

Scierie Hydraulique de Gerasa/Jarash: Restitution Théorique et Restitution Matérielle d'une Machine Hydraulique du VI^e Siècle de Notre ère

L'anastylose d'un monument antique n'est que très rarement possible. Le plus souvent seule une restitution matérielle partielle est envisageable et parfois menée à bien. Toutefois, dans un cas comme dans l'autre, ces travaux ne peuvent – et ne devraient – être que l'ultime étape d'un long et minutieux processus d'étude et d'analyse des vestiges matériels conservés. Seul en effet ce travail préalable peut permettre de proposer la restitution graphique la plus vraisemblable, permettant de juger du bien-fondé ou non d'une «restauration» matérielle, ainsi que des limites que cette dernière devrait respecter. Bien souvent, la «restauration» matérielle s'avère trop aléatoire, voire impossible, trop peu d'éléments de l'ancienne construction étant accessible à l'étude et ceux qui le sont ne permettant pas «d'assurer», physiquement, la restitution. Souvent également, ce sont de simples contraintes budgétaires qui limitent la reconstruction de «l'objet» étudié à sa seule image de papier, bien moins onéreuse à réaliser (et à entretenir...).

Depuis quelques années, la qualité, la précision et la rapidité d'exécution des dessins de restitution ont été considérablement améliorées grâce à l'introduction de l'informatique et du dessin assisté par ordinateur. Les puissances de calcul accessibles aujourd'hui sont telles que le «pouvoir évocateur» de ces restitutions, proposées par «l'archéologie virtuelle» et accessible depuis chez soi via Internet, semble rendre encore plus inutile toute restauration matérielle, toute anastylose (à l'exception de quelques monuments de sites prestigieux, produits d'appel pour touristes). Le développement de ces techniques de dessin 3D, celle des banques de données informatisées d'éléments architecturaux où il «suffit» de piocher colonnes, chapiteaux et autres «motifs», ... celle enfin d'une demande croissante de la part des médias et des organismes de «com-

munication» de reconstitutions «spectaculaires» et rapidement disponibles, conduisent parfois à marginaliser l'analyse pointilleuse des vestiges matériels, à ne plus la considérer comme indispensable. Les modèles numériques disponibles permettant de restituer une «image virtuellement suffisante» du monument ruiné, les vestiges matériels deviendraient même une gêne aux «belles restitutions graphiques». Ces dernières finiraient alors par proposer non une image de ce qu'avait pu être le monument, mais de ce qu'il aurait pu être, ou même dû être selon les «goûts du public», le virtuel supplantant progressivement le réel.

L'anastylose graphique, même la plus scrupuleuse et documentée, basée sur l'examen et l'analyse minutieuse de chaque élément conservé serait-elle pour autant suffisante? Permet-elle de cerner l'ensemble des problèmes posés? de rétablir le monument dans sa plus grande globalité et précision? Sans relancer le vieux débat sur la nécessité scientifique ou non de l'anastylose des monuments anciens, seule à même de prouver le bien-fondé des hypothèses proposées, (l'anastylose ne tolère aucune erreur: chaque bloc, taillé sur mesure, étant unique, il ne peut occuper qu'une seule place dans le monument), la question apparaît toute différente lorsque l'étude porte sur des machines antiques. Le problème est alors bien plus complexe, la restitution concernant non plus les interrelations de simples volumes «statiques», plus ou moins complexes et décorés, mais celles de volumes en mouvements relatifs les uns par rapport aux autres, dont beaucoup étaient en matériaux périssables ou recyclables, celles de forces variables mises en œuvre pour produire des effets difficilement chiffrables sans expérimentation directe.

L'anastylose, ou la reconstitution matérielle, sont alors les seuls moyens qui permettent de véri-

JACQUES SEIGNE

fier la justesse ou non des hypothèses de restitution avancées, non seulement pour l'objet lui-même, mais également pour son fonctionnement supposé.

C'est une telle expérience qui a été tentée à Jarash, avec la reconstitution d'une des plus anciennes machines connues : une scierie hydraulique du VI^e siècle.

