Zeitschrift: Entretiens sur l'Antiquité classique
Herausgeber: Fondation Hardt pour l'étude de l'Antiquité classique
Band: 42 (1996)

Artikel: Traités de mécanique et textes sur les machines
Autor: Fleury, Philippe
DOI: https://doi.org/10.5169/seals-661080

Nutzungsbedingungen
Die ETH-Bibliothek ist die Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften auf E-Periodica. Sie besitzt keine Urheberrechte an den Zeitschriften und ist nicht verantwortlich für deren Inhalte. Die Rechte liegen in der Regel bei den Herausgebern beziehungsweise den externen Rechteinhabern. Das Veröffentlichen von Bildern in Print- und Online-Publikationen sowie auf Social Media-Kanälen oder Webseiten ist nur mit vorheriger Genehmigung der Rechteinhaber erlaubt. Mehr erfahren

Conditions d'utilisation
L'ETH Library est le fournisseur des revues numérisées. Elle ne détient aucun droit d'auteur sur les revues et n'est pas responsable de leur contenu. En règle générale, les droits sont détenus par les éditeurs ou les détenteurs de droits externes. La reproduction d'images dans des publications imprimées ou en ligne ainsi que sur des canaux de médias sociaux ou des sites web n'est autorisée qu'avec l'accord préalable des détenteurs des droits. En savoir plus

Terms of use
The ETH Library is the provider of the digitised journals. It does not own any copyrights to the journals and is not responsible for their content. The rights usually lie with the publishers or the external rights holders. Publishing images in print and online publications, as well as on social media channels or websites, is only permitted with the prior consent of the rights holders. Find out more

Download PDF: 15.07.2025

ETH-Bibliothek Zürich, E-Periodica, https://www.e-periodica.ch

II

PHILIPPE FLEURY

TRAITÉS DE MÉCANIQUE ET TEXTES SUR LES MACHINES

La mécanique est «la partie de la technique qui vient à notre secours» quand nous sommes face aux difficultés de la nature. C'est ainsi qu'un traité attribué à Aristote (mais probablement écrit au début du IIIe siècle *a.C.*) définit la μηχανή[1]. Dans l'esprit des Grecs et des Romains, le champ couvert par les mots μηχανή, *machina*, *machinatio* est beaucoup plus vaste que le champ couvert par les mots «machine» ou «mécanique» en français. La *machina* est au sens concret l'appareil, l'engin composé de pièces mobiles, mais c'est aussi l'instrument, le système permettant à l'homme de résoudre une difficulté naturelle: l'échelle ou l'échafaudage sont des *machinae*; au sens abstrait c'est la machination, l'invention, la ruse. La mécanique en tant que discipline scientifique et technique, la *machinatio* telle que la définit Vitruve, traite à la fois de l'équilibre des corps (la statique moderne), des principes des machines simples (levier, poulie, balance...), de la construction des machines mais aussi des stratagèmes.

Nous allons nous intéresser ici à la tradition littéraire romaine dans ce domaine, essayer de déterminer qui étaient les auteurs de «textes mécaniques», quels étaient leurs objectifs

[1] Ps.-ARISTOT. *Mech., pr.*: «Chaque fois qu'il faut faire quelque chose contre la nature, nous sommes embarrassés par la difficulté et nous avons besoin de la technique. C'est pourquoi nous appelons la partie de la technique qui vient à notre secours face à de telles difficultés la μηχανή».

et voir enfin quelle put être la réception de cette littérature.

*
* *

Le titre de notre exposé est double: «traités de mécanique et textes sur les machines», car, à nous en tenir au premier élément, le sujet aurait été fort restreint: il ne nous reste, en latin, qu'un seul traité de mécanique au sens propre du terme: le livre 10 du *De architectura* de Vitruve. Mais si nous nous intéressons à la science mécanique romaine, à la construction des machines, à leur emploi, au rôle de la mécanique dans la société et l'économie romaine, au statut des «mécaniciens», au vocabulaire de la mécanique, nous trouvons des informations dans d'autres textes, à divers niveaux de spécialisation. Les textes les plus proches de Vitruve, en termes de spécialisation, sont les traités techniques sur l'agriculture (Caton, Varron, Columelle, Palladius) ou sur la guerre (*De rebus bellicis*, Végèce). Nous avons là les deux grands champs d'application de la mécanique ancienne: la mécanique agricole et la mécanique militaire. Viennent ensuite des textes d'auteurs confrontés de près aux problèmes mécaniques: César et Ammien Marcellin par exemple, le premier en tant que général en chef, le second (de façon contestée, mais probable aujourd'hui[2]) en tant qu'officier dans l'armée de Julien pour la guerre contre les Perses, ils furent tous deux conduits à observer (voire à diriger) des opérations de génie (construction du pont sur le Rhin), d'artillerie ou de poliorcétique. A un niveau encore moindre de spécialisation, nous pouvons puiser des informations dans des textes divers mentionnant l'utilisation des machines (ou les réactions des Romains face à l'utilisation des machines), donnant des définitions de la mécanique.

[2] J. FONTAINE (éd.), *Ammien Marcellin. Histoire. Livres XXIII-XXV*, texte, trad. et commentaire (*CUF*, Paris 1977), *Introduction,* 15-24.

Commençons par Vitruve: il nous donne donc avec le dixième livre de son *De architectura* le seul traité latin de mécanique conservé. Cet ouvrage contient des éléments de mécanique théorique (principes du levier, de la poulie...), des éléments de mécanique appliquée dans le domaine civil (machines de soulèvement, machines pour élever l'eau, moulin à eau, orgue hydraulique, hodomètre) et dans le domaine militaire (machines de jet, machines de siège), enfin des éléments appartenant au genre des «stratagèmes» avec la relation d'épisodes instructifs de quelques grands sièges. Vitruve se situe dans la longue tradition des mécaniciens anciens de Diadès au IVe siècle *a.C.* à Apollodore de Damas au IIe siècle *p.C.*, mais il possède quelques traits originaux. Il est, nous l'avons déjà dit, le seul auteur mécanique ayant écrit en latin dont nous ayons conservé l'œuvre. Les autres textes nous sont transmis en grec. Quelquefois l'original grec a été perdu et nous ne possédons qu'une traduction arabe[3]. Dans un cas même, nous possédons une traduction partielle en latin effectuée à partir de la version arabe[4]. Vitruve est aussi le seul auteur ancien connu à avoir fait une synthèse de tous les domaines de la mécanique en un seul volume. Dans l'état actuel de ce que nous pouvons reconstituer, les traités de mécanique ancienne paraissent se répartir schématiquement en trois grands domaines:

- mécanique théorique
- mécanique pratique civile
- mécanique pratique militaire.

Telle quelle, cette présentation est trop simplificatrice, car les deux premiers domaines se recoupent partiellement et le troisième contient des éléments qui ressortissent à la théorie militaire: stratégie et tactique. Il faut donc aller un peu plus loin dans le détail de la tradition grecque pour mieux comprendre l'originalité de Vitruve.

[3] *Pneumatiques* de Philon de Byzance, *Clepsydres* peut-être de Philon de Byzance, *Mécaniques* d'Héron d'Alexandrie.

[4] *Pneumatiques* de Philon de Byzance. Le texte latin a été édité par V. ROSE, *Anecdota graeca et graecolatina* II (Berlin 1870).

La mécanique théorique: seuls les traités appartenant à ce domaine paraissent avoir reçu le titre propre de *mechanica*. Il nous en reste deux: les *Mechanica* du Pseudo-Aristote (que nous connaissons aussi sous le titre *Problèmes de mécanique* ou *Questions de mécanique*) et les *Mechanica* d'Héron d'Alexandrie; mais Archimède renvoie à son œuvre l' *Equilibre des figures planes* sous le titre *Mechanica* dans deux passages de la *Quadrature de la Parabole*[5]. Dans la mesure où l'*Equilibre des figures planes* traite des problèmes du levier et de l'équilibre, il rejoint en effet les deux autres, même si sa forme mathématique est sensiblement différente[6]. Les *Mécaniques* du Pseudo-Aristote sont un recueil de trente-quatre questions mécaniques suivies de leurs réponses, le tout précédé par une définition de la mécanique et de ses principes. Les *Mécaniques* d'Héron d'Alexandrie se composent de trois livres: le premier traite des principes mécaniques généraux (mouvements des cercles, mouvement d'un corps grave sur un plan incliné, définition du centre de gravité...); le second traite des cinq «machines simples»: treuil, levier, moufle, coin et vis, et son chapitre 34 est consacré à dix-sept problèmes de mécanique exposés sous la forme aristotélicienne; le troisième livre est un traité de mécanique pratique portant sur les systèmes de soulèvement et de traction et sur les systèmes de pressurage. Les thèmes de ces traités de mécanique théorique se retrouvent aux chapitres 2 et 3 du livre 10 de Vitruve, qui traitent d'abord des machines de soulèvement puis proposent une explication des principes mécaniques à partir des problèmes du levier, de la balance..., le tout relié aux principes du cercle et de l'axe de rotation.

