



HAL
open science

La restitution des machines vitruviennes

Sophie Madeleine

► **To cite this version:**

Sophie Madeleine. La restitution des machines vitruviennes . Cahiers des Études Anciennes, 2011, Vitruve, XLVIII, pp.35-59. hal-01596458

HAL Id: hal-01596458

<https://hal.science/hal-01596458v1>

Submitted on 2 Oct 2017

HAL is a multi-disciplinary open access archive for the deposit and dissemination of scientific research documents, whether they are published or not. The documents may come from teaching and research institutions in France or abroad, or from public or private research centers.

L'archive ouverte pluridisciplinaire **HAL**, est destinée au dépôt et à la diffusion de documents scientifiques de niveau recherche, publiés ou non, émanant des établissements d'enseignement et de recherche français ou étrangers, des laboratoires publics ou privés.

La restitution des machines vitruviennes

SOPHIE MADELEINE

Ingénieur de recherche en analyse de sources anciennes
CIREVE / ERSAM, Université de Caen Basse-Normandie

Le sens propre de « restituer » est « remettre en son premier état ». Dans le domaine scientifique, la restitution concerne aussi bien la philologie que l'archéologie : éditer un texte ancien, c'est le restituer en tentant de s'approcher du texte originel écrit par l'auteur, notamment en construisant le stemma des manuscrits. Restituer les machines vitruviennes, c'est tenter de visualiser les machines décrites par Vitruve au I^{er} siècle a. C., qui correspondent parfois à un état antérieur des connaissances techniques et des pratiques. Mais quelles sont les sources à notre disposition pour mener à bien ce travail ? Le texte en lui-même, dont nous rappellerons la nature et la destination, apporte la majorité des solutions tout en soulevant un certain nombre de difficultés propres aux écrits techniques anciens : disparition des objets décrits, perte du fonds culturel des lecteurs contemporains de Vitruve, style d'écriture particulier, etc. Pour compléter les passages obscurs, d'autres textes latins et grecs peuvent être utilisés : des traités techniques mais aussi des passages plus généraux dans lesquels il est possible de glaner des indices sur certaines machines. Les sources textuelles peuvent ensuite être complétées par des éléments iconographiques et archéologiques qui, malgré leur faible nombre dans le domaine de la mécanique, permettent parfois d'éclairer la concision de l'écriture ou de confirmer l'usage de ce qui est préconisé par Vitruve. Nous

dresserons un état de l'art pour voir ce que ces sources ont concrètement apporté. Une fois les sources anciennes synthétisées, quel est l'intérêt de proposer une restitution des machines ? Est-il nécessaire de passer par cette étape pour comprendre le texte ? La tradition des éditions illustrées de Vitruve lancée par Fra Giocondo en 1511, suivi notamment par Cesariano en 1521, Martin en 1547, Perrault en 1673 et Choisy en 1909 montre que le besoin de restituer s'est fait ressentir assez tôt, finalement dès que les hommes de la Renaissance ont perçu la richesse du *De architectura*, une œuvre latine unique en son genre. La restitution, qu'elle prenne la forme de dessins, de maquettes physiques¹ ou autres, permet de se représenter, de comprendre le texte, souvent de le compléter et parfois de corriger des leçons fautives transmises par la tradition manuscrite. Au-delà de l'intérêt de la restitution des machines de Vitruve pour l'avancée de la recherche, nous voudrions terminer en montrant que la restitution peut être un média adapté pour sensibiliser le grand public à un pan de la littérature latine trop souvent réservé à des champs d'études spécialisés.

I

Les sources mobilisables pour la restitution

Vitruve, qui se situe dans la longue tradition des mécaniciens anciens et des ingénieurs hellénistiques, a publié son *De architectura* vers 25 a. C.. Pourquoi l'a-t-il écrit et pour qui ? Il ne s'agit pas pour nous de reprendre ce dossier déjà largement traité² mais bien de nous placer dans la perspective de la

¹ Voir par exemple les maquettes d'artillerie réalisées à partir des textes anciens par E. FOURRÉ, doctorant dans l'ERSAM (ERTé 2003, Université de Caen Basse-Normandie), à l'échelle 1 (www.unicaen.fr/ersam, onglet « instruments et machines » puis « machines de jet »).

² Cf. les articles de P. GROS, « *Munus non ingratum*. Le traité vitruvien et la notion de service », d'A. NOVARA, « Faire œuvre utile : la mesure de l'ambition chez Vitruve » et de PH. FLEURY, « Le *De architectura* et

restitution des machines. Vitruve a-t-il écrit sur la mécanique pour que son lecteur puisse construire des machines ? De toute évidence non et par conséquent ce texte n'est pas un livre de recettes idéal pour comprendre la pensée technique de l'époque, comme le dit M. Courrént³, ni *a fortiori* pour restituer les machines vitruviennes. Vitruve écrit dans une double perspective difficile à articuler : faire œuvre utile tout en garantissant à ses lecteurs un fonds culturel d'apprentissage et de compréhension du savoir. L'utilité du texte est la préoccupation première de son auteur et il le rappelle à plusieurs reprises⁴. Cet aspect de l'œuvre revient à « vulgariser » un savoir qui est la somme des connaissances encyclopédiques de l'auteur et de son expérience personnelle pour en faire profiter ses lecteurs. Toutefois, à côté de cette volonté d'ouverture, le fonds culturel qui légitime les pratiques est toujours présent dans l'œuvre et donne parfois une impression de placage mal ordonné. Vitruve ne s'intéresse pas uniquement à la réalisation pratique d'un problème⁵, il veut aussi

les traités de mécanique ancienne », in P. GROS (ed.), *Le Projet de Vitruve : objet, destinataires et réception du De architectura, actes du colloque international organisé par l'École française de Rome, l'Institut de recherche sur l'architecture antique du CNRS et la Scuola normale superiore de Pise (Rome, 26-27 mars 1993)*, Paris, de Boccard, 1994. Cf. également l'article de PH. FLEURY dans ce volume, *supra*, p. 7-34.

³ M. COURRÉNT, « La pensée technique et ses enjeux dans le *De architectura* de Vitruve », in P. DEFOSSE (ed.), *Hommages à Carl Deroux*, Bruxelles, Latomus, 2002, vol. 2, p. 119-127.

⁴ Par exemple Vitruve, X, 16, 2 : « Ainsi, ceux qui voudront s'attacher aux indications que j'ai données et tirer de ces différents éléments un système d'application particulier ne seront pas pris au dépourvu : ils seront à même de trouver sans hésitation une solution aux diverses exigences d'une situation ou d'un lieu » (trad. L. CALLEBAT, C. U. F., 1986).

