



CLASSIQUES
GARNIER

CARVAIS (Robert), NÈGRE (Valérie), « Éditorial. La vie des matériaux », *Ædificare*, n° 7, 2020 – 1, *Revue internationale d'histoire de la construction*, p. 13-43

DOI : [10.15122/isbn.978-2-406-11428-4.p.0013](https://doi.org/10.15122/isbn.978-2-406-11428-4.p.0013)

La diffusion ou la divulgation de ce document et de son contenu via Internet ou tout autre moyen de communication ne sont pas autorisées hormis dans un cadre privé.

© 2021. Classiques Garnier, Paris.
Reproduction et traduction, même partielles, interdites.
Tous droits réservés pour tous les pays.

CARVAIS (Robert), NÈGRE (Valérie), « Éditorial. La vie des matériaux »

RÉSUMÉ – L'éditorial s'intéresse au renouvellement des études sur les matériaux via les manifestations scientifiques, formations, offres de thèse pluridisciplinaires, leur patrimonialisation et leur analyse anthropologique. Il présente les articles du numéro autour de la certitude et du doute. Comment aborder l'incertitude ? Par l'analyse des antécédents, la préparation du terrain, la sécurisation des étapes ou l'usage de l'expertise. Comment revisiter une apparente certitude ? Par sa remise à plat, le séquençage d'une opération ou la constitution des sources d'une discipline.

MOTS-CLÉS – matériaux, certitude/incertitude, catastrophe, geste, comptabilité, expertise, arc-boutant, déplacement de bâtiment, livres sur l'hydraulique

CARVAIS (Robert), NÈGRE (Valérie), « Editorial. The Life of Materials »

ABSTRACT – The editors' note focuses on the study of materials, which has been reinvigorated by scientific events, training, multidisciplinary thesis offers, their patrimonialization, and anthropological analysis. It introduces the articles in the issue in a key of certainty and doubt. How does one deal with uncertainty? By analyzing the antecedents, preparing the sites, laying the groundwork for the stages in the process, or using expertise. How does one revisit an apparent certainty? By rethinking it, sequencing an operation, or establishing the sources of a discipline.

KEYWORDS – materials, certainty/uncertainty, disaster, gesture, accounting, expertise, flying buttress, building relocation, books on hydraulics

ÉDITORIAL

La vie des matériaux

VERS UN RENOUVELLEMENT DE LA RECHERCHE

L'École de Chaillot (Paris) devait accueillir les 4 et 5 novembre prochains deux journées de formation sur « Le plâtre dans le bâti ancien, enjeux historiques et usages contemporains ». La manifestation fait partie d'un nouveau cycle de formation dont l'objectif est d'inviter les historiens, les architectes, les ingénieurs et les entrepreneurs à discuter de l'emploi, du vieillissement et de la conservation d'un matériau¹. Au début de l'année 2021, la faculté des beaux-arts de l'université de Lisbonne (*Faculty of Fine Arts*) prévoit de rassembler des historiens et des spécialistes du patrimoine autour du même matériau pour réfléchir à son histoire et à sa conservation dans l'architecture et la sculpture (« *The Art of Plaster. Between Creation and Reproduction* »)². Au même moment devrait se tenir à l'initiative de la Maison française d'Oxford une journée d'études transdisciplinaires dans laquelle les intervenants exploreront le thème de la temporalité des matériaux, à partir d'un matériau de leur choix (« *Materials and Time : An Anthology* »)³.

De telles manifestations témoignent d'un renouvellement des études sur les matériaux. Les matériaux de construction intéressent de longue date les historiens de la construction (voir les écrits de Gottfried Semper (1803-1879) et d'Alfred Gotthold Meyer (1864-1904), par exemple), mais ce n'est que récemment qu'ils ont suscité des recherches collectives

1 Voir la présentation de cette formation à l'adresse : <https://www.citedelarchitecture.fr/fr/article/formation-de-lecole-de-chaillot> (consulté le 3 novembre 2020).

2 Voir le site de l'Association francophone d'histoire de la construction, rubrique « Appels à contributions ».

3 Nous renvoyons à l'appel à communication : <https://www.hsmt.ox.ac.uk/article/cfp-materials-and-time-anthology> (consulté le 3 novembre 2020).

et transdisciplinaires. Ensemble, les historiens, les archéologues, les spécialistes des sciences, les praticiens du bâtiment, de la conservation et de la restauration se donnent pour tâche de réfléchir aux usages, à la conservation et à la patrimonialisation d'un matériau. Le projet de recherche financé : « Architecture, aluminium et patrimoine XX^e-XXI^e siècle », (ANR ARCHIPAL, 2019-2023) ambitionne d'écrire l'histoire de l'usage de l'aluminium dans l'architecture, de « saisir les processus de patrimonialisation et de dresser un inventaire de la présence de ce matériau et de son état de conservation dans le patrimoine bâti de la France⁴ ». Ces objectifs ne sont pas sans faire penser à ceux que poursuit le réseau francilien de recherche sur les matériaux anciens et patrimoniaux (Domaine d'intérêt majeur) dont la dimension pluridisciplinaire est l'un des traits marquants : il s'agit de faire dialoguer « la physique, la chimie, l'informatique, les sciences de l'environnement, la biologie avec l'histoire, l'histoire de l'art, l'archéologie, la paléontologie et les sciences des textes⁵ » .

Plusieurs offres de thèses financées s'inscrivent dans ce mouvement. Outre la thèse récente de Tiffanie Le Dantec sur les façades enduites en plâtre en Ile-de-France, résultant d'une demande conjointe du Laboratoire de recherche des monuments historiques (LRMH) et du programme de recherche scientifique sur la durabilité des plâtres anciens initié par le Cercle des partenaires du patrimoine⁶, citons l'offre de thèse en cours sur « Le plomb dans la construction monumentale : usages, pratiques, approvisionnements (XII^e-XIX^e siècles) » dont l'objectif est de retracer l'histoire du plomb sur une longue durée à partir de ses usages « tout en mettant en lumière le rôle de ce matériau dans notre paysage patrimonial : ses provenances et sa fourniture, son recyclage, ses techniques de mise en forme et les transferts de compétences et de savoirs induits⁷ ».

4 Programme de recherche financé ANR ARCHIPAL : <http://crh.ehess.fr/index.php?6462> (consulté le 3 novembre 2020).

5 <https://www.dim-map.fr> (consulté le 3 novembre 2020).

6 Tiffanie Le Dantec, « Les façades enduites au plâtre d'Île-de-France. Le déclin du plâtre extérieur, du XVII^e au XX^e siècle », thèse sous la direction de Nadia Hoyet et Jean-Claude Yon, Université Paris-Saclay, spécialité Architecture, 2019. Voir également Yvan Lafarge, « Le plâtre dans la construction en Ile de France ; techniques, morphologie et économie avant l'industrialisation », thèse sous la direction d'Anne-Françoise Garçon, Université Paris 1 Panthéon-Sorbonne, spécialité Histoire des techniques, 2013.

7 Financement MITI du CNRS – chantier scientifique « Notre-Dame ». Université Paris 8 Vincennes-Saint-Denis – ArScAn UMR7041. Sous la direction de Catherine Verna,

La terre crue est l'un des matériaux qui a suscité le plus d'échanges transdisciplinaires. Après quatre rencontres (2001, 2005, 2008, 2016) consacrées aux techniques de mise en œuvre de la terre (pisé, bauge, brique crue, torchis), aux procédés de finition et à la fabrication d'éléments de construction, les cinquièmes « Échanges transdisciplinaires » organisés à Montpellier en octobre 2019 ont porté sur les approches sociales, économiques et historiques des architectures de terre. Il s'agissait de « cerner la place d'un matériau souvent réputé "pauvre" à la fois dans le processus constructif et dans l'image de l'habitat qu'il produit⁸ ». C'est aussi dans cette perspective que s'inscrit la thèse de Nadya Rouizem Labied récemment soutenue sous le titre de : « Modernisation de la terre crue au Maroc 1960-1973 : expérimentations et devenir⁹ » dont nous avons pu lire une partie dans le précédent numéro de notre revue⁹.

Toutes ces études relayées sur le site de l'Association francophone d'histoire de la construction (<https://www.histoireconstruction.fr>) ont en commun de favoriser les approches monographiques (les discussions portent sur un matériau). Les nouvelles directions de l'historiographie invitent à être attentif à la manière dont les matériaux, une fois mis en œuvre, évoluent dans le temps (durée de vie, altération, épuisement, réutilisation, recyclage) de même qu'aux valeurs que les hommes, qui pensent, font et utilisent les édifices, leur donnent¹⁰, ce qui inclut les processus de patrimonialisation. De telles approches raisonnent avec l'un des objectifs de notre revue qui est de créer un espace de dialogue entre d'une part des chercheurs issus de différentes disciplines et d'autre part des praticiens.

Maxime L'Héritier, Sandrine Baron.

8 Table ronde internationale organisée à l'École nationale supérieure d'architecture de Montpellier, 23-24 octobre 2019.

9 Nadya Rouizem Labied, « Modernisation de la terre crue au Maroc 1960-1973 : expérimentations et devenir », Université de Paris 1 Panthéon-Sorbonne, spécialité Aménagement, 8 décembre 2020 sous la direction de Christian Pédelahore de Loddis et « La modernisation de la terre crue au Maroc dans les années 1960. Architecture néo-traditionnelle ou néocoloniale ? », *Ædificare*, n° 6, 2019, p. 249-265.