[5] ARCHIM. *quadr.* 6 et 10 (δέδεικται γὰρ τοῦτο ἐν τοῖς Μηχανικοῖς). Par contre, dans la *Méthode* (1), il y renvoie sous le titre *Équilibres* (δέδεικται γὰρ ἐν τοῖς Ἰσορροπικοῖς). Il est possible aussi que le traité sur l'*Équilibre des figures planes* fasse partie d'un traité plus étendu intitulé *Mechanica,* celui auquel renvoie Archimède dans *Sur les corps flottants* (2, 2), puisque le rappel ne convient pas cette fois à l'*Équilibre des figures planes.*

[6] Si l'on admet l'identification du Pseudo-Aristote avec Straton de Lampsaque, nous avons là trois auteurs qui ont appartenu à l'École d'Alexandrie.

La mécanique pratique civile paraît dominée par les *Pneumatiques* de Philon de Byzance, transmis en arabe, et les *Pneumatiques* d'Héron d'Alexandrie[7]. En fait il s'agit de traités sur les propriétés mécaniques de l'air et de l'eau (avec une partie théorique, notamment sur la question du vide) et sur leurs applications: ludions, automates[8], vases distributeurs de liquides variés, mais aussi machines pour élever l'eau et orgue hydraulique chez Héron. Ce sont les thèmes abordés par Vitruve aux chapitres 4 à 8 du livre 10. Nous devons ajouter dans le domaine de la mécanique civile les traités sur les instruments de mesure. Pour la mesure du temps, nous avons un traité sur les *Clepsydres*, conservé uniquement en arabe et attribué à Philon et il semblerait qu'Héron ait écrit un ouvrage en quatre livres, aujourd'hui perdus, sur les horloges hydrauliques[9], mais Vitruve a choisi de consacrer un livre spécial à la gnomonique, la distinguant ainsi de la *machinatio*. Pour la mesure de la distance, nous avons le traité de la *Dioptre* d'Héron et c'est dans cet ouvrage que nous trouvons aussi (à une place, semble-t-il, fautive) une description de l'hodomètre, appareil traité par Vitruve au chapitre 9 de son livre 10. La mécanique pratique civile paraît en fait orientée — dans les traités tout au moins — vers la démonstration des principes physiques ou l'étonnement du public, la thaumaturgie[10]. Quant aux machines de soulèvement, elles sont reliées à la mécanique théorique en tant qu'application directe.

[7] Ctésibios d'Alexandrie avait également écrit sur le sujet, mais son œuvre est perdue. Voir à ce propos A.G. DRACHMANN, *Ktesibios, Philon and Heron. A Study in Ancient Pneumatics,* Acta historica scientiarum et medicinalium IV (København 1948).

[8] Héron a également écrit un livre sur les *Automates* exploitant les propriétés des corps solides.

[9] Cf. Th. HENRI-MARTIN, *Recherches sur la vie et les ouvrages d'Héron d'Alexandrie, disciple de Ctésibius, et sur tous les ouvrages mathématiques grecs, conservés ou perdus, publiés ou inédits, qui ont été attribués à un auteur nommé Héron,* Mémoires présentés par divers savants à l'Académie des Inscriptions et Belles-Lettres de l'Institut Impérial de France, 1ère série, t. IV (Paris 1854), 391.

[10] Cf. A. DE ROCHAS, *La science des philosophes et l'art des thaumaturges dans l'Antiquité* (Paris 1882).

La mécanique pratique militaire. Les ouvrages consacrés à la mécanique militaire pratique se répartissent sous les titres *Belopoiica* et *Poliorcetica* (voire *Mechanemata*), selon qu'ils concernent les machines de jet particulièrement ou l'ensemble des machines de guerre. Ce sont les mieux représentés dans ce qui nous a été conservé de la mécanique ancienne avec les traités de Biton, Philon de Byzance, Héron d'Alexandrie, Athénée, Apollodore. Nous y ajoutons ceux que l'on appelle les «stratégistes»[11]: le livre du premier d'entre eux, Énée le Tacticien, est du reste intitulé *Poliorcétique*; viennent ensuite Asclépiodote, Frontin, Onasandre, Élien, Arrien de Nicomédie, Polyen. Tous ces thèmes sont traités par Vitruve aux chapitres 10 à 16 de son livre 10.

On voit donc une tradition grecque relativement complexe et abondante, une tradition latine pratiquement inexistante[12] et Vitruve qui présente l'originalité de tout rassembler en un seul volume[13]. Autre originalité enfin: il est le seul auteur mécanique ancien à traiter du moulin à eau et un grand nombre de machines décrites ont des particularités qu'on ne retrouve que chez lui (pompe à eau, hodomètre, orgue, catapulte et baliste). Nous reviendrons sur ces points un peu plus loin.

En dehors du *De architectura* de Vitruve, les traités techniques dans lesquels nous trouvons des textes sur les machines se répartissent essentiellement en deux domaines: les auteurs agronomes et les «techniciens» militaires.

Il n'existe pas, à notre connaissance, de traités anciens spécialement consacrés à la mécanique agricole, comme il en existe

[11] Cf. A. DAIN, «Les stratégistes byzantins», Travaux et Mémoires du Centre de Recherches d'Histoire et de Civilisation Byzantine, II (Paris 1967), 317-390, texte mis au net et complété par J.A. DE FOUCAULT.

[12] Vitruve en fait le constat lui-même dans la préface de son livre 7: «Je me suis avisé qu'en la matière (l'auteur vient de parler de la construction des machines, mais il est probable qu'il pense à l'*architectura* dans son ensemble) les Grecs ont publié bien des ouvrages et les nôtres très peu» (§14).

[13] Il revendique clairement cette particularité en 5, *pr.* 5: *eorumque ordinationes institui, uti non sint quaerentibus separatim colligenda, sed e corpore uno et in singulis uoluminibus generum haberent explicationes.*

pour la mécanique militaire. Les agronomes anciens ne la séparent pas des autres techniques et ce domaine est difficile à définir. Il est probable que les Romains eux-mêmes n'en avaient pas une perception précise et il faut dire aussi que la mécanisation était beaucoup moins poussée dans le domaine agricole que dans le domaine militaire. L'expression même «machine agricole» pourrait conduire à un anachronisme, car ni l'araire, ni la claie à herser, ni le traîneau de dépiquage ne sont des «machines agricoles» au sens moderne. Aucun de ces instruments ne possède une seule pièce mobile si ce n'est le système d'attelage. Mais, comme nous l'avons déjà vu, *machina* n'a pas le sens du mot «machine» aujourd'hui et Vitruve considère le joug et l'araire parmi les premières machines inventées par l'homme[14], et le *prelum*, le pressoir, est pour lui un exemple type de *machina* au même titre que la *ballista*[15]. Certes il ne mentionne ni les herses, ni les traîneaux de dépiquage, mais il n'y a pas de doute que pour lui et ses contemporains ils faisaient partie, comme l'araire et le joug, des *machinae*, tout au moins des *instrumenta*, comme dit Varron[16]. Les sources anciennes pour la description de ces machines sont d'abord les textes de ceux que l'on appelle les «agronomes»[17]: Caton décrit les pressoirs[18] et le trapète[19], Varron le *tribulum* et le *plostellum poenicum*[20], Columelle la machine pour contenir les animaux quand on les opère[21], Palladius la machine à moissonner[22]. Nous trouvons également des informations importantes sur

[14] VITR. 10, 1, 5.
[15] VITR. 10, 1, 3.
[16] VARRO *rust.* 1, 5, 3-4.
[17] Cf. R. MARTIN, *Recherches sur les agronomes latins et leurs conceptions économiques et sociales* (Paris 1971).
[18] CATO *agr.* 18-19.
[19] CATO *agr.* 20-22. Le trapète est un moulin à olives.
[20] VARRO *rust.* 1, 52, 1. Le *tribulum* et le *plostellum poenicum* sont l'un et autre des «traîneaux de dépiquage» (destinés à séparer le grain de son enveloppe); le second est un peu plus perfectionné que le premier car il possède un système rotatif.
[21] COLUM. 6, 19.
[22] PALLAD. 7, 2, 2-4.

l'araire dans les *Géorgiques* de Virgile[23] ou sur le *uallus* (la machine à moissonner) dans le livre 18 de Pline l'Ancien[24].