Les Vestiges Matériels

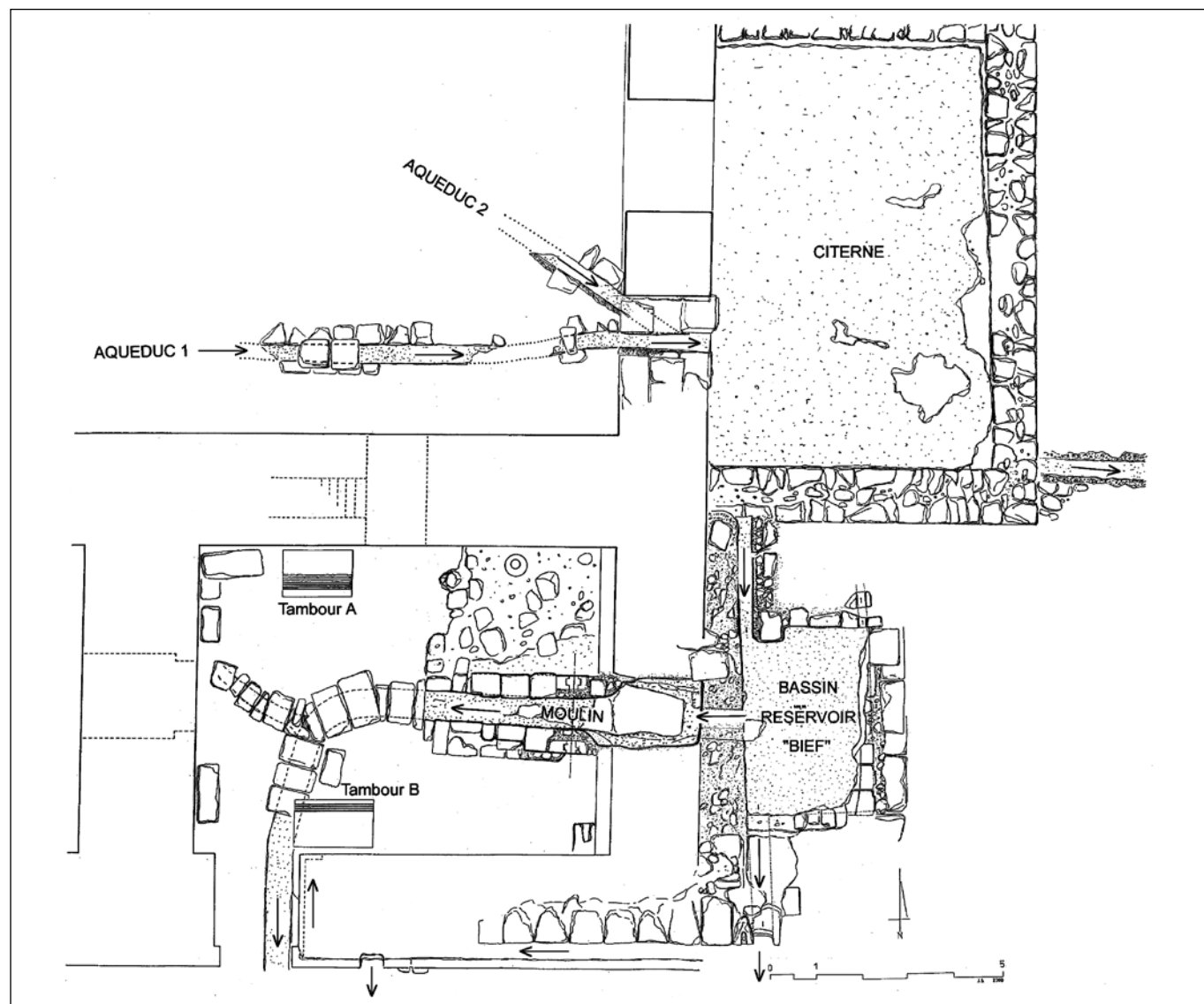
En 1926, lors de la phase préliminaire à la grande fouille menée à Jarash (Jordanie) par les équipes anglo-saxonnes dirigées par C.H. Kraeling (1938), la petite salle voûtée (8,65m/6,65m) marquant l'extrémité orientale du cryptoportique méridional du sanctuaire d'Artémis à Gerasa (Jarash) fut dégagée par G. Horsfield, pour y aménager un mu-

sée lapidaire. Cette salle abritait les vestiges bien conservés d'un moulin hydraulique associés à deux tambours de colonne de grand diamètre abandonnés en cours de sciage. Cette fouille, semble-t-il, ne fut jamais publiée ni même mentionnée et resta complètement inédite jusqu'en 2002 date à laquelle ces vestiges furent interprétés comme ayant appartenu à la plus ancienne scierie mécanique actuellement connue au monde (Seigne 2002a, 2002b et 2002c).

