



CHARTRES CATHÉDRALE HORLOGE ASTROLABIQUE

PATRIMOINE

Restauré
EN RÉGION CENTRE

L'histoire d'une restauration

Restauration de la travée de l'horloge : 52 000 euros

Restitution du mécanisme et remise en fonctionnement :

41 000 euros. Ce mécénat du C.E.C.H. a été abondé, entre autre, par la Fondation Maxime Goury-Laffont dont l'apport a permis l'organisation d'une souscription avec l'aide de la Fondation du patrimoine. La restauration a également reçu le soutien financier du Conseil général d'Eure-et-Loir.

L'architecture, la sculpture ou encore les vitraux de Notre-Dame de Chartres sont autant d'ouvrages illustres qui ont en partie occulté la magnificence du « tour de chœur ». Telle est l'appellation habituellement donnée à la clôture du chœur liturgique de la cathédrale, exceptionnel ensemble architectural et sculpté qui reste encore assez largement méconnu.

Cet ouvrage est pourtant une référence majeure dans l'histoire de la sculpture française du XVI^e au XVIII^e siècle et il abrite, par ailleurs, l'une des plus anciennes horloges astrolabiques conservées en France.

Suite à la restauration de la polychromie des cadrans de cette horloge, entreprise par la DRAC Centre en 2006, le Conservatoire européen des cloches et horloges a proposé à l'État un mécénat en faveur de la reconstitution de son mécanisme, dont il ne restait plus que quelques rouages, en vue de sa remise en fonctionnement par le biais d'un système électrique.





Baie 28, face à l'horloge astrolabique, détail :
les signes du zodiaque



Le Conservatoire européen des cloches et horloges d'édifices (C.E.C.H.) est une association à but non lucratif qui s'est fixé pour objectif d'inventorier, contribuer à préserver, restaurer et mettre en valeur les horloges d'édifices et les cloches qu'elles commandent les plus représentatives.

Une telle restitution pouvait être considérée comme un pastiche inutile. Pourtant, on l'a jugée comme une occasion unique de redonner vie à cette horloge et d'appréhender les difficultés rencontrées par les réalisateurs du Moyen Âge ainsi que leurs capacités scientifiques et techniques à produire ce type d'objet.

Ainsi, la Conservation régionale des monuments historiques de la région Centre a-t-elle donné un accord à cette restitution et a parallèlement programmé un accompagnement afin de restaurer, consolider, nettoyer et mettre en valeur les parements et éléments du décor sculpté de la travée dans laquelle est insérée l'horloge.

C

lôture du chœur

Approche historique



Élément du jubé XIII^e

Tant pour des motifs religieux que pratiques, on a, dès les premiers siècles du christianisme, cherché à isoler le chœur liturgique des édifices religieux. On éleva d'abord de légères clôtures mobiles qui devinrent très vite des clôtures fixes réalisées en bois et en pierre.

La cathédrale de Chartres n'a pas échappé à ce type d'aménagements et le chœur liturgique des chanoines a ainsi été séparé du reste de l'édifice auquel les fidèles avaient accès tant par l'élévation d'un jubé qui fermait le chœur à l'ouest, que par celle d'une clôture périphérique sur les autres côtés.

Maîtrise d'œuvre et programme architectural et technique

On ne sait quand apparut la première clôture à Chartres mais les sources attestent qu'une clôture à claire-voie en bois existait déjà au XV^e siècle avant qu'elle ne soit remplacée, au début du XVI^e siècle, par l'actuelle clôture de chœur. En 1513, le chapitre de la cathédrale de Chartres confia en effet la **maîtrise d'œuvre** d'un Tour de chœur au maçon Jehan Texier, dit Jehan de Beauce, architecte et sculpteur connu dès la fin du XV^e siècle et qui, depuis 1506, était en particulier chargé du chantier de la flèche du clocher nord de la cathédrale détruit par le feu. Il réalisa par la suite le Pavillon de l'Horloge.

Adossée aux piles et aux colonnes du chœur, la maçonnerie générale fut élevée d'ouest en est à partir de la croisée du transept et vint clore complètement le chœur en 1529, à la mort de Jehan de Beauce. L'édification de la clôture ne s'acheva néanmoins définitivement qu'en 1727 avec la pose des dernières statues d'évêques sur les contreforts.



Jubé de Chartres

Yves, évêque de Chartres de 1090 à 1115 avait fait construire un jubé, ou du moins un ambon, dans la cathédrale édifiée par Fulbert au début du XI^e siècle.

Vers 1230-1260, ce premier jubé a été remplacé par un deuxième dont on conserve aujourd'hui encore de nombreux reliefs qui contribuent à la célébrité de la statuaire chartreuse. Ce dernier jubé fut détruit au XVIII^e siècle pour être remplacé par une grille accompagnée de différents reliefs sculptés.

La clôture se développe sur quatre-vingt-dix mètres de long et culmine à une hauteur moyenne de sept mètres. Elle est organisée en quinze travées délimitées par les supports du XIII^e siècle, chacun renforcé par un contrefort massif qui fait saillie et porte des statues d'ecclésiastiques couronnées de dais. Ces travées sont elles-mêmes subdivisées en deux ou quatre sections par de petits contreforts où se superposent plusieurs étages de statuette. L'élévation présente quatre niveaux distincts comprenant un **soubassement** formant mur de soutènement, une ancienne **claire-voie** à meneaux, une **galerie de niches** profondes ornée de bas-reliefs mais surtout de quarante groupes monumentaux sculptés en ronde-bosse dont le programme iconographique consacré à la vie de la Vierge fut conçu en 1514-1515 par Michel Manterne, chanoine de la cathédrale et réalisé par des ymagiers ou sculpteurs reconnus et appréciés, qui évoluaient dans le milieu parisien dont Jehan Soulas, François Marchand, Thomas Boudin, Jehan Dedieu, Pierre Ier Legros, Jean-Baptiste II Tuby ou Simon Mazière... Enfin, la clôture présente un **couronnement** de hauts dais au riche décor sculpté.



Tour de chœur : premières travées sud

Transformations

L'aménagement intérieur du chœur liturgique par l'architecte **Victor Louis** (1763-1789) a causé des dommages irréversibles à la clôture, bouleversant sa structure générale mais également son aspect. Un revêtement a en particulier éclipsé une grande partie de son décor puisqu'un mur a été élevé pour soutenir les grands reliefs de marbre blanc dus au sculpteur Bridan appliqués au-dessus des stalles plongeant notamment les scènes des arcades dans une obscurité non originelle ; les ajours entre les meneaux de la claire-voie ont eux aussi été bouchés.