Deux traités techniques militaires donnent des informations sur les machines: le *De rebus bellicis* d'un anonyme et le *De re militari* de Végèce (nous laissons de côté le *Libellus de uocabulis rei militaris* de Modestus, qui n'est qu'un «double» du livre 2 de Végèce). Ces deux ouvrages sont de nature différente. Le premier est une sorte de mémoire adressé à l'empereur pour donner des recommandations diverses sur l'artillerie, le génie, mais aussi sur des problèmes administratifs, notamment la question des monnaies. Le second est un ouvrage complet sur l'art militaire: recrutement, organisation, tactique, stratégie et engins de guerre. Aucun des deux ne contient de description technique proprement dite, mais ils donnent des informations assez précises sur la nomenclature et divers types d'engins[25]. Le *De rebus bellicis* propose même quelques inventions originales comme un navire de guerre mû par des roues à aubes actionnées par des boeufs (chap. 17).

A côté des traités agronomiques ou militaires, quelques traités techniques contiennent ici et là des passages sur des machines ou des appareils. Ainsi, les vers 142-144 du *Carmen de ponderibus et mensuris* de Remnius Favinus décrivent une balance hydrostatique, à deux plateaux et à poids curseur.

A un niveau de spécialisation inférieur nous trouvons des textes sur les machines dans des œuvres d'auteurs confrontés de près aux problèmes mécaniques: je pense ici particulièrement à César et à Ammien Marcellin. Pour le premier, deux textes se distinguent du reste de l'œuvre:

– la description du pont sur le Rhin dans le *Bellum gallicum*[26];

[23] VERG. *georg.* 1, 169-175.
[24] PLIN. *nat.* 18, 296.
[25] Voir notamment les informations sur la *ballista* chez Végèce (*mil.* 4, 22) ou dans le *De rebus bellicis* (7 et 18).
[26] *Gall.* 4, 17.

– la description du siège de Marseille dans le *Bellum ciuile*[27] (construction d'une tour sous les projectiles de l'ennemi, adaptation de machines de jet...).

Ces textes paraissent tellement particuliers chez César qu'on les attribue parfois à un autre: l'*imperator* a pu en effet reprendre ici les rapports d'un de ses *architecti* (ou *mechanici*). Il est remarquable de constater par exemple que les mots *catapulta* ou *ballista* ne se rencontrent chez César que dans le passage du *Bellum ciuile* que nous venons de mentionner. Ailleurs il désigne les pièces d'artillerie avec le terme général: *tormenta.* Chez Ammien Marcellin le texte le plus caractéristique est la description de la baliste et de quelques autres machines au livre 23 (chap. 4). Le passage est important car il est unique sur la construction des machines de jet au IVe siècle *p.C.*, mais, dans le livre 24, nous avons aussi beaucoup de références à l'emploi des machines de guerre.

C'est du reste ce type de mentions éparses dans toute la littérature latine, de Plaute à Isidore de Séville, qui nous permet de compléter les textes techniques pour reconstituer ce que fut la mécanique romaine. Chez Plaute par exemple nous trouvons des allusions à la mécanique dans quatre domaines: la ruse, les moulins, les machines de jet, les machines de siège. Il s'agit souvent d'emplois métaphoriques comme par exemple dans les *Captifs* (v. 796): «Mon poing est une baliste, mon avant-bras une catapulte, mon épaule un bélier», mais ils nous font sentir le côté impressionnant des machines de jet pour l'auteur et son public, et d'un point de vue technique ils ne sont pas inutiles, car ils donnent déjà une indication de nomenclature, ici par exemple sur la distinction entre catapultes-lanceurs de flèches et balistes-lanceurs de pierres. Chez Lucrèce, deux vers (4, 905-906) nous donnent quelques éléments de nomenclature sur les machines de soulèvement. Il n'est pas jusqu'à la correspondance

[27] *Civ.* 2, 2-16.

de Cicéron qui ne fournisse une indication sur l'emploi de machines de jet[28]. Chez Tite-Live, les allusions à l'utilisation de machines de guerre sont nombreuses. Sénèque, dans sa *Lettre* 90, nous donne une image de la perception de la mécanique, nous y reviendrons un peu plus loin. Les *grammatici*[29] ou Isidore de Séville[30] fournissent définitions ou classements et le recours à l'épigraphie peut s'avérer précieux pour les noms de fonction: le tombeau de Vedennius (sur lequel est sculptée une belle représentation de catapulte vitruvienne) nous livre par exemple le titre d'*arcitect(us) armament(arii) imp(eratoris)*[31].

Malheureusement tous ces renseignements, fort utiles pour l'étude objective de la mécanique romaine, ne viennent pas d'auteurs «mécaniciens», et nous allons essayer de nous pencher maintenant sur la question de savoir qui écrivait des traités de mécanique.

*
* *

En fait, la première question à poser est celle de l'existence réelle d'une littérature mécanique romaine. Vitruve, nous l'avons déjà dit et répété (et c'est la même chose pour l'architecture), est le seul à nous avoir laissé un traité de mécanique. Dans la préface du livre 7 (§14), il ne cite les noms que de trois prédécesseurs latins: Fuficius, Publius Septimius, Terentius Varron, et nous ne connaissons pas le contenu mécanique de leur œuvre; nous ne savons même pas s'il y en eut un, car, si Vitruve les cite après des auteurs grecs sur les machines, il est probable qu'il s'agisse en fait de traités sur l'architecture envisagée de façon plus générale (le premier nous est inconnu[32], le

[28] *Fam.* 15, 4, 10.
[29] AUDAX 187, 2, *gramm.* VII 320, sur le classement des *artes*.
[30] *Orig.* 18, 11: *de ariete*; 20, 14: *de instrumentis rusticis*.
[31] *CIL* VI 1, 2725.
[32] Mais la *lex Puteolana parieti faciendo* (105 a.C.: *CIL* I 2, 698) mentionne un Q. Fuficius parmi les cautions (*praedes*: cf. Cl. NICOLET, *L'ordre équestre à l'époque républicaine* [Paris 1966-1974], 324).

second fut questeur de Varron, qui lui dédia le *De lingua latina*). Quand, au livre 1 (1, 7), il paraît faire allusion aux traités de mécanique théorique, seuls lui viennent à l'esprit les noms d'Archimède et de Ctésibios. Un peu plus tard, Frontin dit bien qu'il y a eu avant lui une littérature abondante sur les ouvrages et les machines militaires[33], mais rien n'indique qu'il songe à des traités en langue latine.

Toutefois nous avons vu avec l'inscription du tombeau de Vedennius que la fonction de «mécanicien militaire» a existé. Columelle dit que les mécaniciens [en hydraulique] appellent le siphon *diabetes*[34]. Suétone mentionne un mécanicien pour les machines de soulèvement[35]. L'*Histoire Auguste* parle d'*opera mechanica*[36] qui font penser aux μηχανικὰ ἔργα de Pappos (8, *pr.*). Très tardivement (au VIe s. ou peut-être encore plus tard) Audax classe les *artes* en trois catégories: *sunt quaedam animi tantum, quaedam corporis, quaedam animi et corporis* et il range la *mechanica* dans la dernière à côté de l'agriculture (*ruris cultus*), de la médecine (*medicina*) ou de la construction (*tectonica*)[37]. Pline l'Ancien parle de *machinalis scientia*[38], Isidore de Séville de *mechanica... peritia uel doctrina*[39]. L'*Histoire Auguste* signale une institution de salaires pour les mécaniciens en même temps

[33] FRONTIN. *strat.* 3, *pr.*: *depositis autem operibus et machinamentis, quorum expleta iam pridem inuentione nulla uideo ultra artium materiam.*

[34] COLUM. 3, 10, 2: *siphone, quam diabetem uocant mechanici*: «[par une aspiration naturelle, tout aliment des végétaux, comme une espèce d'âme, est porté à leur point le plus élevé par la moelle du tronc], comme par le siphon que les mécaniciens appellent diabète».

[35] SUET. *Vesp.* 18: *mechanico... grandis columnas exigua impensa perducturum in Capitolium pollicenti*: «comme un ingénieur lui promettait de transporter, à peu de frais, au Capitole d'énormes colonnes» (trad. H. AILLOUD, *CUF*).

