

La restauration de l'amphithéâtre romain : un chantier exceptionnel au cœur de la ville d'Arles

Un chantier de grande envergure se déroule depuis le 6 janvier 2003 en Arles avec la restauration de l'amphithéâtre romain. Depuis l'étude préalable, jusqu'aux premiers travaux de restauration engagés cette année, il est le fruit d'une étroite collaboration entre tous ses acteurs, maîtrise d'ouvrage, maîtrise d'oeuvre, laboratoires et entreprises, et d'une somme de compétences complémentaires de haut niveau.

La DRAC Provence-Alpes-Côte-d'Azur, maître d'ouvrage de ce projet, a confié la maîtrise d'oeuvre à Alain-Charles Perrot, Architecte en Chef des Monuments historiques. L'objectif de ce dernier est de "cristalliser" le monument dans sa configuration actuelle, de garder les témoignages des restaurations passées et de stopper ou de ralentir l'altération des matériaux.

"Cristalliser l'édifice antique"

L'amphithéâtre fut édifié au I^{er} siècle de notre ère sur les pentes de la colline de l'Hauture qui constitue le point haut de la cité. De forme elliptique, son grand axe (long de 136 m) et son petit axe (long de 108 m) déterminent l'emplacement de quatre entrées monumentales. La façade est composée de deux niveaux de soixante arcades en plein cintre, construites en grand appareil. La cavea comportait à l'origine une trentaine de gradins et pouvait accueillir environ 20 000 personnes.

L'arène où se déroulaient les spectacles est également elliptique (grand axe de 69 m et petit axe de 40 m). Le niveau de sol visible actuellement correspond au niveau du sous-sol de l'amphithéâtre. Dans l'Antiquité, les spectacles avaient lieu sur un plancher situé environ deux mètres plus haut.

Des jeux furent peut-être donnés dans l'amphithéâtre jusqu'au VI^e siècle, mais dès le haut Moyen Age, le monument servit de carrière de pierres. Vers le IX^e siècle, l'amphithéâtre fut fortifié et quatre tours furent édifiées sur l'extrados des voûtes du premier étage (la tour sud a aujourd'hui disparu). Des constructions diverses (de nombreuses habitations, des églises, des ateliers d'artisans, des caves...) furent ensuite installées dans et autour du monument.

Depuis le milieu du XIX^e siècle, l'amphithéâtre a déjà fait l'objet de plusieurs campagnes de restauration :

- 1845 à 1853 : Ch.-A. Questel travaille sur la façade et la galerie extérieure ;
- 1853 à 1900, H. Revoil restaure la cavea et les maçonneries des circulations intérieures ;

- au XX^e siècle, J.-C. et J.-J. Formigé entreprennent de restituer une partie des dalles du promenoir ;
- dans les années 1980, l'Architecte en Chef J.-P. Dufoix restitue au-dessus de la travée d'axe ouest, une partie de l'entablement du premier étage.

Le projet architectural d'Alain-Charles Perrot, ayant pour idée directrice la conservation en l'état de l'édifice, concerne la couronne extérieure, la galerie antique avec la mise en place de nouvelles dalles et la réfection des gradins.

Etude préalable

La restauration d'un tel édifice passe nécessairement par la réalisation d'une étude préalable dans le but de définir les principes de restauration à suivre dans l'optique de la sauvegarde du monument. Cette étude menée sur une travée prototype entre juin 2001 et janvier 2002 a consisté d'une part à caractériser les matériaux en place et leurs pathologies, et d'autre part à effectuer un inventaire des solutions de restauration adaptées à ces matériaux.

L'étude préalable à la restauration s'articulait autour des trois principaux thèmes suivants :

- étude générale des matériaux en œuvre,
- nettoyage et traitement de la pierre,
- consolidation de l'édifice.

Cette étude préalable a donc pu définir, compte tenu des données et résultats obtenus, un cahier des charges précis dans le choix des techniques et des orientations de restauration à suivre pour la réfection de l'édifice : choix de la pierre de substitution, validation des mortiers de ragréage spécifiquement formulés, choix de la technique de nettoyage (hydro-gommage) et des paramètres d'utilisation (pression, type de poudre, granulométrie, distance de travail).

Chantier actuel "prototype" (travées 46 à 52)

L'étude préalable et les résultats obtenus servent de base dans le projet architectural de réfection de l'édifice et dans le CCTP concernant l'appel d'offre.

Le chantier actuellement en cours concerne sept travées (T 46 à 52) et sera pris comme chantier expérimental de référence dans la mesure où son objectif est de valider les techniques et orientations de restauration préconisées dans l'étude préalable.