La **Révolution** n'a en revanche pas été à l'origine de dégradations ou d'actes de vandalisme majeurs et elle nous a conservé la clôture telle qu'elle nous apparaît aujourd'hui alors que tant d'autres ont été détruites et souvent remplacées par des grilles.



Bas-relief du chœur Victor Louis

La travée de l'horloge

La clôture du chœur accueillait autrefois, du côté méridional, deux réduits surmontés de dômes renfermant pour l'un, un carillon servant de réveil-matin aux sonneurs et démoli vers 1765, et pour l'autre une horloge astronomique. La travée dans laquelle est insérée cette dernière constitue la troisième travée sud du tour de chœur et serait la première travée « Renaissance » qui emploierait un style jusque-là inexistant dans la cathédrale.

Sous le cadran, la travée, insérée entre deux fins contreforts ornés à mi-hauteur de culots et de dais sculptés, est percée d'une porte à encadrement mouluré surmonté d'un gâble. La paroi est rythmée par un fenestrage aveugle, entre de fins meneaux à moulures prismatiques dont les flancs sont sculptés. Ce réseau repose sur un soubassement orné de faux fenestrages timbrés de coquilles. La travée précédente, correspondant à la cage de l'ancien escalier en hélice d'accès au mécanisme, dont les degrés ont été supprimés lors du réaménagement du chœur au XVIII^e siècle, adopte le même parti ornemental, mais sa largeur est réduite par une moulure placée en biais, assurant la transition avec un pilastre sculpté de motifs de candélabres.

Présentant des motifs floraux, cette moulure forme retour et vient souligner la corniche ornée d'une dentelle de pierre composée d'entrecroisements de fines arcatures. Le faux fenestrage de cette travée a conservé en place la petite grille en fer forgé assurant la clôture du jour d'éclairage de la cage d'escalier.



Ecclésiastique

L'ecclésiastique sculpté à la jonction de la deuxième et de la troisième travée est coiffé d'une mitre précieuse ornée de pierreries et vêtu d'une aube brodée, d'une dalmatique et d'une chape aux orfrois richement sculptés. Sa main droite tient un livre ouvert, sa main gauche portait autrefois une crosse, probablement en bois, dont il ne reste aujourd'hui plus que le nœud. La chape est retenue par un fermail sculpté d'une magnifique scène de *Déploration* adorée par un ange.



Au-dessus de cette claire-voie

simulée prennent place le cadran et le dégagement fermé par un mur orné de l'ancien débouché de l'escalier. Ces éléments viennent créer une rupture dans le déroulement des scènes en ronde-bosse. En effet, au lieu d'une galerie à claire-voie comme dans les travées voisines, le débouché de l'escalier est aveugle et légèrement convexe. Au-dessus d'une frise de denticules et de rinceaux, trois pilastres sculptés de candélabres séparent de fausses niches couronnées de coquilles et de gâbles en dentelle de pierre. Ces niches sont sculptées en faible relief de médaillons contenant les profils traités à l'antique de Titus-César, Hector et Vespasien, avec des cartouches, surmontés de trophées et d'oiseaux. Au-dessus de ce registre, un second étage de pilastres prend place, séparant des niches couronnées de vases à ailerons. Les niches abritent, traités en haut-relief, des figures d'amours assis sur des vases. Le couronnement des pilastres était orné de putti en ronde-bosse tenant des instruments de musique. Ce second registre possède non pas trois mais quatre pilastres. Seuls les deux pilastres de droite sont conservés dans leur intégrité : les chapiteaux et les putti des deux pilastres de gauche sont manquants.



Présenté dans un médaillon de pierre, sculpté de vases d'où s'échappent des rinceaux et bordé d'un tore de ruban ajouré, le **cadran** est porté par deux anges en haut-relief aux ailes rapportées, probablement en bois doré mais aujourd'hui disparues, semblant prendre appui sur les contreforts qui encadrent la travée. Un motif peu lisible forme culot sous le cadran et est flanqué dans les écoinçons inférieurs, de deux motifs de rosaces à feuilles dentelées. D'après Marcel Bulteau, il s'agissait d'un troisième ange brisé qui saisissait le cadran par dessous et semblait le maintenir en suspens dans les airs. Au-dessus du médaillon de pierre, la travée est ajourée et laisse voir le décor de la voûte, divisée en de multiples voûtains par un jeu complexe de liernes et tiercerons formant une résille de flammes et mouchettes moulurées sous l'extrados. Malgré les modifications du XVIII^e siècle, cette voûte s'ouvre du côté du chœur par trois arcs trilobés.

Adoptant la même structure que sur les travées voisines, le **couronnement** en dentelle de pierre, formé de deux rangs de gâbles ajourés et hérissés de pinacles, a la particularité d'être convexe et de former un dais en légère saillie au-dessus du cadran.

La travée est flanquée à gauche, plaqué au droit de la pile du XIII^e siècle, d'un important **contrefort** de section polygonale qui est souligné de colonnettes à moulures prismatiques. Trois consoles sculptées se greffent sur ce contrefort pour accueillir des statues de petites dimensions, sous de hauts dais en dentelle de pierre, dont les pinacles forment la terrasse pour une statue en ronde-bosse d'ecclésiastique placée sous un important dais flamboyant ajouré.

H orloge astrolabique

Au Moyen Âge, la **mesure du temps** était essentielle, notamment pour l'organisation de la vie religieuse. La fin du XIII^e siècle vit l'apparition des horloges qui connurent un développement extraordinaire au XIV^e siècle où apparurent notamment les **horloges astrolabiques**. Ces dernières se définissent par leur programme qui ne se contente pas de fournir l'heure mais qui **reproduit le mouvement annuel du soleil et/ou celui de la lune**.

Le **mouvement de la lune** est montré par l'affichage de ses phases qui connaissent des variations infinies depuis la nouvelle lune jusqu'à la pleine lune tandis que le **mouvement du soleil** dans le zodiaque au cours d'une année est quant à lui indiqué par le mouvement d'une aiguille dans le cas d'un zodiaque fixe, ou par le mouvement du zodiaque lui-même. Il s'agit alors d'un transfert des caractéristiques propres de l'**astrolabe**, dont les horloges de ce type sont des mécanisations.

