

Piero Pierotti

L'AFFAIRE DE LA « BUBBOLA » MEURTRIÈRE

Une des questions restées en suspens au cours de la dernière rencontre de Ravello, concernant en particulier des problèmes soulevés à la suite de la visite à Calitri, a été la définition de certains épisodes architecturaux et de certains procédés de construction par rapport à leur vulnérabilité sismique. Pour ma part, je m'interrogeais sur une question de fond : quelle pouvait être la vulnérabilité sismique de modèles architecturaux conçus dans des zones non sismiques (ou sans tenir compte du problème sismique), puis transférés dans des zones sismiques. Je pense pouvoir avancer une première réponse en me servant d'un objet que j'ai ramassé au château de Calitri : une « bubbola » ou « carusiello » (terme plus utilisé en Campanie). Il s'agit d'une boule de terre cuite avec un seul trou pour en permettre la cuisson, utilisée en général pour voûter les plafonds. Plusieurs personnes ont trouvé la mort sous la voûte d'une église de Calitri construite avec ces « bubbola », église qui s'est écroulée à la suite du tremblement de terre de 1980. La forme cylindrique de la « bubbola » de Calitri m'a laissé penser que ce matériau très particulier pouvait, sinon être responsable de l'écroulement, du moins en être à l'origine.

On doit l'emploi de matériaux en argile creux pour la construction de toitures résistantes, mais légères, à la tradition classique. Je crois que l'exemple le plus célèbre est la coupole du Panthéon. Le procédé en soi est



BUBBOLA DE
CALABRE



BUBBOLA DE
CAMPANIE

trop répandu et testé pour être contestable. Cependant, j'ai eu l'occasion de vérifier directement les capacités d'un tel procédé (ce qui n'est, bien sûr, pas très aisé).

En Calabre, plus exactement à Crotone, j'ai pu remarquer sur une voûte construite avec le même matériau, que les « bubbola » avaient non pas une forme cylindrique, mais étaient légèrement évasées et plus hautes que celles de Calitri. L'on peut donc s'interroger sur les raisons de l'utilisation de matériaux analogues mais d'une forme différente.

L'emploi de ces deux types de « bubbola » ne devait pas être fondamentalement différent. Les « bubbola » étaient placées sur les cintres en rangées parallèles, tout en étant décalées entre elles ; on remplissait les interstices qui se formaient à cause de la forme circulaire (cylindrique ou en forme de tronc de cône) avec des coulées de mortier liquide. Une fois le cintre ôté, la structure pouvait supporter des charges considérables et voûter des espaces très vastes. Le procédé ne diffère pas sensiblement de celui des anciennes voûtes en pierre. Par contre, le résultat allie une grande légèreté à une forte résistance.

En effet, dans ce cas, le mortier ne sert qu'à combler les espaces vides, tandis que la résistance à la compression (et donc à la charge) est assurée par l'ensemble des « bubbola » appuyées les unes sur les autres. Ceci signifie que la qualité du mortier et sa force de résistance aux agents externes n'ont qu'une importance relative pour le maintien de l'équilibre statique. Par contre, cela peut changer si la structure est l'objet de compressions (soit à cause de tassements lents, soit d'événements soudains, comme un tremblement de terre), selon que l'on utilise la « bubbola » en forme de cylindre ou de tronc de cône.

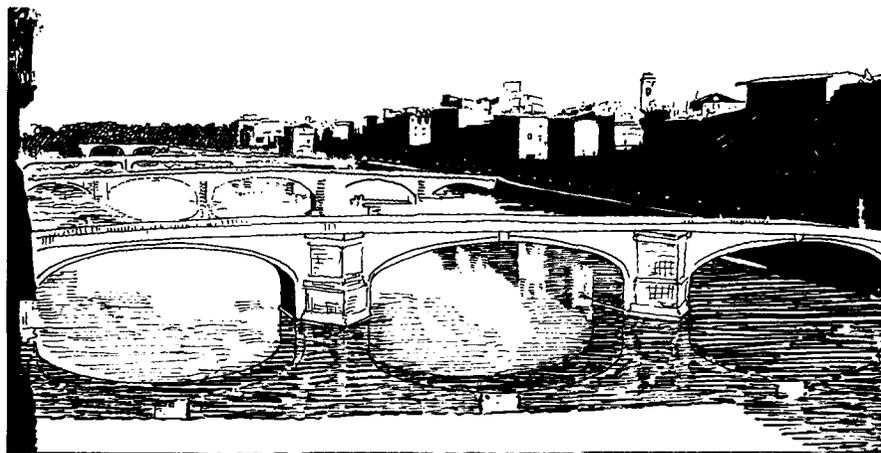
Le résultat diffère en premier lieu par la forme que l'on peut donner à la voûte. La « bubbola » calabraise a une forme qui rend pratiquement obligatoire la courbe de la voûte.

