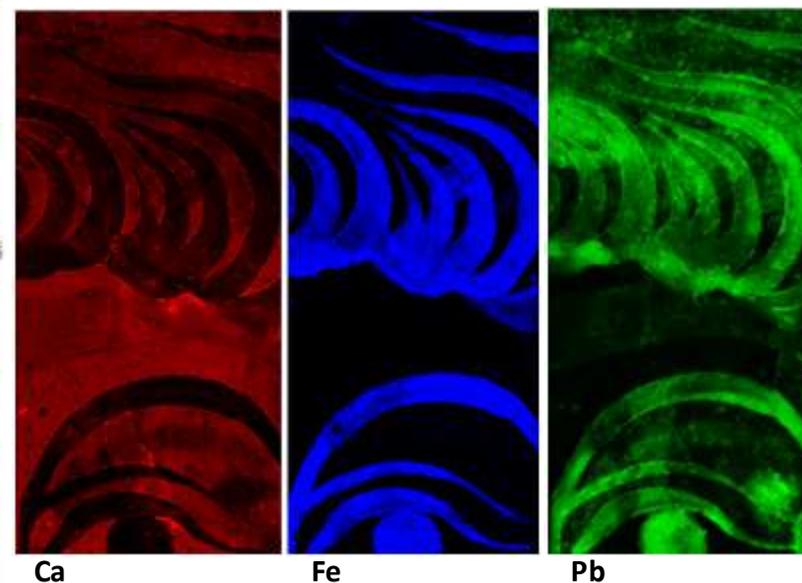
- Pointé (20x20 μm) ou zone moyennée (500x500 μm)
- Cartographie



Cathédrale Notre-Dame de Chartres XII^e et XIII^e siècle, Panneau n°2 de la rose de la baie 120, 1^{ère} cartographie avec AGLAE, 25/04/2012



Durée d'analyse: 6 heures
Surface: 3cm²



Recherche sur la connaissance des verres et des peintures

- Recherches sur l'altération du verre en condition atmosphérique
 - Mécanismes et cinétiques d'altération des verres
 - Caractérisation des pathologies : cas particulier du brunissement des verres

- Recherche sur la connaissance des verres
 - Croisement des données: archives et analyses chimiques

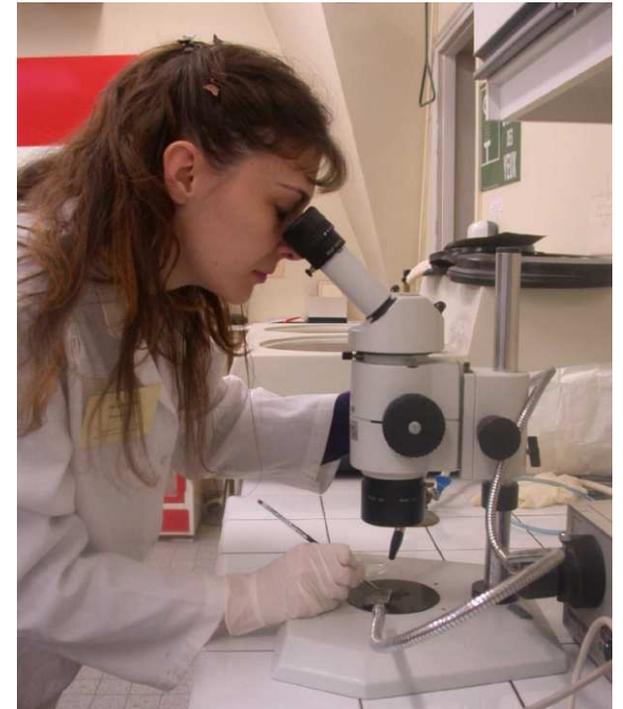
- Recherche sur les matériaux de conservation
 - Matériaux (consolidant, colle..)
 - Mise en œuvre
 - Traitements de nettoyages chimiques et mécaniques

- Recherche sur la conservation préventive : verrières de protection
 - Paramètres essentiels

Recherche sur la conservation-restauration des vitraux

Consolidation

- Opération délicate, irréversible et dont la durabilité est mal connue
- A réserver aux cas extrêmes
- Ne jamais utiliser en préventif
- Nécessite une main d'œuvre hautement spécialisée
- Se fait toujours à plat, sur table lumineuse et jamais *in situ*
- Implique qu'on ne mastique pas la face traitée



Recherche sur la conservation-restauration des vitraux

Collage silicone

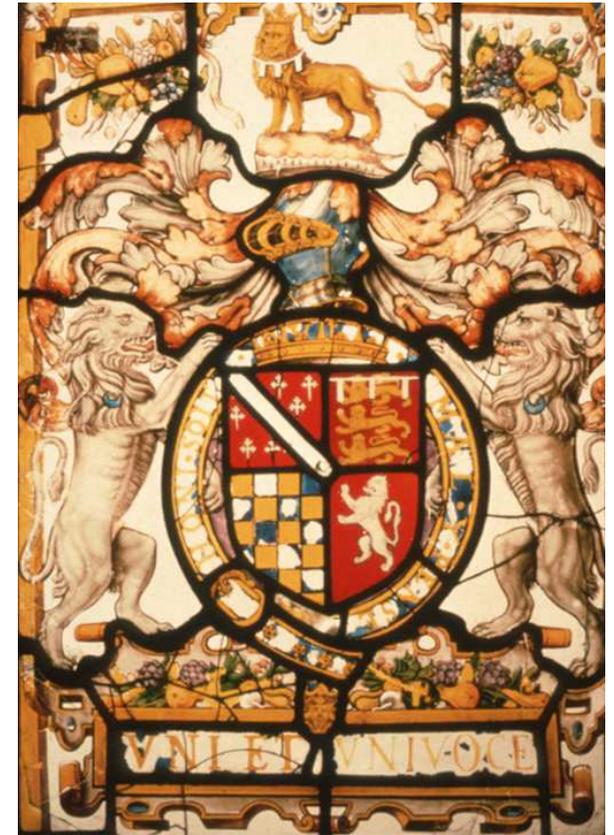
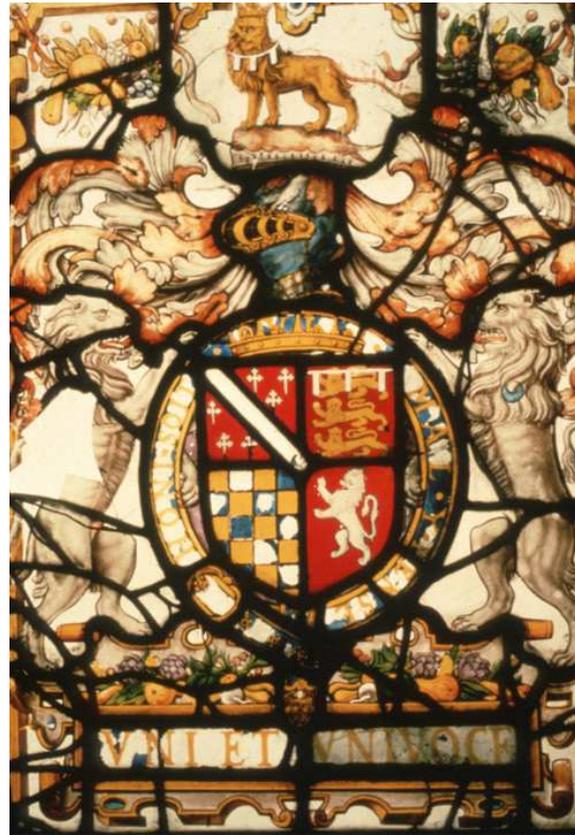
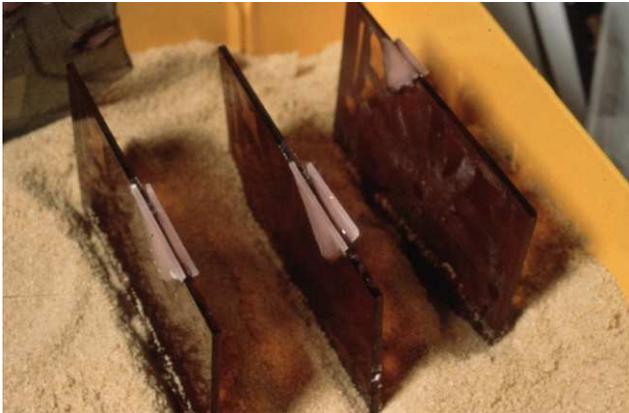