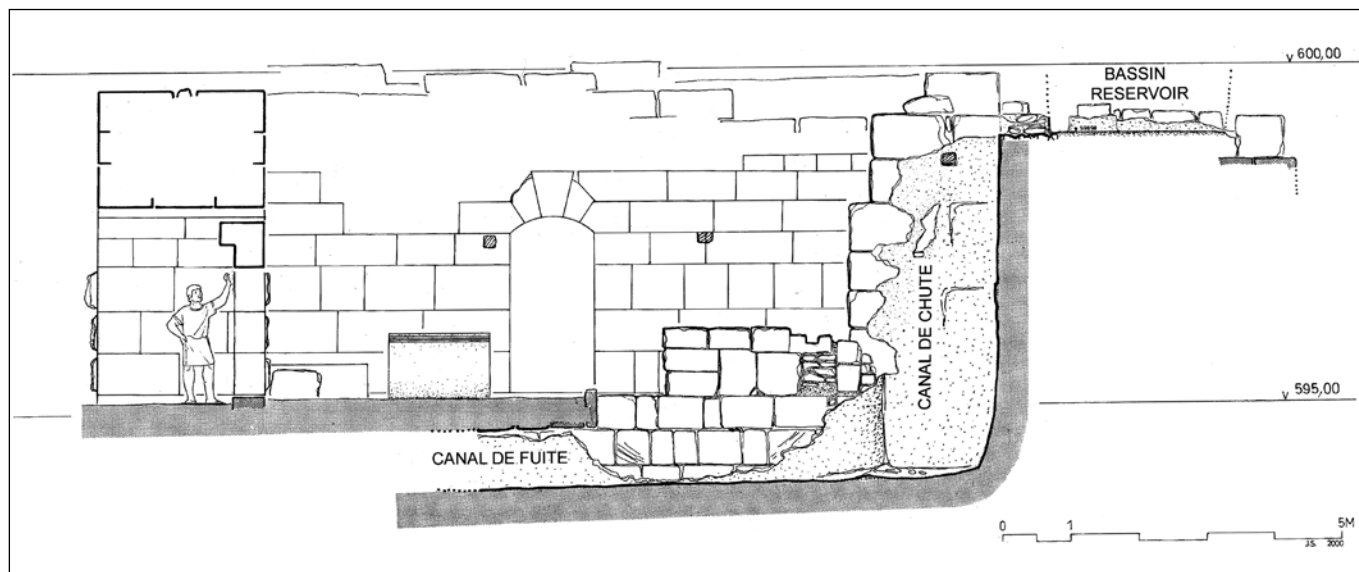
Restitution Théorique

A- Des vestiges matériels au principe de fonctionnement : du concret à l'immatériel

Les différents éléments conservés ont déjà été décrits (Seigne 2002a) (FIGS. 1-2). Rappelons simplement que le trop plein d'une large citerne



1. Plan général de l'installation. Relevés et dessin, J. Seigne.



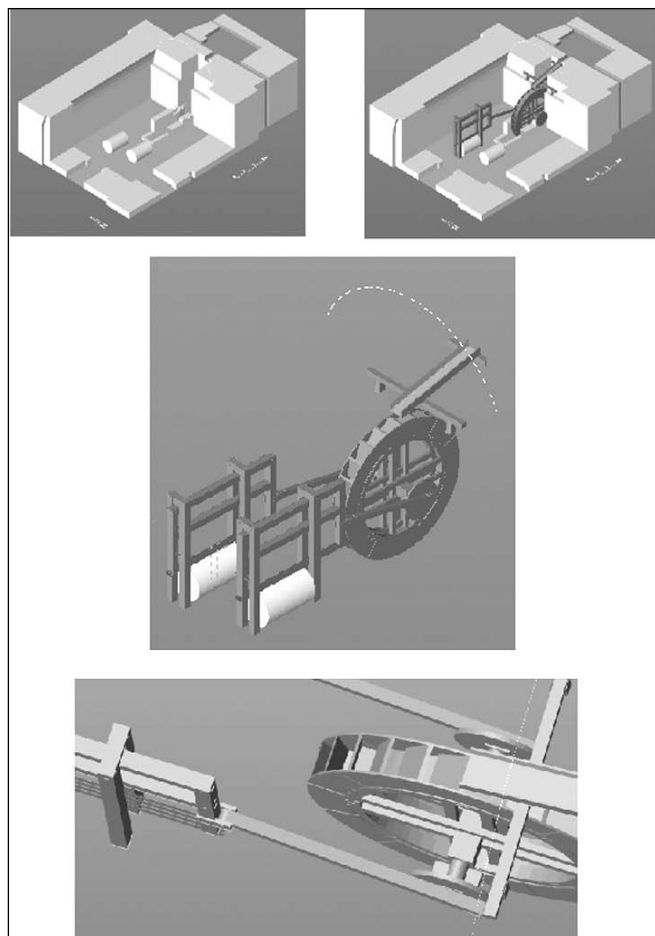
2. Coupe ouest/est des vestiges après la fouille de 2007. Relevés et dessin, J. Seigne.

(70m³) alimentait un bassin/bief (2,80m/4,20m), toujours identifiable malgré son mauvais état de conservation. Ce bassin domine de plus de 3m le sol du cryptoportique, vers lequel l'eau se déversait via une large et profonde tranchée creusée dans le mur oriental du cryptoportique. Enduite de mortier hydraulique, elle est connectée à un profond et étroit (0,60m) canal axial en partie souterrain et couvert de larges dalles de pierre. Sa partie non couverte, au pied du canal de chute est limitée par deux murets parfaitement préservés, formés de blocs de pierre en remploi et dont deux, situés en vis-à-vis de part et d'autre du canal, portent, sur leurs lits supérieurs, les mortaises et encastres destinés aux deux paliers d'un arbre de rotation horizontal. Ces blocs portent par ailleurs, sur leurs faces extérieures verticales, de profondes traces d'usure circulaires, laissées par le frottement répété d'objets vraisemblablement métalliques. Deux tambours de colonnes (1,50m de long pour un diamètre de 1m), avaient été découverts dans la salle par les fouilleurs américains, vraisemblablement de part et d'autre du canal de fuite. Tous deux avaient été abandonnés en cours de sciage et tous deux présentent des amorces de découpes regroupées par quatre ne pouvant être expliquées que par l'emploi de scies multi lames. Tous ces éléments permettaient de restituer un moulin hydraulique constitué d'une roue à augets, de 4m de diamètre alimentée par en dessus, entraînant, grâce à deux systèmes de bielle/manivelle montés à chacune des extrémités de l'axe

horizontal court de la roue, deux très grandes scies à cadres verticaux portant chacune quatre lames sans dents (Seigne 2002a, 2002b, 2002c, Seigne Morin 2006, 2007). L'installation était prévue pour débiter simultanément huit plaques de calcaire dur de grandes dimensions (1,50m/1m).

