



Les vases dits « acoustiques » dans les églises médiévales : un programme d'étude interdisciplinaire

Bénédicte PALAZZO-BERTHOLON, Chercheur, CESC, Poitiers
Jean-Christophe VALIERE, Enseignant-Chercheur, LEA, Poitiers, Poitiers Univ.

Introduction

Les édifices médiévaux conservent parfois dans leurs maçonneries, des vases de terre (le plus souvent) qui ont suscité l'intérêt des archéologues et des acousticiens dès le XIX^{ème} siècle. Ces poteries sont insérées dans la maçonnerie et seul le col ouvert affleure, entièrement ou partiellement, à la surface de l'enduit. La présence de ces poteries dans les murs et voûtes des églises reste encore aujourd'hui largement inexplicée. Malgré une littérature importante et des études techniques, aucune explication convaincante n'a vu le jour laissant place encore à de nombreuses interprétations alternatives malheureusement sans plus de fondements.

Une des difficultés de cette approche est qu'elle nécessite la contribution d'au moins deux disciplines, et qu'il a fallu rapidement étendre davantage, comme nous le verrons par la suite. Or, contrairement à une idée reçue, dès l'origine de la collaboration entre l'archéologue et l'acousticien sur ce sujet en tout cas, il nous est très vite apparu que ce n'est pas la simple adjonction de connaissances de chaque discipline qui nous permettrait de comprendre ce que l'on bien appeler maintenant un «mystère». En effet, une coordination d'efforts intellectuels nécessitant de comprendre les fondements et les méthodes de l'autre discipline s'est avérée indispensable, ainsi que de pouvoir appréhender les lacunes et les faiblesses de la discipline partenaire. En d'autre mot, l'archéologue recherche auprès de l'acousticien une preuve physique, par des mesures ou des modélisations d'un effet supposé, en admettant difficilement que la preuve soit si difficile à apporter. L'acousticien pense, quant à lui, que les textes anciens ou les connaissances des archéologues l'aideront à rechercher la voie d'exploration physique. L'acoustique étant une discipline des sciences de l'ingénieur, elle favorise des approches utilitaristes fort de nos connaissances actuelles, finalement très récentes à l'échelle de l'histoire (XVIII^{ème} et surtout XIX^{ème} siècles) et probablement étrangère, ou en tout cas formulé autrement, à des époques postérieures. La quête d'une terminologie adaptée à nos connaissances actuelles est vaine, mais nous tentons de contourner cette difficulté inhérente au sujet.

L'approche que nous avons mise en place assez rapidement était de dégager des bases de certitudes quitte à sembler, en tout cas dans un premier temps, en recul par rapport aux études précédentes. L'idée était de répondre à quelques questions simples alors que le problème était souvent posé avec l'hypothèse implicite que ces vases avaient un rôle acoustique au sens où on l'entend en science pour l'ingénieur (correction sonore, amplification ...) et avec un rôle avéré pour une audience ou un public. Le paradoxe est que par manque de preuve, les hypothèses les plus fantaisistes apparaîtront comme nous le verrons dans une première partie d'analyse bibliographique. Or, jusqu'au XVII^{ème} la différence entre acoustique et musique n'est pas tangible. Le Père Marin Mersenne, considéré comme un des premiers acousticien de l'ère moderne et qui a fourni la première estimation correcte de la vitesse du son en champ libre est aussi et surtout l'auteur de l'« Harmonie Universelle » ouvrage qui recueille l'ensemble des données sur les instruments de musique de son époque et encore considérée comme la référence pour les luthiers et musiciens concernés par la musique ancienne. Il a fallu attendre le XVIII^{ème} siècle pour voir apparaître un début de modélisation mathématique de l'acoustique et une séparation de son champ traditionnel d'application qu'est la musique. Or, on ne trouve pratiquement plus de vase acoustique à partir du XVIII^{ème} partout où cette technique était implantée.

Une des premières questions dégagée par les études préliminaires a été de travailler sur l'intention des promoteurs de ces techniques (bâtisseurs, moines ...) d'œuvrer dans le domaine de l'acoustique et des applications afférentes : chant, musique, parole. Comme il sera montré en première partie, ceci ne peut se faire que par une recherche systématique sur les textes et leur analyse, replacés dans leur contexte. Il s'agira de montrer quelle base historiographique et sur quels fondements ces vases ou pots, sont généralement qualifiés d'acoustiques.

La deuxième question porte sur un recueil de preuve acoustique par mesure assez simple mais à une large échelle visant à montrer que, si intention il y a eu, des règles d'acoustique de base ont alors été adoptées de façon logique et cohérente, au moins de manière statistique.

Conformément à la démarche adoptée, chaque question est envisagée avec les deux points de vue, l'acousticien étant en particulier très vigilant sur le sens des mots utilisés dans les textes et leur probable signification, l'archéologue, et surtout l'archéomètre, critiquant (au sens large) chaque démarche expérimentale peu signifiante ou de résultats constitués à base d'un nombre trop faible de données, habitué qu'il est à éviter toute généralisation trop rapide. Les premiers résultats présentés dans cette conférence montre qu'il était absolument nécessaire d'étendre notre démarche à un groupe élargi de disciplines, incluant des historiens, acousticiens des salles, musicologues, qui s'est mis en place grâce à une Action Incitative de L'Université de Poitiers. Les objectifs de ce groupement de chercheurs seront présentés en conclusion.

I Etude bibliographique

I. 1 La destination d'usage des poteries placées dans les murs et les voûtes

La principale source, à partir de laquelle on a interprété ces poteries comme élément « acoustique » est Antique, avec un passage de Vitruve sur les *échéa* (De Architectura, livre V). Leur fonction d'après la tradition, est de produire des échos. Ces vases (*échéa*) étaient destinés à faciliter la transmission de la voix des acteurs. Ils étaient placés dans des cellules pratiquées sous les degrés servant de sièges aux spectateurs en face de la scène, et disposés, isolés les uns des autres, dans une position inclinée, sur des coins formant trépied, de manière que tout son partant de la scène venait toujours frapper le fond de chaque vase et se trouvait puissamment répercuté. Ces vases étaient en airain, selon Vitruve ou bien en terre cuite.

Chez les grecs, selon Vitruve « *les différents sons qu'ils rendaient, étaient réglés selon les lois de la symphonie ou accord musical, répondant, dans leurs divisions exactes, à la quarte, à la quinte et à l'octave.* »

Le texte de Vitruve manque de précision, d'autant plus que nous ne disposons d'aucunes figures qui puissent illustrer le dispositif décrit. Par ailleurs, l'auteur lui-même précise qu'il n'y avait pas de vases dans les théâtres à Rome et l'on peut se demander s'il en avait vu ailleurs, dans les provinces de l'Empire.

Selon Henigfeld et Werlé (2002), « Les témoins archéologiques [de ces *échéa*] sont tous en céramique », avec un renvoi bibliographique (Emmanuel Poulle, 2000) concernant les dispositifs « acoustiques » antiques, dont la référence est à explorer.

Aussi, en assimilant les poteries trouvées dans les murs intérieurs des églises (et de quelques monuments civils) à des *échéa* antiques, l'interprétation devint rapidement l'objet d'une polémique entre scientifiques, archéologues et acousticiens confondus. Mais tout d'abord, depuis quand parle-t-on de vases acoustiques pour le Moyen Age ?

La primeur de la découverte semble remonter à 1842, date à laquelle un certain Huard, directeur du musée d'Arles, fait un rapport au sujet de l'église St-Blaise, contenant 15 vases disposés dans les murs de cet édifice, daté du XI^e siècle.

L'acoustique d'une église est conditionnée par de nombreux paramètres, parmi lesquels le volume, le mode de couverture (charpente ou voûte) ou le traitement des surfaces (enduit, en pierre de grand appareil, surfaces vitrées, tentures, boiseries,...). On peut naturellement s'interroger sur le rôle joué par des vases de terre ouverts sur l'espace intérieur de l'édifice. En réponse à cette question, diverses hypothèses ont été illustrées à travers la bibliographie.

Photo 1 : vue générale de poteries acoustiques implantées dans le mur nord de l'église des Cordeliers à Parthenay (79). Les vases apparaissent comme de petites taches noires circulaires sur l'enduit. On en décompte quatre sur le mur nord et deux sur le mur est, en bordure du remplage.