Chartres, cathédrale, La mise au tombeau, XIIe siècle

Recherche sur la conservation-restauration des vitraux

Collages époxy avec comblements et réintégrations

Trinity college

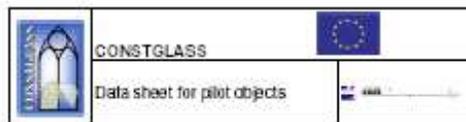


Recherche sur la conservation-restauration des vitraux

Date	Projet européen
2007-2010	Programme de recherche européen « CONSTGLASS » N°044339 « Matériaux de conservation pour les vitraux – évaluation de la durabilité, de la réversibilité et de la reprise des traitements et performance des produits et stratégies de restauration » Contrat: Jennifer Edaine
2011-2014	Programme de recherche européen « NANOMATCH » N°283182 « Nano-systèmes pour la conservation du patrimoine culturel mobilier et immobilier multi-matériaux dans un environnement en évolution »

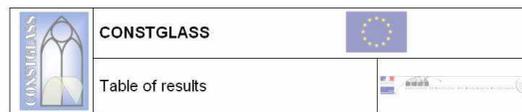


Fiche de synthèse

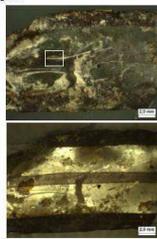
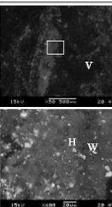
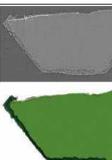


Object: Chartres, Notre-Dame Cathedral	Date: 24.09.2008
OBJECT IDENTIFICATION	
Site: Chartres (France)	
Building: Notre-Dame Cathedral	
Location and relocation of the vitraux: Main of the building	

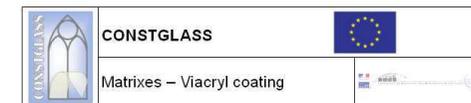
Table de résultats



Sample reference: *CHA_b37p16_1_v6 : white glass, coated on internal surface (consolidation)*

Questions	Techniques	Answers
Morphology - What is the morphology of the weathered coating? - How is the bonding between coating and glass?	Optical Microscope 	No visible deterioration except scratches (provenance unknown), no macro-cracks, no yellowing or milky aspect. The scratches on the Viacryl expose the glass paint to environment. Did the scratches damage the glass? White rectangle locates the area of SEM observations.
	SEM 	Details of a scratch: healthy (H) and weathered (W) glass paint appear under damaged Viacryl (V).
Desktop tomography Fluorescence tomography on Synchrotron		Lead or gristale fragments Homogeneous glass (healthy) Glass with porous structure (silica gel layer) Slice n°3/03

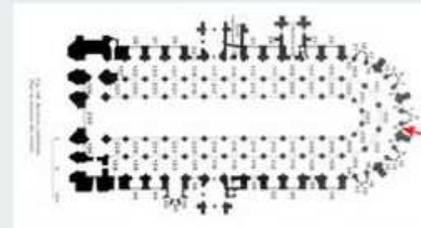
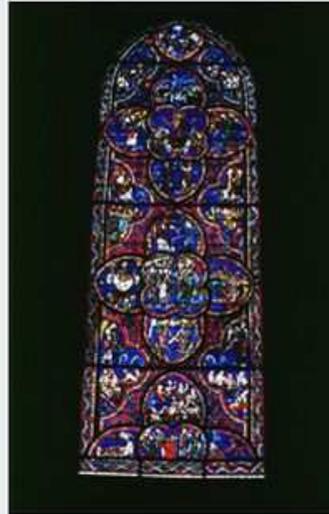
Matrices des produits