Grâce aux autorisations accordées par le Docteur Fawwaz Al Khraysheh, Directeur Général du DoA et en plein accord avec l'équipe italienne, dirigée par R. Parapetti, chargée de la fouille et de la restauration du sanctuaire d'Artémis, l'étude de cette installation, découverte fortuitement, a pu être réalisée. Dans un premier temps, les recherches ont porté sur le relevé des vestiges visibles et sur l'étude des traces identifiables sur les blocs conservés. A partir de cette première documentation, et des premières hypothèses de restitution qui pouvaient être formulées, Thierry Morin réalisait une «maquette» tridimensionnelle informatisée (dessin vectoriel, voir FIG. 3) permettant de visualiser chacun des éléments constitutifs de la machine, séparément ou en connexion avec ses voisins.

Cependant, de nombreux éléments restaient mal connus, en particulier la structure de guidage des scies, celle(s) destinée(s) à la récupération de l'abrasif, à l'alimentation en eau des zones de coupe, ... La date même de l'installation, élément primordial pour l'histoire des techniques, restait incertaine. Un dégagement général de la salle et la réalisation de sondages complémentaires s'avéraient indispensables. Ils furent réalisés durant l'hiver



3. Axonométrie de travail. DAO. T. Morin

2006/2007¹.

Ces travaux montrèrent que les dégagements de 1926, entrepris dans le but d'aménager un musée de site à l'intérieur de l'ancien cryptoportique du sanctuaire d'Artémis, avaient malheureusement été poussés au-delà du niveau de sol antique correspondant à l'installation hydraulique. Seul un lambeau de dallage grossier, associable à la scierie, fut retrouvé dans l'angle nord/est de la salle (FIG. 4). Toutefois, la fouille du contenu du bas du canal de chute, du coursier et celle du canal d'évacuation de l'installation, non perturbé et laissé in situ lors des fouilles américaines, permettait de retrouver un très important mobilier archéologique (verreries, céramiques, monnaies,...), datable du troisième quart du VI^e siècle et correspondant à l'abandon de l'installation. Le matériel découvert est venu confirmer les premières hypothèses formulées et permet de repousser de près d'un millénaire les débuts

de l'utilisation du système bielle/manivelle, c'est-à-dire celle de la maîtrise de la transformation des mouvements, base de la mécanisation du travail.

Cette «découverte» a également permis d'interpréter les vestiges d'une autre installation de sciage mécanique, découverts à Ephèse et datés des VI^e/VII^e siècles (Schioler 2004, 2005; Mangartz 2006, 2007), de «relire» le poème Mosella d'Ausone (écrit vers 362-364) et de comprendre le bas relief du sarcophage de Marcus Aurelios Ammianus, «ingénieur mécanicien», mort à Hierapolis (Turquie) à la fin du III^e siècle de notre ère (Ritti 2006; Grewe Kessener 2006, 2007), et, au-delà, de prouver que le Proche Orient, à l'époque romaine, avait connu les débuts de la mécanisation du travail, même si la véritable mise au point d'installations totalement maîtrisées et fiables ne se fit qu'à la Renaissance, en Chine et en Europe.

B- Mise en Image des Principes de Fonctionnement: du Schéma à la Modélisation 3D Animée

Lors de l'étude des vestiges de l'installation de Jarash, puis lors de l'élaboration des hypothèses de restitution, l'apport de l'imagerie 3D fut décisif. Le dessin vectorisé des différentes composantes restituées, suivi de leur assemblage et de leur mise en mouvements relatifs, réalisé bénévolement par Thierry Morin, aboutit à la constitution d'une maquette virtuelle, 3D, animée, de l'installation, fractionnable et modifiable, permettant de visualiser, de tester et de modifier les hypothèses avancées (FIG. 3).

Toutefois, ces restitutions informatiques ont également montré les limites de l'imagerie virtuelle, tout au moins avec les moyens dont nous pouvions disposer (à titre d'exercice, une simple modification de paramètres mathématiques, aboutissant à faire pénétrer les cadres des scies dans leurs guides, n'empêcha nullement la machine virtuelle de fonctionner... sans que cette impossibilité physique ne soit relevée lors des conférences et colloques où la restitution truquée fut présentée). De même, coupée de toute réalité matérielle, la restitution «informatique» ne peut aborder que les principes de la restitution. Les problèmes liés au poids et à l'encombrement réels des différentes pièces, à leur fabrication, transport et assemblage,

¹ Ces travaux de nettoyage puis de fouille, indispensables et préalables à la reconstruction, ont été réalisés en collaboration étroite avec les membres du service des antiquités de Jarash et grâce au

soutien financier de L'IFPO 'Amman. Y ont participé: Mesdames Claire Hasenohr et Chrystelle March, Messieurs Abd el Majjid Mujali, Jean-François Salles, Abu Zeidoun et les ouvriers du DoA.