⁵ C'est pourtant la définition de la *mécané* ; Pseudo-Aristote, *Mechanica, praef.* : « En bien des choses la nature agit à l'encontre de nos besoins... Lorsque, par suite, nous avons à faire quelque chose à l'encontre de la nature, la difficulté nous rend perplexes, et nous avons besoin de l'art. C'est pourquoi nous appelons mécanique la branche de

faire comprendre le principe qui a permis de trouver la solution (*id autem ut intellegatur exponam*⁶). Cette volonté louable participe au fonds de culture qui caractérise l'homme instruit et qui lui permet d'être en constante évolution technologique⁷. Elle emmène toutefois Vitruve dans des réflexions scientifiques poussées, réservées aux spécialistes, qui vont être agencées avec des considérations purement pratiques (mesures précises de certaines pièces par exemple) sans que le lecteur d'aujourd'hui saisisse toujours l'articulation entre les deux. L'expression de L. Callebat, un « exposé minutieux et imprécis »⁸, nous semble parfaitement caractériser cette œuvre qu'il ne faut pas trop vite juger, mais dont il faut au contraire comprendre la philosophie. En synthétisant toute la mécanique dans un seul livre, qui est certes le plus long des dix livres composant le *De architectura*, Vitruve a mené à bien une opération de conceptualisation et de classement qui est à ce jour unique pour l'Antiquité (V, *praef.* 3). En ayant cette volonté de synthèse à l'esprit, cette nécessité « d'aperçu utile »⁹ d'un savoir, on comprend qu'il est vain de rechercher dans le texte de Vitruve toutes les solutions pour restituer les machines décrites. La forme choisie du résumé impose des ellipses qui posaient certainement moins de problèmes aux lecteurs du I^{er} siècle a. C., pouvant à tout moment aller voir l'objet décrit pour analyser ce qui n'avait pas été

l'art qui nous aide dans les embarras de ce genre » (trad. PH. FLEURY, *La Mécanique de Vitruve*, Caen, Presses Universitaires de Caen, 1993, p. 21).

⁶ Vitruve, X, 3, 2. PH. FLEURY résume : « il faut savoir mais aussi connaître les raisons de son savoir faire et pouvoir l'expliquer » (*op. cit.*, p. 206).

⁷ Cf. M. COURRÉNT, *op. cit.*, p. 125 : « Son but est de tisser un lien entre l'homme et le monde : comprendre le monde, traduire ses phénomènes en principes, c'est le posséder intellectuellement et le dominer concrètement ».

⁸ Cf. L. CALLEBAT, « La Prose du *De architectura* de Vitruve », *ANRW* II, 30, 1, 1982, p. 719.

⁹ A. NOVARA, *op. cit.*, p. 53.

compris¹⁰. La simplicité de certains systèmes ou le fonds culturel que Vitruve considère comme acquis chez son lecteur expliquent aussi un certain nombre d'absences dans le texte : nous n'avons par exemple aucune indication sur le système de pointage de la catapulte ni sur la buse de sortie de la pompe à pistons. Mais finalement, à qui s'adresse ce livre extrêmement synthétique et fouillé et comment son lecteur est-il censé l'utiliser ? Vitruve donne lui-même la réponse : son œuvre s'adresse d'abord à des commanditaires publics ou privés. Dans le domaine public, il s'agit en premier lieu de l'empereur, mais aussi des hommes politiques qui seront chargés de constructions. Ce ne sont pas eux qui construiront les machines ou les bâtiments, ni même qui encadreront les ouvriers, mais ce sont des commanditaires¹¹ qui pourront juger à la lecture de Vitruve de la bonne tenue du chantier¹². Le livre X s'adresse en plus aux préteurs et aux édiles responsables de l'organisation de jeux¹³. Vitruve cherche à faire gagner du temps à une catégorie de personnes submergée par les charges administratives (publiques ou privées) et qui a besoin de l'expérience des *architecti* (au sens d'architectes-ingénieurs)¹⁴.

¹⁰ Vitruve, X, 8, 6 : « Ceux donc que ces lignes n'auront qu'insuffisamment éclairés trouveront certainement, en étudiant l'objet lui-même, que tout y est disposé d'une manière attentive et ingénieuse » (trad. L. CALLEBAT, C. U. F., 1986).

¹¹ Vitruve les appelle les *aedificantes* en I, 1, 18.

¹² Vitruve, I, *praef.* 3 : « Je mis par écrit des règles précises afin qu'en y étant attentif tu puisses apprécier par toi-même les qualités des ouvrages déjà exécutés et de ceux qui sont à faire ; car, dans les volumes que voici, j'ai dévoilé toutes les théories de notre discipline » (trad. PH. FLEURY, C. U. F., 1990).

¹³ Vitruve, X, *praef.* 4 : *praetores et aediles ludorum causa machinationes praeparare debent.*

¹⁴ Cf. l'article de PH. FLEURY dans ce même ouvrage, cf. *supra*, p. 7-34, et P. GROS, *op. cit.*, p. 85 : « les architectes font partager leur *prudentia* aux hommes politiques pour le plus grand bien de la collectivité ». Voir aussi Cicéron, *Des devoirs* I, 155-156 : « D'ailleurs ceux dont les études et toute la vie ont été consacrées à la connaissance des choses, ne renoncèrent pas pour autant à favoriser les intérêts et le bien-être

Nous sommes donc en présence d'un texte volontairement concis¹⁵, truffé d'ellipses, une partie du fonds culturel des lecteurs contemporains de l'œuvre nous échappe et le livre n'est pas écrit dans la perspective dans laquelle nous l'utilisons : restituer les machines de Vitruve avec le plus de fiabilité possible au regard des sources anciennes. Pour compliquer encore la tâche, les latinistes que nous sommes se heurtent à la difficulté de la langue technique : quelle réalité se cache derrière les mots ? Vitruve lui-même était conscient de recourir à un vocabulaire obscur pour des non-spécialistes¹⁶, mais la précision du vocable était garante de l'économie de mots. L'originalité de Vitruve est d'exposer des sujets complexes ou peu connus¹⁷ en les rendant intelligibles par

humain. [...] Pas une question en effet n'a été laissée de côté par eux [*scil.* les maîtres], qu'elle concernât les lois, les coutumes, l'organisation de l'État, si bien qu'ils semblent avoir consacré leur vie de loisir à notre vie active. Ainsi ces mêmes hommes en s'adonnant à l'étude de la science et à la sagesse, consacrent avant tout à l'intérêt de l'homme leur expérience et leur intelligence (*ad hominum utilitatem prudentiam suam intellegentiamque pottissimum conferunt*)» (trad. M. TESTARD, C. U. F., 1974 [1965]).

¹⁵ L. CALLEBAT explique la brièveté du discours par une forte imprégnation des thèmes évoqués et l'intimité continue de Vitruve avec son sujet (*op. cit.* n. 8, p. 716). Voir aussi, PH. FLEURY, « La Démonstration d'un système dans les textes techniques latins », *Pallas* 69 (2005), p. 277-298.

¹⁶ Vitruve, V, *praef.* 2-3 : « Il ne peut en être ainsi dans les ouvrages d'architecture, parce que les notions issues des nécessités propres du métier, et exprimées de façon inusitée, obscurcissent la perception. Ainsi, puisque ces notions en elles-mêmes ne sont pas facilement accessibles et que leurs désignations ne sont pas d'usage courant, il s'ensuit que si les écrits où sont consignés des enseignements les concernant sont longuement développés, et non condensés en un exposé de quelques phrases très claires, la compréhension du lecteur, entravée par l'abondance et la multiplicité de l'expression, en deviendra incertaine » (trad. C. SALIOU, C. U. F., 2009).