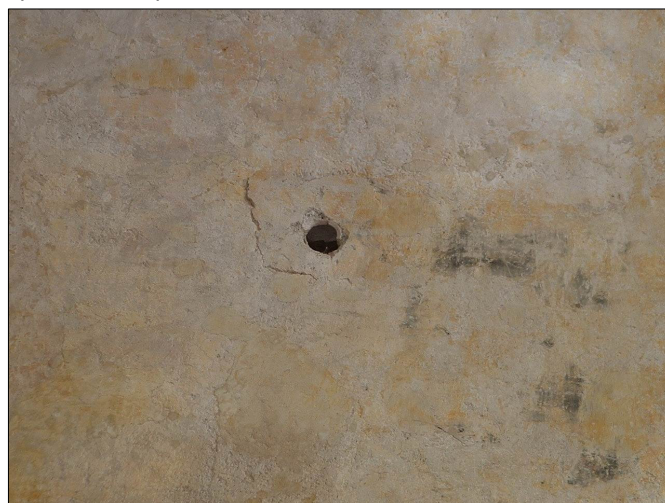
Tout d'abord, en 1904, Weber interprète les poteries dont l'orifice affleure des enduits des murs et des voûtes comme : « *des joints de dilatation destinée à réduire le risque de fendillement des enduits peints* ». Cette hypothèse nous paraît hasardeuse, dans la mesure où la surface enduite emploie d'autres systèmes mécaniques pour se prémunir de ce genre de risque, tels

que la charge (agrégat) ajoutée au liant dans la préparation de l'enduit et qui confère au mélange sa propre élasticité.

Photo 2 : vue de détail d'un pot acoustique sur le mur nord de l'église des Cordeliers (Parthenay). On remarque que l'enduit autour du col du vase a été repris, lors de l'insertion du pot dans la maçonnerie. Aussi, sa mise en place n'est-elle pas contemporaine de la construction de l'église mais bien postérieure.

Par ailleurs, Goll, en 1992, interprète ces poteries placées dans les maçonneries comme des « *niches à lampes à huile* » ou des « *caches à trésor* » (p. 222). L'interprétation est osée, dans la mesure où la majorité des vases placés dans les églises ne sont pas à hauteur d'homme, mais à plusieurs mètres de haut (que faire, par ailleurs, des vases placés dans les voûtes ?) et qu'aucune trace de suif n'a jamais été relevée au cours de nos tournées ou dans les descriptifs disponibles. Quant à l'idée des « caches à trésor », la visibilité aisée de ces dispositifs en ferait une cachette bien peu sûre...

Mais les pots pourraient également servir à « *réguler la température et/ou l'humidité des murs* » (1964), hypothèse rapportée par Floriot en 1964 et reprise par Fontaine en 1979. Pour ce qui concerne l'humidité et l'hypothèse des vases employés comme drain, il est peu plausible, dans la mesure où ceux-ci sont généralement placés dans le haut des murs, tandis que les problèmes d'humidité et de remontées capillaires concernent davantage les parties basses des élévations.



Rougé, quelque peu sarcastique, rapporte en 1910, que « *Les indigènes de Loches croient que ces vases ont été mis là pour faire pondre les pigeons. Quoique le Saint-Esprit soit très colombophile, on ne peut retenir cette hypothèse, n'est-ce pas vrai ?* ». Dans la mesure où les vases sont ouverts sur l'intérieur de l'espace liturgique, il est peu vraisemblable que l'on ait employé l'espace sacré des églises comme colombier.

Henigfeld et Werlé (2002) rapportent dans leur article, l'hypothèse des vases comme point de marquage foncier. Cette interprétation semble peu probable dans la mesure où l'église n'est qu'une seule propriété foncière indépendante. Dans le cas de l'architecture civile, elle peut être plausible, dans le cas où les pots sont peu nombreux et disposés en des endroits stratégiques, comme c'est le cas à Dissenhofen en Suisse (Kaspar et Raimann, 1987).

Enfin, dans l'église St-Jacques de Perpignan, datée de la 1^{ère} moitié du XVe siècle : « *182 récipients de grande dimension ont été retrouvés dans les maçonneries, mais les vases et les pots sont entassés sur les reins de voûte (extrados), afin de réaliser du volume sans les surcharger* ». Dans ce cas précis, comme dans d'autres églises de Catalogne, les poteries servent à absorber l'humidité et à alléger la construction, mais il ne s'agit pas de poteries tels que nous les comprenons, c'est-à-dire insérées dans les murs, mais placées en tas de charge sur les voûtes et cet exemple

illustre combien l'étude précise des sources est importantes, car les poteries peuvent en effet être employées pour de multiples usages dans un édifice...

En résumé, diverses hypothèses ont été avancées pour expliquer la présence de poteries dans les murs des églises : assainissement, allègement, joint de dilatation, nichoirs, ou niches, mais l'acceptation la plus fréquente est celle relative à l'acoustique. C'est en effet l'affiliation la plus souvent retenue, depuis son emploi par Huard en 1842 pour l'église Saint-Blaise d'Arles. Cette interprétation, admise depuis plus d'un siècle par la majorité des auteurs, est devenue l'hypothèse « par défaut » à propos des poteries placées dans les maçonneries. Ainsi, les vases joueraient un rôle dans l'acoustique de la salle qu'est l'église. Cette théorie repose sur le fait que les vases sont des résonateurs de Helmholtz, c'est-à-dire des systèmes oscillants acoustiques comme nous le verrons en seconde section. C'est d'ailleurs cette attribution qui est au centre du débat depuis 1842.

II. 2 Documentation sur les pots et leurs dispositifs

Du point de vue chronologique, la datation des églises qui contiennent ces dispositifs, est comprise entre le XI^e et le XVI^e siècle avec une extinction progressive aux deux siècles suivant, effectué à partir du regroupement de divers recensements (figure 1). Par ailleurs, on peut s'interroger sur le rapport possible entre le volume de l'édifice, le traitement de ses surfaces (sol, murs, plafond) et l'emplacement, comme le nombre des vases placés dans les murs. Parmi les exemples les plus cités dans la bibliographie, les églises de communautés monastiques (abbaye, monastère, couvent) paraissent majoritaires à première vue, mais un inventaire scrupuleux et systématique s'impose.

Nous disposons actuellement de trois inventaires d'églises conservant des dispositifs de pots. Le premier est dû à Floriot, qui proposa dans sa thèse une liste intéressante, car réalisée en 1964. Puis, Jean-Marc Fontaine réalisa également un inventaire dans le cadre de son mémoire soutenu en 1979 qui se distingue déjà partiellement de celui de Floriot. Enfin, un nouvel inventaire a été mis en place sur la base des travaux de deux étudiants Solenn Moreau (DEA – 2002¹) et Romain Rebeix (Master Recherche - 2005²), au cours de ces dernières années.

