lieux**dits** *#29*



Faculté d'architecture, d'ingénierie architecturale, d'urbanisme de l'Université catholique de Louvain
Louvain research institute for Landscape, Architecture, Built environment

Le pouvoir est éphémère, seule la connaissance est soutenable

Affligés par le contexte tragique actuel, troublé par de multiples conflits armés et crises écosociales, un rappel de l'importance de la connaissance, de son développement, de sa protection et de sa diffusion permet de comprendre pourquoi il est important de soutenir le monde académique, ainsi que les publications indépendantes qu'il rend possibles. La connaissance est cruciale, à toutes les échelles, face aux dérives autocratiques.

Fragilisé par la conscience de sa mortalité, le "roseau pensant"[1] calme son angoisse existentielle en transcendant les conditions de son existence. Lorsque le roseau commun assume sa vulnérabilité, il développe la pensée raisonnée, la créativité artistique, l'empathie sociale, la culture partagée ou la transmission du savoir. Mais, pour masquer une insécurité profonde, une tendance insidieuse peut malheureusement germer chez le roseau arrogant, celle de la surestimation du soi et de l'exagération de sa propre importance, celle de la construction d'une forme illusoire de supériorité par rapport aux autres. Et, quand il est particulièrement affecté par cette tendance, le roseau envahissant peut posséder, pour un temps, un réel pouvoir sur d'autres (politique, social, militaire, monétaire…).

La recherche éphémère du pouvoir par quelques égoïstes – vaniteux et ultra-connectés – tend à contraindre, à homogénéiser et à fixer la sphère des idées, mais elle ne peut pas rivaliser à long terme avec le développement cumulatif du savoir.

Lorsque nous opérons une veille de l'état du monde, régulière et attentive, et que nous réévaluons, de manière critique, la construction et les mises en relation de nos connaissances, nous sommes comme "sur les épaules d'un géant"[2]. En effet, les pieds bien ancrés grâce aux générations qui nous précèdent, nous participons à un processus qui nous dépasse largement et excède complètement toute recherche immédiate et vaine de domination. Par notre humble contribution, nous nous engageons dans un processus éco-évolutif de co-constitution du vivant et de la société.

Bien que temporairement puissant et potentiellement dévastateur, le pouvoir est fragile, parce que son détenteur/sa détentrice est remplaçable, alors que l'acte de chercher, d'apprendre et de transmettre est soutenable, parce que le partage d'idées provoquant l'émulation et permettant de futurs renouvellements des savoirs par les générations futures est souhaitable.

Face aux tentatives insidieuses d'asservissement de nos cerveaux par la sociosphère numérique et à la monétarisation des publications scientifiques, il est difficile de défendre la liberté d'expression, la conservation et la transmission du savoir. Heureusement, l'université garantit à ses membres le droit fondamental de la liberté académique pour leur permettre d'assurer une triple mission : ils/elles ont le devoir d'enseigner, de chercher et de servir la collectivité. La posture académique est limpide, elle ne se place pas du côté de la futilité, elle se place du côté de la soutenabilité.

Toutes proportions gardées, parce qu'elle poursuit sa mission de revue de valorisation scientifique et pédagogique de LOCI+LAB, parce qu'elle est relue, gratuite et en *open access*, disponible sur papier et à l'écran, parce qu'une forme d'intelligence collective se construit à travers les interactions des auteur/auteures et des lecteurs/lectrices qui l'animent, la revue ***lieuxdits***, participe, à son échelle, à une forme de résistance à la pression de différentes formes éphémères de pouvoir pour favoriser l'accumulation et l'actualisation soutenable des connaissances.

Le comité éditorial

1 - "Disproportions de l'homme", Article premier, Pascal, B. (1976). *Pensées (1670)*. Paris : Flammarion.

2 - L'expression *nanos gigantum umeris insidentes* [des nains sur des épaules de géants] serait apparue vers le XII[e] siècle chez Bernard de Chartres, avant d'être partiellement reprise par d'autres (Montaigne, Blaise Pascal, Isaac Newton, Stephen Hawkins, nom de la mission Apollo 17, page d'accueil de Google Scholar…).

De la responsabilité universitaire

Auteur

Pierre Caye

Philosophe et directeur de recherche au CNRS. Ancien élève de l'École normale supérieure, il est spécialiste de la pensée technique et architecturale, notamment du vitruvianisme et de la Renaissance. Ses travaux interrogent les fondements du développement durable et la critique du système productif contemporain.