Ce transfert a pour conséquence que la projection stéréographique caractéristique de l'astrolabe ne concerne pas seulement la sphère céleste mobile mais aussi la sphère fixe de référence. D'où la projection de l'**horizon du lieu** avec la partie diurne quand le soleil est au-dessus de l'horizon et la partie nocturne quand il est au-dessous.



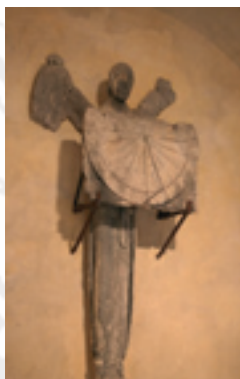
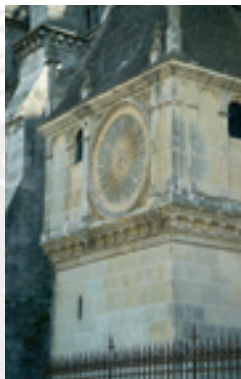
L'horloge astrolabique de Berne

Cette projection s'accompagne aussi généralement de la présence des lignes des **heures inégales**, vieille division en parties égales d'une part de la partie diurne de la journée, et d'autre part de sa partie nocturne. D'où une conséquence paradoxale qui veut que l'horlogerie astrolabique a contribué à assurer une certaine survie aux heures inégales alors que l'horlogerie était censée faire prévaloir les heures égales.

Outre le fait que ce type d'horloge aide à l'organisation des offices mais aussi à la détermination de la date de Pâques, et celle des éclipses, il trahit aussi un intérêt certain pour l'astrologie car la disposition du zodiaque par rapport à l'horizon et par conséquent des planètes qu'il héberge, permet de déterminer les horoscopes.

L'horloge astrolabique de Padoue





Ange du XIII^e siècle

L'heure à Chartres au Moyen Âge

L'Ange-méridien du **XIII^e siècle** autrefois sculpté à l'angle méridional du vieux-clocher semble le plus ancien témoin que la ville de Chartres possède destiné à marquer les heures, et à l'usage du public.

En **1258**, les Chartrains obtinrent que les chanoines soient tenus de faire établir et entretenir une horloge publique placée en un endroit éminent et qui put servir pour toute la ville. Il s'agit de la plus ancienne mention d'une horloge (sans doute hydraulique) à Chartres. Elle fut installée dans une des maisons situées juste devant le collatéral sud de la cathédrale.

En **1359**, un document atteste que la cathédrale possédait deux horloges qui ne devaient néanmoins pas sonner d'elles-mêmes : l'une à l'extérieur et l'autre à l'intérieur pour le service du culte. C'est la plus ancienne mention que nous ayons d'une horloge installée à l'intérieur de l'édifice. On peut supposer qu'elle remplissait l'office d'un réveil-matin.

En **1392**, il est question pour la première fois d'une horloge mécanique près du sanctuaire. C'est aussi en 1392 qu'a été forgée par l'horloger-serrurier Philippot Mauvoisin l'horloge mécanique abritée depuis **1519** dans le pavillon édifié par Jehan de Beauce.



Copie moderne à l'angle méridional
du vieux clocher

En **1407**, un acte capitulaire décrit dans la cathédrale, à un emplacement qui n'est pas précisément connu, une horloge indiquant, outre les heures, les signes du zodiaque. Le chapitre ordonne en effet que le cadran sur lequel se voit le zodiaque soit refait richement. Il pourrait s'agir de l'horloge que l'on conserve encore aujourd'hui, même si l'on ne peut en avoir aucune certitude et s'il reste même quelques incertitudes : les roues en fer épais, assemblées à la forge, évoquent d'autres dispositifs plus récents...

Si cette proposition d'attribution et de datation était exacte, ces éléments n'auraient été installés qu'ultérieurement dans la clôture actuelle. Une délibération capitulaire de **1527** nous apprend en effet que cette même année, deux escaliers étroits en vis sont construits au sud, dans la clôture, le second ouvre dans le déambulatoire par une porte flamboyante percée sous le cadran et mène au mécanisme de l'horloge. Cette dernière fut terminée vers 1528 et totalement intégrée dans son encadrement de pierre.

Description de l'horloge



De petits contreforts ornés de bas-reliefs et détachés de la muraille contribuaient à soutenir le **mécanisme** à ressort et fusée de l'horloge qui prenait place derrière le cadran, dans la petite pièce créée dans l'épaisseur de la clôture. Il était complété par un jeu de pignons et de roues dentées qui permettaient de transmettre la force motrice aux cadrans. À la voûte de la niche étaient suspendues des clochettes que le mécanisme faisait carillonner.

La complexité de ce mécanisme impliquait un entretien régulier. Cependant, il nécessitait de tels réglages que, dès le milieu du XVII^e siècle, il devint difficile de trouver un spécialiste pour en assurer l'entretien. Il fut donc de moins en moins courant avant d'être totalement abandonné ce que révèlent de nombreux récits contemporains.

Hormis quelques rouages, le mécanisme très vite inexploitable fut donc délaissé avant d'être en grande partie détruit en 1793 avec celui du réveille-matin : le bronze des clochettes de ce dernier fut transformé en canons, et le fer du mouvement de l'horloge employé à forger des piques.

Le cadran indique :

- les vingt-quatre heures du jour
- le jour lunaire et les phases de la lune
- les signes du zodiaque peints sur un disque indiquant la marche du soleil dans l'écliptique
- la hauteur du soleil au cours de l'année
- les heures des lever et coucher du soleil





Mesurant 105 cm, le **cadran** est constitué de **quatre plaques** indépendantes en alliage cuivreux assemblées sur un axe central :

1- le **cadran horaire** est fixe et timbré des vingt-quatre heures de la journée divisées en deux fois douze heures, séparées par des feuilles de trèfles marquant les demie-heures. Une croix en fer forgée fixée sur la bande des heures servait de support à l'axe d'une aiguille qui faisait le tour de cette dernière en 24 h indiquant ainsi l'heure équinoxiale locale.

2- le **cadran lunaire**, en tôle en alliage cuivreux de couleur or en bronze ou laiton, est orné d'étoiles or sur fond bleu azur. Mobile, il fait un tour en une journée lunaire.

3- le cadran lunaire est percé d'un orifice permettant de faire défiler le cercle en alliage cuivreux de couleur or en bronze ou laiton, des différentes **phases de la lune** dans le ciel de Chartres en fonction de son occlusion plus ou moins complète.