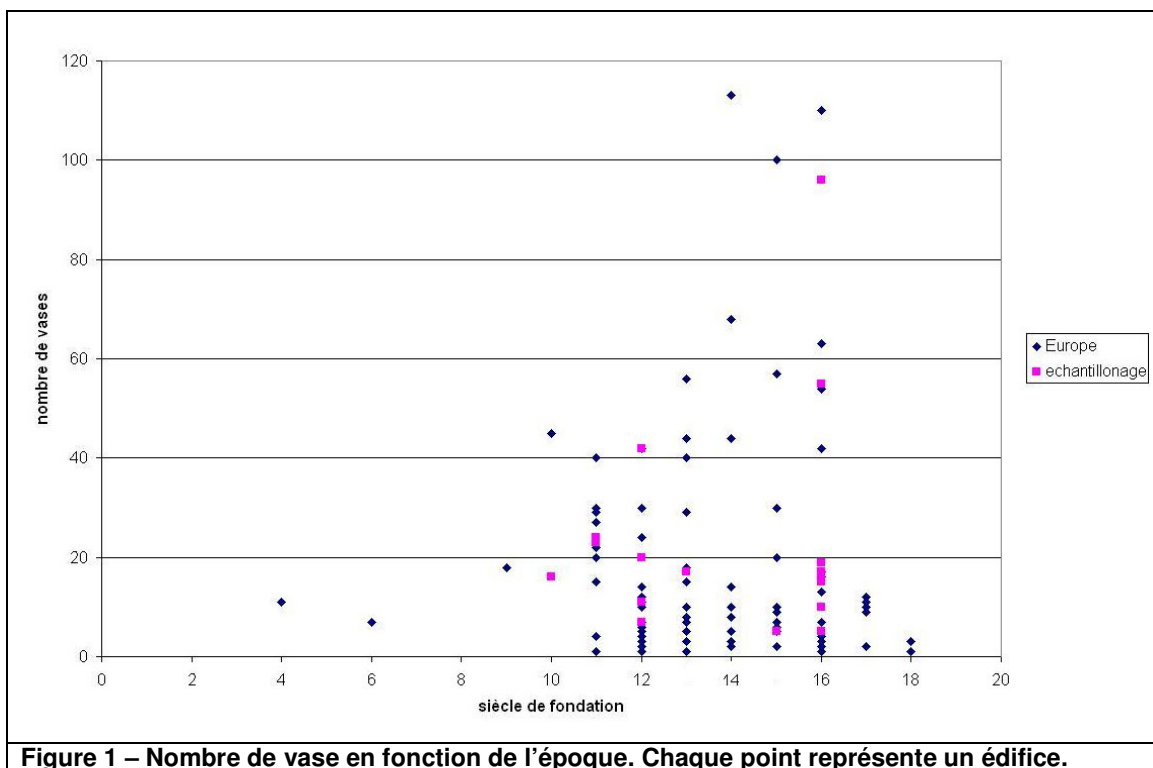
La question de l'inventaire est importante, si l'on considère le nombre important de dispositifs qui disparaissent chaque année en raison des travaux de restauration qui bouchent les orifices et occultent ou détruisent les vases sur les murs et les voûtes. En 1978 déjà, l'abbé Floriot se plaignait que : « à la Sainte-Chapelle de Riom (Massif Central), les ouvertures des 113 vases avaient été bouchés en 1971 ».

Ainsi nous avons commencé à élaborer un recensement systématique des vases acoustiques encore présents dans les édifices, afin de proposer un *corpus* rendant compte des conditions d'implantation et de conservation des poteries. Cet inventaire répond à la fois à un objectif archéologique visant à rassembler des informations sur ce dispositif, mais également acoustique, en recueillant des données métriques (taille des vases, diamètre du col, volume, etc.) qui pourront être traités statistiquement. Ce travail d'inventaire sous la forme d'une base de données (encore en cours d'élaboration) est réalisé à partir de sources diverses et de recensements déjà effectués, en reportant les descriptions comme le nombre de vase leur position, etc. L'analyse suivante provient à la fois des inventaires des différents auteurs et de nos propres investigations.

Tout d'abord, La localisation géographique des églises avec des pots a été actualisée par Solenn Moreau en 2003, sur la base des inventaires de Floriot et Fontaine. Elle illustre une répartition hétérogène sur le territoire, avec de nombreux cas dans l'Ouest, mais peu en Poitou-Charentes (territoire de départ de nos recherches). Le recensement est également fort dans la vallée du Rhône et la France n'est pas le seul pays qui conserve ce type de dispositif, mais de nombreux cas ont été identifiés dans la plupart des pays d'Europe. Ces remarques sur la disparité des dispositifs inventoriés dans les régions françaises ne sont pas obligatoirement représentatives de la réalité, mais probablement biaisées par différents facteurs, tels que l'hétérogénéité possible des enquêtes et des enquêteurs sur l'ensemble du territoire, la disparition progressive des exemples en lien avec les travaux de restauration et l'inexactitude de certains renseignements fournis.

¹ Solenn MOREAU : « Les vases acoustiques dans les églises romanes. Eléments d'analyse pour l'archéométrie ». Mémoire de DEA, LEA et Ecole Sup. d'Ingénieurs de Poitiers, 2002-2003.

² Romain REBEIX : « Les vases acoustiques au sein des églises médiévales ». Mémoire de Master 2, Matériaux du Patrimoine Culturel, Archéomatériaux, Université de Bordeaux 3, juin 2006.



Ensuite, La localisation des vases dans l'espace intérieur est variable d'un cas à l'autre et concerne les voûtes, comme les murs. Le plus souvent, les pots sont placés dans la partie orientale de l'église (le chœur et les premières travées de la nef), mais ils peuvent également se développer sur toute la longueur du vaisseau, dans les voûtes notamment. Ils peuvent être disposés en plusieurs endroits de l'édifice, séparés d'un mètre environ dans la plupart des cas et rarement à moins de 50 cm les uns des autres et toujours placés dans les parties hautes des élévations ou dans les voûtes. Dans la couverture, les vases sont le plus souvent dispersés, tandis que dans les élévations ils sont le plus souvent agencés en lignes ou en triangle. Par ailleurs, dans les petits édifices, les vases sont le plus souvent dispersés, tandis que dans les grands volumes, ils sont concentrés en des zones bien délimitées.

Le nombre de pots est également variable, depuis 4 à Jussy par exemple, jusqu'à 100 dans l'ancienne église du couvent des Dominicains de Strasbourg. Selon l'abbé Floriot, le nombre moyen serait de 25 pots, la figure 1 confirme d'ailleurs cet ordre de grandeur. Une grande majorité d'édifice ne possède qu'une ou deux dizaines de vases mais cette moyenne n'est pas pertinente car le nombre de vases croît avec le temps et la taille de l'église, comme nous le verrons plus tard dans l'analyse plus fine des édifices choisis. En outre, il n'est pas toujours facile d'estimer le nombre exact de vases, certains d'entre eux ayant pu disparaître lors de restaurations.

La disposition des vases présente une variété de motifs, tels que sur les grands murs, en lignes superposées (Chamalières-sur-Loire), en groupements triangulaires (St-Chef), ou bien en carré (Le Liget). Les pots peuvent être également alignés autour des baies et fenêtres (église des Dominicains de Strasbourg), ou bien le long des ogives, dans les voûtes (Riom). Selon Floriot, le rapport entre le nombre de vases et la taille de l'église est proportionnel, mais une évaluation systématique reste à faire, afin de répondre à cette question sur un nombre significatif d'exemples.

Les vases insérés dans les maçonneries présentent des formes et des tailles variées. Il peut s'agir d'amphores droites, de jarres pansues, d'urnes, de pégots ou de bouteilles à goulot rétréci, etc. Les plus petits vases n'excèdent pas un volume de 90 cm³, tandis que les plus grands dépassent les

100dm³. La moyenne des vases présente cependant une profondeur de 20 cm et une capacité de 2 ou 4 litres.

Leur forme varie selon la typologie régionale, mais ce sont des poteries domestiques, dont certaines portent la trace d'usages antérieurs, comme à Jussy, (Suisse), ou Saint-Martin d'Angers, où l'on a remployé des pots à sucre³.

L'observation de cette diversité de formes, associée à l'usage local et usuel des spécimens, semble montrer qu'il n'y a pas de type spécifique: on place généralement des pots utilisés en cuisine (à l'exception peut-être de St-Chef-en-Dauphiné⁴), mais l'on peut se demander quels sont alors les critères de choix pour ces poteries placées dans les murs ?

La taille moyenne des vases inventoriés par Floriot, puis Fontaine, est d'environ 25 cm, mais l'on dispose également d'exemples extrêmes, tels qu'à Villeneuve-les-Avignon (Chartreuse du Val de Bénédiction : 56 cm), à Sotteville-lez-Rouen (65 cm), Cap Martin (85 cm) ou Catane (Sicile) (1.10 m !). Ces grands vases, pouvaient être flanqués de dispositifs de réduction placés à l'embouchure du vase, tels qu'on en trouve à Bolzano (Italie), par exemple. Le vase placé dans la maçonnerie a été retourné et percé de 6 petits orifices à travers le fond (d'après Floriot). On conserve d'autres exemples de pots mis en place avec le fond affleurant l'enduit et percé de un ou plusieurs trous selon le cas, en Vendée et dans l'église de Quinçay (Poitou).