10 Table ronde « Pour une anthropologie des matériaux de l'architecture », organisée à l'initiative de Laurent Baridon, Festival de l'histoire de l'art, « Matière de l'œuvre », 2015 ; voir également l'appel à communication « La plastique dans la mise en œuvre des matériaux » sous la direction de Laurent Reynes, INSA Strasbourg, 2021.

PRÉSENTATION DU NUMÉRO

Ce numéro d'*Ædificare*, bien que *varia*, tente d'apporter des réponses à la question fondamentale de la certitude et de son antonyme, le doute, en histoire de la construction. Issu du bas latin *certitudo* et désignant la « conviction chrétienne », le vocable « certitude » admet deux sens objectif et subjectif qui sont dérivés de sa forme adjectivale *certain* (*certus* en latin) : « soustrait au doute, fixé, positif, réel », s'agissant d'une chose ou d'une connaissance, ou « ferme dans ses résolutions, décidé, sûr, authentique », parlant d'un individu. La forme verbale du mot *cerno*, *cernere* signifie « passer au crible, discerner ». De cette action d'appréciation, par le biais du mot grec de même racine *krinen*, « trier, cribler, juger » et *via* la philosophie subjective cartésienne (je pense, donc je suis !), la certitude entre en rapport avec le jugement et la vérité et rejoint le réseau terminologique de cette dernière, du dévoilement et de l'adéquation à la certitude et à l'évidence¹¹. Cependant, un des nœuds à démêler par cette notion est constitué par les nuances apportées à l'occasion de sa confrontation avec celle de probabilité. La preuve de la certitude doit-elle être objective (voir la *certitudo probabilis* des scolastiques) ou subjective (« certitude morale » de Descartes) ? À une telle question posée doit-on appliquer le principe du doute raisonnable¹² ou celui de l'équilibre des probabilités ?

Quel est le sens de la vérité : dogme, autorité ou réalité ? Il n'y a jamais une seule vérité mais plusieurs. Le droit est le domaine où le concept de « vérité » apparaît pragmatique. La *veritas* y est d'ordre performatif. Elle

11 Barbara Cassin (dir.), *Vocabulaire européen des philosophies*, Paris, Le Robert/Le Seuil, 2004, v^o « Certitude » « Probabilité » et « Vérité ».

12 En droit américain, « Beyond a reasonable doubt » est une règle de preuve plus élevée que la prépondérance des probabilités (couramment utilisée en matière civile) et est donc généralement réservée aux affaires pénales dans lesquelles les enjeux (par exemple, la liberté d'une personne) sont considérés comme plus graves et méritent donc un seuil plus élevé. Cf. Grechenig, Nicklisch & Thoeni, "Punishment despite Reasonable Doubt - A Public Goods Experiment with Sanctions under Uncertainty", *Journal of Empirical Legal Studies* (JELS) 2010, vol. 7 (4), p. 847-867 ; James Q. Whitman, *The Origins of Reasonable Doubt : Theological Roots of the Criminal Trial*, New Haven, Yale University Press, 2016. Henry A. Diamond, "Reasonable doubt : to define, or not to define", *Columbia Law Review*. 1990, 90 (6), p. 1716-1736. Doi:10.2307/1122751.

ne désigne pas l'adéquation entre l'énoncé et la réalité, mais « l'autorité de la chose jugée », le bien-fondé de l'énoncé juridique, son institution. Ainsi nous retrouvons-nous face à deux types de situations opposées et complémentaires :

- Lorsque nous devons établir une certitude et que nous doutons en raison de facteurs naturels ou raisonnables, quels moyens pouvons-nous mettre en œuvre, instituer en réaction ?
- Lorsqu'une vérité semble reconnue, doit-elle l'être sans jamais pouvoir être remise en cause ? L'esprit critique permet alors de remettre en question les idées reçues et de rétablir une autre vérité.

COMMENT ABORDER L'INCERTITUDE ?

Construire est avant tout une aventure incertaine, comme *a priori* tout fait de l'homme raisonnable. Aucune certitude n'est jamais acquise. « À défaut d'être doté d'une capacité à la prédiction réelle, c'est bien l'incertitude qui est la règle, le cheminement habituel du cours du temps. La certitude n'est que l'illusion du contrôle¹³. » Les sociétés ont toujours vécu par conséquent dans l'incertitude que l'on ne doit pas affronter avec peur, mais aborder plutôt avec une détermination sereine. Pourtant, à toutes les époques, elles ont souffert de nombreuses catastrophes de plusieurs genres, naturelles, sanitaires, industrielles, militaires, humanitaires, qui ont déclenché chez elles une méfiance à l'égard des risques multiples potentiels, au point qu'elles en sont venues à réclamer de nouvelles procédures d'examen des situations obscures, à instaurer le principe de précaution et à réformer l'expertise¹⁴. Comment alors bâtir des édifices qui résistent aux tremblements de terre inattendus, qui évitent la contamination, qui limitent la propagation des désastres environnementaux, en temps de paix comme en temps de guerre à l'égard des populations civiles, qui abritent dans l'urgence les victimes de telles catastrophes ? Plusieurs initiatives pourraient être enclenchées, comme par exemple, analyser les antécédents, organiser la préparation du terrain, sécuriser les étapes menacées ou demander l'avis d'experts.

¹³ Laurent Douset, *Pour une anthropologie de l'incertitude*, Paris, CNRS Éditions, 2018, p. 9.

¹⁴ Michel Callon, Pierre Lascoumes et Yannick Barthe, *Agir dans un monde incertain. Essai sur la démocratie technique*, Paris, Le Seuil, 2001.

Hélène Dessales, à partir de l'analyse de huit textes antiques (1^{er} siècle av. J.-C. – milieu du VI^e siècle), s'interroge sur la « construction et la culture sismique à l'époque romaine ». Comment reconstruire au lendemain d'un tremblement de terre ? Toujours prête à oser des comparaisons appropriées à travers les siècles et l'espace, l'autrice contextualise ses sources, précisant qu'elles appartiennent à des registres très différents pour mettre en évidence quatre types de savoirs face à de tels accidents naturels : face aux risques sismiques, les Romains observent, préviennent, réparent et simulent. L'autrice présente ces actions tout en n'omettant pas d'en préciser les enjeux et les acquis. Les textes racontent l'impact sismique sur les rues, les égouts, les murs et les sols, mais énoncent aussi des précautions à prendre à l'avenir à titre de prévention quant aux fondations (choix de terrain marécageux, mise en place d'une strate continue de charbon ainsi qu'une couche de toisons de laine par-dessus, parfois seul le substrat rocheux – bien meilleur – est mis en avant) et quant aux élévations (assurer de bonnes fondations, renforcer les angles des bâtiments, construire moins haut) et quant au matériau (meilleure résistance reconnue aux briques cuites et à la terre). Ils développent les différentes mesures de réparations possibles selon l'état des élévations ou des sols (reconstruction totale ou ponctuelle, comme les comblements des fissures, les renforcements, les reprises en sous-œuvre par insertion de plomb ou redressement. Enfin, sans poursuivre les mêmes finalités préventives que les ingénieurs d'aujourd'hui, les Romains étaient capables de simuler un tremblement de terre. Ayant acquis une conscience de la vulnérabilité, ils ont optimisé l'art de bâtir par une dynamique des transferts de techniques, stimulés par des innovations locales.

Jean-Baptiste Javel présente quelques « réflexions sur les tracés préparatoires dans l'architecture en pierre de taille et dans la sculpture décorative dans l'Aquitaine romane (XI^e-XII^e siècles) ». Alors que l'analyse du geste technique a fait l'objet d'une littérature abondante¹⁵, l'auteur propose