[36] HIST. AUG. *Alex.* 22,4.

[37] AUDAX *gramm.* VII 320, 13 (Keil).

[38] PLIN. *nat.* 7, 125: *grande et Archimedi geometricae ac machinalis scientiae testimonium M. Marcelli interdicto, cum Syracusae caperentur, ne uiolaretur unus...*: «M. Marcellus rendit un magnifique hommage à Archimède, pour sa science en géométrie et en mécanique, quand il prescrivit, lors de la prise de Syracuse, de n'épargner que lui...».

[39] ISID. *diff.* 2, 152: *mechanica est quaedam peritia uel doctrina, ad quam subtiliter fabricas omnium rerum concurrere dicunt.*

que pour les architectes[40] et Symmaque parle de *mechanicae professor*[41]. Ammien Marcellin, à propos du siège d'Aminda en 359 *p.C.*, fait état de deux légions amenées de Gaule, complètement inutiles dans la guerre de siège à cause de leur incompétence en mécanique[42]. Toutes ces références, de nature différente, mériteraient un commentaire particulier, mais elles témoignent au moins d'un domaine d'activité mécanique romain au niveau conceptuel (avec une terminologie associée), au niveau professionnel et aussi au niveau de l'enseignement: il y eut probablement des maîtres spécialisés en mécanique. Cela laisse supposer l'existence d'une littérature technique latine afférente, de *commentarii* destinés à transmettre le savoir. Même du point de vue pratique nous sommes dans un domaine trop complexe pour admettre une simple transmission orale du savoir-faire. On sait du reste à quel point la transmission écrite fut importante dans l'histoire des sciences et des techniques et combien la diffusion de l'information à grande échelle dans les périodes récentes fut une source de progrès rapide[43]. Prenons, pour l'Antiquité, les professionnels de l'art mécanique militaire: avant une réalisation importante, pour un siège par exemple, ils devaient présenter des plans au responsable des opérations; ensuite ils pouvaient être amenés à rédiger des rapports pour expliquer ce qui avait été fait et rendre l'expérience utilisable. César, pour le pont sur le Rhin ou le siège de Marseille, n'aurait-il pas puisé dans de tels rapports?

Reste à déterminer à quel niveau se situait l'écriture. Sûrement pas au niveau des exécutants directs, mais ensuite, parmi ceux qui sont désignés sous le nom de *mechanici* ou d'*architecti*,

[40] HIST. AUG. *Alex.* 44, 4: *Rhetoribus, grammaticis, medicis, haruspicibus, mathematicis, mechanicis, architectis salaria instituit et auditoria decreuit et discipulos cum annonis pauperum filios, modo ingenuos, dari iussit.*

[41] SYMM. *rel.* 25, 1: (il s'agit de Cyriades chargé par Gratien de construire un nouveau pont sur le Tibre) *comes et mechanicae professor.*

[42] AMM. 19, 5, 2: *cum neque in machinis neque in operum constructione iuuarent.*

[43] Voir à ce sujet J.J. HALL, «Was rapid scientific and technical progress possible in Antiquity?», in *Apeiron* 17 (1983), 1-13.

il devait y avoir bien des différences de statut et tous n'avaient pas les capacités ou les motivations pour écrire. Nous sommes relativement démunis pour apprécier cet aspect des choses et ce ne sont pas les références que nous venons de donner, de Columelle à Ammien Marcellin, qui peuvent nous aider. Le seul exemple sur lequel nous puissions dire quelque chose de suffisamment appuyé reste encore Vitruve. Il revient à P. Gros le mérite d'avoir tenté une approche socio-culturelle précise au colloque de Rome en 1993[44], ce qui est original par rapport aux travaux des dernières années. P. Gros part d'une idée de N. Purcell[45] rangeant Vitruve dans la classe des *apparitores* et faisant de lui plus précisément un *decurialis scriba armamentarius*. Encadrant chronologiquement cet article, les travaux de Cl. Nicolet et de S. Demougin permettent, d'un autre côté, de cerner les structures sociales aux frontières de l'ordre équestre[46]. P. Gros approfondit donc l'idée et l'appuie sur le traité. Rappelons que le nom d'*apparitores* désigne de façon générique les assistants des magistrats romains: scribes (*scribae*), messagers (*uiatores*), licteurs (*lictores*), hérauts (*praecones*). Ces «hauts fonctionnaires» devaient leur rétribution à un magistrat particulier, mais ils appartenaient aussi à un corps constitué, une *decuria*, susceptible de servir n'importe quel magistrat d'un certain rang. Un passage du début du Livre 1 du *De architectura* (*pr.* 2) s'applique bien à ce statut: «[Vitruve s'adresse à Octave] ...je fus chargé avec M. Aurélius, P. Minidius et Gn. Cornélius de la fourniture et de l'entretien des balistes, scorpions et autres machines de jet et avec eux je reçus des gratifications (*commoda*); après me les avoir d'abord accordées, tu en continuas le renouvellement (*recognitionem*) sur la recommandation (*commendatio*)

[44] P. GROS, «*Munus non ingratum*. Le traité vitruvien et la notion de service», in *Le projet de Vitruve*, Actes du colloque international, Rome, 26-27.3.1993, Coll. de l'E.F.R. 192 (Paris/Rome 1994), 75-90.

[45] N. PURCELL, «The apparitores: a study in social mobility», in *Papers of the British School at Rome* 51 (1983), 125-173.

[46] Cl. NICOLET, *op. cit.* (ci-dessus n. 32), et S. DEMOUGIN, *L'ordre équestre sous les Julio-Claudiens*, Coll. de l'E.F.R. 108 (Paris/Rome 1988).

de ta sœur»[47]. Je donne ici ma propre traduction. L'interprétation de P. Gros est sensiblement différente, mais, si les divergences ont de l'importance pour interpréter les nuances du passage, elles n'influent pas sur l'hypothèse proposée. Chacun sent bien que les mots *commoda, recognitio, commendatio* renvoient à des réalités précises: on peut supposer Vitruve d'abord *apparitor* sous César, puis «renouvelé»[48] par Octave sur recommandation d'Octavie et c'est avec ce dernier statut qu'il publie son ouvrage. Cette hypothèse rend compte de certaines caractéristiques de l'œuvre, avec notamment en position centrale la notion de service, mais service à l'adresse d'un haut magistrat.

Nous ne connaissons pas de noms de grands théoriciens de la mécanique romaine qui seraient à placer à côté de Ctésibios, Archimède, Philon ou Héron, et quand Pappos d'Alexandrie, au début du IVe siècle, fait en quelque sorte le point sur la mécanique, ses champs d'application, ses classifications, il s'appuie sur «les mécaniciens de l'École d'Héron»[49]. Vitruve lui-même paraît ignoré en tant que mécanicien jusqu'à Léonard de Vinci, dont les carnets témoignent d'une lecture attentive du livre 10. Mais il serait difficile de supposer que durant toute la période romaine le savoir mécanique se soit transmis en langue grecque sur l'aire occidentale de l'Empire. L'existence d'une terminologie latine cohérente, de solutions techniques qui paraissent proprement romaines tend à prouver qu'il y eut d'autres «fonctionnaires» comme Vitruve, d'autres auteurs de *commentarii* à la fois théoriques et techniques sur lesquels pouvait s'appuyer le *professor mechanicae* signalé par Symmaque. Le *De architectura* représente peut-être un cas intermédiaire

[47] 1, *pr.* 2: *Itaque cum M. Aurelio et P. Minidio et C. Cornelio ad apparationem ballistarum et scorpionum reliquorumque tormentorum *et* eorum refectionem fui praesto et cum eis commoda accepi, quae, cum primo mihi tribuisti recognitionem, per sororis commendationem seruasti.*

[48] Sur le sens technique de *recognitio*, voir par exemple S. DEMOUGIN, *op.cit.* (ci-dessus n. 46), 150-155.

[49] PAPP. 8, *pr.*: οἱ περὶ τὸν Ἥρωνα μηχανικοί.

entre des écrits techniques plus directement utilitaires (tels que certains passages de l'œuvre d'Héron, ou ce que purent être des ouvrages comme ceux de Ctésibios ou Diadès) et des traités plus généraux sur la mécanique et ses principes tels que pourraient en avoir écrit des personnages comme Varron ou Celse.