A Bjerresjo, en Scandinavie, Floriot rapporte qu'on a aménagé sur le col du vase, un couvercle en chêne avec ouverture trifoliée, tracée au compas. Un traitement semblable a été repéré à Svenborg (Danemark) également, où un bouchon quadrangulaire a été placé sur le col, afin d'en réduire l'ouverture.

La datation des vases repose sur différents paramètres, tels que la céramologie, l'étude archéologique du bâti qui conserve le dispositif, et peut-être prochainement la datation par thermoluminescence.

Dans certains cas, l'hypothèse d'une insertion des vases dès l'origine de la construction peut être défendue, comme à l'église abbatiale de Maguelone (près Montpellier), où les pots sont placés dans la maçonnerie de la voûte qui date de la construction romane de l'église. D'autres exemples peuvent être cités, comme l'église St-Blaise d'Arles (XIe s) où les premiers vases acoustiques ont été documentés par Huard, ou l'église St-Jean-de-Valerisclé, dans le Gard, datée du XIIe siècle.

II- Analyse critique de la bibliographie au regard des premières expériences

On dispose de deux types de publications présentant des églises où les poteries sont interprétées comme des « vases acoustiques ». Les premières sont de nature archéologique et les secondes de nature acoustique.

Ainsi, pour la partie archéologique, citons l'exemple de l'architecte Salomon, est chargé en 1749 de la reconstruction d'un édifice sur le bâtiment ruiné de l'église du couvent des Dominicains de Strasbourg. Il fait ce commentaire sur la localisation des poteries: «*En démolissant les murs du grand chœur du temple-Neuf (commencé en 1307, achevé en 1345), j'ai trouvé autour des ogives des fenêtres et noyés dans la maçonnerie des pots en terre cuite, l'orifice étant à fleur du mur vers l'intérieur. J'ai réussi à en sortir quelque uns intacts. Ces pots sont en terre grise... Il y a longtemps qu'on a dû renoncer à croire à l'efficacité de ces pots pour l'acoustique, car tous les orifices étaient bouchés et le crépis les recouvrait complètement. Autour de chaque ogive se trouvaient neuf pots,*

³ Nous remercions tout particulièrement Daniel Prigent pour nous avoir montré ces spécimens à Angers, dans le cadre de l'ACI, à laquelle il participe activement.

⁴ L'église abbatiale conserve 45 vases du genre « pégot », de facture très soignée et aux parois fines (3 mm) - donc fragiles - en désaccord avec un usage domestique : dans ce cas particulier, les vases ont certainement été façonnés dans une intention acoustique (selon Floriot). Les vases sont en place dans les murs de la nef, à proximité du chœur. Selon Floriot, ils sont placés au-dessus des stalles des religieux et l'étude de la céramique permet de les dater du XIIIe siècle. La mesure de fréquence des vases présente une fréquence échelonnée de 140 à 200 Hz.

l'un au sommet et quatre de chaque côté.(...) Apparemment que ces pots servoient à augmenter le ton des voix lorsque les Religieux chantoient au chœur ». » (Salomon, 1876, p. 227-228). Le nombre total des vases dans cette église, autour des fenêtres, est évalué à 99 (11 fenêtres avec un dispositif de 9 vases pour chacune d'elles) (source : Henigfeld et Werlé, 2002).

Les sources archéologiques font état de publications sur le sujet à partir du milieu du XIXe siècle. Nous avons dit précédemment que la première mention de « vase acoustique » dans une église médiévale revenait à Huard, pour l'église St-Blaise, mais à sa suite, plusieurs érudits tels que Didron (1862), Cochet (1862), Viollet-le-Duc (1854-1868), Staub (1876), Enlart (1929) et Reusch (1949) - pour n'en citer que quelques uns - se sont intéressés au sujet. Quelques articles paraissent, de manière plus sporadique depuis la deuxième moitié du XXe siècle, pour finir avec celui de Henigfeld et Werlé, paru en 2002 et dernier en date.

Les sources acoustiques, quant à elles, qui nous renseignent cependant tout autant sur l'architecture et l'archéologie, sont essentiellement composés des travaux de Floriot (1960) puis de Fontaine (1979), avec plus récemment l'article de Carvalho (1999) et les travaux de Desarnaulds (2002).

L'intérêt des érudits et des scientifiques de tous bords sur la question, a donné lieu à une véritable controverse, que la littérature illustre largement. L'étude de la bibliographie offre, en effet, un panorama intéressant des érudits qui se divisent dès le départ entre les sceptiques d'un côté et les partisans de l'autre, face à l'hypothèse acoustique avancée pour ces dispositifs de poteries dans les maçonneries des églises médiévales.

Voyons tout d'abord le camp des sceptiques, listé par Floriot en son temps et qui ne manque pas de saveur. Tout d'abord en 1865, Abel devant la société d'archéologie de la Moselle doute de l'efficacité de ces dispositifs, s'appuyant sur la chronique de Metz⁵.

Puis R. P. Bach (1865) compare les *échéa* grecs avec les poteries médiévales et affirme que leur usage ne peut dériver de l'Antique : « *il n'y a plus les 12 notes de la gamme chromatique des Grecs et donc il ne peut y avoir augmentation de la sonorité* ».

Au congrès de Montbrison en 1885, Roumejoux affirme que « *la forme et la proportion des voûtes ont une influence bien autrement décisive sur la sonorité* », argument repris un an plus tard par Helbig (1886).

En 1898, le chanoine Bourbon affirme dans le Courrier de Genève que « *On voulut charger les voûtes mêmes de l'église de répéter les suaves accents du chant sacré. A cette fin, on les a armées de pots de résonance qui eurent un temps un grand succès. Cependant, les principes de l'acoustique ne se sont pas pliés à cette ingénieuse invention. L'expérience n'a pas tardé à prouver que ces pots de résonance étaient des meubles inutiles.* » (Desarnaulds, 2002)

Mgr Besson déclare quant à lui, que « *les églises du Moyen Age étaient parfaites et n'avaient pas besoin d'être corrigées alors que les édifices de la renaissance, sont le « tombeau des prédicateurs » et que l'on a rien tenté par rapport aux poteries* ». Ce qui d'ailleurs discutable, car certains vases datent des XVe, XVIe et XVIIe siècles.

La savant danois Mackeprang et Kroman pensent que « *le renforcement du son échappe à l'observation tant il est faible, en raison de la petitesse des vases placés à une hauteur énorme* », argument sur lequel nous reviendrons dans la seconde partie de cette contribution. Plus près de nous enfin, Henigfeld et Werlé se placent en 2002, dans le groupe des sceptiques au sujet des pots acoustiques retrouvés dans un bâtiment civil de Strasbourg.

Face aux sceptiques se placent les partisans et défenseurs de l'hypothèse acoustique des vases, parmi lesquels Baudoin (1938), érudit local qui affirmait qu'au Bas Poitou les vases « *doublaient ou triplaient la portée de la voix du Prédicateur* », sur la base d'un texte, dit Apocalypse de Mélicon (XVIIe siècle) « *de cinquante choristes que le public entreten dedans telle maison,*

⁵ Voir la citation du texte à la page 9.

quelquefois, ils ne seront pas six à l'office ; ces choeurs sont accommodés avec des pots dans la voûte et dans les murailles, de sorte que six voix y feront autant de bruit que quarante ailleurs... ».

Tout aussi convaincu, Rougé en 1910, déclare : « *ces vases sont des résonateurs puissants, ... dès que je parle devant ces acoustiques ma voix est alors 3 fois plus forte. Ces vases se trouvent encore dans les ruines de la chapelle... j'ai encore, il y a huit jours à peine, montré ces vases à une cinquantaine de visiteurs qui en restèrent tout baba...».*

Bien que l'acoustique soit une question de perception et que cette discipline était, au début du XXe siècle, mesurée avec des moyens rudimentaires, les arguments avancés par ces deux auteurs font référence à une démarche peu rationnelle.

Ces citations tendent à montrer que l'on discute davantage l'efficacité acoustique des vases, plutôt que leur destination d'usage, qui ne présente pas d'hypothèse opposée vraiment convaincante. En revanche, si l'hypothèse acoustique est si bien défendue, c'est que l'on dispose de plusieurs textes anciens qui définissent clairement l'objectif de ces dispositifs. Les recherches de Romain Rebeix en 2006, dans le cadre de l'ACI, ont permis de rassembler six mentions anciennes à ce sujet.