15 André Leroi-Gourhan, *Le geste et la parole*, Paris, Albin Michel, 2 vol., 1964-1965 ; Jean-Claude Schmitt, *La raison des gestes dans l'Occident médiéval*, Paris, Gallimard, 1990 ; *Le geste et les gestes au Moyen Age*, Centre Universitaire d'études et de recherches médiévales d'Aix, Aix-en-Provence, Université de Provence, Collection Senefiance, n° 41, 1998 ; Antoine Picon, « Gestes ouvriers, opérations et processus techniques. La vision du travail chez les Encyclopédistes », in *Recherches sur Diderot et sur l'Encyclopédie*, n° 13, 1992, p. 131-147 ; Blandine Bril et Valentine Roux (dir.), *Le geste technique. Réflexions méthodologiques et anthropologiques*, Éditions Erès, *Revue d'Anthropologie des connaissances, Technologies/Idéologies/Pratiques*, Vol. 14(2), 2002 ; Robert Cresswell, « Geste technique, fait social total. Le technique est-il dans le social

d'analyser ces stigmates fugaces, difficilement perceptibles, rarement accompagnés d'épures, pour une période bien antérieure au gothique qui a déjà été abondamment étudiée et de distinguer leurs enjeux, qu'il s'agisse de simples traces d'outils manipulés (à main levée, pointe, règle, équerre, gabarit, compas, etc.), de signes lapidaires (marques de tâcheron) signifiant l'achèvement d'une action de taille ou de pose, des tracés préparatoires à une action à venir ou des inscriptions utilisant la fonction médiatrice d'une surface. Découvrir l'intention du geste dans le tracé relève de la gageure. Se servant des sites qu'il a fouillés et des résultats des publications de ses collègues, il dévoile dans une enquête minutieuse l'orientation des traces, leur densité et surtout leur participation aux différentes étapes de fabrication (ou appareillage) des blocs ou des repères de calage (mise en place d'un cintrage) voire d'indications de pose ou de nouvelle taille au moment de son placement. Les traces peuvent délimiter les départs de voûtes, indiquer les faux joints et permettent de constater la flexibilité du système grâce à l'adaptabilité des joints. L'auteur essaie de relever tantôt une habitude d'artisan par la fréquence des traits, tantôt un éventuel repentir, çà une vivacité particulière du geste, là une répétition faisant apparaître un système modulaire. Il retrouve ces traces sur plusieurs éléments architecturaux (parement, taillloirs, impostes, colonnes, trous de boulins, claveaux, etc.) et définit un véritable programme de recherche. Osant la comparaison avec certaines figures des carnets de Villard de Honnecourt, plus tardif d'un siècle, il se demande même s'ils ne constituent pas des manifestations de pratiques géométriques anticipant une standardisation précoce. En quelque sorte ces traces préparatoires retrouvées ne constitueraient-elles pas une réaction à l'incertitude ?

ou face à lui ? », *Technique & Culture. Revue semestrielle d'anthropologie des techniques*, 2003, n° 40, p. [en ligne, DOI : <https://doi.org/10.4000/tc.1576>] ; Frédéric Joulian et Salvatore d'Onofrio (dir.), *Dire le savoir-faire. Gestes, techniques et objets*, Collection *Anthropologie*, Paris, Cahiers de l'Herne, 2006 ; Marc Cizeron et Nathalie Gal-Petitfaux (dir.), *Analyse des pratiques : expériences et gestes professionnels*, Clermont-Ferrand, Presses de l'Université Blaise Pascal, 2010 ; Christian Jacob (dir.), *Lieux de savoir 2. Les mains de l'intellect*, Paris, Albin Michel, 2011 ; François Sigaut, *Comment Homo devient faber. Comment l'outil fit l'homme*, Paris, CNRS, 2012 ; Sophie A. de Beaune, « Introduction : Esthétique du geste technique », *Gradbiva* [en ligne], 17 (2013), p. 4-25 ; Liliane Hilaire-Pérez, *La pièce et le geste. Artisan, marchands et savoir technique à Londres au XVIII^e siècle*, Paris, Albin Michel, 2013 ; Martine Mille et Joëlle Petit, « La vie du geste technique. Approche pluridisciplinaire », *e-Phaistos*, 2014, III-1, p. 43-58 ; Anne-Françoise Garçon, « Des modes d'existence du geste technique », *e-Phaistos*, 2015, IV-2, p. 84-92. Didier Bouillon, André Guillerme, Martine Mille, Gersende Piernas, *Gestes techniques, techniques du geste*, Villeneuve d'Ascq, Septentrion, 2017.

Marco Conti, dans un tout autre registre, nous expose comment la comptabilité des travaux publics en Italie à la fin du Moyen Âge met en place des modalités pratiques afin d'éviter les dérives financières d'un chantier. Il s'agit là encore de se prémunir avant tout des soupçons de fraude que toute comptabilité, en l'occurrence publique, pourrait laisser se développer. Dans son article « *Popolo, contabilità e lavori pubblici. Pratiche amministrative e distribuzione delle risorse a Bologna alla fine del XIII secolo* », l'auteur expose l'aménagement d'un système sécurisé de gestion des dépenses par autorisations et contrôles. Les anciens et les consuls pouvaient dépenser sans limite après l'accord du Conseil du *Popolo*. Toutes les dépenses étaient enregistrées et envoyées au trésorier. Le *Podestà* et le chef du *Popolo* pouvaient engager des dépenses dans la limite de 25 livres. Au-delà, il leur fallait l'autorisation mentionnée dans leurs statuts. Chaque autorisation de dépense de ces deux officiers et des anciens devait figurer expressément dans les registres de comptabilité du trésorier afin d'en faciliter le contrôle. Ce dernier était effectué sur le travail public effectivement réalisé par un juge dédié, le *giudice al sindacato*, qui le cas échéant pouvait condamner tout officier qui aurait détourné de l'argent public. Les registres comptables consignent des informations indispensables pour le contrôle : les personnes rémunérées, leurs fonctions et qualités, les motifs des paiements et les autorisations de dépenses. Dans les registres de délibérations correspondants, les dépenses sont détaillées. Il est ainsi possible de vérifier l'usage d'un vocabulaire technique constructif. Par ces précautions comptables, la ville de Bologne a pu mettre en œuvre une importante redistribution des ressources auprès des membres du Conseil du *Popolo*.

Gilles Bienvenu, pour la période moderne, nous donne dans un long article dont il publie les sources inédites, l'illustration d'un moyen des plus classiques pour vaincre l'incertitude, celui de l'expertise, modalité procédurale qui permet de déplacer une aide à la décision d'acteurs auprès de spécialistes. Les acteurs en question précisent la mission exacte de l'expert, ou des experts, voire d'un tiers-expert, le cas échéant dans son/leur domaine de compétence. Dans « *Expertises et enjeux de pouvoir. L'affaire du pont Feydeau à Nantes – 1727-1737* », l'auteur nous démontre comment une succession de quatre expertises sur une dizaine d'années – les deux dernières étant contradictoires – va permettre d'achever un chantier bien mal engagé. Sont soulevés de nombreux enjeux d'ordre

technique bien sûr, puisque lors des opérations de décintrement en 1729, une arche s'écroule entraînant le démantèlement des autres (faut-il envelopper les piles et les culées de « risbermes » ?), d'ordre financier puisque le chantier va finir par coûter cher, mais surtout de pouvoirs entre d'une part Paris et la Province et d'autre part la ville de Nantes et les autorités royales, sans compter la compagnie d'actionnaires et la rivalité de certains acteurs (l'ingénieur du roi David de Lafond, *versus* l'inspecteur des travaux publics, l'ingénieur Jacques Goubert à l'initiative de l'île Feydeau et du pont en question). Les experts choisis occupent des fonctions diverses : Jacques V Gabriel, contrôleur général des bâtiments du roi et premier ingénieur civil du royaume, deux ingénieurs en chef du roi, trois architectes-entrepreneurs et un ingénieur extérieur à la ville. La procédure est ouverte sous le contrôle des intendants successifs en Bretagne, représentés par leurs officiers subdélégués à Nantes, qui instruisent l'affaire. La société du pont, les représentants de la ville qui en seraient responsables après la livraison, le chef de projet et les entrepreneurs nourrissent les débats dans les procès-verbaux. Les ambitions de la ville de Nantes sont ainsi contenues par un ingénieur du roi, tiers-expert, soupçonné par les parties adverses d'agir avec partialité.

Le second questionnement que nous rencontrons se trouve au cœur de la démarche scientifique. La vérité n'étant jamais acquise, il faut pouvoir la remettre en cause.

COMMENT REVISITER UNE APPARENTE CERTITUDE ?

La science s'est souvent trouvée améliorée en remettant l'ouvrage sur le métier afin d'éviter une sclérose. L'invention, même le plus anodin bricolage, découle souvent de controverses, d'intuitions, d'expérimentations renouvelées, de besoins pratiques, de réflexions théoriques. Rarement la découverte d'une nouveauté n'apparaît comme linéaire, causée par le fruit du hasard, voire par la volonté unique de l'esprit savant. De multiples fondements d'horizons variés éclairent en même temps l'apparition de la nouveauté : des circonstances économiques, des phénomènes culturels, des egos surdimensionnés, des enjeux corporatistes, etc. Par exemple, la querelle entre Désargues et Curabelle à propos de la taille de pierre « permet d'intégrer une géométrie savante comme levier de transformation d'une technique de construction et des rapports de force entre les différents acteurs

sociaux¹⁶ », géomètre et architecte d'un côté et maître maçon tailleur de pierre de l'autre. De même, au détour du XIX^e siècle, si les matériaux de construction ne connaissent pas de révolution « galiléenne », nombres de propositions tentent d'améliorer les matières communes dans le cadre de projets politiques et sociaux ambitieux : François Cointeraux avec le pisé prétend changer au-delà de la maçonnerie, la société toute entière ; l'entrepreneur Pierre Giraud et l'architecte Molinos imaginent un verre « humain », égalitaire ; on met au goût du jour des matériaux factices comme le carton, le mastic, l'argile marbre qui séduit Voltaire, ou les ciments Loriot, La Faye et d'Étienne, pour lesquels de nombreux facteurs sont en jeu au-delà de l'utilité, l'économie ou la solidité. On y recherche un « idéal de vérité » esthétique¹⁷. L'influence entre disciplines peut se révéler déterminante. L'idée que la forme structurelle de la nature était le reflet des lois mathématiques et scientifiques a commencé à être développée au début du XX^e siècle par le biologiste et mathématicien écossais D'Arcy Wentworth Thomson (1860-1948). Il a été le premier à examiner attentivement comment les animaux et les plantes fonctionnent en tant que structures porteuses de charges, anticipant ainsi la science moderne de la biomécanique. Il avait remarqué les rapprochements fortuits réalisés par Karl Culmann entre grues et os humain et entre aile de vautour et poutre en treillis Warren. Partant de l'importance de l'échelle en structures, ses idées l'ont amené à concevoir le concept de « rigidité spécifique » utiles pour l'usage de cloisons légères et revêtements extérieurs des bâtiments. Son livre majeur *On Growth and Form* (1917), réédité pendant longtemps, eut une grande influence sur les concepteurs de structures légères et de structures tridimensionnelles¹⁸.