*
* *

Mais qui lisait ces textes, quelle utilisation en était faite? Et, au-delà de cette question, quelle était la place de la mécanique dans la société et l'économie romaine? Les historiens, et plus particulièrement les spécialistes des questions socio-économiques, auront plus de compétences que moi pour répondre à ces interrogations. Mais une lecture précise des sources mentionnées dans notre première partie permet déjà de faire quelques remarques et d'esquisser une problématique.

Les destinataires du traité de Vitruve, et plus particulièrement ceux du livre 10, sont identifiables à la fois par ce que dit l'auteur lui-même et par la nature de son texte. Cette question était au cœur des perspectives du colloque de Rome de 1993 telles que les avait définies P. Gros[50]. Au début du *De architectura*, Vitruve s'adresse explicitement à l'*Imperator Caesar*, le dédicataire du livre[51], à tous ceux qui construisent (*aedificantibus*)[52] et à tous les savants (*sapientibus*)[53]. Dans la préface du livre 10, il ajoute une autre catégorie de destinataires qui n'était pas a priori incluse dans les *aedificantes*, les préteurs et les édiles chargés de l'organisation des jeux[54]: ceux-ci doivent savoir comment procéder pour l'installation des tribunes provisoires. L'orientation explicite nous dirige donc vers des commanditaires,

[50] *Le projet de Vitruve*, Actes du colloque international, Rome, 26-27.3.1993, Coll. de l'E.F.R. 192 (Paris/Rome 1994).
[51] 1, *pr.* 1.
[52] 1, 1, 18.
[53] 1, 1, 18.
[54] 10, *pr.* 4.

non vers des exécutants. Lorsque Vitruve dit *aedificans*, il ne pense naturellement pas à l'artisan, ni même à l'architecte ou au maître d'œuvre qui dirige les travaux, mais à celui qui décide et commandite les travaux, c'est-à-dire le chef d'État et les responsables politiques pour les édifices publics ou l'organisation des jeux, le chef de famille pour les édifices privés, le général pour les opérations militaires. L'*utilitas* est bien affirmée (et même répétée) mais pas au premier degré. Les descriptions techniques ne sont pas à l'usage de l'artisan devant monter les machines, mais elles permettent aux concepteurs, aux responsables de projet, de comprendre comment il faut procéder, et elles donnent aussi des bases pour des améliorations éventuelles. Méfions-nous d'un regard «moderne» et rapide sur les descriptions vitruviennes des machines, regard qui a souvent conduit à un rejet pour cause d'obscurité et d'incompréhensibilité. Qui veut recouper l'ensemble des témoignages littéraires (Philon, Vitruve, Héron, Athénée, Apollodore...), les témoignages iconographiques et archéologiques, peut reconstituer les machines du *De architectura*. Pour les contemporains qui connaissaient déjà une partie du sujet, une simple lecture était suffisante.

Un savoir-faire élémentaire se transmettait de façon directe: en agriculture il n'était pas besoin de textes pour fabriquer araires ou herses, de même dans la construction pour les échafaudages ou la poulie accrochée en hauteur, dans l'armée pour les claies de protection, les échelles d'escalade ou même les tours mobiles. Au début du livre 10, Vitruve écrit: «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 exemple, les soufflets de forge, les chars à banc, 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»[55]. Au-delà des raisons personnelles des auteurs (souci de

[55] VITR. 10, 1, 6: *non minus, quae sunt innumerabili modo rationes machinationum, de quibus non necesse uidetur disputare, quoniam sunt ad manum cotidianae,*

notoriété, placement social, obligation de service), l'objectif des *commentarii* me paraît donc avoir été triple:

1. Instruire d'un point de vue théorique (c'est en partie le sens du *ut nota sint* dans l'extrait que nous venons de citer): faire comprendre les principes scientifiques des forces mécaniques mises en jeu dans les machines simples (levier, balance...).

2. Étonner en décrivant des mécanismes extraordinaires. Ainsi en est-il de la description d'une volière, avec un mécanisme complexe de table centrale tournante pour distraire les invités tout en leur offrant à manger, au troisième livre des *Res rusticae* (5, 15 sq.) de Varron. Les automates décrits dans les *Pneumatiques* de Philon ou de Héron ont pour but l'amusement et l'étonnement, même si le prétexte est la démonstration de principes physiques. Lorsqu'Ammien Marcellin termine la description de la baliste, il insiste particulièrement pour son lecteur sur le côté impressionnant de l'engin: «Il arrive que son échauffement extrême lui fasse lancer des étincelles et que, bien souvent, avant d'avoir aperçu le projectile, on en sente douloureusement la mortelle atteinte»[56], et il en est de même pour les autres machines décrites dans ce chapitre: l'onagre, le bélier, l'hélépole, les massettes incendiaires. Même les descriptions techniques de César à propos du pont sur le Rhin ou du siège de Marseille ne sont pas exemptes de «sensationnalisme». Cet aspect ne se rencontre pas dans les chapitres de Vitruve sur l'artillerie, mais son chapitre sur l'hodomètre suit cette tradition, car l'appareil de mesure de la distance n'est pas envisagé ici sous son aspect pratique.

3. Être utile pour les contemporains et la postérité en exposant des perfectionnements et des innovations. Il est en effet possible de lire le livre 10 du *De architectura* avec cet éclairage et de voir que Vitruve non seulement s'est attaché dans l'ensemble

ut sunt molae, folles fabrorum, raedae, cisia, torni ceteraque quae communes ad usum consuetudinibus habent opportunitates. Itaque incipiemus de is quae raro ueniunt ad manus, ut nota sint, explicare.

[56] AMM. 23, 4, 3: *interdum nimio ardore scintillans, et euenit saepius ut, antequam telum cernatur, dolor letale uulnus agnoscat.*

à décrire des machines réellement en usage à son époque, mais qu'il a choisi des machines intéressantes dans la perspective d'une utilisation pratique par ses lecteurs, même si quelques chapitres (notamment ceux sur les machines de siège à la fin) participent au rôle d'information générale sans réel ancrage dans la pratique contemporaine[57].

La description des machines de soulèvement au chapitre 2 paraît orientée dans une perspective essentiellement professionnelle: Vitruve décrit d'abord l'engin le plus simple, puis, en combinant divers systèmes, l'engin le plus puissant et enfin celui qui est le plus rapide. Cette triple perspective: simplicité, puissance et rapidité, répond aux exigences d'architectes publics appelés, comme le souligne Vitruve lui-même dans sa préface (§2-3), à réaliser un travail dans un temps et avec un budget limités.

Dans les machines pour élever l'eau, il passe rapidement sur la roue à augets et la chaîne à godets, qui sont des systèmes simples, et il s'étend plus longuement sur le tympan, la vis d'Archimède ou la pompe à pistons, beaucoup plus compliqués à construire mais qui offrent des avantages de capacité pour le premier, de faible encombrement pour le second, de transport pour le troisième. Tous ces systèmes étaient utilisés pour l'irrigation, pour l'assèchement des mines, des fondations, des cales des bateaux, pour l'alimentation des bains, et les vestiges retrouvés correspondent aux descriptions vitruviennes.

Vitruve est le seul auteur connu à décrire le moulin à eau qui paraît être une nouveauté à son époque. Les premiers témoignages littéraires sur son existence viennent, outre Vitruve, de Strabon et d'un poème de l'*Anthologie Palatine* (9, 418) qui indique que dans la deuxième moitié du Ier siècle *a.C.* l'introduction de son usage était récent. Le nouvel appareil offrait un gain de productivité par rapport aux deux autres systèmes en usage: le moulin pompéien et la meule à main, tout en

[57] C'est ce que nous essayons de montrer dans Ph. FLEURY, *La mécanique de Vitruve* (Caen 1993).

représentant aussi, il est vrai, un investissement plus important[58]. Bien que les performances des machines anciennes ne soient pas faciles à restituer, disons, pour donner un ordre de grandeur, qu'un moulin à eau comme celui de Venafro en Italie (il reste suffisamment de traces pour pouvoir reconstituer l'appareil partiellement) pouvait moudre environ 150 kg de grain par heure[59], un moulin pompéien 21-25 kg, une meule à main manoeuvrée par deux hommes 7 kg. L'édit de Dioclétien donne comme prix pour un moulin à eau 2000 deniers, pour un moulin pompéien 1500 deniers et pour un moulin à bras 250 deniers[60].