¹⁷ Vitruve, X, 1, 6 : « Aussi bien, il y a un nombre infini de systèmes mécaniques dont il ne semble pas nécessaire de parler, car ils sont d'un usage quotidien : les meules par exemples, les soufflets de forge, les

des mots dont nous devons déjà comprendre le sens. La question de la traduction du vocabulaire technique est complexe et mériterait à elle seule une vaste étude. Nous ne prendrons qu'un seul exemple : *columella* dans un texte technique se traduira plus souvent par « pivot », « montant » ou « poteau » que par « petite colonne »¹⁸. L'emploi des diminutifs est une des difficultés rencontrées dans ce type de texte¹⁹. On distingue en effet trois cas d'emplois : le diminutif renvoie bien à une pièce plus petite que le simple (exemple *axis*, X, 2, 2, et *axiculus*, X, 2, 1, chez Vitruve), l'emploi du simple et du diminutif correspond à une même machine mais utilisée dans des spécialités différentes (le niveau d'eau utilisé pour l'hydraulique est nommé *libra*, VIII, 5, 1 et VIII, 6, 6, alors que le niveau des maçons est *libella*, I, 6, 6) et enfin les deux formes peuvent être parfaitement synonymes et introduites par simple effet de *uariatio* (le col de régulation de pression dans l'orgue hydraulique est tantôt appelé *ceruices*, X, 8, 2, tantôt *ceruicula*, X, 8, 4 et 5). Pour restituer les machines décrites par Vitruve en partant du texte, il faut donc bien comprendre le cadre historique et culturel dans lequel l'œuvre s'inscrit, connaître le degré d'avancée de la technologie gréco-romaine et passer outre les difficultés du vocabulaire (hapax, emploi de mots grecs, enjeu de traduction des couples simples / dérivés...). Une fois ces étapes passées, il est possible d'appréhender globalement les machines décrites et leur fonctionnement, ce qui prouve que Vitruve a réussi la

chairs à bancs, les cabriolets, les tours et les autres dispositifs qui ont, pour chacun, une utilité pratique dans la vie courante. Nous allons donc décrire, afin qu'ils soient connus, ceux qui sont peu familiers » (trad. L. CALLEBAT, C. U. F., 1986).

¹⁸ Cf. PH. FLEURY, « Le Vocabulaire latin de la mécanique », in P. COLACE (ed.), *Atti del II seminario internazionale di studi sui lessici tecnici greci e latini* (Messina, 14-16 dec. 1995), Naples, Edizioni Scientifiche Italiane, 1997, p. 27-40.

¹⁹ Pour un développement de la question des diminutifs, cf. PH. FLEURY, « Le Grand Gaffiot, problèmes de lexicographie latine », séminaire de *Réflexions autour des dictionnaires bilingues et multilingues*, tenu le 28 janvier 2010 à l'IMEC, à paraître.

composition de son texte, mais des lacunes persistent et demandent un complément d'informations que nous allons chercher notamment dans le reste de la littérature ancienne.

Pour combler les lacunes du texte du *De architectura*, il est possible d'utiliser deux types de sources littéraires anciennes : les traités de mécanique et des textes non spécialisés dans lesquels des machines sont évoquées avec plus ou moins de détails. Les traités de mécanique sont peu nombreux dans la littérature ancienne ou du moins un faible nombre de ces textes sont parvenus jusqu'à nous. Pour la littérature latine, le *De architectura* n'a pas d'équivalent²⁰ et il faut donc aller chercher l'information chez les six auteurs grecs de mécanique ancienne dont nous avons conservé une partie des œuvres : le pseudo-Aristote (III^e a. C.), Philon de Byzance (III^e siècle a. C.), Biton (III^e-II^e siècle a. C.), Athénée le mécanicien (I^{er} siècle a. C.), Héron d'Alexandrie (I^{er} siècle p. C.), et enfin Apollodore de Damas (II^e siècle p. C.). Il ne s'agit pas ici de reprendre chacune de ces œuvres mais de voir ce qu'elles peuvent apporter pour la restitution des machines vitruviennes.

Globalement, l'apport se fait sur cinq types de machines, à commencer par les engins de levage : Héron nous livre une description précise d'un treuil²¹ qui semble avoir atteint un niveau de technicité supérieur à celui décrit par Vitruve et il introduit deux autres systèmes de préhension des pierres en plus des pinces de Vitruve²² : il propose dans les deux cas de creuser une cavité en queue d'aronde au-dessus de la pierre, dans laquelle une pièce en fer taillée sur mesure et pourvue d'un anneau sera insérée le

²⁰ Vitruve reconnaît lui-même la pauvreté de la littérature latine en ouvrages de *architectura* : Vitruve, VII, *praef.* 14 : [...] *in ea re ab Graecis uolumina plura edita, ab nostris oppido quam pauca.*

²¹ Héron, *Les Mécaniques* II, 1. Voir les figures 19 et 20 de PH. FLEURY, *La Mécanique de Vitruve*, Caen, Presses Universitaires de Caen, 1993, p. 120 et 121.

²² Vitruve, X, 2, 2 : « Au bas, d'autre part, de la chape inférieure sont attachées des tenailles de fer dont les mâchoires s'adaptent aux entailles des blocs de pierre » (trad. L. CALLEBAT, C. U. F., 1986).

temps de lever le bloc. Toutes les cavités sont homogénéisées de sorte que la même pièce de fer serve plusieurs fois²³. Héron, toujours, apporte des précisions sur une des machines utilisées pour élever l'eau : la pompe à pistons. Dans la version d'Héron, les pistons sont mus par un seul balancier et surtout l'auteur décrit avec précision la buse de sortie de l'eau, orientable de manière verticale et horizontale²⁴. Pour l'orgue hydraulique, Héron apporte une description plus précise du clavier, notamment du système de rappel des touches²⁵. Pour le domaine des machines de siège, le texte d'Athénée le Mécanicien donne des précisions sur les proportions des étages des tours mobiles, il propose aussi quelques variantes sur les tortues. Dans une perspective analogue, la description précise de Biton sur la tour de Poseidonios²⁶ apporte des détails utiles pour la restitution et il en est de même pour le mode d'emploi du trépan chez Apollodore de Damas²⁷. Le dernier domaine où les textes grecs sont directement utilisables est celui des machines de jet : Philon de Byzance donne une formule pour calculer le module de base des pièces de la baliste en fonction du poids du projectile à lancer²⁸, intéressante à confronter aux tables de calibrage de Vitruve²⁹. Des éléments utiles peuvent aussi être dégagés de textes non spécialisés sur la mécanique mais dans lesquels nous avons des descriptions de machines. Deux textes particulièrement précieux sont celui de César qui décrit une tour et l'adaptation d'une machine de jet lors du siège de Marseille³⁰ et celui

²³ Héron, *Les Mécaniques* III, 6 et 8.

²⁴ Héron, *Les Pneumatiques* 1, 28.

²⁵ PH. FLEURY, *op. cit.* n. 21, p. 189.

²⁶ Biton, 52-56.

²⁷ Apollodore de Damas, *Les Poliorcétiques* 149 sq.

²⁸ Philon de Byzance, *Belopoiica* 51, 21 sq.

²⁹ Vitruve, X, 11, 2 : « Je donnerai une liste des poids pour lesquels, chez les Grecs, un rapport est établi entre unités de charge et modules, mais de manière que ces données aussi s'accordent avec nos poids » (trad. L. CALLEBAT, C. U. F., 1986). Vitruve a donc fait un travail de conversion des mines attiques en livres romaines.