Afin de remettre en cause une « vérité » affichée, faut-il par exemple, s'intéresser aux finalités justifiant un élément constructif, dérouler les conséquences d'une opération simple en apparence ou reconstituer un corpus de sources fondateur d'une nouvelle discipline ?

16 Joël Sakarovitch, *Épures d'architecture. De la coupe des pierres à la géométrie descriptive. XVI^e-XIX^e siècles*, Basel, Boston, Berlin, Birkhäuser, 1998, p. 183. Lire sur les multiples strates d'explication d'une controverse visant à la recherche de la « vérité », Pascal Dubourg Glatigny, *L'Architecture morte ou vive. Les infortunes de la coupole de Saint-Pierre de Rome au XVIII^e siècle*, Rome, École française de Rome, 2017.

17 Valérie Nègre, *L'Art et la matière. Les artisans, les architectes et la technique (1770-1830)*, Paris, Classiques Garnier, 2016, p. 101-155.

18 Bill Addis, *Building : 3000 Years of Design Engineering and Construction*, London/New York, Phaidon, 2007, p. 443-446.

Arnaud Timbert, propose de réévaluer le rôle d'un élément constructif gothique dans le débat historiographique en constant renouvellement depuis les années 1970. Son article intitulé « Entre adoption et rejet. L'arc-boutant dans l'architecture des années 1130-1150 », reprend le dossier à ses débuts avec les travaux d'Anne Prache, de Jean Bony, de John James et de Philippe Plagnieux afin d'en faire une synthèse et d'ouvrir de nouvelles perspectives de recherche. Un tel sujet a connu un renouveau avec la thèse d'Andrew Tallon¹⁹, récemment disparu en 2018. L'auteur lui-même a contribué à ce débat avec de nombreux autres auteurs²⁰. Il remarque la présence d'arcs-boutants extérieurs dès les années 1130, voire 1126, plus tôt que ce qui était validé auparavant. De même, en développant nombre d'exemples, il montre que toutes les ingéniosités retenues par les constructeurs pour assurer la stabilité du vaisseau n'ont pas été suffisantes à maintenir l'équilibre souhaité et en déduit que l'arc-boutant devenait le seul remède viable aux faiblesses des édifices religieux. Mais alors, sur le plan psychologique, comment un « pansement », une « béquille » peu esthétique, pourrait-elle être acceptée par les hommes de l'art de l'époque ? De plus, il semble démontrer que certains monuments ne possédaient pas à l'origine d'arcs-boutants, comme par exemple la cathédrale de Noyon. L'usage de l'arc-boutant serait d'autant plus remis en question qu'il rompt avec les références visuelles traditionnellement acquises en histoire de l'art (horizontalité et luminosité *versus* verticalité et assombrissement) alors qu'il est en même temps un élément représentatif du « gothique ». Il serait alors temps, d'après l'auteur, de débattre à nouveau le sujet à partir de propositions intéressantes comme l'arc-boutant sous combles ou celui partiellement externe.

19 Andrew Tallon, *Experiments in early Gothic Structure : The Flying Buttress*, thèse de doctorat, sous la direction de Stephan Murray, Columbia University, 2007. Voir également deux études mettant en avant l'implantation tardive des arcs-boutants aux chevets des abbayes de Vezelay : M.-K. Nikolinakou and A. J. Tallon, « New research in early Gothic flying buttresses » in M. Dunkeld et al. (ed.), *Proceeding of the Second International Congress on Construction History, Cambridge*, 3 vol. 2006, t. 3, p. 2347-2361 ; M. K. Nikolinakou, A. J. Tallon and J. Ochsendorf, "Structure and form of early Gothic flying buttresses", *Revue Européenne de Génie Civil*, n°9-10, p. 1191-1217.

20 Entre autres, Andrew Tallon et Arnaud Timbert, « Les arcs boutants du chevet de l'abbatiale de Pontigny : nouvelles observations », *Bulletin monumental*, 2008, t. 166, n°2, p. 99-104. Voir la note 10 de son article dans laquelle il débat avec Philippe Plagnieux à travers un rapport de soutenance de thèse.

Philippe Bernardi en questionnant « le transfert en ville du couvent des clarisses d'Aix-en-Provence dans la deuxième moitié du XIV^e siècle » permet d'établir qu'un déplacement constructif est loin d'être une simple translation d'un emplacement à un autre en un moment contracté mais une succession de démarches et d'actions sur un temps long, guidées par des considérations d'ordre juridique, topographique, foncier, économique, urbanistique et technique. L'auteur, aux termes d'une enquête archivistique et iconographique minutieuse et prudente de toutes surinterprétations, déroule les nombreuses étapes de cet épisode constructif complexe tout en les replaçant dans le contexte technique et la conjoncture économique de l'époque. Tout au long de l'article, l'auteur suit un véritable jeu de piste sous forme de puzzle pour localiser le plus précisément possible chaque parcelle, chaque construction. Cela nous rappelle qu'entre les causes et intentions d'un projet et sa réalisation, tout le processus de construction est constitué d'une multitude de phases incontournables. Rappelant au passage que ce monastère a été, à l'approche de la Révolution, en partie détruit pour laisser place à un projet de Claude-Nicolas Ledoux pour la construction d'un palais de justice et d'une prison, l'auteur explique l'origine du repli en ville des communautés religieuses installées hors les murs : troubles de guerre en Provence et épidémie de peste. Il nous détaille l'aménagement d'un refuge transitoire pour héberger les religieuses en ville chez l'habitant pour parer au plus pressé *via* des locations ou des prêts de logements ; suit l'achat de trois maisons au nom du couvent sur le site du futur monastère, avec une livraison tenant compte de la non disponibilité immédiate de l'intégralité des biens ; pour installer un couvent en ville fallait-il obtenir une succession d'autorisations administratives communale, comtale et papale auxquelles il convient d'ajouter l'agrément du chapitre provincial. Le service divin ne pouvant s'interrompre, une maison dut être aménagée provisoirement en église ; une autre maison servit de réfectoire, une autre encore de dortoir... ; le choix du lieu d'implantation du monastère fait appel à des relations de voisinage propices afin de suggérer des dons ou des échanges de biens immobiliers, en contrepartie de la démolition progressive des bâtiments, de la récupération des matériaux, de la vente de plomb et de la rentabilité des biens et terres appartenant à l'ordre

religieux. La remise en état de leurs finances permet aux clarisses de se rendre propriétaires des sols à bâtir dont elles acquièrent la directe et de planifier l'élévation du nouveau monastère en une succession de chantiers constituant une véritable (re)fondation, s'adressant à leur « clientèle » d'artisans pour bâtir tout en leur fournissant tous les matériaux nécessaires (sauf la chaux). Ce projet collectif – si l'on exclut le rôle personnel des abbesses – pour l'édification de ces bâtiments a duré près d'une vingtaine d'années. Seules des fouilles archéologiques pourraient dévoiler encore davantage de certitude.

En portant une réflexion exploratoire sur l'histoire du génie hydraulique, Sabine Kuban et James Campbell ont reconstitué le corpus complet des livres publiés en Allemagne entre 1500 et 1800 abordant les fondements de cette discipline. Cette première enquête devrait être complétée pour l'Italie, la France et la Grande-Bretagne. L'invention de l'imprimerie donne l'occasion aux idées de circuler davantage à un moindre coût. Débattre de questions scientifiques est ainsi beaucoup plus fréquent, comme la résolution de problèmes pratiques. Les auteurs soulignent l'évolution du rôle du latin dans les publications scientifiques, qui demeure présent jusqu'au XIX^e siècle en mathématiques et physique. Ils constatent également la forte importance de l'usage des traductions dans ce domaine provenant des autres pays européens ainsi que celui des illustrations foisonnantes, tantôt réalistes, tantôt imaginaires. Les thèmes abordés sont multiples, des mathématiques des systèmes hydrauliques, à la conception des jardins avec leurs dispositifs hydrauliques comme les fontaines, en passant par la fourniture d'eau pour la consommation humaine, animale et végétale (canaux, barrages, etc.), excluant ceux sur l'eau comme élément et sur la navigation (ingénierie nautique). 93 livres écrits par 63 auteurs sur trois siècles sont ici analysés selon deux axes : les fonctions des auteurs et la nature des thèmes abordés. Près de la moitié des auteurs sont des constructeurs ou architectes, près d'un quart des mathématiciens ; les autres exercent des professions variées : prêtrise, médecine, édition, droit, etc. L'appréhension de l'hydraulique, terme générique apparu la première fois dans le traité français de Mariotte sur le mouvement des eaux en 1686, va évoluer et intégrer le mouvement général de la révolution scientifique. Les auteurs répartissent le corpus en quatre catégories : les théâtres de