Pilot objects	BOURGES	LE MAHIS
Bay (date)	4, Choir (Ca 1210-1215) The Last Judgement	XVI, Nave (Ca 1120) The Ascension
Exposure	East	South
Composition of the product	80% Viacryl VC 383 + 20% Desmodur N 75	80% Viacryl VC 383 + 20% Desmodur N 75
Application : date (age of product), studio, protocol	1981 (28 years) ; Meuret ; glasses + leads	1974 (35 years) ; Crauer ; glasses
Morphology		
Direct observation	Faking, chipping, partial or total detachment, yellowing with a milky aspect, hard and brittle	Faking, chipping, general detachment, yellowing with a milky aspect, hard and brittle
SEM observation	Alteration product = gypsum + gel layer. The gel layer is pulled out by the flakes.	Alteration product = gypsum + gel layer. The gel layer is pulled out by the flakes.
Desktop Xrays tomography	Adherence of the Viacryl on gel layer. These techniques highlight the detachment of the gel layer by Viacryl flakes.	-
Synchrotron tomography	-	-
Chemical behavior		
FTIR	Chemical degradation : - decreasing of the secondary amides functions - increasing of the primary amides functions	Chemical degradation : - decreasing of the secondary amides functions - increasing of the primary amides functions
Raman spectroscopy	No need - information obtained with FTIR	-
Mechanical behavior		
Condensation	-	-
Fungi	None	None
Bacteria	None	None
Active filiation	None	None
Biological activity	None	None
Microbiological susceptibility	not tested (no fresh product available)	
Reversibility		
Product 1	Ethanol (gel) good results, good swelling and loss of adherence	Water-ethanol mixture good results on surface, but remains in the crater
Product 2	Hyponitric acid Good results, needs brushing near leads	Hyponitric acid good for elimination into the crater
Retreatability		
Product 1	no need	no need
Product 2	-	-
General observations	Insufficient the ability, partial damage to gel layer when deteriorated	
Recommendations		
Safety/healthy	No more available	No more available
Preparation	Not to be employed	Not to be employed
Application	-	-
Future conditions of conservation	isothermal glazing installation	isothermal glazing installation

Bourges, Saint-Etienne Cathedral

Bay 4



A broken-arch lancet from the beginning of the 13th century (1210 - 15) depicting the Last Judgement. Several restorations since the creation of this stained glass window. The most important were carried out in 1853 by Coffetier and in 1976 by LRMH.

In 1974 and 1979 previous treatments and practical tests with the Viacryl®-Desmodur protective coating system were executed at LRMH. The treatment of the external side of the panel, recommended by LRMH, was an application on unset and cleaned glasses, but the Bacher's recommendations were finally applied in 1981 :

- cleaning of the surface with soft brushes and EDTA + ammonium bicarbonate solution (30g/L each) to remove the most of corrosion products,
- application of the Viacryl® protective system on the entire external side of the panel (glasses and leads) with a soft brush.

Bay 4 in the choir (east side) was chosen for the Constglass Project. More information about the window is available in the [Object-Data by Constglass FhG ISC](#). A short description about scientific investigations can be reached directly: [panel 9](#) and [panel 13](#).

Picture Gallery:



panel 9



panel 13



panel 15

EU-Project CONSTGLASS
EU-FP 6 Research project
www.constglass.fraunhofer.de
www.constglass.eu



EU-Research Project:

Nano-systems for the conservation of immovable and moveable polymaterial Cultural Heritage in a changing environment



This project has received funding from the European Union's Seventh Programme for research, technological development and demonstration under grant agreement No 283182

Home

[The Project](#)
[Project Results](#)
[Consortium](#)
[Contacts](#)
[Publications](#)
[Case Studies](#)
[Scientific Workshops](#)
[Conferences and Fairs](#)
[Advisory Panel](#)
[Members' Site](#)
[News](#)

24.12.2014

3rd Newsletter is available now

NANOMATCH

Government authorities, restoration architects and conservation scientists have always had to face the problem of deterioration of historic building materials, in particular stone, wood and glass; an issue that has become more and more urgent since climate change has worsened natural decay and the impact of atmospheric pollution. In addition in recent years socio-economic requirements have claimed for a more sustainable use of existing building heritage. On these premises, the NANOMATCH project will address this issue through the development of a class of innovative consolidants to be specifically designed to meet the requirements of the historic substrates and to identify high performance products to renovate the market dedicated to the conservation of the built heritage.

Alkaline earth and semi-metal alkoxides precursors will be synthesized tuning their properties on the basis of the stone, wood and glass-substrate characteristics and the specific functionality to be addressed, leading to a new generation of nano-structured materials tailored specifically for historic materials in a climate change context, merging from the most recent advanced research in the fields of nanotechnologies and conservation science. The development of suitable products for treatment of historic materials will finally halt the current use of inappropriate commercial products, especially polymers, that were designed for completely other purposes than the conservation of cultural heritage and that, in the recent years, show the detrimental effects due to their fast deterioration, that hampers the treated material too.

Central in the project is the synthesis of molecular precursors, nano-coating deposition and related properties assessment finalized to the production of innovative products to update the market of conservation products as a real alternative for unfitting traditional ones. The basis for their production and introduction on the market will be developed during the project.

Film - English version



Subprogramme Area: Development of advanced compatible materials and techniques and their application for the protection, conservation and restoration of cultural heritage assets
Contract type: SP1-Cooperation.
 Collaborative project. Small or medium-scale focused research project. FP7-ENV-NMP.2011.3.2.1-1
 Grant Agreement No. 283182
 Duration: November 2011 - October 2014

Contacts

COORDINATOR

Dr. Adriana Bernardi
 Head of Padova Unit Institute of Atmospheric Science and Climate National Research Council (CNR-ISAC)
 Corso Stati Uniti 4, 35127 Padova, Italy
 Phone +39 049 8295906
 E-Mail: a.bernardi@isac.cnr.it

EC PROJECT OFFICER

Federico Nogara
 DG Research & Innovation, Unit 1.3
 CDMA 03/058
 Rue du Champ de Mars, 21
 B-1049 Brussels
 Telephone: +32-2-298 46 50
 Telefax: +32-2-295 05 68
 Email: federico.nogara@ec.europa.eu

Recherche sur la conservation-restauration des vitraux

- Recherches sur l'altération du verre en condition atmosphérique
 - Mécanismes et cinétiques d'altération des verres
 - Caractérisation des pathologies : cas particulier du brunissement des verres

- Recherche sur la connaissance des verres
 - Croisement des données: archives et analyses chimiques

- Recherche sur les matériaux de conservation
 - Matériaux (consolidant, colle..)
 - Mise en œuvre
 - Traitements de nettoyages chimiques et mécaniques

- Recherche sur la conservation préventive : verrières de protection
 - Paramètres essentiels

Recherche sur la conservation préventive : verrières de protection

La verrière de protection existe depuis plus de 40 ans en Europe.
Son efficacité a été évaluée dans différents pays.
(Angleterre, Autriche, Allemagne, France...)