En effet, la forme en tronc de cône suggère l'arc en plein cintre ou à peine surbaissé. La section de la voûte est ainsi modelée par la « bubbola » elle-même.

En revanche, la « bubbola » cylindrique a une limite (géométrique) d'alignement sur la surface plate. Ceci veut dire qu'elle permet toutes sortes de courbures, en variant l'angle de convergence entre une « bubbola » et l'autre. C'est d'ailleurs un système qui a été largement testé sur d'autres typologies de bâti, en modelant les arcs avec les briques pleines disposées de champ. Dans ce cas, par contre, la qualité du mortier devient importante car

c'est elle qui détermine le jeu des épaisseurs qui maintiennent l'arc tendu. Si le mortier ne résiste pas à la compression et, pour une raison quelconque, se pulvérise, l'assiette statique de la structure est compromise. Il faut toutefois ajouter que certains modèles de voûtes, comme la voûte polycentrique, rendent pratiquement obligatoire l'emploi de la «bubbola» cylindrique.

Je m'arrête un instant sur le problème de l'arc ou de la voûte polycentrique pour citer comme exemple illustre, sinon comme prototype, le pont de Santa Trinità de Bartolomeo Ammannati à Florence (1567-70). L'on observe que l'arc polycentrique présente un double avantage. Par rapport à l'arc en plein cintre, il est moins élevé, à cause du plus grand rayon de courbure dans la partie centrale, et permet donc d'avoir une travée plus large sans être trop élevée, ce qui a son importance dans le cas d'un pont. En outre, par rapport à l'arc surbaissé, la poussée latérale est moindre, à cause du rayon de courbure très court adopté aux deux extrémités à la hauteur des



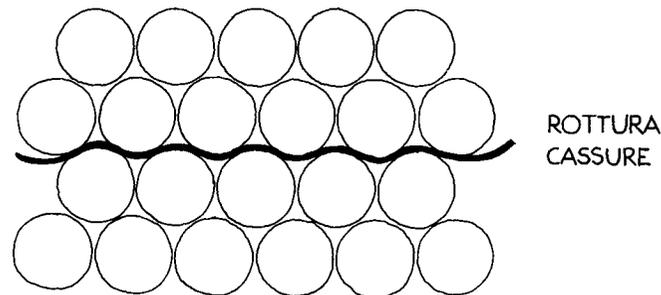
impostes, puisque la structure réagit comme un arc en plein cintre. Sur un pont, cette seconde caractéristique n'a pas grande importance, étant donné la forte contre-poussée qu'il reçoit sur les culées, mais en revanche, sur un édifice, elle en a beaucoup.

En effet, on trouve communément ce type d'arc en remplacement de l'arc à segment, en particulier à partir du XVII^e siècle, là où il fallait couvrir des passages sans rehausser les planchers (par ex. entrées d'ateliers d'artisans, portes cochères, etc.). À l'intérieur, la section polycentrique permet de réaliser des voûtes portantes sans perdre trop de hauteur de plafond. Elle est utilisée de préférence comme faux plafond car elle se prête parfaitement aux décorations.

Retournons donc à notre problème. Pour les raisons que j'ai brièvement exposées, l'arc à section polycentrique fit l'objet, notamment à cause de sa solidité, d'une grande diffusion durant au moins trois siècles. Toutefois, l'aire culturelle où il se développa ne nous porte pas à croire qu'il fut adopté expressément en fonction de considérations sismiques. Disons donc qu'il appartient à l'histoire générale de l'architecture, sans préciser davantage.