Même le chapitre sur l'orgue a peut-être une perspective utilitaire (et innovatrice) dans le contexte de l'époque de Vitruve. Bien que cet instrument paraisse avoir été inventé à Alexandrie au début du IIIe siècle *a.C.*, il ne se généralise pas dans le monde romain avant le premier siècle *a.C.* La première mention sûre est chez Cicéron qui le range parmi d'autres grands plaisirs physiques (consommation d'esturgeon, contemplation de fleurs, senteur de parfums)[61]. L'orgue était utilisé au théâtre[62], dans l'amphithéâtre[63], mais aussi chez les riches particuliers et l'empereur, au titre de l'apparat: nous apprenons par l'*Histoire Auguste* (si toutefois nous pouvons nous fier à elle sur ce point) que l'empereur Gallien faisait accompagner son retour de musique d'orgue[64].

[58] Sur ces questions, notamment sur l'aspect économique de l'introduction du moulin à eau, voir M.C. AMOURETTI, *Le pain et l'huile dans la Grèce antique. De l'araire au moulin* (Paris 1986).

[59] Nous reprenons ici les calculs de R.J. FORBES, *Studies in ancient technology* (Leiden 1956-1971), II 93.

[60] Cf. M.C. AMOURETTI, «Du nouveau sur les moulins à eau antiques?», dans *L'évolution des techniques est-elle autonome?* Colloque d'Aix-en-Provence, 1989, Cahier d'Histoire des Techniques 1 (1991), 143-147.

[61] CIC. *Tusc.* 3, 18, 43.

[62] AETNA 295-298.

[63] Voir l'iconographie et aussi PETRON. 36, 6: «Aussitôt s'avança l'écuyer tranchant et, tout en découpant son plat, il mesurait ses gestes sur l'orchestre de manière à simuler un conducteur de char combattant au son de l'orgue».

[64] HIST.AUG. *Gall.* 17, 3.

Les chapitres sur les machines de jet enfin sont la partie la plus didactique du livre 10. Si les sources grecques sont évidemment le point de départ des connaissances romaines dans ce domaine, il apparaît que l'État romain a su former des *architecti*, tels Vitruve ou plus tard Vedennius, capables de construire, d'entretenir et de perfectionner eux-mêmes les machines de jet sans recourir systématiquement aux textes grecs. Vitruve fait allusion pour les machines de guerre à des maîtres probablement romains: «J'ai présenté ce que Diadès a écrit sur les machines et sur leur montage. Je présenterai maintenant ce que j'en ai appris de mes maîtres et qui m'apparaît utile»[65]. Il a donc pu exister une école de génie militaire romaine avec ses propres solutions techniques comme le montant central unique dans le cadre de la catapulte par exemple[66]. En tout cas l'artillerie fut abondamment utilisée par les Romains: en campagne pour briser l'élan de l'ennemi[67], protéger les flancs[68], couvrir l'infanterie au moment de l'assaut[69], défendre les camps[70]; dans la guerre navale pour dégarnir le pont d'un navire ennemi de ses défenseurs[71], couvrir un débarquement[72]. Pendant les sièges, les engins lanceurs de flèches étaient des armes antipersonnel aussi bien du côté des assaillants que de celui des assiégés: Titus, pendant le siège de Jérusalem, utilisa les catapultes pour maintenir les têtes des défenseurs baissées et permettre ainsi l'approche des engins de siège[73], tandis que les lanceurs de pierre servaient plutôt à détruire les ouvrages de fortification ou les machines de siège; à Jopata, les lanceurs de pierre de Vespasien réussirent à

[65] VITR. 10, 13, 8.

[66] Pour les caractères spécifiques des machines romaines, voir E.W. MARSDEN, *Greek and Roman Artillery. Historical Development* (Oxford 1969), Appendix 1 et 2, 199-206.

[67] ARR. *Alan.* 26.

[68] CAES. *Gall.* 2, 8; FRONTIN. *strat.* 2, 3, 17.

[69] TAC. *ann.* 2, 20.

[70] CAES. *Gall.* 2, 8; 7, 81; *ciu.* 3, 51, 8; 56, 1...

[71] CAES. *ciu.* 1, 26, 1; 2, 4.

[72] CAES. *Gall.* 4, 25.

[73] JOS. *BJ* 5, 263, 267-274, 276.

démolir des créneaux, à endommager des coins de tours et à ébranler des murs[74].

Les lecteurs du traité de Vitruve avaient donc les moyens de comprendre ce qui se faisait en mécanique à leur époque, les moyens de voir ce qu'ils pouvaient eux-mêmes utiliser dans le cadre de leurs responsabilités; ils avaient là également une base pour chercher des systèmes encore plus perfectionnés. Ce livre n'a probablement pas fait avancer la technique romaine à lui tout seul à partir du Ier siècle, mais c'est certainement à partir d'un ensemble d'ouvrages de ce type que se sont transmises les connaissances techniques. Pour autant qu'on puisse en juger, il est novateur sur quelques points particuliers: les roues automotrices, le moulin à eau, certains détails de construction des machines de jet, et il est remarquable qu'au regard de la tradition grecque Vitruve a presque complètement éliminé la «mécanique merveilleuse». De plus, l'archéologie confirme la plupart des descriptions vitruviennes, tout en apportant parfois quelques variantes.

A ce point de la discussion, il est difficile d'éluder l'épineux problème de l'avancement du progrès mécanique. C'est une question complexe qui demanderait en fait un exposé particulier, car elle doit être envisagée au moins selon trois approches: les rapports mécanique-économie, les rapports mécanique-société, les rapports mécanique-philosophie. Il y a un débat moderne sur le prétendu blocage des techniques dans l'Antiquité. Dans son livre sur *Les mécaniciens grecs*, B. Gille analyse lucidement les opinions en présence[75] et ses conclusions sont valables pour le domaine grec comme pour le domaine romain: il n'y a pas eu blocage; le progrès technique s'est arrêté dans l'Antiquité à un certain niveau comme cela s'est produit à différentes époques et dans différentes parties du monde. Toutes les techniques sont solidaires les unes des autres (la mécanique n'échappe pas à la règle) et l'ensemble de la technique est lui-

[74] JOS. *BJ* 3, 242-248; 256.
[75] B. GILLE, *Les mécaniciens grecs* (Paris 1980).

même solidaire du progrès scientifique. Tant qu'un certain nombre de conditions ne sont pas réunies, aussi bien du point de vue matériel (capacités métallurgiques, sources d'énergie...) que du point de vue intellectuel (connaissance de principes, compréhension de lois naturelles, de réactions chimiques...), il ne peut y avoir avancée. Il n'est donc pas besoin de mettre en avant l'existence de l'esclavage ou un prétendu mépris du travail manuel: ce ne sont là que des paramètres sociaux, économiques et philosophiques, et ils interviennent parmi beaucoup d'autres. En ce qui concerne l'aspect économique et social, les travaux de Cl. Nicolet, particulièrement son recueil *Rendre à César*[76] et l'introduction historiographique qui le précède, éclaircissent largement le terrain. Sur l'aspect philosophique, plus particulièrement sur la conscience du «progrès» chez les Romains, les deux volumes d'A. Novara, *Les idées romaines sur le progrès*[77], font le point, au moins pour la période républicaine: sentiment d'avoir à assumer l'héritage de la Grèce, progrès considéré comme un devoir chez Cicéron, mais inquiétude aussi devant la *luxuria* et l'*ambitio*.

En ce qui concerne la mécanique elle-même, il s'agit d'un point de rencontre sensible dans le débat homme-nature. Nous rappelions en début d'exposé la définition de la mécanique par le Pseudo-Aristote: c'est la partie de la technique qui permet à l'homme de vaincre les difficultés naturelles. Grâce aux machines, l'homme lève des poids que sa force naturelle ne lui permettrait même pas de bouger, il force l'eau à monter alors que la nature la fait descendre, il envoie des projectiles plus loin que son bras ne lui permettrait de le faire, il produit des sons instrumentalement, etc. «Les premiers mortels et les fils des premiers mortels suivaient ingénument la nature», rappelle Sénèque dans sa *Lettre* 90 (§4). C'était l'âge d'or, la royauté

[76] Cl. NICOLET, *Rendre à César. Économie et société dans la Rome antique* (Paris 1988).

[77] A. NOVARA, *Les idées romaines sur le progrès, d'après les écrivains de la République* (Paris 1982).