machines²¹, les instruments et équipements miniers qui constituent un genre illustré à part entière ; les ouvrages d'architecture et de droit²² également illustrés à de plus grandes échelles, s'interrogeant sur la fourniture de l'eau aux bâtiments ou sur le drainage des fondations et incluant toute la réglementation correspondante (constructions aux bords des rivières, digues, etc.) ; les ouvrages sur la régulation des rivières et le développement urbain qui statuent sur la fourniture de l'eau, sa pression, la vitesse de son courant, avec le début des considérations environnementales et toute l'ingénierie des rivières (canaux, canalisations, aqueducs, puits, fontaines, etc.)²³ et enfin les traités techniques²⁴ qui tentent de comprendre le comportement de l'eau et des fluides dans leurs contenants. Les modèles mathématiques mettront du temps à devenir des sciences appliquées. Les auteurs de l'article distinguent les ouvrages de synthèse (*compendia*) des véritables innovations et soulignent les transferts de savoirs grâce aux traductions de livres italiens, français et anglais en allemand. En dehors de la richesse du corpus, les auteurs font ressortir les liens entre l'hydraulique et les mines, comme l'influence dominante des savoirs médiévaux, et de l'imagination, plutôt que ceux antiques sur la constitution de la science hydraulique. Avec le temps, et grâce à

21 Sur ce point voir Luisa Dolza et Hélène Vérin. « Figurer la mécanique : l'énigme des théâtres de machines de la Renaissance », *Revue d'histoire moderne & contemporaine*, vol. 51, n° 2, 2004, p. 7-37 ainsi que Benjamin Ravier, « Voir et concevoir : les théâtres de machines (XVI^e-XVIII^e siècle) », thèse sous la direction d'Anne-Françoise Garçon, Université Paris 1 Panthéon-Sorbonne, spécialité Histoire des techniques, 2013.

22 En dehors du régime juridique de l'eau qui est une discipline à part entière en droit depuis longtemps, les liens entre l'eau et le droit se sont développés autour des conflits que cette matière a suscités. Voir Patrick Fournier et Sandrine Lavaud (dir.), *Eaux et conflits dans l'Europe médiévale et moderne*, Toulouse, Presses universitaires du Mirail, 2012.

23 Voir comme exemple de l'application de ce thème : Patrick Fournier, *Eaux claires, eaux troubles dans le comtat Venaissin (XVII^e-XVIII^e siècles)*, Perpignan, Presse universitaires de Perpignan, 1999 ; Évelyne Bukowiecki, Hélène Dessales et Julien Dubouloz, *Ostie, l'eau dans la ville. Châteaux d'eau et réseaux d'adduction*, Rome, École française de Rome, 2008 et Hélène Dessales, *Le partage de l'eau. Fontaines et distribution hydraulique dans l'habitat urbain de l'Italie romain*, Rome, BEFAR, 351, 2013.

24 Voir Pons-Joseph Bernard, Directeur adjoint de l'Observatoire royale de la Marine de Marseille, de l'Académie des sciences de la même ville, et de celle de Lyon, *Nouveaux principes d'Hydraulique appliqués à tous les sujets d'utilité, et particulièrement aux rivières, précédés d'un discours historique et critique sur les principaux ouvrages qui ont été publiés sur le même sujet*, Paris, Imprimerie de Didot l'Aîné, 1787.

des expérimentations savantes, une nouvelle approche scientifique de l'hydraulique se développe, par le biais de sa mathématisation.

Comme un boomerang, si certains auteurs de ce numéro ont cherché à présenter des solutions face à des situations d'incertitude, d'autres ont remis en cause des certitudes pour combler les lacunes du savoir. Ainsi va l'histoire de la construction !

Robert CARVAIS & Valérie NÈGRE

EDITORIAL

The Life of Materials

TOWARDS A RENEWAL OF RESEARCH

On 4 and 5 November 2020 the École de Chaillot (Paris) hosted two days of training on “Plaster in old buildings, historical issues and contemporary uses”. The event was part of a new training programme which aims to invite historians, architects, engineers and contractors to discuss the use, ageing and conservation of this particular material.¹ At the beginning of 2021, the Faculty of Fine Arts of the University of Lisbon plans to bring together historians and heritage specialists for an event on the same material, to reflect on its history and its conservation in architecture and sculpture (“The Art of Plaster. Between Creation and Reproduction”).² At the same time, the Maison française d’Oxford is planning an interdisciplinary study day in which the speakers will explore the theme of the temporality of materials, focusing on a material of their choice (“Materials and Time: An Anthology”).³

Such events are evidence of a renewal in studies on materials. Building materials have long been of interest to construction historians (for example, in the writings of Gottfried Semper (1803-1879) and Alfred Gotthold Meyer (1864-1904)), but it is only recently that these studies have taken the form of collective and interdisciplinary research. Together, historians, archaeologists, science specialists, and practitioners of building,

1 For details of this event: <https://www.citedelarchitecture.fr/fr/article/formation-de-lecole-de-chaillot> (accessed 3 November 2020).

2 See the website of the Association francophone d’histoire de la construction, under the heading “Appels à contribution”: <https://www.histoireconstruction.fr/the-art-of-plaster-between-creation-and-reproduction-study-and-preservation/> (accessed 6 November 2020).

3 See the call for papers for more details: <https://www.hsmt.ox.ac.uk/article/cfp-materials-and-time-anthology> (accessed 3 November 2020).

conservation and restoration are setting themselves the task of reflecting on the uses, conservation and heritage status of a given material. The funded research project “Architecture, Aluminium and Heritage in the 20th-21st Centuries” (ANR ARCHIPAL, 2019-2023) aims to write the history of the use of aluminium in architecture, to “understand the processes of the attribution of heritage status and to draw up an inventory of the presence of this material and its state of conservation in France’s built heritage”.⁴ These objectives are reminiscent of those pursued by the Île-de-France network for research on old and heritage materials (one of the region’s “Domaines d’intérêt majeur”: Key Fields of Research), which notably has a multidisciplinary dimension: the aim is to bring together “physics, chemistry, computer science, environmental sciences and biology with history, art history, archaeology, palaeontology and the textual sciences”.⁵

This project includes several funded doctoral theses. In addition to the recent thesis by Tiffanie Le Dantec on plastered facades in the Île-de-France region, resulting from a joint request by the Laboratoire de recherche des monuments historiques (LRMH) (Research Group on Historic Monuments) and the research programme on the durability of historic plaster created by the Cercle des partenaires du patrimoine (Network of Heritage Partners),⁶ there is also the current offer for a funded thesis on “Lead in monumental construction: Uses, practices, supplies (12th-19th centuries)”, which aims to trace the history of lead over a long period based on its uses “while highlighting the role of this material in our heritage landscape: its origins and supply, its recycling, the techniques for shaping it and the resulting transfers of skills and knowledge”.⁷

4 Research programme funded by ANR ARCHIPAL: <http://crh.ehess.fr/index.php?6462> (accessed 3 November 2020).

5 <https://www.dim-map.fr> (accessed 3 November 2020).

6 Tiffanie Le Dantec, “Les façades enduites au plâtre d’Île-de-France. Le déclin du plâtre extérieur, du XVII^e au XX^e siècle”, doctoral thesis supervised by Nadia Hoyet and Jean-Claude Yon, Université Paris-Saclay, speciality “Architecture”, 2019. See also Yvan Lafarge, “Le plâtre dans la construction en Ile de France; techniques, morphologie et économie avant l’industrialisation”, doctoral thesis supervised by Anne-Françoise Garçon, Université Paris 1 Panthéon-Sorbonne, speciality “History of Technology”, 2013.

7 MITI funding from the CNRS – “Notre-Dame” scientific site. Université Paris 8 Vincennes-Saint-Denis – ArScAn UMR7041. Under the supervision of Catherine Verna, Maxime L’Héritier and Sandrine Baron.

Raw earth is one of the materials that has generated the greatest number of interdisciplinary exchanges. After four meetings (2001, 2005, 2008, 2016) devoted to the techniques for using earth (rammed earth, cob, mud brick, wattle and daub), finishing processes and the manufacture of construction elements, the fifth session of “Interdisciplinary Exchanges”, organised in Montpellier in October 2019, focused on the social, economic and historical approaches to earthen architecture. The aim was to “identify the role of a material often viewed as ‘poor’ both in terms of the construction process and of the image of the habitat that it produces”.⁸ This is also the approach adopted by Nadya Rouizem Labied’s doctoral thesis, which will soon be defended under the title “The modernisation of raw earth in Morocco 1960-1973: Experiments and future prospects”, part of which was printed in the previous issue of this journal.⁹

All these studies, which are listed on the website of the Association francophone d’histoire de la construction (<https://www.histoireconstruction.fr>), have in common that they favour monographic approaches (in the sense that discussions focus on one material). New trends in historiography call for attention to be paid to the way in which materials, once used, evolve over time (their lifespan, alteration, exhaustion, reuse, recycling) as well as to the values attributed to them by the people who conceive of them, make them, and use them in their buildings.¹⁰ This includes the processes of attributing heritage status. Such approaches as these are consistent with one of the objectives of our journal, which is to create a space for dialogue between researchers from different disciplines and practitioners.