Dans les zones où l'emploi de la section polycentrique s'associe à l'utilisation traditionnelle d'un matériau comme le «carusiello», celle-ci permet de construire des voûtes portantes très légères et très résistantes à section fortement surbaissée. Toutefois, pour les raisons énoncées plus haut, elle rend inévitable le recours à la «bubbola» cylindrique de préférence à celle en tronc de cône. De ce fait, la courbure (variable) de la voûte dépend alors entièrement, non pas de la forme de la «bubbola», mais des épaisseurs de mortier entre un cylindre et l'autre.

Il existe naturellement plusieurs sortes de mortier, de même qu'il existe différentes façons de faire le gâchage et plusieurs types de «bubbola». Mais



l'on peut affirmer qu'en général, le plus résistant à la traction et à la compression est le mortier à base d'argile. D'autre part, aux endroits où les cylindres se touchent, le mortier est beaucoup moins épais, au point de devenir quasi inexistant, au moins dans la partie inférieure. Ceci provoque une sorte de ligne de rupture originelle qui suit les lignes de joints.

Cette cassure peut se manifester en cas d'écartement des murs porteurs, écartement qui peut être causé par un lent tassement de la maçonnerie ou encore (ce qui nous intéresse directement) par ce que l'on appelle « l'effet artichaut » en cas de tremblement de terre. Cet effet peut être encouragé par la présence d'une structure de poussée, comme une voûte.

Le mortier est un matériau friable. Au cours du glissement inévitable des poids vers le bas qui a lieu au moment où les murs s'écartent, les joints de mortier se décomposent et la structure est déséquilibrée. La contre-poussée qui peut se produire durant cet épisode accentue le phénomène d'effritement au lieu de l'empêcher.

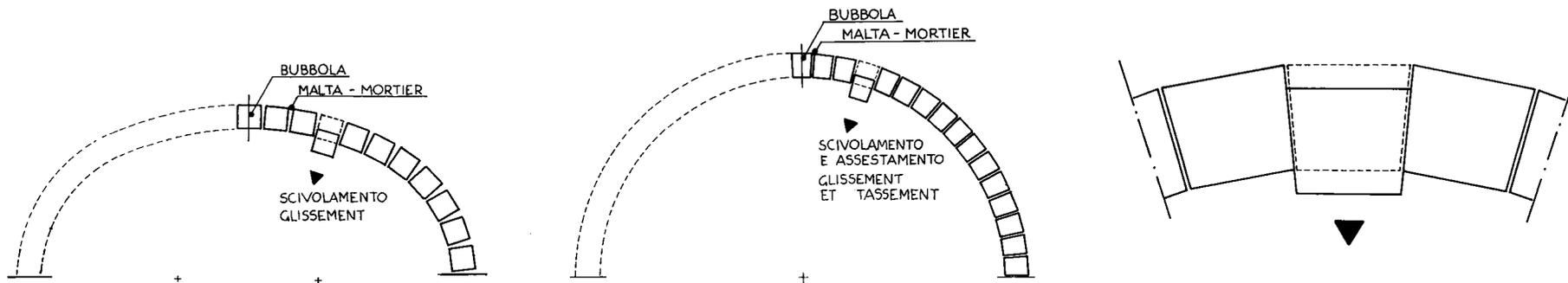
La « bubbola », je le répète, est plus résistante à la traction et à la compression, et elle ne s'effrite pas, à moins de se trouver dans des conditions extrêmes de cassure. Cependant, dans ce cas, la « bubbola » cylindrique a un comportement neutre, car l'équilibre statique de la voûte repose uniquement sur la disposition des couches de mortier. Par conséquent

elle ne s'oppose pas à un éventuel effondrement lorsque le mortier commence à s'effriter.

Il n'en va pas de même pour la « bubbola » en tronc de cône. On peut en effet imaginer qu'un glissement vers le bas peut, dans ce cas, se retasser à un autre niveau à cause de la résistance offerte par la « bubbola » qui réagit comme une cale, étant donné sa forme. En cas de tremblement de terre, il peut arriver qu'un nouveau tassement (même provisoire et très instable) sauve la structure de l'effondrement immédiat.

Je n'entends pas affirmer par là que l'effondrement de la voûte de la chapelle de Calitri dépendait forcément de la forme cylindrique des « carusielli » qui avaient servi à sa construction. Si quelqu'un avançait cette hypothèse, je serais probablement le premier à conseiller une certaine prudence. Je me suis servi de la comparaison entre les deux « bubbola » comme point de départ d'un raisonnement plus général qui peut nous inviter à effectuer une analyse systématique de la documentation historique que nous sommes en train d'examiner en la considérant sous une optique que j'expose ci-dessous.