Date	Projet européen
2002-2005	Programme de recherche européen « VIDRIO » « Définition des conditions nécessaires pour prévenir les altérations des vitraux anciens dues à la condensation, au dépôt de particules et au développement de microorganismes, à l'aide de protections par verrières de protections » Contrat : Marie-Pierre Etcheverry Isabelle Pallot-Frossard



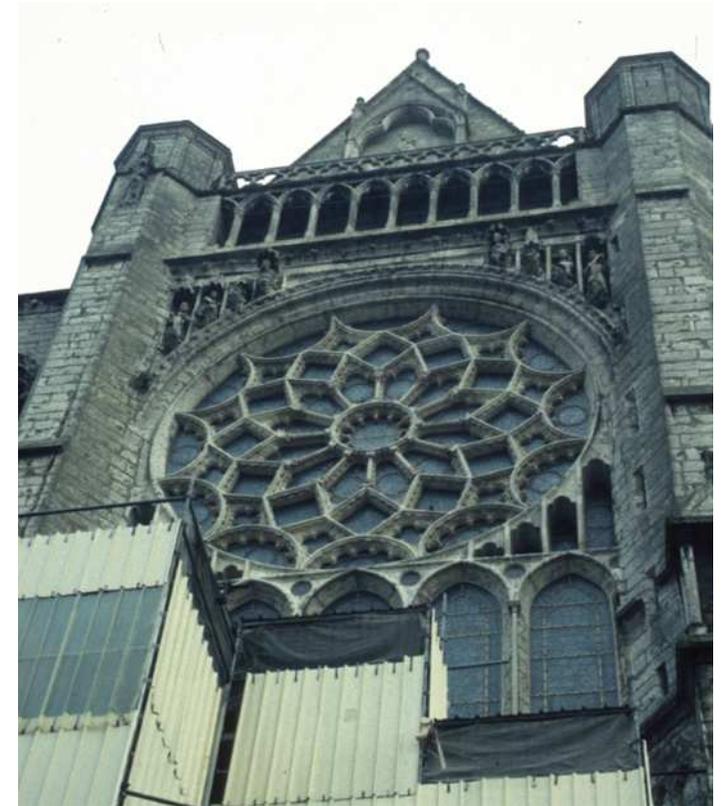
I. Pallot-Frossard, *Petite histoire des verrières de protection : où comment un vitrail échappe à la clôture*. Paris, Direction du patrimoine, 2004, In : *Monumental*, ISSN 1168-4534, 2004, semestriel 1, p. 90-99.

I. Pallot-Frossard A. Bernardi, R. Van Grieken, R6A. Lefèvre, S. Rölleke, AH. Rômich, M. Verita : *les conclusions du programmes européen Vidrio sur la protection des vitraux par verrière extérieure*, *Monumental* 2007, p114-123



Conservation préventive : verrières de protection

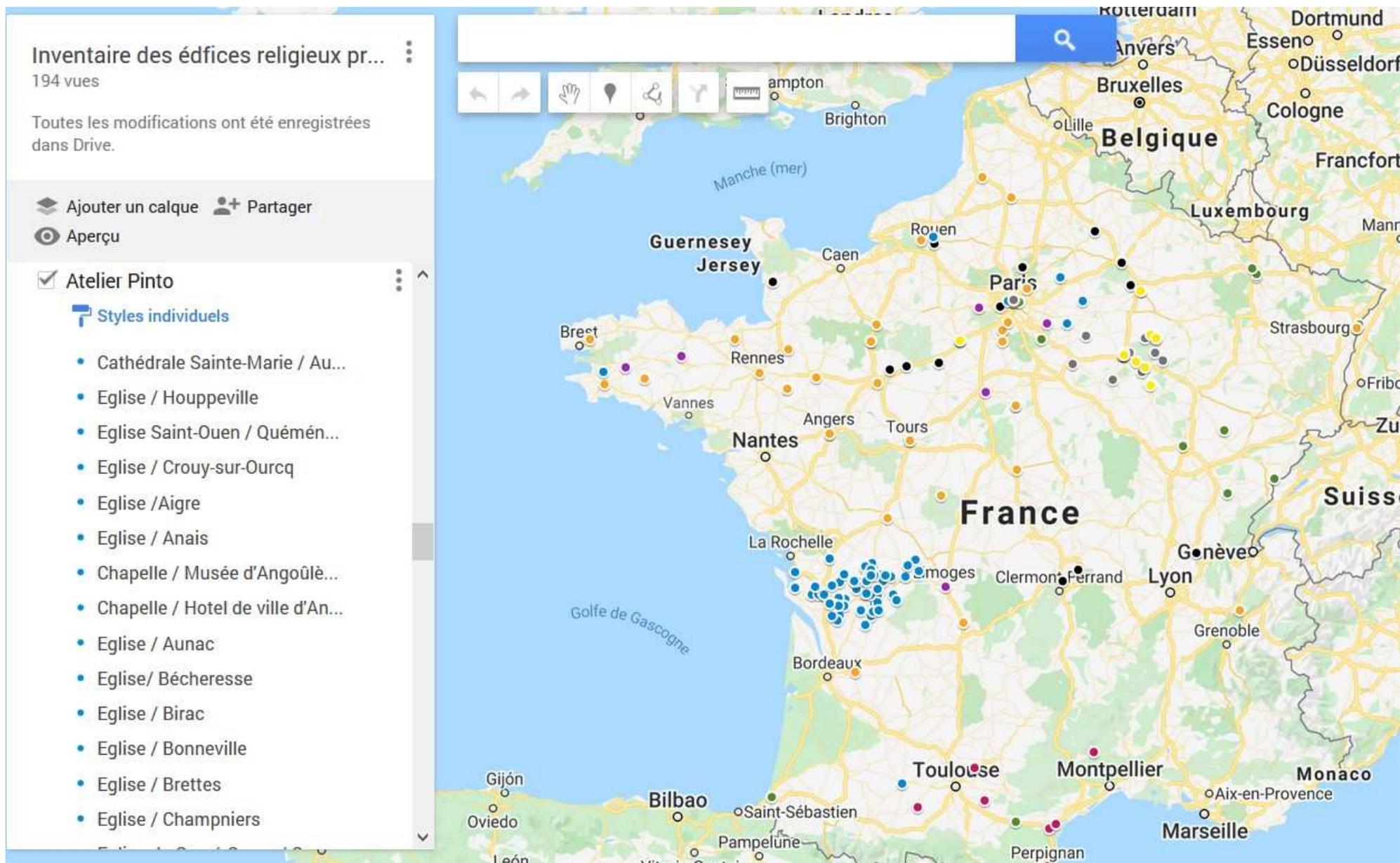
- Objectifs
 - protéger la face externe de verres anciens nettoyés contre les agents atmosphériques
 - protéger la face interne peinte contre les effets de la condensation
- Avantages
 - la verrière assure l'étanchéité de l'édifice
 - permet de limiter ou de supprimer le masticage
 - permet une restauration plus poussée - conservation des produits de restauration (consolidation des grisailles, collages)
 - la dépose ultérieure est facilitée