Quatre lots ont été attribués dans le cadre de l'appel d'offre :

- lot n°1 : installations de chantier et entretien, confié à l'entreprise Siarep basée à Arles (13)
- lot n°2 : échafaudages et protection, confié à l'entreprise Comi-Service basée à Feyzin (69)

- lot n°3 : maçonnerie, pierre de taille, ragréages, nettoyage et confortation structurelle, confié au groupement d'entreprises : Vivian (13) mandataire, Mastran (13), Mariani (84), Bouvier (30)

- lot n°4 : métallerie et peinture, confiée à l'entreprise Amans basée à Arles (13).

Encore une fois, il est important de noter le caractère original et innovant de la démarche entreprise par Alain-Charles Perrot : étude préalable puis validation des résultats sur un chantier partiel et expérimental. Ce chantier, prévu pour une durée de dix mois, devrait se terminer en octobre 2003.

Le rôle du laboratoire

Le Laboratoire d'Etudes et de Recherches sur les Matériaux (LERM), installé en Arles, acteur majeur de l'étude préalable, a permis de répondre à de nombreuses interrogations et s'est intéressé particulièrement aux points suivants :

- caractérisation physique des pierres en oeuvre,
- recherche d'une pierre de remplacement (caractéristiques physiques et esthétiques) en collaboration avec le LRMH,
- caractérisation des mortiers anciens (composition et caractéristiques physiques)
- recherche bibliographique sur les mortiers anciens utilisés dans divers monuments arlésiens (travail de thèse d'Arnaud Coutelas),
- caractérisation des salissures et altérations affectant les pierres en oeuvre,
- en collaboration avec l'Atelier Bouvier, recherche de procédés de nettoyage et traitement (biocide, nettoyage, ragréage, rejointoiement, finition, dessalement) et mise au point de mortiers de ragréage,
- recherche de cavités dans les maçonneries par imagerie radar,
- mise au point d'un coulis d'injection, réalisation de plots test en collaboration avec l'entreprise Girard et auscultation radar après injection.

Les points forts de ce programme technique résident dans le choix d'une pierre de remplacement d'origine locale, dans l'assistance au restaurateur pour déterminer les meilleures techniques de nettoyage à prendre en compte et dans la mise au point de produits de ragréage (mortiers) spécifiquement étudiés et formulés selon les caractéristiques du support.

- Pour le "volet pierres", l'apport technique du laboratoire a permis de définir les caractéristiques pétrophysiques des pierres en oeuvre à l'aide d'une série d'essais (analyse pétrographique, vitesse du son, résistance, porosité, capillarité) réalisés sur des échantillons prélevés sur site. Ces résultats, accompagnés des conseils du LRMH et de la connaissance des gisements locaux (Association Pierres du Sud) ont orienté vers le choix d'une pierre de remplacement d'origine locale présentant des caractéristiques similaires d'un point de vue physique, minéralogique et esthétique : faciès ferme et coquillier provenant de la carrière de Fontvieille.

- Pour ce qui est de l'assistance préalable au restaurateur, l'apport technique et scientifique du laboratoire a permis de caractériser la nature des encroûtements ou salissures affectant les pierres en oeuvre. Les résultats obtenus montrent principalement la présence de produits de nature sulfatique en surface des pierres en oeuvre. Ces produits néoformés sont issus de la réaction chimique entre le matériau en place (pierre calcaire) et l'environnement (pollution urbaine ou atmosphérique riche en soufre) mais peuvent également correspondre à un dépôt de poussières ou de suies. L'ensemble de ces résultats a permis d'orienter le restaurateur vers un procédé de nettoyage de type hydrogommage plutôt que vers un processus de dessalement. Les paramètres de ce procédé ont également été validés par une série d'essais physiques, chimiques et minéralogiques : détermination de la nature de la poudre utilisée par diffraction des rayons X, vérification de sa courbe granulaire par analyse granulométrique laser, validation de la pression et de la distance de la buse par rapport au support par observations au microscope électronique à balayage (MEB) afin de vérifier l'état de surface du support, validation des essais par dosages des sels solubles (chlorures, sulfates et nitrates) avant et après nettoyage.

- Enfin, la mission du LERM avait également pour but à la fois de tester des produits prêts à l'emploi (dont un a d'ailleurs été retenu pour les ragréages de forte épaisseur) et de mettre au point des produits de ragréage susceptibles d'être appliqués afin d'une part de redonner une continuité des lignes et d'autre part de protéger les supports des ruissellements. Ces produits, spécifiquement formulés selon les caractéristiques physiques des pierres, présentent également la particularité de se décliner selon une palette de couleur afin de se rapprocher des caractéristiques du parement actuel (mosaïque de couleur, épidermes différents,...).

La forte implication locale se poursuit et se vérifie grâce à une mission supplémentaire confiée au LERM, à l'issue de l'étude préalable, consistant d'une part à conseiller la maîtrise d'ouvrage concernant la rédaction du cahier des charges du chantier et le choix technique des entreprises susceptibles d'être retenues, et d'autre part à apporter une assistance technique au maître d'oeuvre dans le cadre du suivi de travaux sur le chantier à venir.