³⁰ César, *Guerres civiles* II, 2-16.

d'Ammien Marcellin qui décrit une baliste utilisée pendant la guerre contre les Perses³¹. Ces textes à la fois confirment des principes évoqués par Vitruve et donnent d'importantes variantes. Parmi les autres auteurs, citons Plaute qui marque bien la différence baliste / catapulte comme lanceur de pierres / lanceur de flèches³², Végèce qui parle du scorpion³³ ou les descriptions de tours mobiles au siège de Rhodes de 304 a. C. par Diodore de Sicile³⁴ et par Plutarque³⁵.

L'utilisation des sources iconographiques n'a qu'un intérêt restreint pour la restitution des machines vitruviennes et cela pour trois raisons : peu de représentations de machines sont parvenues jusqu'à nous (rien sur l'odomètre et pratiquement rien sur les machines de siège par exemple), souvent le support est difficilement lisible de par son état de préservation ou en raison de sa taille et enfin il faut être vigilant sur l'interprétation de ces sources. Dans quelle mesure l'artiste qui a figuré les machines était-il compétent pour les représenter ? Les variantes sont-elles de véritables options ou s'agit-il de vues artistiques ? Pour restituer les machines vitruviennes, deux cas d'analyse des sources iconographiques se présentent : 1) les sources confirment uniquement ce que l'on savait déjà ; 2) l'iconographie apporte de nouveaux éléments. Le premier cas concerne les machines d'élévation de l'eau³⁶, le moulin à eau³⁷ et les machines de jet³⁸.

³¹ Ammien Marcellin, XXIII, 4.

³² Plaute, *Les Captifs* 796.

³³ Végèce, *Abrégé des questions militaires* IV, 22 et V, 14.

³⁴ Diodore de Sicile, *La Bibliothèque historique* XX, 91.

³⁵ Plutarque, *Vie de Démosthène* 21, 1.

³⁶ Mosaïque d'Apamée sous le portique de la grande colonnade (Syrie, VI^e p. C.), relief en terre cuite du British Museum (Haut-Empire ?), mosaïque d'une des villas d'El Alia (Tunisie, II^e p. C.), relief en terre cuite de Memphis (époque impériale ?), graffito de l'*insula* delle Volte Dipinte à Ostie (3, 5, 1), fresque de la nécropole de Wardian à Alexandrie.

³⁷ Des moulins sont représentés sur la paroi d'une catacombe romaine (fin III^e p. C. ?), sur une mosaïque du palais impérial de Constantinople (fin V^e p. C. ?) et peut-être sur une mosaïque d'Utique. Cf.

Dans ce dernier domaine, les lanceurs de flèches figurés sur la colonne de Trajan pourraient apporter de nouveaux éléments mais ils sont d'un type que Vitruve ne décrit pas (et qui n'existait probablement pas encore à son époque) : ils sortent donc de notre problématique. Le second cas concerne d'abord les machines de soulèvement : l'iconographie³⁹ confirme l'usage des deux montants inclinés retenus par des haubans et celui des pinces de préhension ; elle atteste l'existence de la roue à écureuil à laquelle Vitruve fait seulement allusion⁴⁰ et montre aussi des

Ö. WIKANDER, *Vattenmöllor och möllare i det romerska riket* (diss. Lund) 1980, p. 55-58.

³⁸ Cf. le tombeau de Vedennius (ce tombeau est daté d'environ 100 p. C., cf. E. W. MARSDEN, *Greek and Roman Artillery. Historical Development*, Oxford, Clarendon Press, 1969, p. 185), le trophée de Pergame (c'est la plus ancienne représentation connue de catapulte et elle figure sur un bâtiment construit entre 197 et 159 a. C., *Ibid.*, pl. 9-13), la gemme d'Éros (*Ibid.*, pl. 2), ou l'intaille du Getty Museum (cette intaille date du II^e siècle p. C., cf. D. M. BAILEY, « Honorific Columns, Cranes and Tuna Epitaph », in D. M. BAILEY (ed.), *Archeological Research in Roman Egypt, Proceedings of the Seventeenth Classical Colloquium of the Department of Greek and Roman Antiquities, British Museum, 1-4, dec. 1993*, Ann Arbor, Journal of Roman Archaeology Supplement, 1996, p. 165).

³⁹ Peinture du caldarium de la villa San Marco (Musée archéologique de Castellamare, inv. 62532, cf. J. P. ADAM, *La Construction romaine : matériaux et techniques*, Paris, Picard, 1984, p. 46), peinture de la maison de Siricus à Pompéi (cf. J. P. ADAM & P. VARÈNE, « Une peinture romaine représentant une scène de chantier », *RA* 2 (1980), p. 213-238 et particulièrement p. 225), relief de Lucceius Peculiaris, Amphithéâtre de Capoue, Musée de la civilisation romaine (inv. 1691), relief des Haterii (Musée du Vatican), relief de Terracine (cf. J. P. ADAM, *La Construction romaine : matériaux et techniques*, Paris, Picard, 1984, p. 47), terre cuite de la via Cassia (Musée national, Rome, et J. P. ADAM, *Ibid.*, p. 46).

⁴⁰ Vitruve, X, 2, 7 : « Si toutefois un tambour plus grand a été installé, soit au milieu, soit à une extrémité, des hommes l'actionnant avec leurs pieds pourront, sans cabestan, réaliser plus promptement le travail » (trad. L. CALLEBAT, C. U. F., 1986).

câbles placés sous la roue pour contrôler son mouvement. On voit également sur ces sources des barres transversales qui lient les deux montants des chèvres quand celles-ci atteignent des dimensions importantes⁴¹ (ce n'est pas indiqué dans le texte de Vitruve), de même que des palans sur les haubans (*retinacula*) pour pouvoir ajuster leur longueur au moment où la chèvre est inclinée. C'est en effet plus rapide et plus sûr de régler la longueur des *retinacula* avec des palans plutôt que de reprendre leur fixation aux piquets fichés dans le sol. Les sources iconographiques apportent ensuite beaucoup d'éléments sur l'orgue hydraulique⁴² : elles confirment qu'il est courant d'utiliser deux pompes⁴³ sur ce type d'appareil alors qu'Héron proposait une variante d'orgue avec une seule pompe⁴⁴ ; elles montrent que les tuyaux sont en ordre croissant de gauche à droite de l'organiste, ce qui place les aigus à droite et les graves à gauche, comme aujourd'hui. On note la présence d'une barre transversale à mi-hauteur des tuyaux pour les maintenir et enfin la présence de personnages près de l'orgue donne une idée de la taille de la

⁴¹ PH. FLEURY, *op. cit.* n. 21, p. 126.

⁴² J. PERROT, *L'Orgue de ses origines hellénistiques à la fin du XIII^e siècle*, Paris, Picard, 1965, p. 103-140. On constate qu'un grand nombre de ces représentations date du III^e siècle p. C., cf. L. E. SZONNTAGH, « Statistical Treatment of Hydraulis Data », in H. EGGBRECHT (ed.), *Orgel der klassischen Antike : die Aquincum-Orgel A. D. 228, Bericht über das Colloquium des Musikwissenschaftlichen Instituts der Ungarischen Akademie der Wissenschaften, 1.-4. September 1994 in Budapest*, Kleinblittersdorf, Musikwissenschaftliche Verlagsgesellschaft, 1997, p. 99-104.