Chartres, cathédrale Notre-Dame, rose nord, XIIIe siècle

Conservation préventive : verrières de protection

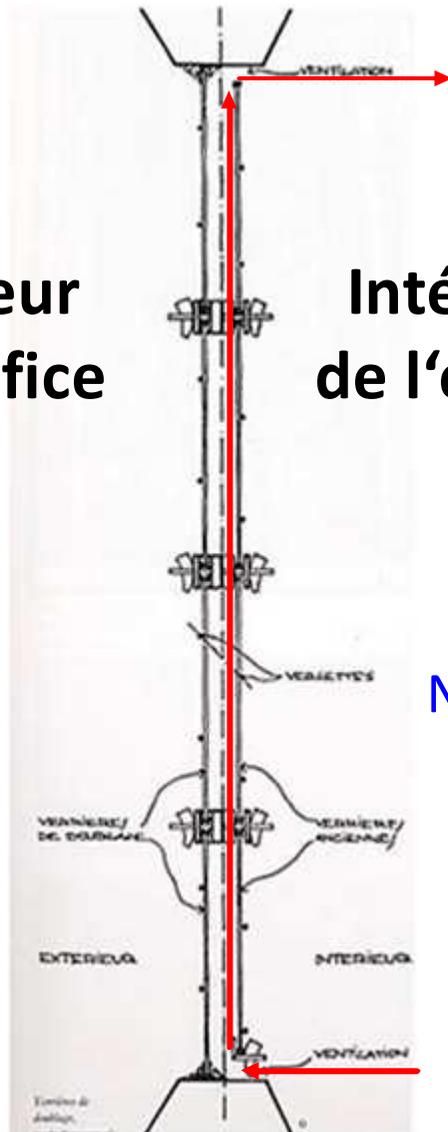
Projet ReViVe: recensement des verrières de protection en France



Conservation préventive : verrières de protection

Extérieur
de l'édifice

Intérieur
de l'édifice



Ventilation
Naturelle par
l'intérieur
de l'édifice



Ratisbonne (Allemagne), cathédrale

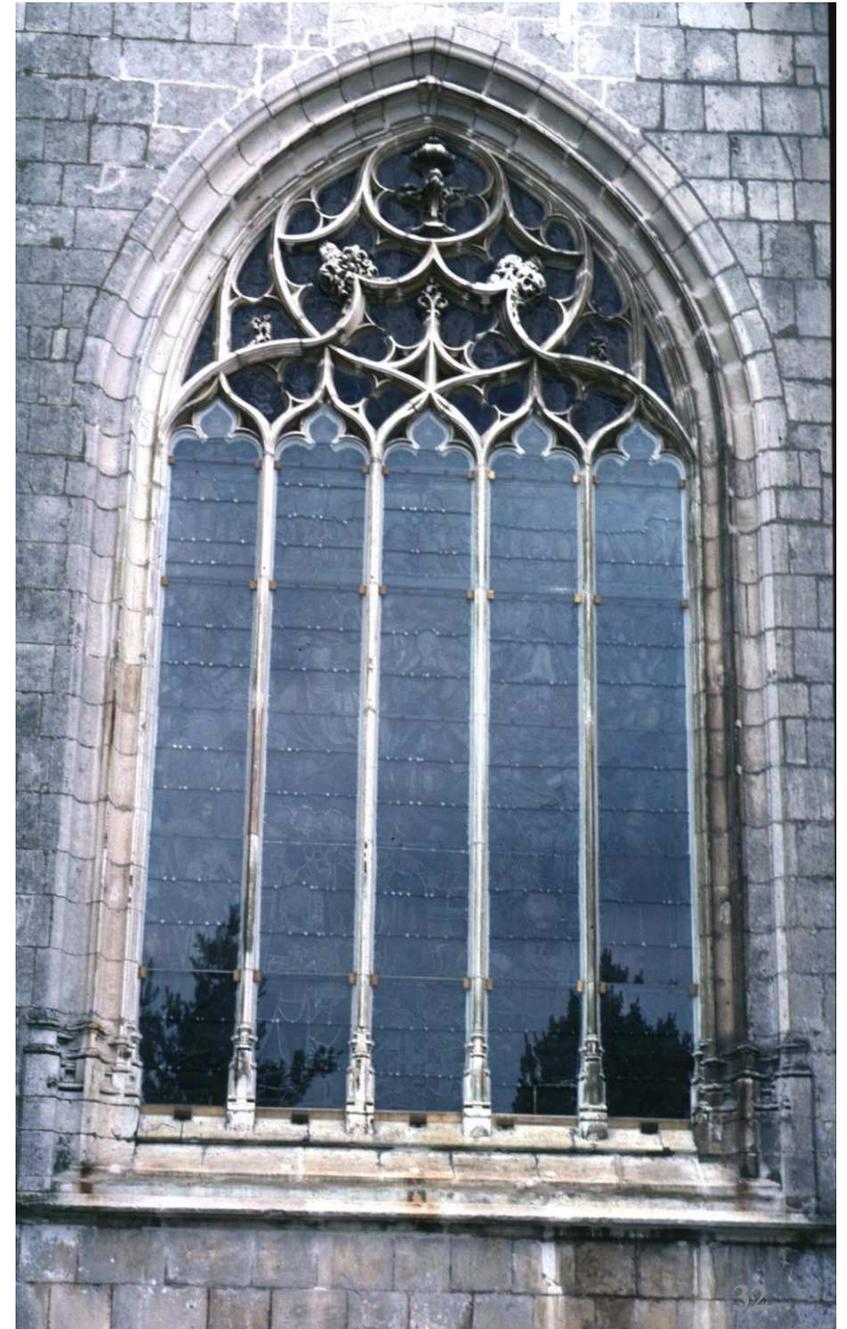
Conservation préventive : verrières de protection

Protection par panneaux de verre blanc



Rouen, église Sainte-Jeanne d'Arc

Bourg-en-Bresse, collégiale de Brou,
verrière de Marguerite d'Autriche



Conservation préventive : verrières de protection

Protection avec verres mis en plombs



Troyes, cathédrale, XIIIe siècle.