La question qui avait été soulevée au cours de la rencontre précédente et qui était restée partiellement en suspens, était précisément le degré de vulnérabilité du bâti exposé au risque sismique. Je ne prends pas en



considération le cas des bâtiments isolés, mais le bâti dans son ensemble. En fin de compte, la question qui se pose est la suivante : par où doit commencer la protection lorsqu'il existe un risque majeur d'effondrement ? Ou encore, inversement : quel bâti offre de meilleures garanties de résistance au séisme et mérite donc de faire l'objet d'une conservation sans altérations ?

Nous pouvons prendre nos deux types de « bubbola » (de Calabre et d'Avellino) comme emblèmes de deux situations différentes. La « bubbola » cylindrique, d'après nos déductions, est le résultat d'une culture architecturale largement répandue mais qui n'a sûrement pas été dictée par des raisons sismiques. La « bubbola » en tronc de cône peut, en revanche, témoigner d'une culture consciente du risque sismique et qui, de ce fait, a conduit à préférer un matériau de construction déjà connu à des solutions plus neuves et plus fonctionnelles (la section polycentrique).

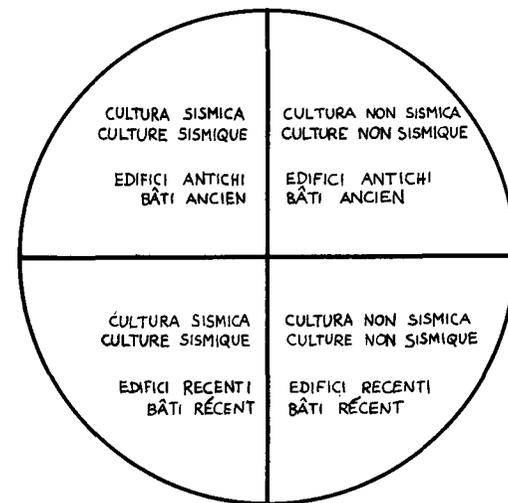
Nous pouvons donc parler (toujours schématiquement) de « culture sismique » pour la « bubbola » de Calabre et de « culture non sismique » pour celle d'Avellino. Cette distinction nous conduit à deux types de considérations que nous recouperons avec une autre distinction qui nous occupa au cours de notre dernière rencontre.

À l'époque, nous avons dit que le temps procède à une sorte de sélection naturelle, en particulier pour le bâti mineur. Là où le séisme est endémique (c'est-à-dire là où les populations s'habituent en quelque sorte à cohabiter avec les événements sismiques), il se produit un système d'action/réaction que l'on peut facilement observer notamment dans le bâti résidentiel, qui est l'objet de rénovations plus fréquentes que le bâti monumental. En fait, les différents modes de construction sont mis directement à l'épreuve par le tremblement de terre. Ceux qui ont prouvé leur résistance sont adoptés pour les nouvelles constructions, tandis que les autres disparaissent naturellement ou sont remplacés dans les anciens édifices par les procédés ayant résisté. Ainsi, le bâti ancien lui-même témoigne de sa capacité de résister aux séismes et donc d'une culture sismique.

Ce raisonnement peut être appliqué également au choix des sites. On préférerait ne pas reconstruire aux endroits où le tremblement de terre avait été particulièrement dévastateur, et l'on émigrerait ailleurs. Calitri en est un exemple, car la zone instable était demeurée non bâtie jusqu'à récemment. Le cas de S. Lorenzello et de Cerreto Sannita est encore plus significatif : le premier, endommagé mais habitable, et le second, à une distance de trois

kilomètres, entièrement détruit par le tremblement de terre de 1688. Il est par conséquent logique que l'un occupe encore le site d'implantation d'origine, tandis que l'autre fut transféré dans une zone théoriquement plus à l'abri de ces dangers. Du reste, les exemples de migrations de villages entiers ne manquent pas dans les régions exposées au risque sismique.