⁴³ Voir par exemple la gemme du British Museum, inv. 1051 ; la lampe à huile de Carthage, Musée national inv. 885.1 ; le sarcophage de Julia Tyrrania conservé au Musée d'Arles ; la lampe à huile du British Museum, inv. GR 1965. 10.11.1 ; la mosaïque de Zliten, Tripolis, Musée national ou encore le graffito de la basilique San Sebastiano de Rome (en dehors des murs).

⁴⁴ Héron, *Les Pneumatiques* I, 42.

machine⁴⁵. Notons à ce sujet qu'une mosaïque récemment mise au jour en Espagne montre des opérateurs en train d'activer les deux pompes de l'orgue, ce qui est assez rare dans l'iconographie⁴⁶. Le bilan de l'intérêt des sources iconographiques pour la restitution des machines vitruviennes est donc moindre en termes de quantité que celui des sources textuelles mais il est d'une importance notable pour la restitution de l'orgue hydraulique et des systèmes de levage.

L'utilisation des sources archéologiques est relativement réduite pour restituer les machines vitruviennes, et cela en raison de leur nature même : sauf cas exceptionnels, le bois n'est pas préservé, or c'est le matériau de base de ces constructions. Ensuite, dénuées de leur « cadre », les pièces métalliques sont difficiles à interpréter et il est probable que nombre d'entre elles soient encore non identifiées dans des réserves de musées⁴⁷. Pour

⁴⁵ Voir par exemple la gemme du British Museum, inv. 1051 ; la terre cuite d'Alexandrie, Paris, Musée national du Louvre, inv. CA 426 ; la lampe à huile du British Museum, inv. GR 1965. 10.11.1 ; la mosaïque de Zliten, Tripolis, Musée national, ou encore le graffito de la basilique San Sebastiano de Rome (en dehors des murs). Pour des études plus détaillées sur l'orgue hydraulique, cf. PH. FLEURY, « L'Orgue de l'Antiquité à nos jours », *Schedae*, Prépublications de l'Université de Caen Basse-Normandie, fascicule n°1, 2005 ; Catalogue de l'exposition *Du Nil à Alexandrie*, Laténium, Neuchâtel, 2010 (chapitre « L'Orgue hydraulique antique ») et M. MARKOVITS, *Die Orgel im Altertum*, Leyde / Boston, Brill, 2003.

⁴⁶ Villa romaine de Noheda, scène D de la « Sala Triabsidada », cf. <http://informes.patrimonioclm.es/patrimonio.html>. Pour d'autres exemples, voir la gemme du British Museum 1051 et le sarcophage d'un organiste conservé à Arles, Musée lapidaire d'Art païen, Espérandieu inv. 180.

⁴⁷ Rappelons à titre d'anecdote que le sommier de l'orgue hydraulique retrouvé à Avenches (Suisse), à proximité de l'amphithéâtre et dans le périmètre du palais, a au départ été classé comme grille de cuisson (inv. 1865 / 1225). Pour une étude détaillée de cet orgue, cf. F. JAKOB, M. LEUTHARD, A. VOÛTE & A. HOCHULI-GYSEL, *Die Römische Orgel aus Avenches / Aventicum*, Avenches, Documents du Musée romain d'Avenches, 2000.

synthétiser l'état des sources archéologiques sur les machines vitruviennes, disons que leur première vertu est de garantir l'existence des machines de Vitruve (sauf pour l'odomètre). Bien souvent, elles confirment d'ailleurs le texte du I^{er} siècle a. C. : mesure du cadre des catapultes d'Ampurias ou structure du sommier de l'orgue hydraulique avec la découverte d'Aquincum en Hongrie⁴⁸. Les cas les plus intéressants sont les variantes par rapport au texte et les compléments apportés par ces restes archéologiques. Comme nous pouvions le supposer, et c'est d'ailleurs aussi le cas pour l'architecture, Vitruve fait des choix⁴⁹ et il est donc naturel de trouver des traces de machines s'écartant des préconisations vitruviennes⁵⁰. Les principales variantes se concentrent sur les machines à élever l'eau⁵¹ : les augets sont placés ailleurs que sur le côté de la roue⁵², le nombre de spirales à

⁴⁸ L. NAGY, *Die Orgel von Aquincum*, Budapest, az Aquincumi műzsetm kiadványa II, 1933 ; H. EGGBRECHT (ed.), *Orgel der klassischen Antike : die Aquincum-Orgel A. D. 228, Bericht über das Colloquium des Musikwissenschaftlichen Instituts der Ungarischen Akademie der Wissenschaften, 1.-4. September 1994 in Budapest*, Kleinblittersdorf, Musikwissenschaftliche Verlags-Gesellschaft, 1997 ; M. KABA, *Die römische Orgel von Aquincum. 3. Jahrhundert*, Budapest, Akadémiai Kiadó, 1976.

⁴⁹ Vitruve, X, 7, 5 : « J'ai retenu, parmi ces inventions, celles que j'ai estimées particulièrement utiles et nécessaires (*maxime utilia et necessaria*) » et Vitruve, X, 16, 1 : « J'ai exposé ce qui m'est apparu le plus pertinent » (trad. L. CALLEBAT, C. U. F., 1986).

⁵⁰ Vitruve sait que les machines qu'il décrit seront adaptées : « Mes informations mêmes ne sont pas utilisables en tous lieux et d'une manière identique, les fortifications différant les unes des autres ainsi que les qualités combattives des peuples » (Vitruve, X, 16, 1, trad. L. CALLEBAT, C. U. F., 1986).

⁵¹ Une synthèse sur les sources archéologiques des machines d'élévation a été réalisée par S. COADIC, *Les Machines d'élévation dans le monde romain, du II^e a. C. au VI^e p. C.* (diss. Bordeaux 3) 2009.

⁵² Vitruve, X, 4, 3 : *circum extremum latus rotae figentur modioli*. Sur les roues retrouvées à São Domingos au Portugal, les augets sont placés sur le bord extérieur de la circonférence. Cf. CL. DOMERGUE, CH. BINET

l'intérieur de la vis d'Archimède change...⁵³ On note aussi une différence assez importante sur le sommier de l'orgue hydraulique miniature d'Aquincum sur lequel des fermetures à glissière viennent prendre la place des robinets vitruviens pour l'ouverture et la fermeture des registres⁵⁴. En tout état de cause, ces changements ne modifient pas le principe de la machine et ne changent rien au niveau de la restitution : il n'y a pas de légitimité à préférer ces variantes au texte. Nous noterons par contre deux ajouts importants qui peuvent être intégrés aux restitutions de machines de jet (baliste et catapulte) : les encliquetages à rochet que l'on repère notamment parmi les restes archéologiques d'Ephyra en Grèce sont à restituer sur ces machines⁵⁵. Toujours au même endroit, D. Baatz⁵⁶ a identifié des bagues de serrage en bronze⁵⁷. Ce sont des pièces mentionnées par Vitruve mais l'archéologie nous permet de comprendre comment elles sont fixées pour ne pas tourner. Un apport important a aussi été fourni par la découverte de la moufle de

& J. L. BORDES, « La Roue de São Domingos », *Musée des arts et métiers. La revue* 27 (1999), p. 49-59.