à la main d'œuvre nécessaire à leur mise en œuvre, au phasage de la réalisation, sans parler des «astuces» et secrets de fabrication liés à des millénaires de travail manuel aujourd'hui perdus, ... tous ces aspects, pourtant fondamentaux pour une «bonne» réalisation de la machine restent totalement inconnus de l'ordinateur. De même, les logiciels disponibles actuellement (à notre niveau de recherche en sciences humaines) ne permettent pas de «modéliser», ni d'évaluer, la puissance réelle développée par la roue, les efforts engendrés, les pertes générées par les frottements, ... La connaissance de ces paramètres serait pourtant essentielle pour comprendre le fonctionnement de telles machines et estimer leur rendement.

Restitution Matérielle

Face à ces questions, est né le projet un peu fou de reconstruire la machine grandeur nature, d'installer la restitution sur le site même de Jarash et de la «remettre» en marche.

Plusieurs objectifs étaient poursuivis:

- Essayer de répondre aux questions techniques exposées ci avant en «testant» une machine reconstruite grandeur nature;
- Transmettre au plus grand nombre les résultats d'une étude, sous une forme immédiatement visible et compréhensible par tous, touriste intéressé comme simple passant;
- Restituer la découverte faite à son pays d'origine et remercier la Jordanie pour les années de soutien aux recherches françaises menées à Jarash.

L'idée de départ comportait également un volet pédagogique en essayant d'associer une institution d'enseignement professionnel à l'opération, tout en préparant un petit documentaire destiné aux médias².

Le lycée professionnel Emile Delataille de Loches (37) a bien voulu relever le défi et tenter l'aventure en inscrivant la reconstitution de la machine dans le cadre d'un projet d'établissement, «aux arts lycéens», fortement soutenu par la région Centre. Les fonds réunis grâce à l'Association des



4. Emplacement de la machine après la fouille de 2007.

Amis de Jarash, placée sous le patronage de Sa Majesté la Reine Noor Al Hussein, permettaient d'acheter les matériaux de base nécessaires. En novembre 2006, les élèves des classes terminale BEP «Bois et matériaux associés», 1^{ère} et 2^e année de Bac Professionnel «Technicien, Menuisier, Agenceur»³, encadrés par leurs professeurs Daniel Berruer et Claude Malbran, entamaient la fabrication des différentes pièces de charpente, alors que Jean Marie Laurence, professeur de décolletage à la retraite, s'attachait à la fabrication des éléments métalliques. Le 17 mars 2007, six élèves encadrés par leurs deux professeurs, arrivés la veille à Jarash, commençaient le remontage sur site (FIGS. 5-6). Le 22 mars 2007, son Altesse Royale le prince Hamzeh bin Hussein, inaugurait la reconstitution de la scierie hydraulique en présence de Monsieur Denys Gauer, Ambassadeur de France en Jordanie et du Docteur Fawwaz Al Khraysheh, Directeur Général du service des Antiquités, de Messieurs Beffara et Picault représentant la région Centre, de Monsieur Gille Breton, proviseur du Lycée Delataille et de Madame Buzelay, chef d'atelier⁴.

A- Du Principe de Fonctionnement à la Machine: de l'immatériel au Concret

La reconstitution se voulait la plus fidèle pos-

² Ce documentaire n'a pu être réalisé, faute de moyens. Toutefois, toute l'opération a été filmée, à titre privé, par l'un des professeurs du lycée de Loches.

³ De nombreux élèves ont participé à la réalisation. Six d'entre eux, plus particulièrement impliqués, furent sélectionnés pour remonter la machine en Jordanie: Mathieu Bijault, Jonathan Clairet, Renaud Gervais, Cédric Legrand, Anthony Martins et Romuald Teillet. Ce voyage fut pour eux l'occasion de prendre un baptême de l'air et de découvrir un pays du Proche-Orient et, grâce aux

membres du service des Antiquités, Jarash, 'Amman, Madaba, Karak, et Pétra.

⁴ Le projet a pu être mené à bien grâce au soutien du Ministère jordanien du Tourisme et des Antiquités, de l'Association des Amis de Jarash, de Royal Jordanian, du Ministère Français des Affaires Extérieures, de la Région Centre, de l'Institut Français du Proche Orient, de la section libanaise de l'Union des Français de l'Etranger, du Rotary Club section de Loches, de S.D.V. Logistic, du Centre National de la Recherche Scientifique et de l'Université de Tours.