Reims, basilique Saint-Remi, XIIe siècle



Strasbourg, cathédrale, nef, coté Sud,
XIIIe siècle

Conservation préventive : verrières de protection

Protection en verre thermoformé

Cathédrale Saint-Julien du Mans, baie XVI , vitrail de *l'Ascension*, date 1120



Sans verrière de protection en 2007



Avec verrière de protection thermoformé en 2008

Chantier scientifique CNRS/MC



Groupe de travail « Verre »

<https://notre-dame-de-paris.culture.gouv.fr/fr/verre-1>



Karine Boulanger
Michel Hérold
Elisabeth Pillet

Claudine Loisel
Barbara Trichereau



Jean-François Luneau



Georges Calas
Laurence Galois



Myrtille Hunault



Claire Pacheco
Quentin Lemasson
Laurent Pichon



Stéphanie Rossano
Anne Perez



Christine Andraud
Anne Michelin
Aurélie Tournié

Anne Chabas
Aurélie Verney-Carron



Interaction Plomb – matériaux à Notre-Dame (PlombND)

Dim « Matériaux anciens et patrimoniaux »

Appel à projet 2019-5



- caractériser ces composés plombifères de l'échelle macro à nanométrique en utilisant la microscopie avancée sur les différents supports (verre, pierre, métal)
- déterminer leur interaction avec les matériaux inorganiques constituant les vitraux: verre, peinture et plomb
- comprendre les mécanismes à l'origine de la formation de ces composés, d'évaluer leur interaction avec les différents matériaux
- apporter de nouvelles connaissances sur la réactivité du plomb lors d'un incendie
- élaboration de protocoles de décontamination adaptés à chaque matériau

Marie Godet, post-doctorat (18 mois : 01/11/2020-30/04/2022)

<https://www.dim-map.fr/projets-soutenus/plombnd/>

Partenaires :

- CRC-Equipe LRMH : Aurélia Azéma, Véronique Vergès-Belmin, Claudine Loisel
- IMPMC : Nicolas Menguy
- LISA : Anne Chabas, Aurélie Verney-Carron



Interaction Plomb – matériaux à Notre-Dame (PlombND) Dim « Matériaux anciens et patrimoniaux »



- caractériser ces composés plombifères de l'échelle macro à nanométrique (MEB, MET...)
- déterminer leur interaction avec les matériaux inorganiques constituant les vitraux: verre, peinture et plomb
- comprendre les mécanismes à l'origine de la formation de ces composés, d'évaluer leur interaction avec les différents matériaux



Synapse: site internet LRMH

The screenshot shows the LRMH website homepage. At the top, there is a navigation menu with links: ACCUEIL, PRÉSENTATION, LA RECHERCHE AU LRMH, EXPERTISE, CHANTIER NOTRE-DAME, COOPÉRATION, and RESSOURCES EN LIGNE. Below the menu is a horizontal banner with various images and labels: BÉTON, BOIS, GROTTES ORNÉES, MÉTAL, MICROBIOLOGIE, PEINTURE MURALE, PIERRE, and TEXTILE. A large image of a stained glass window is also visible, with the label 'VITRAIL' and the caption 'Cathédrale Notre-Dame, Chartres, vitrail Notre-Dame de la Belle Verrière, 11e - 13e siècle'. On the left side, there is a section titled 'Solliciter le LRMH' with a sub-heading 'Vous souhaitez formuler une demande d'intervention ou d'analyse auprès du LRMH ?'. Below this, there is a paragraph explaining the request process. On the right side, there is a section titled 'Agenda du LRMH' with a sub-heading 'Exposition de photographies scientifiques'. Below this, there is a small image of a building and a text block providing details about the exhibition: 'Conservatoire National des Arts et Métiers | Exposition - Du 14/09/2020 au 18/12/2020. Le Laboratoire de Recherche des Monuments Historiques : 50 ans de sciences au service du patrimoine. Le LRMH célèbre son cinquantenaire à travers une exposition photographique sur les grilles du Conser...'. At the bottom right, there is a section titled 'À la Une' with a sub-heading 'DU BOIS' and a small image of a wooden structure.

Courrier - claudine.loisel@cultu... x Portail du Laboratoire de Recherche... x

https://www.lrmh.fr/default.aspx 70%

Les plus visités Débuter avec Firefox Outlook Se connecter - Trainline Banque et assurances... Google Traduction BibCnrs Yahoo - connexion Login Page - Sémaph... Serveur de résultats - ... OUI.sncf : Réservez vos...

RÉPUBLIQUE FRANÇAISE Liberté Égalité Fraternité

1970-2020 L R M H Laboratoire de Recherche des Monuments Historiques

SE CONNECTER

ACCUEIL PRÉSENTATION LA RECHERCHE AU LRMH EXPERTISE CHANTIER NOTRE-DAME COOPÉRATION RESSOURCES EN LIGNE

Vous êtes ici : Accueil / Accueil

BÉTON BOIS GROTTES ORNÉES MÉTAL MICROBIOLOGIE PEINTURE MURALE PIERRE TEXTILE

VITRAIL

Cathédrale Notre-Dame, Chartres, vitrail Notre-Dame de la Belle Verrière, 11e - 13e siècle

Solliciter le LRMH

Vous souhaitez formuler une demande d'intervention ou d'analyse auprès du LRMH ?

La demande doit être faite depuis le portail du LRMH. Elle doit définir le plus précisément possible la problématique et les objectifs de l'étude. Il n'est pas nécessaire de mentionner le détail des analyses ou observations, qui seront déterminées par le LRMH.

<https://www.lrmh.fr/pole-vitrail.aspx>

Agenda du LRMH

Exposition de photographies scientifiques

Conservatoire National des Arts et Métiers | Exposition
- Du 14/09/2020 au 18/12/2020

Le Laboratoire de Recherche des Monuments Historiques : 50 ans de sciences au service du patrimoine. Le LRMH célèbre son cinquantenaire à travers une exposition photographique sur les grilles du Conser...

À la Une

DU BOIS

Synapse: site internet LRMH

The screenshot displays a web browser window with the URL <https://www.lrmh.fr/centre-de-ressources-synapse.aspx>. The page is titled "Revues en ligne" and features a grid of journal covers. Below this, a section titled "Guides et manuels du LRMH" displays various guide covers. The browser's taskbar at the bottom shows the time as 10:32 on 16/11/2020.