4- le **cadran zodiacal**, en tôle en alliage cuivreux de couleur or en bronze ou laiton, est orné des noms et figurations des douze signes du zodiaque (représentant les mois) et des trente degrés de chacun d'eux. Il se mouvait d'un degré environ chaque jour et pour savoir dans quel signe était le soleil, il suffisait de voir quel était celui qui passait sous la grande aiguille de l'astre.

La ligne en arc de cercle qui est fixée au cadran horaire est **l'horizon du lieu** : elle est le seul élément appartenant au tympan de l'astrolabe qui soit représenté, à la différence de ce qui se passe parfois ailleurs, où il y a aussi la partie nocturne du tympan et les heures inégales.

Dans l'unique **aiguille des heures** qui indique l'heure équinoxiale, réalisée en alliage ferreux, un petit soleil se déplaçait dans une longue fente, appelée boutonnière, indiquant la hauteur de l'astre par rapport à l'horizon en fonction des périodes de l'année et plus précisément par rapport au cercle excentrique (écliptique) fixé sur le cadran zodiacal.

La représentation actuelle du soleil, fixé désormais à la pointe de l'aiguille, est donc sans doute le fait d'une restauration soit maladroite, soit renonçant à la lecture de certaines informations.

L'horloge de Chartres était **remise à l'heure** chaque midi à l'aide des cadrans solaires et, en particulier à partir de la fin du XVI^e siècle avec la réforme du calendrier promulguée par le pape Grégoire XIII, à l'aide des méridiennes extérieure et intérieure (calculée et installée en 1701, il ne subsiste de celle du chanoine Claude Estienne que l'indication de midi au 21 juin).

Techniques de fabrication

Au Moyen Âge, armuriers et forgerons réalisaient les horloges à l'aide de la forge, du compas et de la lime. Parmi les **éléments métalliques** de l'horloge de Chartres, ceux réalisés en fer semblent avoir été forgés. Les éléments en alliage de cuivre semblent quant à eux avoir été mis en forme par planage et découpe.

On trouve sur les surfaces métalliques de nombreuses traces de fabrication en gravure, comme les lignes de tracés ainsi que des lignes de symétrie servant à placer les éléments ou à marquer le futur décor comme au niveau du cadran extérieur. Les dents de trois des roues ont ainsi des lignes de traçage marquées par de petits points.

La plupart des éléments ont été assemblés soit par rivetage, soit par soudure. L'ensemble des cadrans et aiguilles sont fixés entre eux par des tenons.

La **technique picturale**, domaine du peintre, est à base d'huile ou émulsion (colle et huile) sur métal.

La peinture est appliquée au pinceau en couches fines ou épaisses.

Une partie du fond est dorée à la mixtion et l'ensemble est non verni.

C^omparaison

De toutes les horloges astronomiques conservées, seules celles de Chartres et de Bourges sont réellement comparables.

On ne sait qui réalisa l'horloge astrolabique de Chartres mais ce qui est certain c'est qu'il était courant à la fin du Moyen Âge de faire appel à un scientifique pour la mise en place d'une horloge, en particulier quand elle était astronomique. On peut donc supposer qu'il s'agirait d'un grand mathématicien astronome comme ce fut le cas à Bourges.

Horloge de Bourges

Historique

L'horloge astrolabique de Bourges est, de façon tout à fait exceptionnelle, très bien **documentée** par un compte du chapitre conservé aux archives départementales du Cher qui fournit sa date de commande par le chapitre, en 1424, et son auteur, Jean Fusoris, professionnel de réputation internationale de l'instrumentation astronomique, ainsi que par divers dessins et notes techniques figurant dans le manuscrit d'un élève de Fusoris, Henri Arnault de Zwolle. Le zodiaque a été peint par le peintre Jean d'Orléans.

À la fin du XIX^e siècle, les autorités de la cathédrale, lassées par son entretien, la mirent au rebut et installèrent à sa place, dans la tourelle en bois polychrome qui l'abrite depuis l'origine, un mécanisme neuf. Séparé des parties mobiles du cadran, le mécanisme ancien a cependant survécu.



Horloge astrolabique de Bourges
(cadrans restaurés)

Bref descriptif

Le cadran horaire est divisé en 2 x 12 heures. Les chiffres sont tournés d'1/48^e de tour en arrière. Ainsi les deux XII ne sont pas sur le même axe vertical. Le cadran est fixe. L'aiguille qui en fait le tour en 24 heures indique l'heure équinoxiale locale.

Le cadran lunaire est divisé en 29,5 parties. Il est mobile et fait un tour en une journée lunaire. L'aiguille le parcourt en un mois synodique soit en 29,5 jours. Une ouverture circulaire laisse apercevoir un cadran noir recouvert d'une plaque blanche percée de deux ouvertures circulaires diamétralement opposée et faisant une rotation en 29,5 jours.

Parmi les différences avec l'horloge de Chartres on note la représentation de la partie nocturne du tympan ou encore celle des heures inégales.

Restauration

Après la restauration, en 1988, de la polychromie de la tourelle endommagée par un incendie en 1986, il a été décidé, en 1994, de procéder au nettoyage et à la présentation avantageuse du mécanisme original qu'il ne pouvait être question de remettre en marche, notamment en raison de sa fragilité : le mécanisme est entièrement en fer mais réalisé avec des tôles relativement minces (4 à 5 mm). Néanmoins, dans le cadre d'un mécénat technologique, il a été décidé la construction à l'identique d'une horloge neuve en mesure de fonctionner.

Les cadrans mobiles ont réintégré le mécanisme d'origine présenté désormais dans une vitrine sécurisée, tandis que le nouveau mécanisme, installé dans la tourelle en bois a été doté de copies des cadrans.

Du XIV^e au XVII^e siècle les horloges astrolabiques furent très nombreuses, notamment au nord de la Loire et à l'est du Rhin. Une grosse vingtaine d'horloges publiques astrolabiques subsistent encore aujourd'hui mais la perte est impossible à évaluer tandis que les restaurations rendent l'étude des mécanismes originaux très difficile d'autant que les sources font défaut. En France, il subsiste six horloges à cadran astrolabique : Chartres (1407 ?), Bourges (1424), Saint-Omer (1558), Strasbourg (1574), Lyon (1598), Strasbourg (1842).