8 International round table organised at the École nationale supérieure d’architecture de Montpellier, 23-24 October 2019.

9 Nadya Rouizem Labied, “Modernisation de la terre crue au Maroc 1960-1973: expérimentations et devenir”, doctoral thesis supervised by Christian Pédelahore de Loddis, Université de Paris 1 Panthéon-Sorbonne, speciality “Development”, 8 December 2020, and “La modernisation de la terre crue au Maroc dans les années 1960. Architecture néo-traditionnelle ou néocoloniale?”, *Ædificare*, n°. 6, 2019, p. 249-265.

10 Round table “Pour une anthropologie des matériaux de l’architecture”, organised at the initiative of Laurent Baridon, Festival de l’histoire de l’art, “Matière de l’œuvre”, 2015. See also the call for abstract « La plastique dans la mise en œuvre des matériaux » under the direction of Laurent Reynes, INSA Strasbourg, 2021.

CONTENTS OF THIS ISSUE

Although this is a *varia* issue of *Ædificare*, it nonetheless attempts to provide answers to the fundamental question of certainty and its opposite, doubt, in the history of construction. Derived from the Late Latin term *certitudo* and designating “Christian conviction”, the French term “certitude” (certainty/belief) accommodates two meanings, one objective and one subjective, both of which are derived its adjectival form “certain” (*certus* in Latin): either “free from doubt, fixed, positive, real” when referring to a thing or to knowledge, or “firm in one’s resolutions, decided, sure, authentic” when referring to an individual. The verbal form of the word, *cerno*, *cernere* means “to sift, to discern”. From this action of appreciation, *via* the Greek word of the same root, *krinen* (“to sort, to sift, to judge”), and Cartesian subjective philosophy (I think, therefore I am!), “certitude” enters into relation with judgement and truth, and joins the terminological network of the latter, which is also connected to terms of unveiling and of the necessary conditions for certainty and evidence.¹¹ However, one of the knots to be unravelled with regard to this concept is made up of the subtleties that arise when it comes into contact with the concept of probability. Should the proof of certainty be objective (see the *certitudo probabilis* of the scholastics) or subjective (Descartes’s “moral certainty”)? Should the principle of reasonable doubt¹² or that of the balance of probabilities be applied to such a question?

What is the meaning of truth: dogma, authority or reality? There is never just one truth but several. Law is the field where the concept

11 Barbara Cassin (ed.), *Vocabulaire européen des philosophies*, Paris, Le Robert/Le Seuil, 2004, entries on “Certitude”, “Probabilité” and “Vérité”.

12 In US law, “Beyond a reasonable doubt” is a higher standard of proof than the balance of probabilities (commonly used in civil matters) and is therefore generally reserved for criminal cases, in which the stakes (for example, a person’s freedom) are considered more serious and therefore deserve a higher threshold of proof. See Grechenig, Nicklisch and Thoeni, “Punishment Despite Reasonable Doubt – A Public Goods Experiment with Sanctions under Uncertainty”, *Journal of Empirical Legal Studies (JELS)* 2010, 7 (4), p. 847-867; James Q. Whitman, *The Origins of Reasonable Doubt: Theological Roots of the Criminal Trial*, New Haven, Yale University Press, 2016; Henry A. Diamond, “Reasonable Doubt: To Define, or Not to Define”, *Columbia Law Review*, 1990, 90 (6), p. 1716–1736 [on line Doi:10.2307/1122751].

of “truth” seems to be pragmatic. *Veritas* is performative. It does not refer to the degree of equivalence between statement and reality, but to the “authority of *res judicata*”, the validity and creation of the legal statement. We are therefore faced with two types of opposing and complementary situations:

- When we need to establish certainty and we have doubts due to natural or reasonable factors, what means can we use or institute in response?
- When a truth seems to be recognised as such, should it then be recognised without ever being questioned? Critical thinking makes it possible to question preconceived ideas and to re-establish another truth.

HOW TO DEAL WITH UNCERTAINTY?

To build is above all an uncertain adventure, as indeed is any undertaking by a thinking person. No certainty can ever be taken for granted. “If we are not endowed with the ability to make real predictions, uncertainty is the rule, the normal course of time. Certainty is only the illusion of control”.¹³ As a result, societies have always lived in uncertainty, which should not be approached with fear, but rather with serene determination. However, in every era they have suffered numerous disasters of various kinds – natural disasters, health crises, industrial, military and humanitarian disasters. These situations have created a mistrust of multiple potential risks, to the point that societies have come to demand new procedures for examining unclear situations, introducing a precautionary principle and reforming expertise.¹⁴ How, then, can we build buildings that are resistant to unexpected earthquakes, that avoid contamination, that limit the spread of environmental disasters, both in peacetime and in wartime with regard to civilian populations, and that shelter the victims of such disasters in an emergency? Several initiatives could be undertaken, such as analysing precedents, organising the preparation of the ground, securing the riskier elements, or consulting experts.

¹³ Laurent Dousset, *Pour une anthropologie de l'incertitude*, Paris, CNRS Éditions, 2018, p. 9.

¹⁴ Michel Callon, Pierre Lascoumes and Yannick Barthe, *Agir dans un monde incertain. Essai sur la démocratie technique*, Paris, Le Seuil, 2001.

Based on the analysis of eight ancient texts (1st century BC to mid 6th century AD), Hélène Dessales examines “construction and seismic culture in Roman times”. How can we rebuild in the aftermath of an earthquake? The author readily makes appropriate comparisons across the centuries and across space. She contextualises her sources, indicating that they belong to very different registers and produce four different types of knowledge in the face of such natural disasters: confronted seismic risks, the Romans observed, took preventative measures, repaired, and simulated. The author presents these various actions while also specifying the associated issues and the progress that was made. The texts tell of the seismic effects on streets, sewers, walls and floors, but also set out the precautions to be taken in the future as preventative measures with regard to foundations (in the case of marshy land, it is advised to set down a continuous layer of coal with a layer of wool fleece on top, and sometimes the superior choice of a rocky substrate is recommended), elevations (ensuring good foundations, reinforcing the corners of buildings, building at lower heights), and material (the known superior resistance of bricks and earth). They describe the various possible processes of repair depending on the state of the elevations or the ground (total or partial reconstruction, such as filling cracks, reinforcement, underpinning by inserting lead or straightening). Finally, without pursuing the same preventative aims as today’s engineers, the Romans were able to simulate an earthquake. Having gained an awareness of buildings’ vulnerabilities, they improved the art of building through a dynamic process of transferring techniques, stimulated by local innovations.

Jean-Baptiste Javel presents some “Considerations on the Preparatory Marks in the Stone Architecture and Decorative Sculpture of Romanesque Aquitaine (11th-12th Centuries)”. Whereas the analysis of craftsmen’s handiwork has been the subject of abundant literature,¹⁵ the author

15 André Leroi-Gourhan, *Le geste et la parole*, Paris, Albin Michel, 2 vols., 1964-1965; Jean-Claude Schmitt, *La raison des gestes dans l'Occident médiéval*, Paris, Gallimard, 1990; *Le geste et les gestes au Moyen Age*, Centre Universitaire d'études et de recherches médiévales d'Aix, Aix-en-Provence, Université de Provence, Senefiance Collection, no. 41, 1998; Antoine Picon, “Gestes ouvriers, opérations et processus techniques. La vision du travail chez les Encyclopédistes”, in *Recherches sur Diderot et sur l'Encyclopédie*, n° 13, 1992, p. 131-147; Blandine Bril et Valentine Roux (ed.), *Le geste technique. Réflexions méthodologiques et anthropologiques*, Éditions Erès, *Revue d'Anthropologie des connaissances, Technologies/Ideologies/Pratiques*, vol. 14 (2), 2002; Robert Cresswell, “Geste technique, fait social total. Le technique est-il dans le social ou face à lui?”, *Technique & Culture. Revue semestrielle d'anthropologie des techniques*,

proposes to analyse these fleeting, barely perceptible traces, rarely accompanied by primary sketches, in a period well before the extensively-studied Gothic period, and to distinguish what is at stake, whether they are merely the traces of workmen's tools (whether applied freehand, with a spike, a ruler, a set square, a jig, a pair of compasses, etc.), lapidary signs (workers' deliberate marks) signifying the completion of a task of cutting or laying stone, preparatory marks intended for a future action, or inscriptions using the surface of the stone as a medium. Discovering the intention of the act of leaving a trace is challenging. Making use of the sites that he has examined himself and the results of his colleagues' publications, he reveals in a meticulous study the orientation of the traces, their density, and above all their roles in the different stages of the manufacture (or fitting) of the blocks, as markers for placing wedges (creating curves), or even indications for laying stones or carrying out further dressing at the moment of their placement. The traces can delimit the start of vaults, indicate false joints, and show the flexibility of the system due to the adaptability of the joints. The author tries to reveal, in places, a craftsman's habit indicated by the frequency of the strokes, or a possible mark of regret, here a particular liveliness of the stroke, there a repetition that reveals a modular system. The author finds these traces on several architectural elements (facings, abacuses, transoms, columns, putlog holes, keystones, etc.) and sets out a whole programme of research. He undertakes a comparison with certain drawings in the notebooks of Villard de Honnecourt, a century later, and speculates that they might be early manifestations of a standardisation of certain geometric practices. In a way, might these rediscovered preparatory marks be considered a reaction to uncertainty?