⁵³ Vitruve propose de construire une vis à huit spirales (X, 6, 2 : *fixae regulae per octo crassitudinis diuisiones inuolutos faciunt canales*), mais des vis à une seule spirale ont été retrouvées en Espagne (G. F. HILL & H. W. SANDARS, « Coins from the Neighbourhood of a Roman Mine in Southern Spain », *JRS* 1 (1911), p. 100) et des vis à quatre spirales ont été mises au jour dans une mine espagnole (J. GONZALO Y TARIN, *Descripcion fisica, geologica y minera de la provincia de Huelva*, Madrid, Mem. Mapa geol. di España, 2, 1888, p. 508).

⁵⁴ PH. FLEURY, *op. cit.* n. 21, p. 179-204. L'utilisation de glissières est attestée aussi chez Vitruve, et toujours sur l'orgue hydraulique, mais dans le canon musical.

⁵⁵ D. BAATZ, « Hellenistische Katapulte aus Ephyra (Epirus) », *MDAI(A)* 97 (1982), p. 211-233.

⁵⁶ D. BAATZ, « Teile hellenistischer Geschütze aus Griechenland », *Deutsches Archäologisches Institut. Archäologischer Anzeiger* (1979), p. 68-75.

⁵⁷ Ces pièces sont aussi attestées à Hatra, en Mésopotamie.

Kenchréai (port de l'ancienne Corinthe)⁵⁸ : elle donne une idée de la section des cordes qu'utilisent les anciens. On estime que cette pièce était utilisée avec des cordes de 3 cm de diamètre avec une résistance d'au moins 540 kg chacune⁵⁹. Cette donnée servira de référence pour les restitutions de cordes sur les chèvres vitruviennes. Comme pour les sources iconographiques, le bilan de l'intérêt des sources archéologiques est assez faible mais en plus des éléments présentés ci-dessus, elles certifient au moins que les machines décrites par Vitruve ne sont pas uniquement théoriques mais qu'elles correspondent bien aux pratiques d'une époque.

II

Comprendre les machines à travers la restitution

Nous venons d'évoquer l'analyse des sources pour la restitution des machines vitruviennes mais il y a aussi un mouvement inverse d'un point de vue conceptuel, qui consiste à revenir au texte à partir de la restitution. Les manuscrits du livre X du *De architectura* ont en effet transmis un texte corrompu sur un certain nombre de points. Quand Fra Giocondo a tenté pour la première fois en 1511 de restituer par le dessin les machines vitruviennes⁶⁰, il s'est heurté à cette difficulté. Il est probable que les copistes qui ont permis à ce livre X de parvenir jusqu'à nous recopiaient le latin sans comprendre réellement le fonctionnement des machines et, de corruptions en oublis de mots, le texte a perdu la clarté que lui revendiquait Vitruve (V, *praef.* 2 : *perlucidis sententiis*). Pour rendre certains passages intelligibles et pour dessiner les machines, Fra Giocondo a dû proposer des corrections ou des ajouts qui sont bien souvent judicieux.

⁵⁸ J. SHAW, « A Double Sheaved Pulley Block from Kenchrai », *Hesperia* 36 (1967), p. 389-401.

⁵⁹ J. P. ADAM, « À propos du trilithon de Baalbek, le transport et la mise en œuvre des mégalithes », *Syria* 54 (1977), p. 31-63.

⁶⁰ Fra Giocondo a réalisé 26 figures pour illustrer son édition du livre X de Vitruve.

L'ingénieur véronais avait les compétences pour effectuer ce travail puisqu'il était lui-même reconnu comme un *mechanicus* par ses contemporains⁶¹. Toutes les corrections de texte proposées par Fra Giocondo ne sont pas pertinentes, car il a parfois interprété le texte de Vitruve à la lumière des pratiques de son temps⁶², mais cet article n'a pas vocation à dresser un catalogue de ses erreurs. Essayons plutôt de voir quelles sont les modifications qu'il a apportées pour rendre les machines compréhensibles et qui font toujours autorité aujourd'hui. Nous prendrons deux exemples de corrections indispensables pour donner du sens au texte dans les descriptions de la vis d'Archimède et de l'orgue hydraulique. Pour la machine à élever l'eau, Fra Giocondo a remplacé un *pedes* unanime dans la tradition manuscrite par *partes*. Voici le texte corrigé dans l'édition française la plus récente : *in capitibus circino diuidentur circumitiones eorum tetrantibus et octantibus in partes octo eaeque lineae ita collocentur ut [...]*⁶³. La division en huit segments correspond à la notion d'octant, c'est-à-dire à la division d'un cercle en huit fois 45 degrés. La vis sans fin est ainsi pourvue de huit spirales. Avant cette correction, le texte ne permettait pas de restituer la machine : cela n'a aucun sens de vouloir couper un cercle en huit pieds (huit pieds à la circonférence de chaque secteur ?), puisque cela imposerait de partir d'un cercle de diamètre donné sans aucune latitude d'adaptation de la longueur de la vis en fonction du terrain où elle

⁶¹ Les architectes ingénieurs de la Renaissance s'adjoignent généralement des humanistes mais Fra Giocondo a justement cette particularité d'être à la fois philologue et ingénieur.

⁶² Voir la correction de *duo tigna* en *tria tigna* sur la chèvre simple, PH. FLEURY, « Les Illustrations du livre X de Vitruve dans l'édition de Fra Giocondo : entre restitution et interprétation », in P. GROS & P. N. PAGLIARA, 25^e *Seminario internazionale di storia dell'architettura, Giovanni Giocondo umanista, artitetto e antiquario, 10-12 juin 2010*, à paraître.

⁶³ Vitruve, X, 6, 1 : « Aux extrémités, on divisera au compas la circonférence, par quadrants et octants, en huit segments et les lignes seront situées de telle sorte que [...] » (L. CALLEBAT, C. U. F., 1986).

serait installée. Le deuxième exemple est une correction de *super* (donné par tous les manuscrits) en *subter* quand Vitruve indique que l'entonnoir renversé de l'orgue hydraulique (pnigée) ne doit pas poser directement au fond de la cuve (*ara*). La présence des tasseaux **en dessous** permet à l'eau de s'échapper par le bas du réservoir quand les pompes y envoient de l'air : *intra aram, quo loci aqua sustinetur, inest pnigeus uti infundibulum inuersum, quem subter taxilli alti circiter digitorum ternum suppositi librant spatium imum ima inter labra pnigeos et arae fundum*⁶⁴. La fin de la phrase avec *imum ima inter labra* indique clairement que l'espace est ménagé sous le pnigée et par conséquent que les tasseaux sont obligatoirement installés **sous** cet entonnoir renversé, qui fait office de régulateur de pression. La leçon corrompue des manuscrits rendait toute représentation du fonctionnement impossible : si les tasseaux ne sont pas placés sous le réservoir central, l'eau ne s'en échappe plus. Il n'y aurait donc pas de différence de niveau d'eau entre celui de la cuve et celui de l'entonnoir central et par conséquent pas de régulation de la pression de l'air, nécessaire pour jouer de la musique. Avant les premières tentatives de restitution de l'ingénieur véronais, les différentes éditions et notamment l'*editio princeps* de 1486 n'avaient pas résolu ces problèmes de sens, se focalisant sur la correction grammaticale du latin. Nous ne multiplierons pas les exemples mais l'expérience de Fra Giocondo montre que l'étape de restitution des machines est capitale pour l'établissement d'un texte comme le livre X de Vitruve. Il convient bien sûr de rester mesuré dans l'introduction de corrections en fonction de la réalité pratique afin de ne pas tomber dans des excès allant contre une tradition manuscrite unanime : il a par exemple fallu attendre l'édition de Choisy de 1909 pour voir la première illustration de chèvre simple tenue par deux montants et des *retinacula*, au lieu