La plus connue est celle de 1432, fréquemment citée dans la bibliographie et extraite d'une chronique relative au couvent des Célestins de Metz. Après le retour du Chapitre général, frère Ode le Roy « *fit et ordonnoit de mettre les pots au cuer, portant qu'il avait vu altepart en aucune église et pensant qu'il y fesoit milleur chanter et que il ly resoneroit plus fort* »⁶.

Une deuxième mention de 1587 est rapportée dans les travaux de Desarnaulds (2002), à propos de ponts montés dans le temple de Lutry, afin que le maçon Jacques Bodmer puisse « *fayre des pertuis ès vottes du templ, afin que la parolle de Dieur qui y est annoncée soit tant plus facilement entendue* ».

La troisième date de 1603 et est associée à l'église du Val de Bénédiction à Villeneuve-les-Avignon. Le texte publié par Amouric et al. en 1995, décrit la commande faite au plâtrier de placer des pots acoustiques, comme suit: « *plus à la fenestre que est sans vitre du cousté droict du grand autel y fera... , une petite muraihle de gip d'un cousté et d'aultres à manons d'hault en bas et y remplira des pots de terre et gip que y sera nécessaire d'y employer...aux deux pilliers qui sont à main droicte du cuer y fera comme deux petites tournelles de gip et manons...et remplira de pots...du cousté gauche du cuer d'icelle église, rompra la muraihle au dessous des troys fenestres que y sont et y mettra ou enchassera troys grands gerles de terre... ».* Le plus émouvant dans cet exemple est que les poteries sont encore en place et visible aujourd'hui dans l'église.

La quatrième mention est datée de 1616 et provient des comptes du chapitre de Saint-Denis de Vergy (L'Intermédiaire, 1900) : « *Payé 24 sols au tupinier de Belon pour trois douzaines de petits pots pour mettre dans la muraille du chœur, propres à faire résonner la voix* ».

La cinquième provient de l'Apocalypse de Méilton (1665) que nous avons cité précédemment⁷ et la dernière enfin, est issue des comptes de fabrique de l'église de Trégourez, faisant mention d'une commande datée de 1666, de dix pots à mettre dans l'église « *pour faire écho* » (Desarnaulds, 2002).

L'existence de ces mentions anciennes (XVe et XVIIe siècles) semble prouver le dessein acoustique associé à la mise en place de poteries dans les murs et les voûtes. Cependant, leur efficacité réelle est largement mise en doute, comme le montre la polémique opposant les partisans et les sceptiques, dont nous avons rapporté les prises de positions. Aussi, nous a-t-il paru nécessaire au départ de cette étude, de définir les fondements acoustiques possibles des poteries par l'analyse physique de ces dispositifs.

III Analyse physique des vases acoustiques

⁶: « *Il ordonna de mettre des pots dans le choeur, arguant qu'il l'avait vu faire autre part dans quelque église et pensant que le chant y était meilleur et résonnait plus fortement.* » Traduction en français moderne de Philippe Bernardi, que nous remercions ici pour la traduction, et pour nous avoir fourni le texte relatif à la mise en place des pots acoustiques à la Chartreuse du Val de Bénédiction de Villeneuve-les-Avignon.

⁷ Voir la citation du texte de Méilton p. 8

III.1 Définition des résonateurs de Helmholtz

Techniquement un vase est un résonateur acoustique particulier appelé résonateur de Helmholtz du nom du scientifique germanique qui a le premier formalisé son fonctionnement. De fait, tout volume (récipient) qui possède une embouchure plus petite que la section de ce volume possède un tel fonctionnement. Si la description date du XIX^{ème} siècle (Helmholtz, Rayleigh), les effets sonores propres aux résonateurs de Helmholtz (noté RH par la suite) doivent probablement être connus depuis très longtemps (Liénard, petite histoire de l'acoustique, 2001). Aujourd'hui encore, tout enfant fait l'expérience de parler ou chanter dans un vase ou une bouteille et de s'amuser du résultat. Souffler en biseau sur le goulot d'une bouteille est aussi un jeu amusant qui s'explique par un des comportements de ce résonateur. Ainsi, la description mathématique de l'objet est forcément tardive au regard de la connaissance sonore de l'objet.

L'expérience suivante (figure 2) conduite lors du stage de DEA de Solenn Moreau permet de comprendre le fonctionnement des vases. Un microphone associé à une chaîne d'acquisition suivie d'un analyseur de fréquence est inséré à l'intérieur du vase, puis dans le col, en sortie du col et enfin à 10 cm à l'extérieur de l'ouverture. Une source sonore émet un son qui contient toutes les fréquences possibles sur la gamme audible.

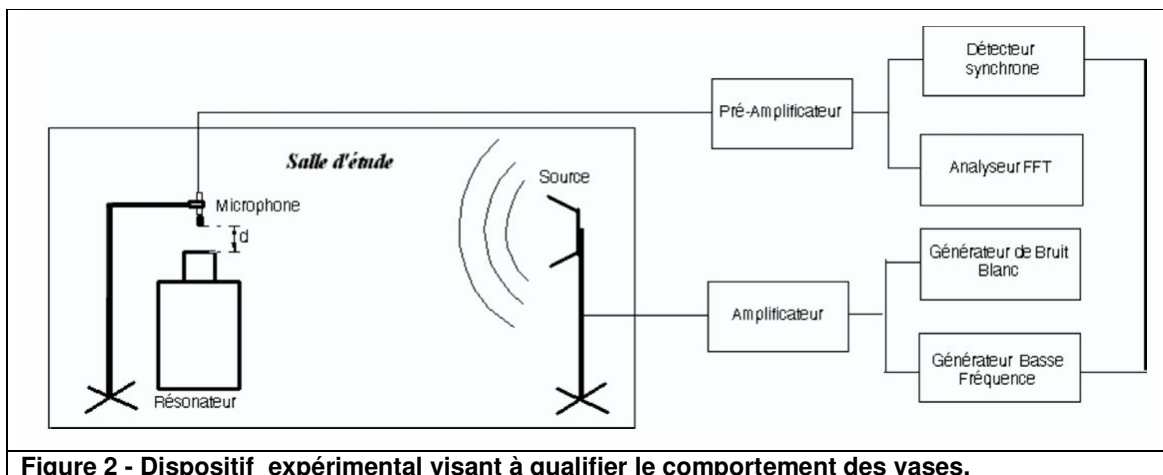


Figure 2 - Dispositif expérimental visant à qualifier le comportement des vases.

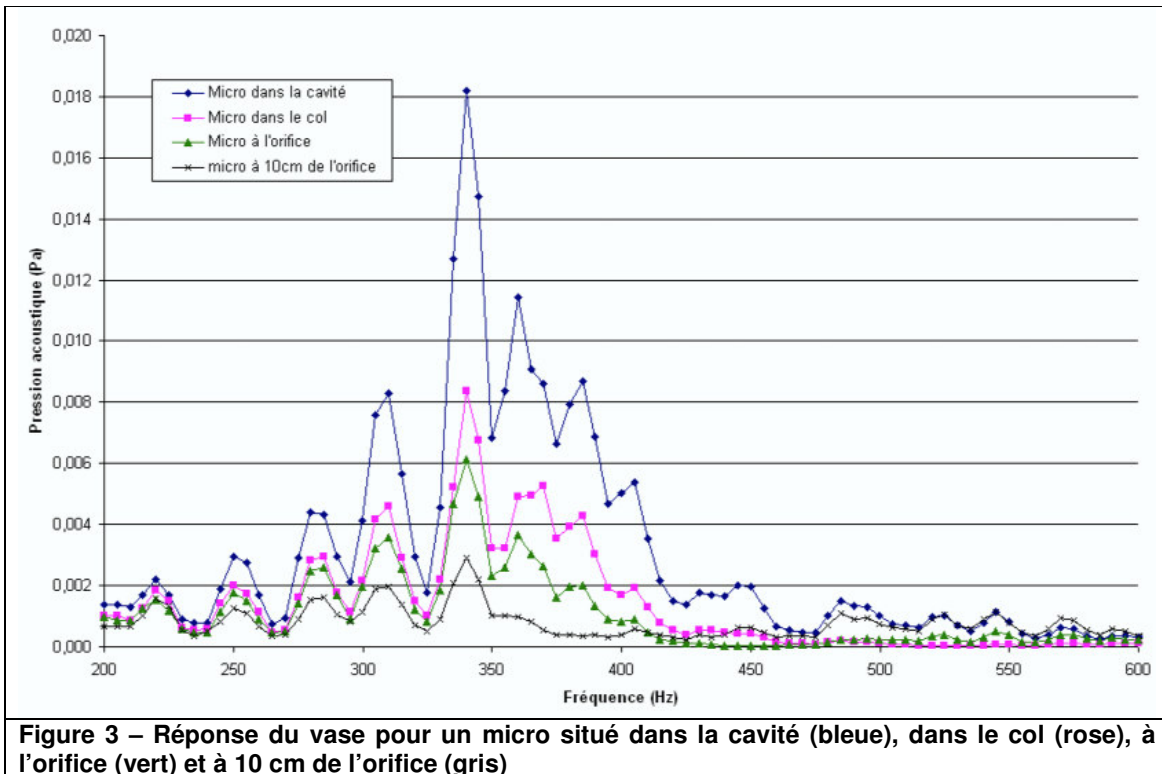
La figure 3 montre les courbes de niveau en fonction de la fréquence pour les quatre positions. On s'aperçoit une amplification locale du son autour d'une fréquence particulière (environ 350 Hz dans ce cas) qui émerge des sons voisins.