Bref, le bâti ancien témoigne de lui-même par le seul fait d'avoir résisté. Les formes, les procédés et les matériaux de construction, les sites où le bâti s'élève sont des éléments dignes de foi dans la recherche de la sécurité en matière de risque sismique. L'on peut ajouter que la sélection naturelle dont je parlais plus haut prend de la valeur précisément parce qu'elle n'est pas théorique et générale, mais spécifique et vérifiable. Elle se réfère à « tel bâtiment à tel endroit » et comble donc les lacunes que nous avons lorsque l'on discute de la différence de transmission de l'onde sismique à travers les terrains, en surface et en profondeur.



En recoupant les binômes « bâti ancien/bâti récent » et « culture sismique/culture non sismique », l'on obtient quatre sections qui fournissent une réponse aux deux questions que nous nous étions posées : où trouve-t-on le niveau le plus élevé de vulnérabilité ? Et vice-versa, où doit-on déployer

nos efforts de protection pour conserver le témoignage des connaissances antisismiques locales ?

Selon ce schéma, le bâti récent caractérisé par une culture non sismique présente le plus haut risque (et a donc le plus grand besoin d'une intervention de protection). En revanche, le bâti ancien appartenant à une culture sismique requiert la plus grande attention en matière de sauvegarde parce qu'il nous donne des enseignements précieux.

		CULTURE	
		SISMIQUE	NON SISMIQUE
EDIFICE	ANCIEN	CONNAISSANCES ANTI SISMQUES	
	RECENT		

		CULTURE	
		SISMIQUE	NON SISMIQUE
EDIFICE	ANCIEN		VULNÉRABILITÉ
	RECENT		

En supposant que ce schéma élémentaire ait un fond de vérité, il peut servir à énoncer les critères qui répondent à cette autre question : devant cette masse de problèmes, par lequel devons-nous commencer ?

Mais le schéma n'est pas suffisant. Il convient de préciser tout de suite - pour éviter de faire naître de dangereux enthousiasmes - que reconnaître et distinguer les valeurs servant à construire la validité du modèle présenté ici, n'est pas une tâche aisée au stade actuel de la recherche. Il manque notamment, et en particulier en Italie, une tradition archéologique qui opère sans buts fixés à l'avance.

Quand l'archéologie est surtout, sinon exclusivement, « classique », il

manque les études systématiques qui permettent d'analyser sur le même plan des bâtis différents, qui ont fait l'objet d'une attention différente et souvent disproportionnée. Il nous faut récupérer au moins deux siècles de recherches pour reporter les études du bâti courant au niveau de celles du bâti « d'art ».

Le bâti mineur constitue encore aujourd'hui la partie pauvre et délaissée des traités d'histoire de l'architecture. D'autre part, en l'absence d'une littérature importante en la matière et d'archives de sources descriptives, celui-ci ne peut être étudié qu'avec la méthode archéologique. Dans un pays comme l'Italie, où ce sont des « chercheurs de tombes » et non pas des archéologues qui effectuent la majorité des fouilles, on s'explique pourquoi la proposition d'incorporer tout le bâti mineur dans le domaine de la recherche archéologique paraît pour le moins utopique. Et pourtant, il semble inévitable de poursuivre dans cette direction si l'on veut obtenir des résultats rigoureux.

La recherche éco-historique est fondamentale car l'histoire des établissements humains, étudiée sur une longue période, sert à déterminer les terrains, les édifices, les typologies architecturales qui ont prouvé leur résistance au tremblement de terre dans une certaine région.

Mais lorsqu'il s'agit de commencer à étudier les raisons de ce phénomène, on ne peut se limiter à l'histoire générale du bâti, des modes de construction et des formes architecturales. Il faut aussi étudier les matériaux un à un, leur provenance, la destination des édifices, les transformations, et surtout les altérations que ceux-ci ont subies : tels sont les problèmes dont on peut attendre des résultats dignes de foi en utilisant une méthode archéologique appliquée à grande échelle tout en restant rigoureuse.

D'autre part, nous ne pouvons oublier que cette voie est obligatoire pour ceux qui s'occupent de risque sismique. On ne peut appliquer aux recherches que nous nous proposons de mener le choix de valeurs traditionnel en archéologie classique.

Si je peux me permettre de conclure mon exposé par une pointe d'humour, utile, je l'espère, pour convaincre certains de mes amis et collègues archéologues quelque peu réticents à élargir les frontières traditionnelles de leur discipline, j'ajouterai que lorsqu'un tremblement de terre frappe une région, il est peu probable qu'il suive les critères sélectifs de Johann Joachim Winckelmann.