⁶⁴ Vitruve, X, 8, 2 : « À l'intérieur de l'autel, là où l'eau est contenue, est mis le pnigée, sorte d'entonnoir renversé qui pose sur des tasseaux d'environ trois doigts de haut ménageant, de niveau, un espace dans le bas, entre les bords inférieurs du pnigée et le fond de l'autel » (trad. L. CALLEBAT, C. U. F., 1986).

des trois montants abusivement dessinés depuis Fra Giocondo avec une correction du texte de *duo* en *tria tigna*⁶⁵. Fra Giocondo, s'il a été le premier à introduire une série de corrections au texte pour rendre les machines restituables, a d'ailleurs connu une postérité illustre. Nous ne citerons qu'un seul exemple : E. Schramm qui fut véritablement le premier à comprendre le fonctionnement des machines de jet vitruviennes au début du XX^e siècle⁶⁶. Nous n'allons pas lister ici toutes les corrections de texte apportées par E. Schramm sur la partie mécanique militaire du *De architectura*, mais pour comprendre à quel point il a levé le voile sur un texte très difficile à comprendre, en restituant lui-même les machines, nous ne citerons qu'un chiffre : sur le seul chapitre consacré aux catapultes (X, 10, 1-6), il a introduit vingt corrections toujours reconnues aujourd'hui dans la Collection des Universités de France.

Un intérêt supplémentaire de la restitution des machines dans le retour au texte est de pouvoir expérimenter les systèmes pour valider la description vitruvienne. Restons sur le cas d'étude de la chèvre : il est pratiquement indispensable d'ajouter un système d'encliquetage sur le treuil pour éviter tout mouvement de retour pendant le levage. L'utilisation de systèmes d'encliquetage est d'ailleurs bien attestée sur les machines de jet par l'archéologie (découverte d'Ephyra en Grèce par exemple).

⁶⁵ Cf. PH. FLEURY, *op. cit.* n. 62.

⁶⁶ Voir notamment E. SCHRAMM, *Die antiken Geschütze der Saalburg*, Berlin, Weidmann, 1918, et E. SCHRAMM, « Bemerkungen zu der Rekonstruktion griechisch-römischer Geschütze », *Jahrbuch der Gesellschaft für lothringische Geschichte und Altertumskunde* 16 (1904), p. 142-160 ; 18 (1906), p. 276-283 ; 21 (1909), p. 86-90. D. BAATZ corrigea ensuite certaines erreurs d'E. SCHRAMM, ce qui permit d'avoir une idée très juste de ces machines. Voir par exemple D. BAATZ, « Hellenistische Katapulte aus Ephyra (Epirus) », *MDAI (A)* 97 (1982), p. 211-233.

III

La restitution comme média pour la connaissance et la diffusion des textes vitruviens

On ne pourrait clore ce tour d'horizon sans mentionner la restitution virtuelle⁶⁷ (c'est-à-dire la restitution informatique en trois dimensions), qui permet aussi de multiplier les alternatives en créant plusieurs modèles expérimentaux sans générer de difficultés de stockage, puisque ces derniers n'occupent que quelques millions d'octets sur un disque dur. La facilité de la mise à jour du modèle virtuel, réversible, sans détruire l'hypothèse de départ (on peut stocker une modélisation de chèvre en version 1, version 2...) et l'écologie même du mode d'expérimentation (le support est dématérialisé) ouvrent aux chercheurs un vaste champ d'études.

Le fait que la première édition illustrée de Vitruve date de la Renaissance n'est pas un hasard : c'est à cette époque que l'on va pour la première fois réunir les compétences philologiques, historiques et techniques pour tenter des restitutions, tant dans le domaine de l'architecture que dans celui des instruments et machines de l'Antiquité. En 1443, Flavio Biondo entreprend la rédaction de *Roma instaurata*, la première œuvre dans laquelle la description de Rome est scientifique, avec une confrontation des sources archéologiques et littéraires. Ce travail de philologie et d'archéologie dont Flavio Biondo est l'initiateur va ouvrir la voie

⁶⁷ Trois notions fondamentales sont attachées à la réalité virtuelle : l'immersion (c'est l'opération qui consiste à entrer dans l'image de manière physique ou mentale), l'interaction (il est possible d'interagir en temps réel avec l'image pour la transformer) et la navigation (évoluer dans le mode virtuel), cf. le dossier « Reconstitution virtuelle de la Rome antique », *Cahiers de la Maison de la Recherche en Sciences Humaines de Caen*, 14 (1998), et PH. FUCHS & G. MOREAU (eds.), *Le Traité de la réalité virtuelle*, Paris, Presses de l'École des mines de Paris, 2002, p. 6 : « Les techniques de la réalité virtuelle sont fondées sur l'interaction en temps réel avec un monde virtuel, à l'aide d'interfaces comportementales permettant l'immersion pseudo-naturelle des utilisateurs dans cet environnement ».

à des travaux novateurs. Après la description purement littéraire, arriveront les relevés systématiques de monuments antiques⁶⁸ et les premières représentations iconographiques de Rome faites dans le même esprit avec Pirro Ligorio en 1570⁶⁹. C'est dans ce courant culturel et intellectuel que Giocondo, Philandrier et Barbaro élaborent leurs éditions et que les premiers essais de dessins de machines vitruviennes apparaissent. C'est toujours à la Renaissance que l'intérêt du *De architectura* est mis en lumière, que l'on va utiliser le traité comme modèle pour l'architecture classique et pour comprendre le degré de technicité atteint par les Anciens. De même qu'une étape avait clairement été franchie à cette époque, nous voudrions montrer comment la restitution des machines ou des systèmes mécaniques (notamment réalisée avec les moyens multimédias actuels et les vastes possibilités de diffusion offerts par l'Internet) permet en plus de faire progresser la recherche, de créer des applications pédagogiques ou des produits tournés vers le grand public qui peuvent peut-être donner un nouveau souffle à la diffusion des études vitruviennes. Nous prendrons deux exemples d'applications tournées vers ces publics : les restitutions de machines vitruviennes sur le site de l'ERSAM (Équipe de Recherche Technologique éducation 2003 « Sources anciennes, multimédias et publics pluriels »⁷⁰) et le projet « Sur les pas d'Eratosthène », porté par l'association « La main à la pâte »⁷¹.

Pour le premier projet, partant du constat qu'il y avait un paradoxe entre la diffusion exponentielle des textes anciens auprès du grand public, en particulier par le biais des

⁶⁸ L. Battista Alberti fait des relevés précis et publie en 1485 un traité d'architecture fortement marqué par l'influence de Vitruve.

⁶⁹ Cf. PH. FLEURY, « Roma re-instaurata, sur les traces de Flavio Biondo », *Colloque international Le mythe de Rome en Europe : modèles et contre-modèles, Caen, 27-29 novembre 2008*, à paraître.