La figure 3 donne immédiatement deux caractéristiques fondamentales de ce dispositif :

- son action est localisée fréquentiellement, c'est-à-dire que l'on ne peut attendre d'effet à une autre fréquence. Cette fréquence particulière sera un paramètre déterminant dans les études à caractère quantitatif ;
- l'amplification du son produite par le vase autour de cette fréquence est très localisée spatialement.

Physiquement, le résonateur fonctionne comme un système « masse ressort ». Soumis à une onde acoustique, il se met à vibrer (à l'intérieur du vase) à cette fréquence particulière générant une amplification autour de l'embouchure du col de la même façon qu'un petit haut-parleur, c'est-à-dire dans toutes les directions. Ainsi les effets principaux d'un résonateur inséré dans un mur, connus à la fois par les modèles mathématiques, les simulations numériques et les mesures sont :

- Une diffusion dans toutes les directions d'une onde à cette fréquence (rôle diffuseur) ;
- Une atténuation du niveau sonore à cette fréquence après une certaine distance à une (rôle absorbeur) ;
- En conséquence, un lissage des résonances et antirésonances créées par la réflexion de l'onde sur le mur.



II.2 Effets physiques qui pourraient être attendus au niveau des acteurs (public ou officiants)

Comme nous l'avons décrit dans la première partie de cette conférence, les poteries sont placées le plus souvent en hauteur, autour des baies, à la naissance des voûtes ou dans les voûtes. Or, la difficulté qui se présente maintenant elle celle de la perception des effets liés à ces vases. Il est assez évident qu'un auditeur à plusieurs mètres n'entendra pas le comportement d'un vase particulier, notamment l'amplification. L'expérience peut-être conduite par chacun en approchant l'oreille à quelques centimètres d'une embouchure pour entendre le son particulier d'une bouteille soumis aux sources sonores environnantes, puis en l'éloignant. Si effet auditif il y a, il ne peut-être que global résultant de la somme de l'ensemble des dispositifs agissant de concert. Dans ce cas, trois effets peuvent être attendus :

- Une correction tonale dans la zone fréquentielle d'action des vases (rôle absorbeur) ;
- en conséquence, une diminution de la réverbération toujours très grande dans les lieux de culte ;
- et enfin, une homogénéisation du son dans la salle aux fréquences de résonance des vases (effet diffuseur des vases).

Toujours dans une démarche d'ingénieur, la question que l'on pourrait se poser est quelle source ou quel effet sonore aurait on voulu modifier ? L'usage des édifices concernés est essentiellement associé à de la parole ou la voie chantée. Le spectre moyen d'une voix masculine (l'ensemble des fréquences additionnées au cours du temps) présente un maximum au niveau de la fréquence du fondamental c'est-à-dire entre 80 et 150 Hz. Pour une voix chantée, même masculine, on obtiendra plutôt le double (160 -300 Hz).

III.2 Résultats des études antérieures

Alors que les textes ne parlent que de résonance (au sens d'amplification), d'emblée, pour les raisons invoquées au paragraphe précédent, cet effet ne peut pas être montré. En revanche, les effets

globaux (correction tonale, diminution de la réverbération et homogénéisation) ont été considérés par les études acoustiques précédentes, car ils sont seuls susceptibles à pouvoir être mis en évidence.

Cependant, les difficultés rencontrées pour mener de telles expériences sont assez considérables. D'une part, il faut disposer d'une église qui conserve un nombre significatif de vases opérationnels (non cassés), pouvoir les boucher et les reboucher facilement. D'autre part, un nombre important de difficultés purement techniques existent et peuvent nuire à une bonne qualité des mesures. Il faut pouvoir disposer d'un niveau de silence important et assurer une répétitivité par le contrôle des sources sonores extérieures. Les positions relatives des microphones et des sources excitatrices doivent être choisies avec précaution. Aucune des études précédentes (Floriot et Fontaine), au dire même des auteurs, n'a été suffisamment convaincante pour montrer que les vases apportaient une correction.

Cependant, les études (1963 et 1979) ont tout d'abord été menées dans des conditions matérielles contraignantes au regard des moyens actuels. En outre, elles ont été effectuées sur peu de cas, pour le Père Floriot sur une reconstitution en laboratoire et pour JM Fontaine sur seulement deux églises. En outre, les vases n'ont pas été testés systématiquement et il y a très peu de relevés des caractéristiques techniques des poteries, exception faite des spécimens prélevés lors des restaurations.

III.3 Analyse acoustique systématique des dispositifs encore présents.

A partir de l'inventaire que nous mettons en place, nous avons sélectionné un certain nombre d'édifices français recensés dans les régions suivantes : Bretagne, Pays de Loire, Poitou, Aquitaine, Auvergne et Limousin. Ce travail de recensement systématique a été effectué lors du stage de Master de Romain Rebeix. A cette occasion, nous avons mis au point un dispositif composé d'une canne en fibre de carbone télescopique (type canne à pêche) au bout de laquelle un microphone est fixé à l'aide d'une rotule et d'un trépied permettant un positionnement facile du micro à l'embouchure de façon similaire aux expériences de laboratoire (figure 2) mais *in situ*. Pour chaque édifice nous recensons :

- le volume global ;
- le nombre de vase ;
- les fréquences de résonances de chaque vase (grâce au dispositif) ;
- leur position ;
- diverses données historiques sur l'édifice trouvées sur place et des observations archéologiques ;
- une couverture photographique des vases implantés dans l'édifice.