La mission du LERM sur le chantier actuel de restauration (T 46 à 52) consiste à vérifier la bonne application des orientations retenues dans l'étude préalable et d'effectuer un suivi de travaux qui englobe les thèmes suivants :

- contrôle et suivi des essais de nettoyage,
- aide au restaurateur pour l'application des mortiers de ragréage,
- contrôle des pierres en carrière et sur chantier.

L'une des principales innovations de ce chantier, outre la mise au point de mortiers spécifiquement formulés pour les ragréages, est d'avoir pu mettre en place, grâce à la participation du carrier et des entreprises, une méthodologie de contrôle et de traçabilité des blocs de pierre extraits pour la restauration de l'édifice.

En effet; "les Carrières de Provence", propriétaire du gisement d'où est extraite la pierre de substitution préconisée lors de l'étude préalable, ont pris en compte, suite à une démarche commune, les exigences "normales" d'un chantier de restauration d'un tel édifice. Le carrier réserve préférentiellement les blocs de pierre dont le faciès a été défini et validé par l'Architecte en Chef. A l'issue de cette première sélection, le LERM intervient afin de réaliser une série de mesures et d'essais permettant d'affiner cette première sélection. Les investigations réalisées en carrière (directement sur le carreau) sont de nature non destructive : il s'agit d'un examen visuel accompagné d'une mesure de la dureté superficielle et d'une auscultation par réflectométrie radar.

Cette dernière technique peut être comparée à une "échographie", au sens médical du terme, dont la méthodologie est basée sur le principe émission-réception d'ondes électromagnétiques hautes fréquences dans le matériau. Les ondes électromagnétiques se propagent dans les matériaux et sont partiellement réfléchies par les discontinuités (interface entre deux matériaux, vides, nodules argileux;...). L'analyse des échos obtenus permet de visualiser et de localiser sur des coupes 2D la position des éventuelles anomalies présentes dans le matériau (ici le bloc de pierre).

Les résultats sont présentés sous forme graphique. Chaque bloc a été ausculté selon un profil de mesure horizontal implanté au centre de la face frontale. Les coupes correspondantes, figurées en transparence et en perspective, mettent en évidence les hétérogénéités détectées sous forme de taches colorées.

A l'issue, une cartographie des blocs auscultés est mise en place afin de confirmer la présélection des blocs ou d'écartier les matériaux présentant des hétérogénéités marquées. En outre, le marquage des blocs (référencement précis et rigoureux effectué sur le carreau) permet une traçabilité rigoureuse de ces blocs : suivi de l'échantillon lors de son passage en taillerie, lors de son débit selon les cotes prédéfinies et sur le chantier lors de la pose des pierres.

Poursuite du chantier

Le LERM est encore une fois impliqué dans une nouvelle mission sur l'amphithéâtre en tant que conseil à la maîtrise d'ouvrage pour la rédaction du cahier des charges du chantier et le choix technique des entreprises susceptibles d'être retenues.

Ce nouveau projet concerne la phase 2 du chantier, c'est-à-dire la restauration des travées 19 à 45 y compris une des tours carrées.

Que retenir de ce chantier phare ?

Les échanges entre les différents corps de métier ont été, depuis le début du projet, forts et constructifs. Dès l'étude préalable, les investigations techniques ont permis aux laboratoires et aux entreprises de se rapprocher et de tenir compte de leurs compétences respectives. Ainsi, sur le thème des pierres, des mortiers de ragréage et des coulis d'injection, les résultats de laboratoire ont pu tenir compte des impératifs incontournables du chantier. Le fossé entre la "science" et le terrain a ainsi pu être efficacement comblé.

L'implication locale et régionale a également été forte et importante pour le bon déroulement de ce projet. En effet, toutes les compétences évoquées plus haut ont été rassemblées et activées dans un périmètre restreint : l'implication du service patrimoine de la ville d'Arles et des institutions départementales et régionales, la présence d'un laboratoire spécialisé en Arles, le relevé photogrammétrique réalisé par une entreprise nouvellement arlésienne (Art Graphique et Patrimoine), l'intervention de nombreuses entreprises de la région (carriers, maçons et restaurateurs).

En termes de particularité et d'innovations techniques, retenons que ce chantier :

- a vu les résultats de laboratoire testés grandeur nature des l'étude préalable et validés par le déroulement du chantier actuel
- fait l'objet d'un suivi archéologique très précis et qu'il s'appuie sur les compétences techniques du laboratoire pour vérifier le respect des préconisations retenues
- a permis l'élaboration et la mise au point de produits spécialement adaptés à son cas propre : ragréages, coulis ,...
- bénéficié d'un contrôle très précis par des investigations géophysiques de pointe pour le choix des pierres de remplacement et que la traçabilité mise en place du gisement à la pose des blocs est sans doute un cas unique dans le genre.

Texte de François Martin et Gilles Martinet (LERM), avec la collaboration de Stéphanie Zugmeyer, architecte et archéologue, missionnée par la DRAC.