⁷⁰ www.unicaen.fr/ersam. Cette équipe a été créée par C. Jacquemard et Ph. Fleury, professeurs de latin à l'Université de Caen Basse-Normandie.

⁷¹ www.lamap.fr.

bibliothèques numériques, et la diminution très nette de la familiarité avec les humanités et la pratique experte du latin et du grec dans le paysage scolaire et universitaire, l'objectif était de rendre accessibles les sources anciennes à de larges publics en utilisant les technologies multimédia, en particulier la réalité virtuelle. Un site Internet a donc été créé avec un onglet « Instruments et machines », qui met à disposition du grand public la démarche de création des restitutions virtuelles des machines vitruviennes : mise en ligne des sources anciennes (texte latin, traduction, sources iconographiques et archéologiques avec leur localisation), analyse du corpus, création de schémas en deux dimensions avec les légendes latines associées, images en trois dimensions (éventuellement en transparence pour visualiser les mécanismes intérieurs⁷²) et enfin films d'animation pour voir la machine en cours de fonctionnement. L'intérêt de l'Internet est de partager ce savoir sans barrières géographiques et surtout de donner au public l'intégralité de la démarche pour qu'il mesure le travail de recherche effectué et qu'il évalue la pertinence des restitutions⁷³. Les sites web de cette équipe connaissent une fréquentation importante (plus de cinq millions de pages consultées chaque année), montrant que ce média peut assurer une diffusion du savoir à côté des voies institutionnelles classiques. Le caractère attractif de la restitution virtuelle des machines vitruviennes permet une approche pédagogique innovante pour susciter la curiosité à l'égard du mouvement intellectuel qui a permis leur invention, à l'égard du contexte historique de leur création ou des espaces culturels qui leur ont permis d'arriver jusqu'à nous. Pour valoriser ses restitutions, l'ERSAM a également mis en place les « Nocturnes du Plan de Rome », des séances mensuelles de 45 minutes au cours desquelles deux chercheurs emmènent une centaine de personnes d'horizons très différents visiter la Rome

⁷² Cf. les restitutions de la pompe à pistons ou de l'orgue hydraulique sur www.unicaen.fr/ersam.

⁷³ Voir aussi pour les restitutions architecturales sur www.unicaen.fr/rome.

antique virtuelle⁷⁴. Or si, comme on pouvait l'attendre, la visite des bâtiments crée un véritable engouement, le public est aussi demandeur d'explications sur les techniques du monde romain. La visite de certains secteurs de la Ville s'adapte bien à une mise en valeur de la restitution des machines de Vitruve : en entrant dans le théâtre de Pompée, on peut introduire la question des *sparsiones*⁷⁵, les aspersions d'eau brumisée dans les édifices de spectacle et parler de la pompe à pistons, la seule machine ancienne à pouvoir envoyer de l'eau sous pression⁷⁶ ; pendant la visite du Colisée, les spectateurs sont intrigués par la présence de

⁷⁴ L'Université de Caen Basse-Normandie possède un objet patrimonial de première importance : une maquette en plâtre de la Rome antique comme il n'en existe que trois au monde. La présence de cet objet d'art de 70 m² a suscité la création en 1994 d'une équipe de recherche qui travaille depuis à la restitution d'un double virtuel, scientifiquement à jour (ERTÉ 2003 ERSAM). L'objectif de l'équipe est de réaliser une maquette virtuelle entièrement interactive de la Ville de Rome dans laquelle l'utilisateur pourra circuler librement à l'échelle 1 (en vue objective ou subjective), entrer à l'intérieur des principaux monuments publics et visiter quelques habitations privées. La perspective est scientifique et pédagogique : il s'agit de créer pour les chercheurs un outil de documentation et d'expérimentation, pouvant continuellement être mis à jour, et pour le public un outil de visualisation d'une réalité difficilement perceptible aujourd'hui. Cf. PH. FLEURY & S. MADELEINE, « Problématique d'une restitution globale de la Rome antique », in R. VERGNIEUX & C. DELEVOIE (eds.), *Actes du colloque international Virtual Retrospect 2007*, Bordeaux, Ausonius édition, 2008, p. 55-60.

⁷⁵ Cf. S. MADELEINE, « Le Système hydraulique pour les aspersions d'eau et de parfum », *Le Complexe pompéien du Champ de Mars, une ville dans la ville. Reconstitution virtuelle d'un théâtre à arcades et à portique au IV^e siècle p.C.* (diss. Caen Basse-Normandie) 2006, p. 406-425, et PH. FLEURY, « Les *sparsiones* liquides dans les spectacles romains », *REL* 86 (2008), p. 97-112.

⁷⁶ PH. FLEURY, « La *machina Ctesibica*. Comment projeter de l'eau sous pression dans l'Antiquité ? », in M. MOLIN (ed.), *Actes du colloque international Archéologie et histoire des techniques du monde romain*, Paris, de Boccard, 2008, p. 119-132.

l'orgue hydraulique sur l'arène⁷⁷ (à quoi sert-il, comment fonctionne t-il, quel est le rôle de l'eau, inattendue dans un appareil à vents ? etc.).

Le deuxième projet parmi d'autres qui nous semble très intéressant est « Sur les pas d'Eratosthène », une idée lancée par l'association « La main à la pâte ». Fondée en 1996 à l'initiative de G. Charpak, prix Nobel de physique 1992, P. Léna et Y. Quéré de l'académie des Sciences, son but est de « favoriser un enseignement fondé sur une démarche d'investigation scientifique »⁷⁸. L'expérience en question a permis à des milliers d'élèves âgés de 8 à 14 ans d'utiliser un gnomon pour en mesurer l'ombre à midi. La synthèse des données a abouti à une évaluation de la circonférence de la terre. Cette expérience est tout à fait dans la ligne de la méthode proposée par Vitruve pour trouver le Nord en utilisant simplement un gnomon et une plaque de marbre (I, 6, 6). De telles mises en œuvre pédagogiques à grande échelle semblent indiquées pour susciter chez de jeunes élèves la soif des humanités, en une période où l'utilité des études classiques est remise en cause.

Nous avons tenté de montrer que la restitution des machines vitruviennes n'est pas simple, qu'elle demande de multiples compétences, mais que les enjeux sont à la mesure de la difficulté de la tâche. Non seulement les chercheurs peuvent continuer d'évoluer sur la connaissance des techniques romaines en restituant, mais en plus, les résultats sont exploitables en termes de valorisation de la recherche auprès du grand public. L'exploitation des textes techniques prend de plus en plus d'ampleur dans les milieux universitaires et c'est une aubaine. Tant que les restitutions des machines vitruviennes seront effectuées dans ce contexte et après une analyse exhaustive des sources anciennes, elles seront un média privilégié pour

⁷⁷ L'iconographie (par exemple la mosaïque de Zliten, Tripolis, Musée national) et les découvertes archéologiques montrent clairement que l'orgue était utilisé pendant les jeux pour rythmer les combats et peut-être pour occuper les intermèdes.

⁷⁸ www.lamap.fr.

expérimenter, confirmer ou infirmer des hypothèses. Leur mise à disposition du public ne peut ensuite apporter que de la plus-value, tant en termes de diffusion des connaissances qu'en termes d'outils pédagogiques innovants.