Revues en ligne

Journal covers displayed:

- Glass Technology
- archaeometry
- CONSERVATION AND MANAGEMENT OF ARCHAEOLOGICAL SITES
- bib cnrs
- JAIC
- H
- Geomicrobiology Journal
- Société Géologique de France
- ROCK ART RESEARCH

Guides et manuels du LRMH

Guide covers displayed:

- VITRALIX
- La protection des pierres
- Le nettoyage des bétons anciens
- ICOMOS

BOUTIQUE / BEAUX ARTS HORS-SÉRIE / LE LABORATOIRE DE RECHERCHE DES MONUMENTS HISTORIQUES

Le Laboratoire de Recherche des Monuments Historiques

1970-2020 : Un demi-siècle au service du patrimoine



Il y a 50 ans s'ouvrait le Laboratoire de Recherche des Monuments Historiques (LRMH). Le laboratoire de recherche des monuments historiques est un service à compétence nationale du ministère de la Culture, rattaché au service chargé du patrimoine au sein de la Direction générale des patrimoines. Il a pour vocation de mener les recherches les plus pointues en matière de restauration du patrimoine. Qu'il s'agisse de la pierre, du bois, du fer, de l'acier, du béton, du textile, ou du vitrail, le Laboratoire de Recherche des Monuments Historiques a réuni les ingénieurs, les chercheurs susceptibles de conseiller les entreprises en charge des travaux de restauration les plus délicats. Le laboratoire au fil des années s'est équipé des instruments d'analyse les plus modernes. Notre édition est destinée à raconter cette aventure, les immenses services que l'équipe du Laboratoire de



Synapse: site internet LRMH

The screenshot shows a web browser window displaying the LRMH website. The browser's address bar shows the URL <https://www.lrmh.fr/le-chantier-de-notre-dame.aspx>. The website header includes the logos for the République Française and the LRMH (Laboratoire de Recherche des Monuments Historiques). A navigation menu at the top right contains links for ACCUEIL, PRÉSENTATION, LA RECHERCHE AU LRMH, EXPERTISE, CHANTIER NOTRE-DAME, COOPÉRATION, and RESSOURCES EN LIGNE. The main content area is titled 'Sur le chantier de Notre-Dame' and contains a paragraph describing the fire on April 15-16, 2019, and the LRMH's role in the restoration. Below this is a section 'Le chantier scientifique' and a link to the official site. To the right, there is a 'Revue de presse' section with three articles: 'Restoring Notre-Dame's 'magical' windows', 'Les scientifiques veulent aider à restaurer Notre Dame', and 'Que vont devenir les œuvres de Notre-Dame après avoir échappé aux flammes?'. At the bottom of the page, there is a 'Tout voir' button and a taskbar showing the time as 10:34 on 16/11/2020.

Courrier - claudine.loisel@culti... | Portail du Laboratoire de Recherche des Monuments Historiques

https://www.lrmh.fr/le-chantier-de-notre-dame.aspx

Les plus visités | Débuter avec Firefox | Outlook | Se connecter - Trainline | Banque et assurances... | Google Traduction | BibCnrs | Yahoo - connexion | Login Page - Sémaph... | Serveur de résultats - ... | OUI.sncf : Réservez vos...

RÉPUBLIQUE FRANÇAISE
Liberté
Égalité
Fraternité

1970-2020
LRMH
Laboratoire de Recherche des Monuments Historiques

SE CONNECTER

ACCUEIL | PRÉSENTATION | LA RECHERCHE AU LRMH | EXPERTISE | CHANTIER NOTRE-DAME | COOPÉRATION | RESSOURCES EN LIGNE

Vous êtes ici : Accueil / Chantier Notre-Dame

Sur le chantier de Notre-Dame

Dans la nuit du 15 au 16 avril 2019 la cathédrale Notre-Dame prenait feu créant un émoi encore sensible aujourd'hui. Assumant son rôle de service à compétence national au service des monuments historiques le LRMH s'est tout de suite engagé dans ce "chantier du siècle". Investi dès le mois de mai 2019 dans le tri des décombres il a participé activement à la sauvegarde des éléments tombés des voûtes, de la charpente historique et de la flèche. Avec ses partenaires de l'Institut National d'Archéologie Préventive (INRAP) et du Service Régional de l'Archéologie (SRA) il a mis en place une méthodologie de tri, de classement et d'inventaire des décombres dans le but de les étudier et pour certains de les réutiliser lors de la phase de restauration. Le Laboratoire conseille également la maîtrise d'oeuvre et l'établissement public pour le diagnostic des voûtes et sur les méthodes de nettoyage de la cathédrale.

Le chantier scientifique

Aux côtés du CNRS le LRMH est investi dans le chantier scientifique de Notre Dame. Il est présent dans six des huit groupes de recherches du chantier scientifique, notamment les groupes **Numérique, Structure, Bois/Charpente, Métal, Pierre et Verre.**

Pour en savoir plus, consultez le site officiel du chantier de la cathédrale : [ici](#).

Le LRMH et Notre-Dame : une longue histoire

Tout voir

Revue de presse

Restoring Notre-Dame's 'magical' windows FR | EN

Type de document : Article
Auteur(s) : [WOOLSTON, Chris](#)
Titre du périodique : [Nature](#)
Date de parution : 01/07/2020

Les scientifiques veulent aider à restaurer Notre Dame

Type de document : Article
Auteur(s) : [Technologie Média](#)
Titre du périodique : [Technologie Média](#)
Date de parution : 24/05/2019

Que vont devenir les œuvres de Notre-Dame après avoir échappé aux flammes ?

Type de document : Article
Auteur(s) : [SAN, Louis](#)
Titre du périodique : [France TV Info](#)
Date de parution : 21/04/2019