2003, n° 40 [online, DOI: <https://doi.org/10.4000/tc.1576>]; Frédéric Joulian and Salvatore d'Onofrio (eds.), *Dire le savoir-faire. Gestes, techniques et objets*, Collection *Anthropologie*, Paris, Cahiers de l'Herne, 2006; Marc Cizeron and Nathalie Gal-Petitfaux (eds.), *Analyse des pratiques: Expériences et gestes professionnels*, Clermont-Ferrand, Presses de l'Université Blaise Pascal, 2010; Christian Jacob (ed.), *Lieux de savoir 2. Les mains de l'intellect*, Paris, Albin Michel, 2011; François Sigaut, *Comment Homo devient faber. Comment l'outil fit l'homme*, Paris, CNRS, 2012; Sophie A. de Beaune, "Introduction: Esthétique du geste technique", *Gradhiva* [online], 17 (2013), p. 4-25; Liliane Hilaire-Pérez, *La pièce et le geste. Artisan, marchands et savoir technique à Londres au XVIII^e siècle*, Paris, Albin Michel, 2013; Martine Mille and Joëlle Petit, "La vie du geste technique. Approche pluridisciplinaire", *e-Pbaïstos*, 2014, III-1, p. 43-58; Anne-Françoise Garçon, "Des modes d'existence du geste technique", *e-Pbaïstos*, 2015, IV-2, p. 84-92. Didier Bouillon, André Guillerme, Martine Mille and Gersende Piernas, *Gestes techniques, techniques du geste*, Villeneuve d'Ascq, Septentrion, 2017.

Marco Conti, in a completely different vein, shows us how the accounting of public works in Italy at the end of the Middle Ages created practical procedures to avoid financial abuses of construction projects. Here again, it is a matter of taking preventative action against suspicions of fraud that can arise with regard to any accounting system, and in this case a public accounting system. In his article “*Popolo, Accounting and Public Works. Administrative Practices and Distribution of Resources in Bologna at the End of the 13th Century*”, the author explains the development of a secure system of expenditure management functioning by means of authorisations and audits. The *anziani* and consuls could spend without limit after the agreement of the *Consiglio del Popolo*. All expenses were recorded and sent to the treasurer. The *Podestà* and the captain of the *Popolo* could spend up to 25 lire. Beyond that, they needed the authorisation specified in the statutes. Each authorisation for expenditure by these two officers and the *anziani* had to be expressly recorded in the treasurer’s accounting records, in order to facilitate audit. This audit was carried out on completed public works by a specifically appointed judge, the *giudice al sindacato*, who, if necessary, could condemn any officer who had misappropriated public money. The accounting registers recorded information that was indispensable for audit: the persons paid, their functions and status, the reasons for payments and the authorisations for expenditure. In the corresponding registries of deliberation, expenditure is itemised. This makes it possible to check the use of technical construction vocabulary. Thanks to these accounting procedures, the city of Bologna was able to implement a substantial redistribution of resources among the members of the *Popolo*.

Returning to the early modern period, Gilles Bienvenu provides us with a long article together with its previously unpublished sources, illustrating one of the most traditional means for overcoming uncertainty, that of the recourse to expertise. This is a procedural device which makes it possible to transfer the provision of information necessary for decision-making from actors to specialists. The actors in question specify the exact mission of the expert, or experts, or even of a third-party expert if necessary, in their field of competence. In “*Expertise and Power Games in the 18th Century. The Case of the Feydeau Bridge in Nantes – 1727-1737*”, the author shows us how a succession of four expert appraisals over a period of ten years – of which the last two contradicted one another – made

it possible to complete a project that got off to a bad start. Numerous technical issues were raised, inevitably, since during the process of removing the supporting structure in 1729, one arch collapsed leading to the dismantling of the others (should the piles and abutments be surrounded by “berms”?). The appraisals also raised questions of a financial nature, since the construction process ended up being expensive. But, above all, the appraisals raised questions of power relations between Paris and the provinces, between the city of Nantes and the royal authorities, not to mention the competing interests of shareholders in the construction company and the rivalries between certain actors (for example, between the King’s engineer David de Lafond and the engineer Jacques Goubert, appointed as the public works inspector with responsibility for the Îsle Feydeau and the Feydeau bridge). The experts chosen held various positions: Jacques V Gabriel (general controller of the King’s buildings and first civil engineer of the Kingdom), two of the King’s chief engineers, three architect-contractors and an engineer from outside the city. The proceedings were opened under the supervision of successive intendants in Brittany, represented by their officers sub-delegated to Nantes, who investigated the case. The bridge company, the city representatives who would be responsible for the bridge after delivery, the project manager and the contractors all contributed statements in the course of the debates. The ambitions of the city of Nantes were thereby constrained by an engineer of the king, a third-party expert, who was suspected by the opposing parties of acting with bias.

The second line of enquiry that we encounter in this issue of *Ædificare* lies at the heart of the scientific approach. As the truth is never firmly settled, we must be able to call it into question.

HOW TO READDRESS AN APPARENT CERTAINTY?

Science has often been improved by persistently reapproaching a question in order to avoid sclerosis. Invention, even the most banal bricolage, is often the result of controversy, intuition, renewed experimentation, practical needs and theoretical reflection. Rarely does the discovery of a new technique appear to be linear, caused by chance, or even by the unique will of the learned mind. Multiple causes from multiple horizons simultaneously shed light on the appearance of new developments: economic circumstances, cultural phenomena, oversized egos, corporatist issues, etc. For example,

the quarrel between Désargues and Curabelle over stonemasonry, between a surveyor and architect on the one hand and a master stonemason on the other, “makes it possible to perceive advanced geometrical science as a mechanism for change in construction techniques as well as in the balance of power between different social actors”.¹⁶ Similarly, at the turn of the 19th century, although building materials did not undergo a “Galilean” revolution, a number of proposals attempted to improve common materials within the framework of ambitious political and social projects: with his work on rammed earth, François Cointeraux attempted to lead society as a whole to look beyond masonry; the entrepreneur Pierre Giraud and the architect Molinos imagined a more “human”, egalitarian form of glass; there was a growth in popularity of manufactured materials such as cardboard, mastic, marble clay, which appealed to Voltaire, or the cements of Lorient, La Faye and Étienne, for which many factors were involved besides utility, economy or solidity. Here an aesthetic “ideal of truth” is at stake.¹⁷ The influence between disciplines can turn out to be decisive. The idea that the structural form of nature is a reflection of mathematical and scientific laws began to be developed in the early 20th century by the Scottish biologist and mathematician D’Arcy Wentworth Thomson (1860-1948). He was the first to carefully examine how animals and plants function as load-bearing structures, anticipating the modern science of biomechanics. He had noticed the fortuitous comparisons made by Karl Culmann between mechanical cranes and human bones and between vulture wings and Warren trusses. Starting from the importance of scale in structures, his ideas led him to create the concept of “specific rigidity”, which is useful for the creation of lightweight partitions and exterior cladding for buildings. His major work *On Growth and Form* (1917), which has been repeatedly reissued, had a great influence on designers of lightweight and three-dimensional structures.¹⁸

16 Joël Sakarovich, *Épures d’architecture. De la coupe des pierres à la géométrie descriptive. XVI^e-XIX^e siècles*, Basel, Boston, Berlin, Birkhäuser, 1998, p. 183. On the multiple layers of explanation for a controversy conducted in search of “truth”, see Pascal Dubourg Glatigny, *L’Architecture morte ou vive. Les infortunes de la coupole de Saint-Pierre de Rome au XVIII^e siècle*, Rome, École française de Rome, 2017.

17 Valérie Nègre, *L’Art et la matière. Les artisans, les architectes et la technique (1770-1830)*, Paris, Classiques Garnier, 2016, p. 101-155.

18 Bill Addis, *Building: 3000 Years of Design Engineering and Construction*, London/New York, Phaidon, 2007, p. 443-446.

In order to question a declared “truth”, is it necessary, for example, to examine the aims justifying a constructive element, or to unravel the consequences of an apparently simple operation, or to reconstitute a corpus of sources that could become the foundation of a new discipline?