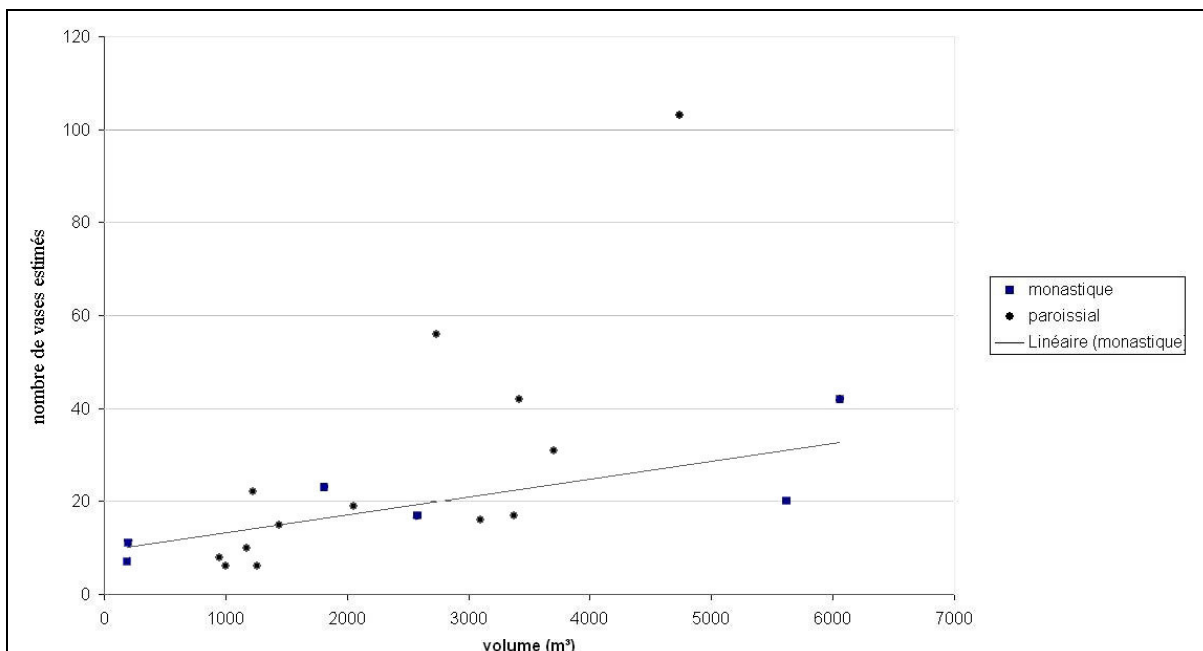


Figure 4 – Nombre de vase en fonction du volume

Les figures suivantes résument les résultats de nos premières investigations. La figure 4 montre que le nombre de vases croît en fonction du volume de l'édifice. Il est possible de rapprocher ce résultat du nombre de vases en fonction des époques, car le volume croît aussi avec l'époque. Or, ceci est cohérent avec la recherche d'un effet acoustique. Pour mémoire une loi linéaire est tracée sur la base des églises monastiques. En revanche, si l'on considère l'ensemble des édifices, la croissance globale semble suivre une loi plus rapide.

La figure 5, quant à elle, montre que le positionnement des vases s'élève avec la hauteur sous voûte de l'édifice. Ce résultat conforte le fait qu'un effet d'amplification au niveau du public ne peut pas avoir été recherché puisque, rappelons le, l'effet l'amplification est très localisé.

La figure 6 illustre l'évolution de la fréquence moyenne des vases dans un édifice, en fonction de son volume. Nous avons choisi de ne faire apparaître que la fréquence moyenne sachant qu'il existe une dispersion inhérente à chaque édifice qui nécessiterait des analyses approfondies. Soulignons néanmoins quelques observations : dans un même édifice, les vases sont souvent de facture similaire, à la fois en matériaux, volume et embouchure. Les fréquences de résonances sont donc assez proches et la dispersion est liée à la variabilité naturelle de la fabrication et de l'implantation. Cependant, il existe parfois deux ou trois catégories de pots de géométries et de fréquences différentes dans un même édifice. Les vases de même nature peuvent se trouver dans des positions symétriques pour deux murs en vis-à-vis ou bien les pots insérés dans les murs peuvent être différents de ceux insérés dans les voûtes. La figure 6 montre clairement que les fréquences des vases ne s'accroît pas avec le volume et restent comprises entre 150 Hz à 400 Hz, à l'exception notable de deux édifices rencontrés (Fontdouce et Baye). Comme nous l'avons mentionné précédemment le choix des fréquences de résonances pourrait plutôt être lié à la source sonore (voix, chant) plutôt qu'au mode de résonance de la salle puisqu'on ne note pas de variabilité en fonction du volume. Aussi, s'il semble que les fréquences des vases ont été choisies délibérément par les constructeurs médiévaux, il reste à savoir à partir de quels critères (le chant, la voix) et de quelle manière ?

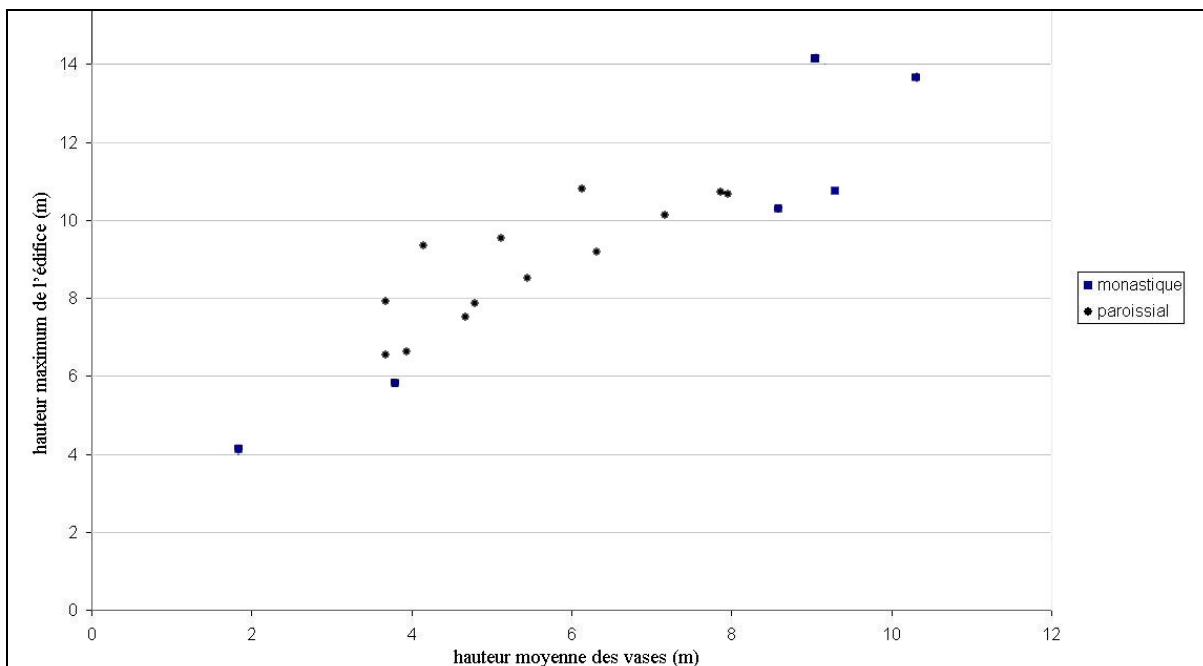


Figure 5 – Hauteur maximum de l'édifice en fonction de la hauteur des vases.

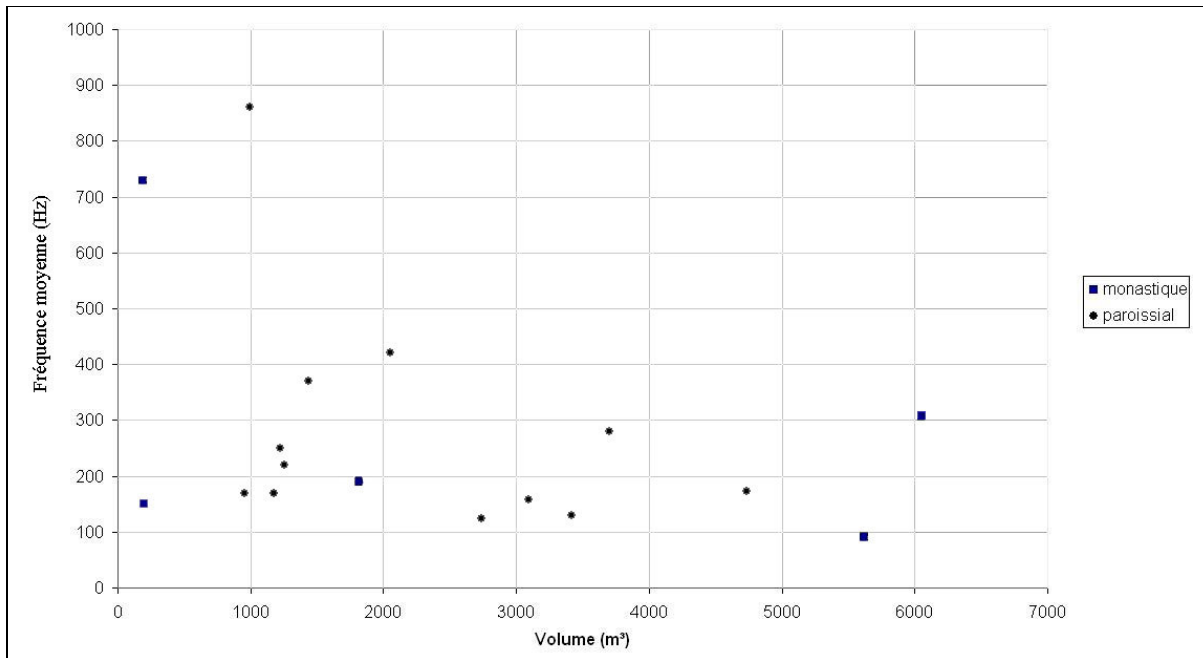


Figure 6 – Fréquence moyenne des vases dans un édifice en fonction du volume

Conclusion

Les sources écrites, qu'elles soient anciennes ou récentes font toutes mention d'un usage orienté vers l'acoustique ou du moins vers les sources sonores (voix, chant). Des indices physiques montrent que l'on a cherché à respecter certaines lois de base de l'acoustique avec, notamment, l'augmentation du nombre de vases en fonction du volume de l'édifice. Par ailleurs, une relative stabilité de la fréquence de résonance des vases montre qu'un choix délibéré a pu être effectué par les "opérateurs".