Mécanisme d'origine de l'horloge de Bourges



Jean Fusoris (vers 1365-1436)

Une riche documentation est conservée sur ce personnage grâce au procès en haute trahison qu'il eut à subir en 1415. Docteur en médecine, chanoine de Reims et de Paris, il fut l'un des plus grands esprits scientifiques de son temps et fournissait, avec son atelier parisien, aux cours pontificaux de France, d'Angleterre, de Bourgogne, ou encore d'Aragon, des astrolabes, sphères armillaires ou encore des horloges complexes. On lui attribue notamment des dessins et des descriptions d'une horloge à ressort de traction qui par certains détails ressemble à ce que l'on appelle l'horloge de Bourgogne.

Les notes de Fusoris ont été partiellement transmises à l'un de ses élèves, lui aussi astronome, astrologue et médecin : Henri Arnaut, originaire de Zwolle en Hollande, habitant Dijon.

La restauration de la travée sculptée

À l'issue d'un appel d'offre lancé en 2008, c'est à l'entreprise Lithos qu'a été confiée la restauration de la travée de l'horloge.

Constat d'état préalable

La travée souffrait d'un **fort encrassement** des parois et des ornements en calcaire fin dû à la poussière mais aussi à la fumée des cierges. Cet encrassement était en particulier évident en partie basse où la couche noire était plus présente et où elle apparaissait sous la forme d'une patine d'aspect luisant, polie par le toucher des visiteurs.

Outre la **disparition** de plusieurs statues, de multiples **lacunes, éclats et épaufrures** de sculptures étaient également visibles.

Quelques éléments sculptés étaient par ailleurs **érodés**, sous l'effet d'une érosion naturelle mais aussi d'une érosion mécanique due au toucher des visiteurs.

La travée avait aussi fait l'objet de plusieurs **anciennes restaurations**. Divers mortiers de chaux, plâtre ou ciment, avaient ainsi été appliqués soit pour consolider et combler une ancienne fissure, soit pour maintenir en place un goujon défaillant. Les différences de vieillissement, de solidité et de dilatation de ces matériaux avaient dû aggraver les problèmes d'altération de la pierre et du métal.



Mais la travée souffrait surtout d'importants **problèmes de structure**, qui était fragilisée par des fissurations nombreuses et parfois importantes dues aux mouvements statiques de l'architecture. Les désordres consistaient essentiellement en un déplacement horizontal et perpendiculaire à la travée d'environ deux centimètres des éléments formant la statuaire à dextre. Ce déplacement était dû en grande partie à la faible épaisseur de la sculpture. Ces mouvements ont également provoqué des désordres sur le pied-droit sculpté, avec la formation de fissures menaçant l'équilibre global de l'ensemble. Par ailleurs, la base du cadran reposait sur une platine en fer plat ancrée dans la maçonnerie. Cet élément formant claveau était fracturé en son axe en raison des mouvements statiques mais aussi de l'oxydation importante de cette barre métallique.



Intervention sur la structure et la sculpture

Après descellement soigneux de la roue dentée, l'intervention a débuté par la dépose du cadran en coopération avec le restaurateur du mécanisme.

Les restaurations les plus lourdes ont ensuite concerné le **cadran** sculpté de l'horloge. Plusieurs interventions au ciment et au plâtre avaient déjà tenté de consolider cette partie ornée contribuant à noyer des goujons de fer ainsi que les scellements de la roue dentée du mécanisme.

Pour parer aux problèmes de statique, on a remplacé la **platine** inférieure par un bloc de pierre large et profond jouant le rôle de contrepoids en étant fixé sur la face arrière du clavier central bas. Le démontage de ce dernier s'est donc imposé et le ragréage ancien couvrant le joint d'appareillage de droite a été conservé car il était de belle facture et présentait un intérêt historique sans avoir d'impact sur le rôle statique du clavier.



Pour stopper l'avancée des désordres statiques, il était nécessaire de lier la statuaire au corps de maçonnerie situé en arrière pour augmenter la queue de ces éléments et éviter les porte-à-faux constatés. Pour ce faire, des goujons de grande longueur en fibre de verre ont été mis en œuvre par le parement sculpté. Cependant, pour éviter de solidariser définitivement la **statuaire** à la maçonnerie, on a procédé à un collage partiel : en alternance, le joint vertical formant séparation entre la statuaire et la maçonnerie a été traité avec un mortier de chaux puis une zone d'injection de résine époxy au droit du passage des goujons en fibre de verre. Ce procédé autorise donc une éventuelle restauration ultérieure avec possibilité de démontage et de dissociation des éléments formant la statuaire. L'élément supérieur de la statuaire n'a pas subi le même traitement car il était important de lui laisser la possibilité de jouer son rôle statique de manière indépendante, seule une reprise des joints au mortier de chaux a été effectuée.

D'une façon générale, les fragments fragilisés ou détachés ont été recollés et les microfissurations ont été traitées à l'aide de mortier de chaux. Les joints en ciment gris ont été ponctuellement éliminés dans le cas de problèmes statiques ou de présence d'éléments métalliques altérés. Ils ont été remplacés par un mortier de chaux.

Ponctuellement, quelques éléments sculptés manquants ont été **reconstitués** à l'aide de mortier de chaux comme la modénature verticale du jambage à senestre de l'encadrement de la porte ou des éléments figuratifs de l'ange toujours à senestre (doigts et main partielle, socle avec drapé, bras partiel).

Nettoyage

L'usage du laser avec lequel des essais de nettoyage du tour de chœur avaient été réalisés quelques années auparavant n'a pas été retenu, notamment en raison du risque de découverte de polychromie. C'est ainsi la prudence qui a guidé les choix de nettoyage afin de préserver les traces archéologiques qui peuvent permettre une meilleure compréhension de l'ouvrage et de sa chronologie : méthodes douces de nettoyage et renoncement, du moins temporaire, à l'application d'une patine d'harmonisation chromatique.

Ainsi, la travée a-t-elle tout d'abord été **dépoussiérée** à l'aide de pincesaux et d'aspirateurs à faible puissance. Des **compresses** de cellulose imbibées d'une solution de bicarbonate d'ammonium en solution aqueuse ont ensuite été appliquées. Enfin, un brossage léger au pinceau a également été mis en œuvre ainsi qu'un micro-gommage très ponctuel.