Arnaud Timbert proposes to re-evaluate the role of an element of Gothic construction in a historiographical debate which has been constantly renewed since the 1970s. His article “Between Adoption and Rejection. The Flying Buttress in 1130s-1150s Architecture” takes up the issue from its beginnings with the work of Anne Prache, Jean Bony, John James and Philippe Plagnieux, in order to create a synthesis of their work and open up new avenues of research. This topic was revived with the thesis of Andrew Tallon,¹⁹ who recently passed away in 2018. The author himself has contributed to this debate along with many other authors.²⁰ He notes the presence of external flying buttresses as early as the 1130s, or even 1126, earlier than had previously been recognised. Similarly, by presenting a number of examples, he shows that all the ingenuity applied by builders to guarantee the stability of the structure was not sufficient to maintain the desired balance, and deduces that the flying buttress became the only viable remedy for the weaknesses of religious buildings. However, on the psychological level, how could a remedial “sticking plaster”, an unattractive “crutch”, be accepted by the artistic elite of the time? Moreover, it seems that some monuments did not originally have flying buttresses, such as the cathedral of Noyon. The use of the flying buttress becomes even more questionable when we consider that it breaks with the visual ideals associated with this period by the history of art (valuing horizontality and luminosity as opposed to verticality and darkness), even though flying buttresses are

19 Andrew Tallon, *Experiments in early Gothic Structure: The Flying Buttress*, doctoral thesis supervised by Stephan Murray, Columbia University, 2007. See also two studies highlighting the late implantation of flying buttresses on the apses of the abbey churches of Vézelay: M.-K. Nikolinakou and A. J. Tallon, “New Research in Early Gothic Flying Buttresses”, in M. Dunkeld et al. (eds.), *Proceedings of the Second International Congress on Construction History, Cambridge*, 3 vols, 2006, v. 3, p. 2347-2361; M. K. Nikolinakou, A. J. Tallon and J. Ochsendorf, “Structure and Form of Early Gothic Flying Buttresses”, *Revue Européenne de Génie Civil*, n° 9-10, p. 1191-1217.

20 Among others, Andrew Tallon and Arnaud Timbert, “Les arcs boutants du chevet de l’abbatiale de Pontigny: nouvelles observations”, *Bulletin monumental*, 2008, v. 166, n° 2, p. 99-104. See note 10 of his article in which he discusses this question with Philippe Plagnieux through a thesis defence report.

seen as a representative element of the “Gothic”. According to the author, it is time to address the subject again, taking a lead from interesting propositions such as the placement of flying buttresses in loft space, or in a partially external arrangement.

Philippe Bernardi, by examining “The Transfer to the City of the Convent of Poor Clares of Aix-en-Provence in the Second Half of the 14th Century”, allows us to establish that a constructive transfer is far from being a simple process of translation from one location to another at a specific moment, but rather a succession of steps and actions over a long period of time, guided by considerations of a legal, topographical, property-based, economic, urban planning and technical nature. The author, through a meticulous archival and iconographic investigation, taking care to avoid groundless suppositions, reveals the many stages of this complex constructive episode, placing them in their constructive context and the economic situation of the time. Throughout the article the author follows a trail of clues to locate each plot of land, and each construction, as precisely as possible. This reminds us that, between the causes and intentions of a project on the one hand, and its realisation on the other hand, the entire construction process is made up of a multitude of unavoidable steps. The author, having recalled in passing that this monastery was partly destroyed shortly before the Revolution to make way for a project by Claude-Nicolas Ledoux for the construction of a courthouse and prison, goes on to explain the causes of the withdrawal of religious communities formerly settled outside the walls into the city: war turmoil in Provence and the plague. He details the creation of a temporary refuge to accommodate the nuns in the city in the homes of inhabitants, in order to cope with the most pressing needs by renting or borrowing accommodation; the next step was the purchase of three houses in the name of the convent on the site of the future monastery, with an agreement taking into account that not all the necessary resources were immediately available; to set up a convent in the city required a series of administrative authorisations from the municipality, the county and the Pope, as well as the approval of the provincial chapter. As the conduct of religious service could not be interrupted, a house had to be temporarily converted into a church, while another house served as a refectory, another as a dormitory, and so on; the choice of the site for the new monastery called for favourable neighbourhood

relations in order to elicit donations or facilitate exchanges of buildings, in return for the gradual demolition of the buildings, the recovery of materials, the sale of lead, and the financial return from the goods and land belonging to the religious order. The restoration of their finances enabled the Poor Clares to become owners of the land to be built on, for which they acquired the complete “*propriété directe*”,²¹ and to plan the building of the new monastery in a series of construction projects constituting a genuine (re)foundation, calling on their “*clientele*” of craftsmen to carry out building work while providing them with all the necessary materials (except for lime). This collective project – apart from the individual roles of the abbesses – for the construction of these buildings lasted nearly twenty years. Only archaeological excavations could provide us with more certainty.

In an exploratory reflection on the history of hydraulic engineering, Sabine Kuban and James Campbell have reconstructed the complete corpus of books published in Germany between 1500 and 1800 dealing with the foundations of this discipline. This first survey is expected to be complemented with surveys of works from Italy, France and the United Kingdom. The invention of the printing press made it possible for ideas to circulate more widely at a lower cost. The practice of debating scientific issues became much more frequent, as well as the resolution of practical problems. The authors highlight the changing role of Latin in scientific publications, which remained present until the 19th century in mathematics and physics. They also note the great quantity of translations in this field from other European countries, as well as the abundance of illustrations, which are sometimes realistic, sometimes works of imagination. The corpus covers many topics, from the mathematics of hydraulic systems, and the design of gardens with hydraulic devices such as fountains, to the supply of water for human, animal and plant consumption (canals, dams, etc.), but excludes those works that approach water as an element and works on navigation (nautical engineering). The study analyses 93 books written by 63 authors over the course of three centuries, with two lines of enquiry: the role

21 The ownership of land in medieval law was divided into two parts: a vassal would possess the “*propriété utile*” while nobility would possess the “*propriété éminente*”. These two could sometimes be combined by owning “*la directe*”, which effectively amounts to “*pleine propriété*”, or complete ownership of the land.

of the authors and the nature of the themes that are addressed. Nearly half of the authors are builders or architects, and nearly a quarter are mathematicians; the others practise various professions: priesthood, medicine, publishing, law, etc. After the generic term “l’hydraulique” (hydraulics) first appeared in Mariotte’s treatise on the movement of water, written in French in 1686, the subject would continue to evolve and become part of the general movement of the scientific revolution. The authors divide the corpus into four categories: “Theatres of Machines”²² and works on mining equipment and instruments, which constitute an illustrated genre in their own right; works on architecture and law²³ dealing with the supply of water to buildings or the drainage of foundations, and including all the corresponding regulations (riverside constructions, dikes, etc.), which also include large-scale illustrations; works on river regulation and urban development regarding the supply of water, its pressure, the speed of its flow, and including early considerations of environmental matters and all river engineering (canals, pipes, aqueducts, wells, fountains, etc.);²⁴ and finally technical treatises,²⁵ which aim to understand the behaviour of water and fluids in their containers. Mathematical models only gradually transformed into applied sciences. The authors of the article distinguish the works of synthesis (*compendia*) from those that provide genuine innovations,

22 On this point see Luisa Dolza and Hélène Vérin. “Figurer la mécanique: l’énigme des théâtres de machines de la Renaissance”, *Revue d’histoire moderne & contemporaine*, vol. 51, n°2, 2004, p. 7-37, as well as Benjamin Ravier, “Voir et concevoir: les théâtres de machines (xv^e-xviii^e siècle)”, doctoral thesis supervised by Anne-Françoise Garçon, Université Paris 1 Panthéon-Sorbonne, speciality “History of Technology”, 2013.

23 Aside from the laws related to water, which have long constituted a discipline in their own right, the links between water and law developed around the conflicts that this subject has given rise to. See Patrick Fournier and Sandrine Lavaud (eds.), *Eaux et conflits dans l’Europe médiévale et moderne*, Toulouse, Presses universitaires du Mirail, 2012.

24 See, as examples of the application of this theme: Patrick Fournier, *Eaux claires, eaux troubles dans le comtat Venaissin (xvii^e-xviii^e siècles)*, Perpignan, Presse universitaires de Perpignan, 1999; Évelyne Bukowiecki, Hélène Dessales and Julien Dubouloz, *Ostie, l’eau dans la ville. Châteaux d’eau et réseaux d’adduction*, Rome, École française de Rome, 2008; and Hélène Dessales, *Le partage de l’eau. Fontaines et distribution hydraulique dans l’habitat urbain de l’Italie romaine*, Rome, BEFAR, 351, 2013.

25 See Pons-Joseph Bernard, Deputy Director of the Royal Observatory of the Navy in Marseille, of the Academy of Sciences of the same city, and of the Academy of Sciences of Lyon, *Nouveaux principes d’Hydraulique appliqués à tous les sujets d’utilité, et particulièrement aux rivières, précédés d’un discours historique et critique sur les principaux ouvrages qui ont été publiés sur le même sujet*, Paris, Imprimerie de Didot l’Aîné, 1787.

and emphasise the transfer of knowledge that took place due to translations of books written in Italian, French and English into German. The authors highlight not only the richness of the corpus, but also the links between hydraulics and mining, as well as the dominant influence of medieval knowledge and imagination (rather than knowledge from Antiquity) on the constitution of hydraulic science. Over time, and by means of scientific experiments, a new scientific approach to hydraulics developed, with a grounding in mathematics.

Like a boomerang, while some authors in this issue have sought to present solutions to situations of uncertainty, others have questioned apparent certainties in order to fill gaps in our knowledge. Such is the history of construction!

Robert CARVAIS & Valérie NÈGRE