5. Le moulin et l'installation de sciage reconstitués.



6. Daniel Berruer et Claude Malbran avec Mathieu Bijeault, Jonathan Clairret, Renaud Gervais, Cédric Le-grand, Anthony Martins et Romuald Teillet, devant la machine reconstituée.

sible. Cette position de départ sous entendait de n'utiliser que des matériaux et des techniques de fabrication connues à Jarash dans l'Antiquité. Elle se révéla rapidement impossible à tenir, à la fois pour des questions techniques (impossibilité de trouver facilement certains matériaux, comme le fer doux, ou des artisans sachant encore travailler «à l'ancienne», comme des scieurs de long ou des forgerons) et surtout financières (durées et coûts

de fabrication, salaires prohibitifs d'artisans spécialisés, ...). La fabrication fit donc appel à des matériaux disponibles dans le commerce, ainsi qu'aux équipements modernes du lycée de Loches (machines diverses, y compris à commandes numériques). Toutefois, toutes les phases de fabrication auraient pu être réalisées avec les outillages et les techniques attestées à Jarash pour l'époque romaine. Toutes les pièces de charpente et de métal

pourraient être entièrement refaites artisanalement, à la main, mais avec des délais et des coûts de fabrication sans commune mesure avec ceux obtenus grâce aux équipements modernes.

Pour les matériaux, la menuiserie fit appel à des bois pré dimensionnés du commerce, mais en respectant au mieux les essences connues sur les montagnes de l'Ajlun (chêne et pin sylvestre, le pin d'Alep n'étant pas disponible en France). Le plus gros problème concerna les parties métalliques, le fer doux étant très difficile à trouver dans le commerce sous forme de barres et les forgerons étant aujourd'hui des «artisans d'art» plus habitués à fabriquer sièges, rambardes et autres statues plutôt que des lames de scie de 4m de long.

B- Fabrication, Construction, Mise en œuvre: Contraintes Matérielles et Solutions Pratiques

Si la reconstitution matérielle a permis de valider les grandes options théoriques de la restitution pro-

posée, elle a également montré que d'autres solutions, plus simples à réaliser, plus solides, existaient pour la réalisation de certaines pièces de la machine. C'est ainsi que, dès les premières phases de fabrication, les professeurs du lycée proposaient de remplacer les «plateaux circulaires» fixés en bout d'axe et correspondant aux plateaux supports des excentriques, restitués à partir des traces observées sur les montants du coursier, par des assemblages à mi-bois enserrant les extrémités de l'axe de la roue (FIG. 7). Elle a également mis en évidence la nécessité d'ajouter certaines pièces, «oubliées» lors de la restitution théorique, comme celle des contrepoids, indispensables pour équilibrer les masses non des scies mais des bielles. De même, l'étude fine des traces conservées sur les tambours de colonne, rendue possible par le déplacement des blocs à la grue lors des travaux d'aménagement, a permis d'affiner la restitution du bâti de guidage des scies.

La reconstitution matérielle a enfin révélé toute



7. Détail de l'assemblage bielle/manivelle.

l'importance, en volume/temps et en savoir faire, des parties métalliques de la machine. Le forgeage de pièces en fer de très grandes dimensions et de faible épaisseur (comme les lames des scies, longues de près de 4m pour une largeur de 10 à 12 centimètres et surtout pour une épaisseur de 3 à 4mm au maximum) apparaît aujourd'hui comme de véritables «tours de force» aux forgerons interrogés. Il est vraisemblable qu'il en était de même dans l'Antiquité, même si beaucoup de «tours de mains» et de «savoir-faire» sont aujourd'hui perdus dans ce domaine. Il apparaît ainsi que la construction de la scierie représentait un très important investissement financier, difficilement chiffrable en l'état actuel des recherches.

Par ailleurs, un certain nombre de «détails», ou parties considérées comme tels dans le cas d'une restitution virtuelle, se sont révélés fondamentaux au bon fonctionnement de l'ensemble de la machine, une fois celle-ci «matérialisée». Par exemple, dans la maquette 3D animée, les lames de scie sont «naturellement» considérées comme correctement tendues. Or, dans la réalité, la mise en tension de quatre lames sur un bâti unique est loin d'être évidente et n'apparaît plus comme un «détails» technique secondaire: si elle n'est pas assurée, l'ensemble de l'installation ne peut fonctionner, le moulin, les bielles/manivelles, les scies et système de guidage ne servent plus à rien. La maîtrise de ce «détail» était tout aussi fondamentale au bon fonctionnement de l'installation que celle de la mise au point du système bielle/manivelle.

De fait, c'est vraisemblablement l'incapacité à résoudre l'un de ces «détails techniques», la mise au point d'un système permettant d'interrompre instantanément la liaison moteur/outil indispensable en cas de blocage des lames, qui aboutit à l'échec du développement de ces premières machines antiques. La machine de Gerasa, trop ambitieuse avec ses huit lames de coupe, ne dépassa pas le stade des tests de mise au point, comme le prouvent à la fois les traces d'étalonnage de coupe relevées sur le lit d'attente d'un des tambours de colonne, et celles correspondant à la rupture d'une des lames en cours de travail visibles sur l'autre. A Ephèse, malgré la réduction du nombre de lames montées sur les scies, la machine connut semble-t-il, les mêmes problèmes de mise au point, même s'il est probable que son fonctionnement fut plus long avant son abandon. De fait, il faudra plus d'un millénaire de tâtonnements pour que les prototypes des premières

machines issus de la première (?) tentative de mécanisation du travail menée par Marcus Aurelios Ammianos à Hierapolis deviennent effectivement des substituts efficaces, rentables à la force musculaire.

