

## PROGRAMME D'ÉTUDES RELATIVES À L'ARC D'AUGUSTE: UNE STRATÉGIE POUR LA CONSERVATION PROGRAMMÉE

Lorenzo Appolonia, Simonetta Migliorini

Le problème de la dégradation de la pierre avec laquelle a été construit l'Arc honoraire d'Auguste et les aspects spécifiques par lesquels elle se manifeste, s'insère dans le cadre général des problématiques environnementales liées à la conservation des Biens culturels.

L'état de détérioration mérite une attention particulière non seulement à cause de son degré de gravité, mais aussi de l'étendue du phénomène. C'est pour cette raison que le laboratoire d'analyses scientifiques (L.A.S.) de la Direction de la recherche et des projets cofinancés a mis sur pied une étude ayant pour but de déterminer les causes de cette dégradation et ses paramètres, aussi bien physiques que chimiques, qui ont une influence sur la conservation même des matériaux.

Le but de l'étude suit l'expérimentation déjà commencée avec le projet SIINDA qui a eu comme sujet le Théâtre romain d'Aoste, en l'occurrence la mise au point d'instruments pour le monitoring des monuments à des fins de conservation. Dans sa globalité, le projet a pour but l'élaboration d'outils capables d'identifier les moments et les états critiques de la conservation d'un monument, afin de permettre d'établir et de cibler la meilleure stratégie d'entretien possible, avec une réduction évidente de l'impact direct qu'une intervention de restauration entraîne.



1. Capteurs sur l'Arc honoraire d'Auguste.  
(S. Migliorini)

L'interaction environnementale influe sur les phénomènes de dégradation au point qu'il est facile de comprendre quelle est l'orientation de l'Arc et son exposition à partir de la typologie de la dégradation présente. Pour donner un exemple, il suffit simplement de considérer que l'Arc expose trois de ses côtés à la radiation solaire directe mettant en évidence des flux thermiques très différents du côté exposé au Nord. Les cycles thermo-hygro-métriques journaliers qui interagissent avec les processus physiques, d'absorption et de rejet des gaz ou de gel/dégel, et chimiques, de cristallisation/dissolution d'espèces solubles, ont d'étroites relations avec les cycles thermiques liés à l'impact majeur ou mineur de la radiation solaire et avec l'apport contextuel fourni par les flux d'air ayant une incidence. Ces cycles doivent être attentivement examinés pour expliquer pourquoi la gravité du dommage est plus ou moins importante en certains points par rapport à d'autres.

Afin de mieux comprendre les complexités de ces phénomènes, ce qui permettrait de les déterminer et de repérer les zones les plus sujettes aux différents cycles de dégradation, outre l'observation directe sur le terrain et les analyses des produits de dégradation, il devient essentiel de préparer un programme de relèvement des conditions climatiques/environnementales capable de fournir les indications utiles à insérer dans le système d'évaluation préparé avec le projet SIINDA qui soit en mesure de fournir des estimations relatives à la répercussion des différents phénomènes sur la formation des diverses typologies de dégradation, activant ainsi ce cycle d'évaluation apte à permettre de faire des prévisions, à moyen et long terme, et établir une programmation ciblée de l'entretien.

La problématique de l'Arc revêt aussi un intérêt particulier pour la compréhension des mouvements des masses d'air, plus ou moins évidents, dus au simple flux de transport de l'eau du Torrent Buthier, qui peut varier en fonction des différentes portées, ou du trafic de véhicules autour du monument. Cette dernière phase est particulièrement intéressante également en prévision des variations qui intéresseront précisément la viabilité autour de l'Arc. La phase d'étude désormais commencée permettra de mieux comprendre l'apport du trafic surtout si elle s'associe à une phase d'absence de celui-ci prévue pour la fin du cycle d'acquisition.

L'ensemble des paramètres prévoit donc une étude spéciale des flux d'air à travers l'utilisation d'un système informatique pour l'analyse des phénomènes thermo-fluide dynamiques de l'Arc.

Au mois d'octobre, le L.A.S. a démarré le monitoring environnemental dont l'objectif est de relever les principaux paramètres ambiants de nature physique qui caractérisent le microclimat, tels que la température (T), l'humidité relative (UR%), l'humidité spécifique (US), la vitesse et la direction du vent et la radiation solaire, dont les variations et les fréquences donnent lieu à des modifications physiques et mécaniques, solubilisation, migration et recristallisation de sels outre la possibilité de



2. *Anémomètre sur l'Arc honoraire d'Auguste.*  
(S. Migliorini)

dépôts superficiels, développement de moisissures, bactéries et microorganismes en général.

La mise en place de capteurs sur les quatre côtés de l'Arc, à des hauteurs variées, permettra d'obtenir des informations sur les gradients verticaux et cardinaux. En outre, pour la détermination des flux internes à l'Arc, a été placé un anémomètre sonique qui relève la vitesse du vent en même temps dans les trois composantes cartésiennes unies à la température de l'air du flux lui-même. L'instrument utilisé est constitué de trois couples de transducteurs qui s'ouvrent le long des trois directions non parallèles entre elles, de sorte à obtenir les trois composantes cartésiennes dans le système de référence météorologique. Les impulsions transmises sont des ondes de fréquences comprises entre la bande sonore (de 20 à 20.000 Hz) et celle des ultrasons (supérieur à 20.000 Hz). La caractéristique principale consiste dans sa capacité à fournir des données à haute fréquence (de 1 à 100 Hz); cela permet d'avoir une description plus complète de la turbulence atmosphérique, en ayant une plus grande précision dans la définition des paramètres par rapport aux méthodes classiques avec les anémomètres à coupelles.

La récolte des données s'échelonne sur un an et demi de façon à avoir deux saisons superposables et augmenter ainsi les informations nécessaires au modèle mathématique. La quantité des données à analyser et à gérer sera sans doute très importante; il suffit de penser que les paramètres microclimatiques sont mémorisés toutes les 10 minutes comme moyenne des valeurs acquises dans les 10 minutes mêmes, tandis que l'anémomètre sonique fournit 20 données par seconde; tous les capteurs envoient les données par le biais d'un pont radio à un récepteur positionné sur l'Arc, celui-ci les transfère, à travers une fibre optique, à un ordinateur situé dans le siège le plus proche de l'Administration Régionale où, *via intranet*, elles sont visualisées en continu par le laboratoire.

La masse considérable de données qui seront recueillies et analysées contribuera, avec la connaissance des matériaux et des altérations et grâce à l'apport des modèles mathématiques, à la préparation d'une banque de données de base qui sera utilisée pour instruire des

systèmes neuraux d'évaluation. À partir de ces appareils, le projet prévoit la réalisation d'un système virtuel de connaissance des paramètres climatiques ambiants du monument, lequel complètera le programme de monitoring à l'aide de systèmes photographiques. Le système entier d'évaluation aura donc pour but de déterminer et de tenir en observation constante, et avec des coûts réduits, la formation des phénomènes de dégradation, rendant ainsi possible l'application du programme adopté pour les interventions de conservation au profit de l'exploitation du monument et de la conservation de la matière originale de sa structure.

#### Abstract

The intervention strategy defined by the Scientific Analysis Laboratory in order to preserve the historical heritage has found in monitoring techniques the instrument for a targeted management that meets both economical and conservative requirements. The intervention of studying the Augustus Arch follows the same procedure defined for the Roman Theatre and, currently, it is aimed at acquiring information about the relationship between monuments and environment, necessary to fill the information system processing environmental conditions in terms of preservation problems.