Aucune présentation esthétique n'a été réalisée à l'exception de quelques patines à base de chaux grasse et de terres naturelles sur des ragréages en ciment notamment sur le piédestal des deux statuettes du couronnement.

Des analyses du LRMH (Laboratoire de recherches des monuments historiques) ont confirmé l'emploi de deux types de pierre pour cette travée : les parties basses et le pourtour de l'horloge sont en calcaire blanc et fin dit **craie de Vernon** tandis que les parties hautes sont en calcaire plus jaune dit **pierre de Saint-Leu**.



Les marchés de commandes conservés, pourtant généralement très précis, ne font jamais mention de polychromie et l'examen de l'œuvre semble jusqu'à aujourd'hui confirmer cette absence. Pourtant, lors du nettoyage de la travée, la présence de badigeons non homogènes a été observée. Il a donc été décidé de conserver l'intégralité des badigeons repérés afin de pouvoir les cartographier et autoriser des comparaisons lors du nettoyage à venir de l'ensemble des travées.

L'analyse de ces badigeons a permis l'identification d'un **premier badigeon blanc**, sans doute d'origine, à base de chaux recouvrant une zone bien délimitée en pierre de Saint-Leu (baldaquin et deux statues d'enfants en ronde-bosse dans la partie supérieure). Un **deuxième badigeon blanc** à la composition très proche recouvre les meneaux et fonds de fenestrages aveugles situés au rez-de-chaussée. Enfin, un **troisième badigeon ocre**, très mince, composé de sable fin et chaux aérienne, est appliqué sur la pierre sans couche de préparation.

L'emploi des premier et deuxième badigeons semble avoir eu pour visée l'**homogénéisation** esthétique de l'œuvre dont la lecture était en partie troublée par l'emploi de pierres de nature et de couleur différentes. En revanche, le troisième badigeon semble avoir été utilisé pour rehausser un élément sculpté comme l'aube et le livre de l'ecclésiastique alors que les carnations sont restées vierges. On a donc ici un très probable **jeu chromatique** que l'analyse du reste de la clôture de chœur viendra peut-être confirmer et préciser.



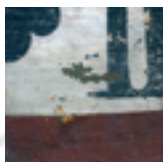
Une signature et une date

(« Nicola Iozeau fait le iour de Noël 1656 (...) ») ont également été repérées en partie haute, ce qui est un indice pour mieux connaître la chronologie de l'édification du tour de chœur et des interventions qu'il a subies.

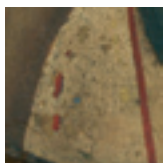
La restauration de la polychromie de l'horloge



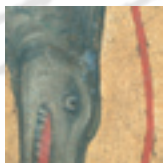
Avant restauration



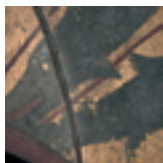
La restauration de la polychromie de l'horloge a été menée en 2006 par Géraldine Aubert, diplômée de l'Institut National du Patrimoine.



Le **constat d'état préalable** montrait un ensemble très sale et poussiéreux, la corrosion des éléments métalliques et des soulèvements ou lacunes de la couche picturale.



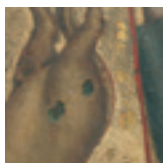
Parmi les éléments métalliques, les aiguilles en alliage ferreux semblaient plus corrodées que les plaques de cuivre des cadrans (produits de corrosion brun-rouge ou vert). Les roues dentées semblaient en revanche en bon état malgré une couche de corrosion superficielle.



La **restauration** a consisté tout d'abord en un dépoussiérage de l'ensemble de l'œuvre. La couche picturale a ensuite été décrassée, les écailles et soulèvements refixés et une couche de protection a été appliquée. Une retouche esthétique aux petits points ou par aplats selon les besoins a été faite pour améliorer la lisibilité des différents motifs.



Certains produits de corrosion pulvérulents et en amas, gênant la lisibilité de l'œuvre ont été enlevés et les surfaces protégées.



Traces de polychromie sous-jacente

Le mécanisme a été dépoussiéré avec aspiration puis brossé. Une couche épaisse de cire micro-cristalline a été passée sur la surface accessible. Le revers a donc été très peu traité.

Le grand apport de la restauration a été de révéler la **présence d'une polychromie sous-jacente** de très bonne qualité bien que lacunaire. La phase antérieure du décor actuel du **cadrans horaire**, qui correspond aux traits de gravure de la tôle et qui pourrait donc être le décor originel, atteste la présence de noir, doré, vert, blanc jaunâtre et rouge minium posés sur une couche d'apprêt de couleur blanc/gris. Sur le **cadrans zodiacal**, on observe la trace d'une dorure ancienne et la présence de polychromie bleue, rouge, verte... Les lettres actuelles laissent apparaître par transparence sous la couleur blanche du fond, les anciennes lettres. Sur le **cadrans des étoiles**, une polychromie sous-jacente de couleur bleue nuancée est détectable. Enfin, sur le **cadrans des phases de la lune**, deux phases de décors qui semblent identiques se sont succédées. Il est impossible de dire avec certitude si le décor actuellement visible a été réalisé à l'identique du précédent. On a toutefois des raisons de penser que cette réfection a dû se faire à l'identique car les réfections qui ont concerné le mode d'affichage des horloges anciennes ont généralement respecté sa présentation antérieure.

Les différentes strates de la polychromie n'ont pas été datées de façon précises. La polychromie actuelle date néanmoins très vraisemblablement de la mise en place de l'horloge dans la clôture du chœur dans la première moitié du XVI^e siècle.

La restitution d'un mécanisme



La restauration, restitution partielle et remise en fonctionnement du mécanisme de l'horloge, rendue possible grâce à la qualité de ses rouages a été confiée à l'entreprise S.A. Prêtre & fils. Cette intervention a compris plusieurs étapes depuis le démontage du cadran, le constat d'état des pièces manquantes, la réalisation de pièces prototypes avant choix et réalisations définitifs, le nettoyage des pièces existantes, enfin, la connexion au circuit électrique de la cathédrale pour la mise en mouvement du mécanisme après divers réglages.

Constat d'état préalable

Une première analyse de l'existant a permis d'identifier les différentes **pièces manquantes**, à savoir l'indication de la position du soleil, le guide du disque lunaire ; et plusieurs éléments du mécanisme, soit un pignon moteur, une roue qui faisait partie des rouages de la rotation du zodiaque, enfin, un pignon central fixe et un ensemble roue-pignon qui faisaient partie des rouages de la rotation du zodiaque et de la rotation du cycle lunaire.