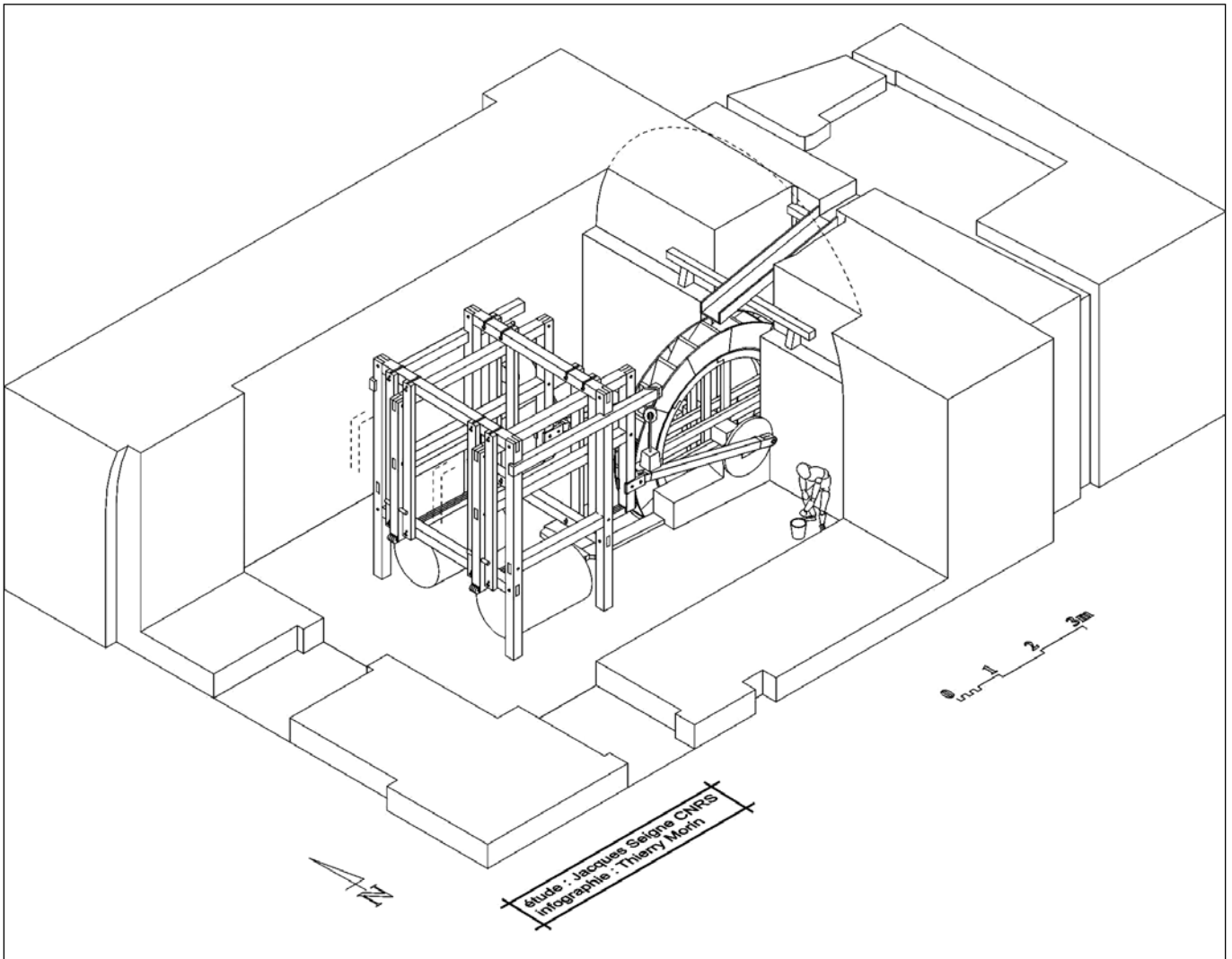
C- Du Concret au Théorique: Retour à la Restitution

En raison de problèmes financiers, la reconstitution matérielle de la machine de Jarash n'a pu atteindre tous les buts fixés. La remise en eau de l'installation a été ajournée et tous les tests de quantification reportés à des jours meilleurs. Toutefois, et en ne considérant que les aspects scientifiques de l'opération, le remontage matériel a été particulièrement instructif en permettant de compléter et/ou modifier la restitution théorique. Le bâti de guidage des scies était plus complexe et plus élaboré que celui proposé. Inversement, les plateaux porte excentriques ont été simplifiés et rendus plus solides par des assemblages à mi-bois. La visualisation de la taille réelle des pièces des structures, et donc la prise de conscience de leur réalité, de leur encombrement et de leur poids, fut également fondamentale. La présence de contrepoids pour équilibrer les bielles, celle de poulies pour faciliter le relevage des scies, la nécessité «d'organiser» le montage en raison de l'encombrement et du poids de chaque pièce de bois, ... sont devenues évidentes. La reconstitution théorique fut donc progressivement modifiée, adaptée à ces contraintes matérielles pas ou mal prises en compte lors de la phase de travail théorique, de reconstitution virtuelle. La reconstitution matérielle ne s'est pas révélée un simple «plus» politico-touristique, mais un véritable élément de la réflexion globale ayant permis d'aboutir aujourd'hui à une restitution plus vraisemblable, moins «virtuelle» et plus proche de la réalité que fut la scierie hydraulique de Gerasa (FIG. 8).