était exercée par des sages. Mais la corruption fit que la monarchie se transforma en tyrannie et, première entrave à la nature, il fallut des lois. Jusque-là, Sénèque est d'accord avec Posidonius pour dire que ce fut une bonne chose, car ces lois furent conçues par des sages, des philosophes, mais il s'oppose à lui quand Posidonius considère que la philosophie a appris aux hommes à construire des maisons. Sénèque refuse à la philosophie la «gloire des inventions mécaniques» (*fabricae gloria*) et tout le débat est là: «De nos jours, à qui prêtes-tu, en fin de compte, le plus de sagesse?» demande Sénèque à Lucilius, «au mécanicien qui a inventé le moyen de faire jaillir l'eau safranée à une hauteur immense par des conduits secrets, qui remplit les euripes aussi brusquement qu'il les vide, qui assemble les soffites à panneaux mobiles des salles à manger de telle sorte qu'ils se transforment à volonté et que le plafond change avec chaque nouveau service? Ou au philosophe qui démontre aux autres et à lui-même que la nature s'est bien gardée de nous imposer rien de dur et de difficile, qu'on peut se loger sans marbrier et sans menuisier, qu'on peut être vêtu même si l'importation des soieries n'existe pas; qu'on peut avoir tout ce qui est nécessaire aux besoins de l'existence, en se contentant de ce que la terre offre à sa surface»(§15). Dans les écrits techniques eux-mêmes, le choix paraît clair: le progrès technique est une bonne chose et il faut continuer dans la voie du perfectionnement, pour le bonheur et (particulièrement dans le domaine militaire) pour la sécurité de l'homme: c'est sur ce thème que Héron d'Alexandrie, à peu près contemporain de Sénèque, commence ses *Belopoiica*, le traité sur les machines de jet[78], et il explique ensuite comment il lui paraît nécessaire de compléter les écrits de ses prédécesseurs sur le sujet. L'un d'eux est justement Philon de Byzance et lui aussi, au début de ses *Belopoiica*, insiste sur l'idée de progrès technique et sur les moyens d'y parvenir[79]. Il explique comment, «à l'époque ancienne», quelques-uns avaient découvert

[78] *Bel.* 72.
[79] *Bel.* 50-51.

que la base fondamentale et l'unité de mesure pour la construction des machines de jet était le diamètre du trou qui reçoit les ressorts. Mais la méthode de calcul précise ne put être trouvée que par une expérimentation méthodique menée par les ingénieurs alexandrins avec l'aide financière de l'État. Il s'agit donc de partir d'une base livresque qui donne l'idée, les principes élémentaires et, de là, on vise sans cesse l'amélioration en procédant à des essais. Vitruve est lui aussi dans la ligne de pensée de Posidonius: l'homme a d'abord vécu selon la nature, puis en observant cette même nature «il en a tiré des applications utiles à l'existence». Les machines, les instruments concourent au bonheur de l'homme et à sa sécurité[80].

*
* *

Quelle que fût l'ampleur du débat ancien sur la place devant être accordée à la mécanique, il y eut, à l'époque romaine, évolution technique dans le sens d'un progrès. C'est évident dans le domaine militaire, au moins jusqu'au Ier siècle *p.C.*, avec par exemple l'apparition de la baliste métallique (en revanche, l'onagre, le lanceur de pierres à un seul bras, qui apparaît dans les textes à partir du IVe siècle, est plutôt, à mon avis, une régression par rapport aux lanceurs à deux bras, régression peut-être due à la difficulté de trouver à cette époque des ingénieurs capables de régler les lanceurs à deux bras pour les lourdes charges). Dans le domaine agricole, on voit apparaître l'araire à avant-train (première avancée vers la charrue) et, au moins dans les régions du nord, un chariot à moissonner, le *uallus*; même si cet appareil ne correspond qu'à un type précis de céréale (l'épeautre), il représente un perfectionnement par rapport à la simple faucille[81]. La difficulté est de mesurer le rôle

[80] VITR. 10, 1, 4-5. Sur «l'éloge de la machine» par Vitruve, voir E. ROMANO, *La campanna e il tempio: Vitruvio o dell'architettura* (Palermo 1987), 200 sq.

[81] Sur cette question en particulier, voir F. SIGAUT, «L'évolution technique des agricultures européennes avant l'époque industrielle», in *Revue archéologique*

joué par la littérature technique dans ces avancées, mais nous aurons peine à croire que les *commentarii* mécaniques n'ont eu qu'un rôle d'enregistrement du progrès, un rôle purement descriptif. C'est probablement à partir des écrits des mécaniciens que les idées ont été prises et que l'évolution s'est faite. Si une tendance est observable, elle est orientée vers une plus grande utilité, une plus grande accessibilité des traités de mécanique: Héron d'Alexandrie dit que beaucoup d'auteurs ont écrit avant lui sur l'artillerie, mais en traitant des mesures et de la disposition à l'usage des experts, aucun, dit-il, n'a décrit convenablement la construction de ces engins et leur utilisation en détaillant les différentes parties, leur nomenclature, l'arrangement des pièces entre elles et leurs mesures propres[82]. De même Vitruve considère que le calcul du module d'une baliste n'est pas accessible à tous, mais seulement à «ceux qui ont une bonne connaissance du traitement géométrique des nombres et de leurs rapports». Aussi, pour que la chose soit accessible à un plus grand nombre et que, dans un péril de guerre, les techniciens ne soient pas arrêtés par les calculs, il donne des tables de calibrage indiquant en fonction du poids que l'on souhaite lancer le module correspondant. Nous avons probablement là ce qui fut une des caractéristiques de cette littérature mécanique romaine, aujourd'hui largement perdue: être directement utile[83].

du centre de la France 27, 1 (1988), 7-41; sur la question plus générale de l'économie rurale en Méditerranée occidentale, voir Ph. LEVEAU, P. SILLIERES et J.P. VALLAT, *Campagnes de la Méditerranée romaine* (Paris 1993), 73-117.

[82] HERO *bel.* 73-74.

[83] Pour la bibliographie antérieure à 1948, voir J. BEAUJEU, «La littérature technique des Grecs et des Latins», dans *Actes du Congrès de Grenoble de l'Association G. Budé* (1948) (Paris 1949), 21-79; pour la période 1969-1989: Ph. FLEURY, «Les textes techniques de l'Antiquité. Sources, études et perspectives», in *Euphrosyne* 18 (1990), 359-394. Plus récemment, le livre d'A. GARA, *Tecnica e tecnologia nelle società antiche* (Roma 1994), peut être une approche commode, mais la bibliographie n'est pas fiable (les chapitres 5 et 6 de la première partie: *I manuali tecnici* et *La trasmissione della cultura,* concernent particulièrement le sujet traité ici). Sur les problèmes de transmission de la littérature écrite, voir *Lo spazio letterario di Roma antica* (dir. par G. CAVALLO, P. FEDELI et A. GIARDINA), II: *La circolazione del testo* (Roma/Salerno 1989).

DISCUSSION

P. Gros: Ph. Fleury a opportunément rappelé ce passage du livre 10 où Vitruve affirme écrire pour les préteurs et les édiles chargés de faire construire les tréteaux et les échafaudages temporaires des édifices de spectacle pour les *ludi*. Ce texte est important à deux points de vue: d'abord parce qu'il conforte l'hypothèse d'un Vitruve auxiliaire des magistrats, responsable des équipes techniques en tant qu'*apparitor*. Ensuite parce qu'il constitue un indice chronologique non négligeable sur la période de formation et de compilation de Vitruve lui-même: Vitruve apparaît ici (et dans beaucoup d'autres endroits) comme un architecte du milieu du 1er s. av. J. C., c'est-à-dire de la République, et non pas de l'époque augustéenne. Sa vision des choses est, en ce domaine au moins, antérieure à la mise en place des théâtres romains, même si les édifices temporaires, dont il nous dit ailleurs qu'ils étaient encore de son temps construits chaque année, ont survécu à l'apparition des édifices «en dur» (l'exemple toujours cité en pareil cas est celui des Jeux séculaires de 17 av. J.-C.).

M. Lenoir: Même si l'on donne une définition large au terme «mécanique», il me paraît difficile d'inclure Végèce parmi les mécaniciens: le développement consacré aux machines, essentiellement aux machines de siège, offensives et défensives, est à l'usage des utilisateurs de ces machines, non à celui de leurs constructeurs.

Les nouvelles lectures, plus détaillées et plus précises, du texte de Vitruve à propos des machines comme la catapulte et les découvertes archéologiques dans l'ensemble du monde romain plaident effectivement en faveur d'une «école de génie militaire», supposée par Ph. Fleury; il ne faut cependant pas

étendre le champ d'activité de cette école à l'ensemble des activités techniques de l'armée romaine. La castramétation, en particulier, est hors du champ d'une transmission savante.