Le constat a également révélé des **pièces tordues et endommagées** comme le disque de la lune, des **paliers usés** ou encore des **erreurs de remontage ancien**. La ligne d'horizon avait en effet été réparée et remontée à l'envers lors de la restauration de la polychromie.

Partis pris d'intervention pour la restitution des pièces manquantes

L'analyse de l'aiguille des heures existante a montré qu'elle formait une seule pièce avec le soleil présent à son extrémité. Un nouveau « repère » devait donc être réalisé pour représenter la **position du soleil** au dessus de la ligne d'horizon de Chartres. Le mode de guidage originel de ce repère étant inconnu, il a été proposé une solution qui permette de conserver les pièces existantes.

Sur le **disque lunaire** trois supports étaient présents sans que l'on puisse en connaître précisément l'utilité. On a supposé que ceux-ci permettaient de fixer des lests d'équilibrage. Un même constat a été fait sur la **grande roue** à l'opposé des rouages satellites.

Concernant le **mécanisme**, le nombre de dents de la couronne principale de Chartres était identique à celui de l'horloge de Bourges soit 288 dents. Par analogie, on a donc supposé que le **pignon moteur** entraînant était composé de 12 ailes. La couronne principale étant solidaire de l'aiguille des heures qui réalise un tour en une journée, pour un rapport de 12/288, la motorisation devait donc être de un tour par heure. Le diamètre primitif approximatif a été estimé à **37 mm**.

La **roue manquante du rouage zodiaque** servait à en changer le sens de rotation sans en changer le rapport. Elle était clavetée et son démontage permettait de régler aisément le cadran du zodiaque. Dans cette utilisation, la détermination du nombre de dents n'était donc pas cruciale et elle était fonction des pignons voisins. Le nombre de dents a été estimé à 25.

L'ensemble **pignon central fixe et roue/pignon manquants** était commun à la chaîne du rouage du zodiaque et du rouage du cadran de la lune. Les dimensions et nombre de dents étaient inconnus mais essentiels pour le fonctionnement de l'ensemble. Différents éléments ont permis de déterminer la dimension des pièces manquantes (connaissance de la position des axes, connaissance des cycles de rotation des cadrans de la lune et du zodiaque).

A la suite de divers calculs et essais, on a estimé que la rotation du disque du zodiaque, qui accomplit un tour de plus que la roue diurne sur une période d'une année, devrait s'approcher de la valeur de **365,2425** (l'horloge astronomique de Bourges donnait 365,2422) tandis que la rotation du disque de la lune qui accomplit un tour de moins que la roue diurne sur une période de 29,5306 devrait quant à elle s'approcher d'une rotation en **29,5306** (sens anti-horaire).

Ces calculs ont indiqué que le choix des dimensions des rouages manquants génèrerait soit une précision sur le cycle lunaire et une imprécision sur le cycle du zodiaque, soit l'inverse. Il a été décidé de privilégier une précision importante sur le cadran lunaire et la solution retenue a été la combinaison de pignons suivante : a : 15 dents, b : 47 dents, b' : 20 dents.



Réalisation de pièces prototypes, restitution des pièces manquantes, interventions

Une fois cette analyse réalisée, l'horloge a été remontée avec des pièces **prototypes**. Ceci a permis de valider les tailles et dimensions des engrenages après ajustements divers. Les difficultés principales étaient le redressement des pièces tordues ; la suppression des jeux trop importants ; la réalisation du soleil manquant ainsi que la réduction de son guide.

Pour la pièce de guidage du disque des phases de la lune, on a réalisé une copie en symétrique de la pièce encore présente.

Pour l'indicateur de la position du soleil, on a réalisé une pièce en tôle découpée et martelée peinte à l'or afin d'obtenir un élément peu épais et au poids négligeable pour ne pas amplifier l'usure avancée de la couronne du disque du zodiaque.

Afin d'équilibrer les différents composants de l'horloge, un ensemble de lests a également été réalisé et fixé sur les supports présents pour permettre de limiter les efforts dans les différents rouages.

Plusieurs butées et clavettes manquantes ont été refaites. L'ensemble des pièces a été **nettoyé et repris en forme** en prenant soin des peintures.

Concernant la **ligne d'horizon**, aucune modification n'était nécessaire pour son bon repositionnement. Seule la croix principale en façade devait être tournée de 180°.

Contrairement à l'horloge de Bourges, aucun indice ne montrait la présence passée d'une surface masquant le cadran en dessous de la ligne d'horizon. Il a donc été décidé de ne pas réaliser de **plaque de nuit**.

Remise en place et en fonctionnement du mécanisme

Le remontage et l'ajustement de l'ensemble a été l'étape technique la plus difficile de la restauration. Les **points clés** ont été : la diminution des jeux, associée à un bon équilibrage du mécanisme ; le redressage des pièces, en particulier, le disque de l'état de la lune ; l'ajustement du mécanisme de guidage au nouveau « soleil sur l'aiguille » ; la suppression de l'interférence entre le petit pignon Zg' et le disque de l'état de la lune. Cette dernière étape était la plus délicate. D'un point de vue théorique, le jeu entre ces deux pièces est très faible voire nul et les configurations d'interférences éventuelles sont multiples (croisement à chaque cycle lunaire). L'usure avancée de la plaque accolée au pignon Zg montrait que cette interférence était réelle et fréquente. Pour que le cadran soit de nouveau fonctionnel, il a été nécessaire de refaire cette petite plaque.

L'ensemble est désormais associé à une **horloge mère** et une **motorisation** récente afin de remplacer l'ancienne horloge mécanique qui est absente.

Le cadran était tenu à l'origine par quatre points de fixation et une barre verticale sur l'arrière des pignons. Les points de fixation ont été supprimés pour la restauration de la couronne de pierre. La barre verticale avait été coupée il y a plusieurs années, ce qui a certainement été la raison pour laquelle la couronne principale avait été noyée dans le béton.



Pièces prototypes pour essais



Nouveau mécanisme en place

L'installation du cadran a donc nécessité la réalisation de **nouveaux supports**. La première solution envisagée était de réutiliser les quatre points de fixation scellés et de se fixer uniquement dans la partie basse de la couronne en pierre. Mais cette solution n'a pas pu être réalisée à cause des choix techniques nécessaires à la restauration de la couronne. Une nouvelle structure complètement indépendante a donc été réalisée. L'ensemble a finalement été remonté le 15 septembre 2009.