Tous les problèmes n'ont cependant pas été résolus. Beaucoup reste encore à faire, à affiner, à quantifier, pour espérer pouvoir approcher encore un peu plus ce que fut le détail et le fonctionnement de cette extraordinaire réalisation artisanale. Il faudra pour cela poser de nouvelles questions (et en reposer certaines) et tester de nouveaux remontages.

Principes et Réalisations Pratiques: de l'idée à l'exploitation de l'idée

L'importance majeure des vestiges découverts à Ja-



8. Restitution axonométrique de la machine. DAO, Th. Morin.

rash est d'avoir apporté la preuve matérielle que le Proche-Orient, au moins, avait vu, dès l'époque romaine, les premières tentatives de mécanisation du travail. La mise en œuvre, en association avec un moulin hydraulique, de systèmes à bielles/manivelles permettant la transformation des mouvements, et ce dès les premiers siècles de notre ère, ne fait maintenant plus de doute.

Cependant, les «mécaniciens» antiques n'ayant pas réussi à développer certains éléments indispensables au fonctionnement correct de ces premières machines, ces premières tentatives ne furent que des demi-succès, révélant par là même qu'une bonne idée n'est rien sans une application correcte, qu'il y a toujours un monde entre le virtuel et le concret.

Bibliographie

- Grewe, K. et Kessener, H.P.M. 2006. A stone relief of a water-powered stone saw at Hierapolis, Phrygia –a first consideration and reconstruction attempt, *Hierapolis di Frigia I: la attività della Missione Archeologica Italiana a Hierapolis. Caémpagne 2000-2003. Atti del Convegno di Cavallino (Le), Convento dei Domenicani, Lecce 9-10 luglio 2004, Lecce 2006.*
- Grewe, K. et Kessener, H.P.M., 2006. A Stone Relief of a Water-Powered Stone Saw at Hierapolis, Phrygia. A First Consideration and Reconstruction Attempt. Actes du Colloque International. Pp. 227-234 in J.-P. Brun et J.-L. Fiches (éditeurs), *Energie hydraulique et machines élévatrices d'eau durant l'Antiquité*. Pont du Gard, 20-22 septembre 2006, collection du

JACQUES SEIGNE

- Centre Jean Bérard n. 27. Naples 2007.
- Kraeling, C.H. 1938. *Gerasa city of the Decapolis*. New Haven 1938.
- Mangartz, F. 2006. Zur Rekonstruktion der wassergetriebenen byzantinischen Stensägenmaschine von Ephesus, Türkei. *Archäologisches Korrespondenzblatt* 36, 4, 2006: 573-590.
- 2007. The Byzantine Hydraulic Stone Cutting Machine of Ephesos (Turkey). A Preliminary Report. Actes du Colloque International. Pp. 235-242 in J.-P. Brun et J.-L. Fiches (éditeurs), *Energie hydraulique et machines élévatrices d'eau durant l'Antiquité*. Pont du Gard, 20-22 septembre 2006, collection du Centre Jean Bérard n° 27. Naples 2007.
- Ritti T. 2006. Stridentesque trahens per levia marmora serras : lo schema di un congegno idraulico per segare blocchi di pietra, rappresentato sul sarcofago di M. Aurelios Ammianos di Hierapolis. *Hierapolis di Frigia I : la attività della Missione Archeologica Italiana a Hierapolis. Caémpagne 2000-2003*. Atti del Convegno di Cavallino (Le), Convento dei Domenicani, Lecce 9-10 Iuglio 2004, Lecce 2006.
- Schioler, T. 2004. At save I marmor. *Sfinx* 27, 2004-3: 128-132.
- 2005. How to saw marble. *Journal of International Molinology* 70, July 2005: 43-35.
- Seigne, J. 2000a. Une scierie mécanique du VI^e siècle, *Archéologia* 385, Janvier 2002: 36-37.
- 2000b. A sixth-century water powered sawmill at Jerash (Jordan), *Journal of International Molinology* 64, July 2002: 14-16.
- 2000c. A sixth-century water powered sawmill at Jerash, *ADAJ* 46: 205-213.
- Seigne, J. avec la collaboration de Morin, T. 2006. Water-powered stone saws in Late Antiquity: first step to Industrialisation? Actes de la 12^e International Conference on the History of Water Management and Hydraulic Engeenering. *CURA AQUARUM*, Ephesus, 2-10 October 2004, Wilplinger G. editor, BABESCH Supplement 12, 2006: 371-380.
- 2007. Une scierie hydraulique du VI^e siècle à Gerasa (Jerash, Jordanie). Remarques sur les prémices de la mécanisation du travail. Actes du Colloque International. Pp. 243-257 in J.-P. Brun et J.-L. Fiches (éditeurs), *Energie hydraulique et machines élévatrices d'eau durant l'Antiquité*. Pont du Gard, 20-22 septembre 2006, collection du Centre Jean Bérard n. 27. Naples 2007.