En revanche, l'usage en terme de correction sonore n'apparaît pas dans les textes et il ne peut pas être affirmé dans l'état actuel des recherches. Seule une étude globale sur plusieurs églises avec des mesures réalisées avec les vases bouchés et débouchés pourraient être en mesure de le prouver.

Enfin, l'usage en terme de "résonance" ou d'amplification souvent mentionnées dans les textes est en contradiction avec le positionnement des vases et peu réaliste, car cet effet n'est sensible qu'à proximité des poteries. Il convient donc, en parallèle aux mesures réalisées *in situ*, de revenir sur les textes pour mieux comprendre la terminologie et le sens donné aux termes employés, replacés dans leur contexte.

A cette fin nous avons doté notre recherche d'un cadre plus large avec la constitution d'une ACI (Action Incitative) de l'Université de Poitiers, qui regroupe à ce jour une dizaine de chercheurs de diverses disciplines. En plus des archéologues et des acousticiens, cette équipe comprend un musicologue, afin de mieux comprendre la pratique et les connaissances des principes musicaux et/ou acoustiques de l'époque. Un historien des textes, familier des documents relatifs à la mise en œuvre de bâti (prix faits, comptes de construction, actes notariés, etc.) analyse, quant à lui, les sources avec un regard placé à mi-chemin entre la terminologie et le chantier médiéval. Des physiciens, spécialisés en mécanique des solides (pour les structures et les revêtements muraux), apportent leur connaissance complémentaire sur l'environnement des vases, à savoir la structure et le traitement de surface des édifices.

Par ailleurs, nous avons choisi de lancer, dans le cadre de l'ACI, une campagne d'inventaire des vases encore conservés par l'intermédiaire d'une double fiche d'information envoyée aux acteurs

du patrimoine⁸. Celles-ci ont été définies selon des critères que nous avons jugés pertinents et envoyées tout d'abord aux DRAC (services de l'Archéologie, Inventaire et Monuments Historiques) et à quelques acteurs de terrain, tels que des chercheurs et universitaires en archéologie et architecture du Moyen Age et de l'époque Moderne. L'envoi des fiches a été réalisé auprès des institutions et intervenants directs dès janvier 2007 et les réponses reçues suite à cette campagne sont en cours de dépouillement. Les fiches de renseignements seront ensuite saisies dans une base de données destinée, à terme, à être mise en ligne.

Aussi, avons-nous proposé, dans le cadre de l'ACI, d'aborder le sujet des poteries en confrontant le postulat de base (les pots sont-ils acoustiques ?) aux mesures acoustiques et à la démonstration scientifique. Pour cela, nous avons élaboré un protocole de mesure applicable *in situ* et nous avons commencé à réaliser plusieurs séries de mesures, afin d'aboutir à terme, à un résultat statistique qui soit aussi significatif que possible. Nous souhaitons ainsi vérifier les hypothèses avancées jusque-là par l'expérimentation, tout en constituant un inventaire actualisé, sous la forme d'une base de données, qui puisse documenter et sauvegarder les exemples encore en place. Ces dispositifs sont, aujourd'hui encore, détruits ou occultés par la seule ignorance des intervenants. Mais plus qu'une approche archéologique et acoustique, il s'agit d'une véritable démarche interdisciplinaire, qui fait intervenir également l'étude des textes, la physique des matériaux et la musicologie.

Annexes

Fiche d'information générale d'un édifice conservant ou ayant conservé des vases acoustiques

ACI « Revêtements muraux et poteries acoustiques dans les églises médiévales et moderne »

Fiche à retourner en copie aux adresses suivantes :

Jean-christophe.valiere@lea.univ-poitiers.fr

Benedicte.palazzo@wanadoo.fr

Nom et coordonnées de l'informateur (adresse postale, téléphone et adresse électronique) :

Date d'enregistrement de la fiche :

Commune :

Département :

Mention de vases acoustiques dans un édifice

Source d'information (texte, iconographie, site conservé, restauration, tradition orale, etc) :

Description de l'édifice

Nom de l'Edifice (vocabulaire de l'église ou désignation habituelle) :

Type d'Edifice (église, habitat laïc, autre) :

Clichés photos ou croquis du site :

Observation des vases acoustiques

Simple orifices visibles dans les maçonneries ou bien vases attestés ?

Nombre de vases (ou orifices) observés :

Lieu de conservation (*in situ* ou déposé dans un musée ou une autre institution et laquelle ?) :

Localisation des vases dans l'édifice (nef, chœur, chapelles latérales, autre) :

Mise en place des vases (à hauteur d'homme, dans le haut des murs, dans les voûtes) :

Clichés photos ou croquis des vases :

Autres remarques :

⁸ Voir les fiches d'enregistrement reproduites pages suivantes.

**Fiche d'enregistrement
d'un édifice conservant ou ayant conservé
des vases acoustiques**

ACI « Revêtements muraux et poteries acoustiques dans les églises médiévales et moderne »

Fiche à retourner en copie aux adresses suivantes :

Jean-christophe.valiere@lea.univ-poitiers.fr

Benedicte.palazzo@wanadoo.fr

Nom et coordonnées de l'informateur (adresse postale, téléphone et mel) :

Date d'enregistrement de la fiche :

Commune :

Département :

Coordonnées Lambert (facultatif) :

Description de l'édifice

Nom de l'Edifice (vocabulaire de l'église ou désignation habituelle) :

Type d'Edifice (église, habitat laïc, autre) :

Culte (église catholique, réformée, synagogue, mosquée, autre) :

Date de fondation ou de construction présumée :

Notes sur la datation de l'édifice :

Etat de conservation de l'édifice :

Date(s) et objet(s) de rénovations éventuelles :

Vocation monastique ou paroissiale de l'édifice au cours de son histoire :

Type de Plan (cruiforme, centré, avec ou sans transept) :

Mode de couverture de l'édifice (charpente, voûte) :

Volume intérieur de l'édifice :

Croquis et/ou clichés photos :

Description des vases acoustiques

Nombre de vases observés :

Nombre de vases supposés à l'origine (si certains semblent avoir disparu) :

Lieu de conservation (*in situ*, dépôt dans un musée ou autre institution et laquelle, autre) :

Etat de conservation des vases (intact ou fragmentaire) :

Localisation des vases dans l'édifice (nef, chœur, chapelles latérales, autre) :

Agencement des vases (agencés en carré, en triangle, en ligne, autre ?) :

Niveau de mise en place des vases (à hauteur d'homme, en haut des murs, dans les voûtes, autre) :

Datation de la mise en place des vases (dès l'origine, lors d'un remaniement architectural, de travaux, autre) :

Description des vases (s'ils sont accessibles) →

Type de récipient et forme :

Datation des vases (selon la typologie, autre) :

Matière première (terre cuite, verre, autre) :

Volume des vases :

Largeur du col :

Longueur du col :

Profondeur du vase :

Notes et croquis sur les Vases :

Source d'information (site conservé, texte, iconographie, restauration, tradition orale) :

Références Bibliographiques (sur le site de conservation, sur les vases ou sur les textes anciens qui peuvent s'y référer) :

Autres remarques :