Conclusion et perspectives

La restauration de la travée de l'horloge apparaît aujourd'hui comme une étape. En effet, elle a permis une lecture nouvelle de cet ouvrage sculpté d'exception et elle rend d'autant plus urgent le nettoyage des autres travées pour révéler toute la qualité de cette œuvre.

Il est ainsi envisagé de poursuivre dès que possible la restauration de l'ensemble du tour de chœur de la cathédrale Notre-Dame de Chartres afin de mettre en valeur ce morceau exceptionnel de sculpture. Cette mise en valeur sera d'autant plus impressionnante que la perception de l'écrin du monument sculpté sera elle aussi considérablement renouvelée par la restauration des peintures murales du déambulatoire prévue en 2011.



Haut chœur restauré

La restauration des peintures murales

La cathédrale de Chartres conserve de façon tout à fait exceptionnelle la quasi totalité de son décor peint du XIII^e siècle.

Dès 1989, Jurgen Michler avait signalé dans un article paru dans le *Bulletin Monumental* la présence, dissimulé sous des badigeons et couches de poussière et de suie épais, de ce décor constitué essentiellement d'un faux appareil dans les tons ocre et blanc. L'étude préalable de l'architecte en chef des monuments historiques Guy Nicot en 1994 l'avait confirmé. Grâce au soutien de crédits de la région Centre dans le cadre du CPER et de crédits européens FEDER, l'État a pu engager en 2009 la restauration de ces peintures murales.

Après la restauration du haut chœur, l'État poursuit sa programmation en 2010 avec la restauration du chœur de Victor Louis, du déambulatoire ainsi que des deux premières travées ouest de la nef.



Bibliographie sélective

Tour de chœur

Marcel BULTEAU, « Tour de chœur », dans *Monographie de la cathédrale de Chartres*, t. III, Chartres, 1892, p. 132-203.

Étienne HOUVET, *La cathédrale de Chartres : le tour du chœur de la cathédrale de Chartres : XVI^e- au XVIII^e siècle*, Chelles, s.d.

Françoise JOUANNEAUX, *Le tour du chœur de la cathédrale de Chartres*, col. Images du patrimoine n°204, Orléans, AREP-Centre/Société archéologique et historique de l'Orléanais, 2000.

Maurice JUSSELIN, « Introduction à l'étude du tour de chœur de la cathédrale de Chartres », dans *Mémoires de la SAEL (Société archéologiques d'Eure-et-Loir)*, t. XXI, Chartres, 1957-1961, p. 81-172.

Fernand de MELY, *Le Tour du chœur de la cathédrale de Chartres*, Chartres, 1891.

Jean VILLETTE, « Le pourtour du chœur », dans *Notre-Dame de Chartres*, Chartres, 1893, n°55, n°56.

ID., « Observations nouvelles sur la construction de la clôture du chœur de la cathédrale de Chartres et ses changements de parti », dans *Mémoires de la SAEL*, t. XXVIII, Chartres, SAEL, 1978-1981, p. 161-208.

Horloges astrolabiques

François Jules DOUBLET DE BOISTHIBAUT, « Notice sur l'horloge placée autrefois à droite de la clôture extérieure du chœur de la cathédrale de Chartres (côté du midi) », dans *Revue archéologique*, Paris : A. Leleux, 1852, p. 209-212.

LECOCQ (Ad.), « Notice historique et archéologique sur les horloges de l'église Notre-Dame de Chartres », dans *Mémoires de la société archéologique d'Eure-et-Loir*, tome IV, Chartres, 1867, p. 284-340.

Emmanuel POULLE, *Un constructeur d'instruments astronomiques au XV^e siècle*, Jean Fusoris, Paris, 1963.

ID., « Quelques reconstructions d'horloges astronomiques », séance du 21 juin de la Société nationale des antiquaires de France, Paris, 1995.

ID., « Pour une typologie de l'horlogerie astronomique médiévale », dans *CRAI (Comptes rendus de l'Académie des inscriptions et belles lettres)*, 1997, p. 635-662.

ID., « L'horloge astronomique de Bourges », dans *Bulletin de l'Association nationale des collectionneurs et amateurs d'horlogerie ancienne et d'art*, n°113, 2008, p. 21-32.

**Chartres
(Eure-et-Loir)
Cathédrale Notre-Dame**

**Propriétaire : Etat, Ministère de
la culture et de la
communication, DGP**

**Travaux réalisés : restauration
de la travée de l'horloge du tour
de chœur et restitution du
mécanisme de l'horloge,
ensemble classé au titre des
monuments historiques sur la
liste de 1862**

**Montant total de l'opération :
93 000 euros**

Dates du chantier : 2008-2009

**Maîtrise d'ouvrage : Ministère de
la culture et de la communication
(Direction régionale des affaires
culturelles du Centre) ; Jean-
Pierre Blin, conservateur
régional des monuments
historiques ; Irène Jourd'heuil,
conservateur des monuments
historiques**

**Maîtrise d'œuvre : Ministère de
la culture et de la
communication, CECH**

**Entreprises : Lithos France ; SA
Prêtre & Fils**

**rédaction de ce numéro :
Irène Jourd'heuil**

**Coordination éditoriale :
Sylvie Marchant**

Crédits photographiques :
- Géraldine Aubert
- CECH
- Irène Jourd'heuil
- Lithos France
- Sylvie Marchant
- SA Prêtre & Fils

**Remerciements pour leurs avis
techniques :**
**Patrice Calvel, Architecte en chef
des monuments historiques**
**Vincent Cochet : conservateur du
patrimoine**
**Emmanuel Poulle, Membre de
l'Institut**
**Marie-Anne Sire, Inspecteur
général des monuments
historiques**

**Conception graphique :
Plan Fixe**

Dépôt légal : ISSN en cours

**Brochure éditée à l'occasion de
l'inauguration de l'horloge de
Chartres restaurée (mai 2010).**

**Patrimoine restauré en région
Centre n°21 (mai 2010)
Publication de la Direction
régionale des affaires culturelles
du Centre.
Cette brochure ne peut être
vendue.**

**Pour retrouver les missions
de la CRMH sur Internet :
www.draccentre.culture.gouv.fr**

CHARTRES CATHÉDRALE HORLOGE ASTROLABIQUE



PATRIMOINE
Restauré
EN RÉGION CENTRE