Se pose enfin la question de l'utilité de cette littérature technique: quel public vise-t-elle réellement? Même si, à l'évidence, la description du pressoir à levier et vis d'Héron d'Alexandrie n'est pas destinée aux paysans eux-mêmes, on est frappé par la faible diffusion de cette technique dans l'ensemble du monde romain: la description d'Héron n'est-elle pas une simple illustration des développements précédents, ne visant pas à une réelle utilité pratique?

Ph. Fleury: Je n'inclus pas Végèce parmi les mécaniciens. Je précise au contraire dans mon exposé que le seul traité de mécanique latin connu est celui de Vitruve, mais je range Végèce parmi les textes utilisables pour la connaissance de la mécanique romaine, en particulier pour la nomenclature des machines de guerre. Son témoignage est intéressant dans la mesure où il est lui aussi auteur technique: on peut donc supposer qu'il emploie un vocabulaire précis. Mais M. Lenoir a tout à fait raison de souligner qu'il ne s'adresse pas à des constructeurs de machines. J'ai eu tort d'employer l'expression «école de génie militaire» au singulier: il apparaît seulement qu'il dut y avoir (de façon peut-être discontinue dans le temps et à des endroits différents) des «pôles de formation», où officiaient des *praeceptores* comme ceux que mentionne Vitruve. Il est clair, comme le montre l'étude de M. Lenoir sur les camps romains, qu'il n'y eut pas uniformisation dans tous les domaines de la technique militaire. Quant à l'utilité de la littérature technique, elle ne fait pas de doute dans l'esprit d'un auteur tel que Vitruve, qui la revendique explicitement, à plusieurs reprises, tout au long de son traité. Seulement ce n'est pas une utilité «au premier degré»: Vitruve ne s'adresse pas à des constructeurs de machines, il s'adresse à des responsables (politiques ou privés) qui peuvent être confrontés à des problèmes de type mécanique (édiles devant faire construire des

tribunes provisoires, architectes devant utiliser des machines de soulèvement, généraux confrontés à un siège). La confrontation avec Héron d'Alexandrie nous livre encore un autre type d'enseignement: prenons la description d'une machine similaire chez l'un et chez l'autre, la pompe à piston par exemple (Vitruve, 10, 7, 1-3 – Héron, *pneum.* 1, 28). La description d'Héron est plus précise et plus complète; en outre elle renvoie à un dessin avec des lettres, si bien que la machine est facile à construire à partir du texte, même si ce n'est peut-être pas là l'objectif principal. La description de Vitruve (sans dessin) est condensée et beaucoup plus orientée sur la compréhension du principe de fonctionnement que sur une présentation complète de l'appareil. Resterait à déterminer l'influence de ce type de littérature (Vitruve et Héron confondus) sur la diffusion des techniques. Il est clair qu'un certain nombre de techniques simples se sont répandues (et perfectionnées) sans l'aide d'aucun texte, simplement par transmission directe du savoir-faire. Pour des choses plus complexes, comme le pressoir à vis évoqué par M. Lenoir, il ne faut sûrement pas sous-estimer le rôle de la lecture (au moins comme source d'idées). Non pas, encore une fois, au niveau de l'exécutant direct, mais au niveau de celui qui fait exécuter.

P. Gros: Si l'on compare la démarche de Héron et celle de Vitruve, on mesure la différence de finalité entre les deux traités: Héron commence par de longs détours théoriques (arithmétiques, géométriques, «stéréotomiques»), avant d'en venir à la description des instruments et des machines. Vitruve commence, lui, par ces descriptions, visant l'efficacité beaucoup plus que la spéculation théorique. Pour lui les machines ne sont pas des applications plus ou moins étranges ou amusantes des lois de la mécanique, mais des objets utiles.

Cela dit, il faut s'entendre sur la notion d'utilité. Il ne s'agit pas d'une utilité au premier degré visant à fournir un mode de fabrication ou d'emploi à des artisans ou à des praticiens, mais d'un cadre plus général destiné à informer les responsables des

principes de montage et du fonctionnement des engins de siège, de balistique, etc...

J. Delaine: The sections in Vitruvius on building materials and construction techniques (*De architectura* Book 2) clearly fulfill the same idea of usefulness. They do not seem intended to provide sufficient information for an architect or client to choose his own materials at source, let alone produce them (there is, for example, no equivalent in the discussion of lime for Cato's description of how to build a lime-kiln [*agr.* 38]). There is however much about how to judge the quality of materials (eg. *De arch.* 2, 3, 2 on briek & 2, 4 on sand). Which is the type of technical information required by those letting and contracts, or supervising private building, or assessing the quality of finished work in order to verify a building contract?

There is an interesting parallel for this type of literature, fulfilling exactly this kind of need, from the 18th century. At the time of the rapid expansion of London and Paris, town houses were built for the landed aristocracy and whole suburbs constructed for the middle classes. From this period we have the first of the manuals of building materials and techniques and their costs, designed to instruct the client and contractor, and, in particular, to help the client guard against any attempt by the contractor to chear, whether by providing second-rate materials, shoddy workmanship, or over-charging. I believe that the *De architectura* of Vitruvius could have played a similar role for those *patres familiarum* whom Vitruvius praises for building for themselves (*i.e.* not employing architects at all) *litteraturae fiducia confirmati* (*De arch.* 6, *praef.* 6).

Ph. Fleury: La comparaison faite par J. Delaine avec les manuels du XVIIIe siècle est tout à fait pertinente. Il s'agit bien là d'une des «utilités» du *De architectura*: aider le constructeur (*i.e.* le commanditaire, le maître d'ouvrage) dans sa communication avec l'exécutant (*i.e.* le maître d'œuvre).

Cl. Nicolet: Quel est, selon vous, le sens exact de *professores mechanicae* dans le texte de Symmaque que vous avez cité? S'agit-il de «mécaniciens déclarés», recrutés officiellement, ou bien de «professeurs» au sens moderne du mot? Dans l'inscription *ILS* 7754 (à laquelle vous faisiez allusion ce matin), il y a clairement, à côté des *calculatores* professionnels (mais qui peuvent écrire des *commentarii*, cf. *ILS* 7755), des *doctores artis calculatoriae.*

A. Chastagnol: Le mot *professor* est employé au IVe siècle ap. J.-C. pour désigner un professeur titulaire d'une chaire des grandes universités de l'époque (Rome, Athènes, Alexandrie) et des écoles officielles municipales (Milan, Gaules,...). Ainsi la loi de Gratien sur les maîtres gaulois, du 23 mai 376, parle de l'élection des professeurs de ces chaires dans les cités: *nobilium professorum electio celebretur singulis urbibus* (COD. Theod. 13, 3, 11). Une ville comme Rome pouvait disposer éventuellement d'une chaire d'ingéniérie (*mechanicus*); à la rigueur peut-on interpréter de cette façon le témoignage cité de Symmaque à propos de la construction du pont de Théodose et de son architecte ingénieur *comes et mechanicus*: *rel.* 25-26; cf. A. Chastagnol, *La préfecture urbaine à Rome sous le Bas-Empire* (Paris 1960), 350-353; D. Vera, dans *Studi e documenti historiae et iuris* 44 (1978), 45-94; et *Commento storico alle Relationes di Quinto Aurelio Simmaco* (Pisa 1981), 183-198, spéc. 184 et 186-187.

Ph. Fleury: Le passage de Symmaque ne fait pas allusion à une activité d'enseignement. Il s'agit d'une querelle compliquée entre deux architectes de rang sénatorial, chargés successivement de la construction du «pont de Théodose» sur le Tibre. L'un d'eux, Auxentius, est toujours cité par Symmaque sans titre particulier. L'autre, Cyriades, est cité, la première fois avec le titre «*Comes et mechanicae professor*» (R.H. Barrow traduit «consultant engineer», *rel.* 25, 1), puis trois fois avec le titre «*Comes et mechanicus*» (*rel.* 25, 3; 26, 1; 26, 5). C'est l'association de

cette référence avec celle de l'*Histoire Auguste* qui me fait penser que *professor* peut renvoyer ici à une activité d'enseignement, car l'auteur de la *Vie d'Alexandre Sévère* dit clairement (44, 4): «il instaura un salaire pour les rhéteurs, les grammairiens, les médecins, les haruspices, les astrologues, les ingénieurs (*mechanici*) et les architectes (*architecti*), leur fit attribuer des salles de cours et les obligea à prendre pour élèves, en pourvoyant à leur subsistance, des fils de familles pauvres, pourvu qu'ils fussent de naissance libre» (trad. A. Chastagnol).