Tout voir

10:34
16/11/2020

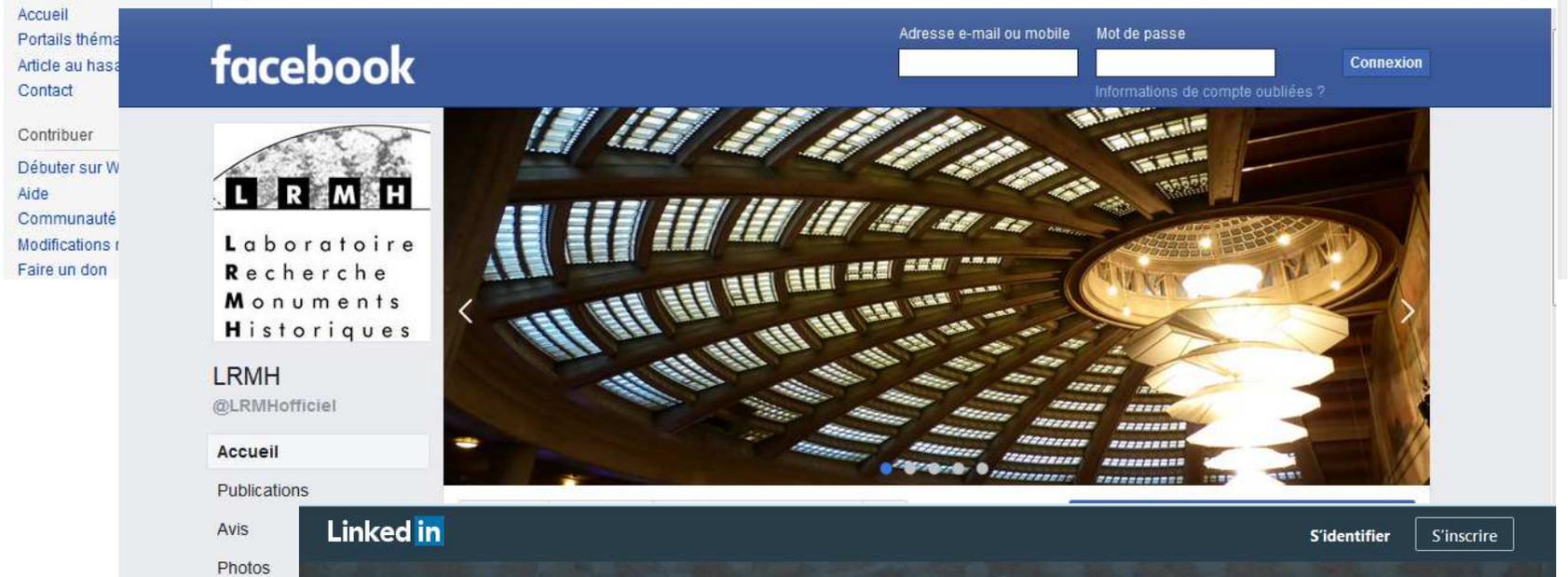
Réseaux sociaux

Wikipédia



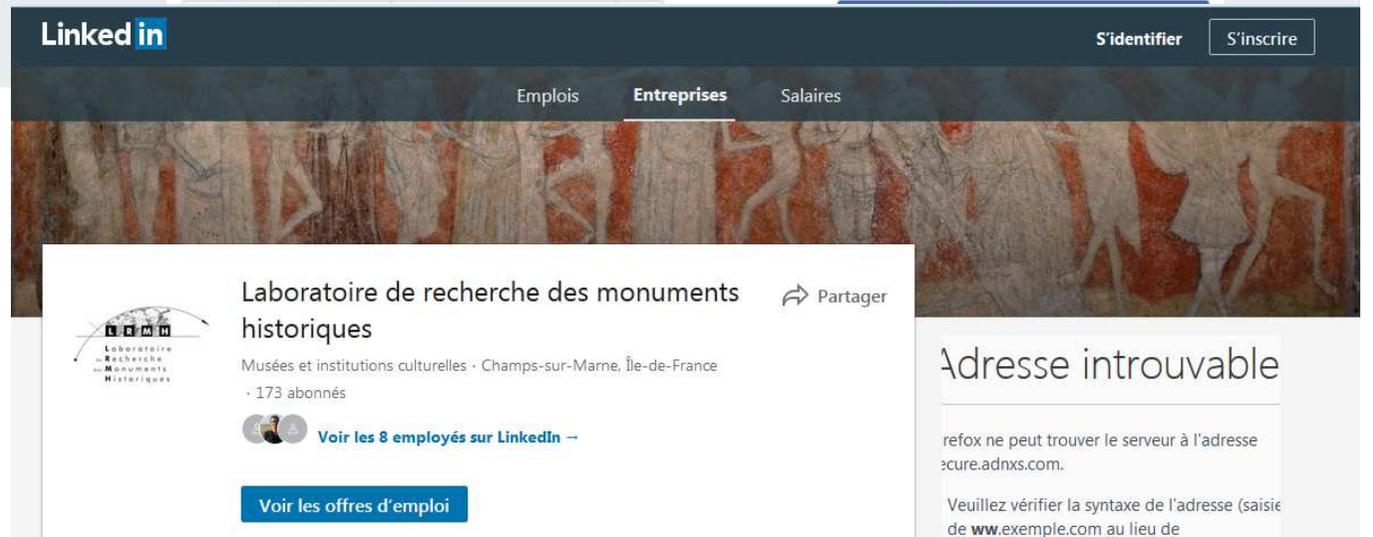
The screenshot shows the top part of the Wikipedia website. On the left is the Wikipedia logo, a globe with letters, and the text "WIKIPÉDIA L'encyclopédie libre". To the right, there are navigation links: "Non connecté", "Discussion", "Contributions", "Créer un compte", and "Se connecter". Below these are tabs for "Article" and "Discussion", and a search bar with the text "Rechercher dans Wikipédia". A banner for "Wiki Loves Monuments" is visible, with the text "photographiez un monument historique, aidez Wikipédia et gagnez !".

Facebook



The screenshot shows the Facebook page for the "Laboratoire Recherche Monuments Historiques" (LRMH). The page header includes the Facebook logo and a login section with fields for "Adresse e-mail ou mobile" and "Mot de passe", and a "Connexion" button. The main content area features a large image of a grand, vaulted interior space with a complex ceiling structure. To the left of the image is the LRMH logo and the text "Laboratoire Recherche Monuments Historiques". Below the logo, the page name "LRMH" and the handle "@LRMHofficiel" are displayed. A navigation menu on the left includes "Accueil", "Publications", "Avis", and "Photos".

Linked in



The screenshot shows the LinkedIn profile page for "Laboratoire de recherche des monuments historiques". The page header includes the LinkedIn logo and navigation links for "Emplois", "Entreprises", and "Salaires". The main content area features a large image of a wall with ancient cave paintings. Below the image, the profile name "Laboratoire de recherche des monuments historiques" is displayed, along with a "Partager" button. The profile description includes "Musées et institutions culturelles · Champs-sur-Marne, Île-de-France" and "173 abonnés". A link to "Voir les 8 employés sur LinkedIn" is provided. At the bottom, there is a blue button labeled "Voir les offres d'emploi". On the right side, there is a message that says "Adresse introuvable" and a note that "refox ne peut trouver le serveur à l'adresse :cure.adnxs.com". Below this, there is a warning to "Veuillez vérifier la syntaxe de l'adresse (saisie de ww.exemple.com au lieu de".



Colloque Grand Public

VITRAUX

A la croisée des disciplines:
Histoire, science, artisanat

14 avril 2022



**Merci pour
votre
attention!**