Résumé. *À l'heure où s'enchaînent les crises économiques, climatiques et politiques, l'université se voit régulièrement rappelée à ses responsabilités à l'égard de la société. Les réponses déontologiques, dogmatiques ou sociologiques à cette interpellation étant insatisfaisantes – aspects du problème plus que solutions – il faut se souvenir que la première des responsabilités de l'université est de produire, de conserver et de transmettre des savoirs. Or, cette responsabilité, l'université doit moins l'assumer envers notre société empressée qu'à l'égard des générations futures. La tâche des universitaires est de préserver, malgré les urgences sociétales et les agendas politiques, un sens du temps long propre aux savoirs et de veiller, ainsi, à la transmission des conditions mêmes de la vie humaine.*

Mots-clés. *responsabilité · université · incertitude · savoir · éthique*

Abstract. *At a time when economic, climate, and political crises are unfolding one after another, the university is regularly reminded of its responsibilities towards society. Since ethical, dogmatic, or sociological responses to this challenge are unsatisfactory – representing aspects of the problem rather than solutions – we must remember that the university's foremost responsibility is to produce, preserve, and transmit knowledge. However, the university owes this responsibility less to our impatient society than to future generations. The task of academics is to preserve, despite societal urgencies and political agendas, a long-term perspective inherent to knowledge, and thus to safeguard the transmission of the very conditions of human life.*

Keywords. *responsibility · university · uncertainty · knowledge · ethics*

Le texte qui suit reprend la conférence inaugurale ayant pour titre *Le pouvoir du projet : l'architecture comme critique du système productif contemporain*, donnée à Louvain-la-Neuve, le 8 septembre 2025.

I.

Il m'a été demandé, au moment où s'ouvre la nouvelle année universitaire, de réfléchir sur les responsabilités de l'université et de ses membres en un moment d'extrême incertitude économique, politique et géopolitique, voire intellectuelle (l'incertitude qu'engendre l'IA), une incertitude qui affecte autant l'université que le reste de la société. Question ô combien pertinente au moment où un grand nombre d'étudiant·es de première année de bachelier découvrent ce monde nouveau et singulier, non seulement par ses contenus, mais aussi par ses méthodes en vue d'une approche plus vaste, plus globale du réel, un moment privilégié qui va profondément influer sur le reste de leur existence !
Il faut prendre au sérieux ce terme d'université qui signifie deux choses : le rassemblement des savoirs et, si possible, des savoirs *in progress* en lien étroit avec la recherche (ce qui n'est pas le cas du secondaire), mais également l'entité morale collective que forme l'université (ce que le droit romain appelle *universitas*), une personne juridique collective qui a pour fonction de remplir une mission d'intérêt général pour ne pas dire universel, à savoir l'enrichissement et la propagation des savoirs au service de la construction de la société.
C'est dire quelle est notre responsabilité à nous tous et toutes, chacun·e dans nos domaines scientifiques et dans nos fonctions : étudiant·es comme enseignant·es, administrateurs comme chercheurs, sans oublier le personnel de soutien sans lequel rien ne pourrait fonctionner. Il convient assurément que notre responsabilité soit à la hauteur de cet enjeu. Cela va de soi. Même s'il est toujours plus difficile de rendre raison de l'universel que du détail.

Je reviens sur ce moment d'incertitude propre à notre temps, qui exige de notre part plus de vigilance et de circonspection dans nos propos, et qui appelle naturellement à la responsabilité, tandis que nul ne peut se prétendre assez fort, assez souverain ni avoir un suffisant sens des responsabilités pour échapper au chaos des institutions. C'est là un premier paradoxe : quand tout va bien, et qu'on a tout loisir d'exercer notre pensée sans contrainte, on nous demande peu de comptes. Tout va bien ! Faites

comme vous l'entendez. Amusez-vous bien dans le parc à jeu, profitez des friandises – comme dit Peter Sloterdijk (2000) – qu'offre la société de consommation, procurez-nous-en même un peu de récréations en vous montrant inventif et même provocant pour nous stimuler et nous divertir. Je n'ai pas besoin de rappeler le soutien à la révolution culturelle chinoise des intellectuels des années 1970, à l'Iran islamiste au cours des années 1980 ou encore les pétitions en faveur de la pédophilie signées par quelques-uns de nos anciens collègues. Il serait aisé de montrer (mais ce n'est pas notre sujet) que, dénuées pourtant de tout impact réel sur leurs objets, les idées alors diffusées ont néanmoins, par une ruse de la raison, contribué à l'extension du marché et de ses lois.

Mais, dès que la situation se tend, dès que le niveau de l'eau monte, au sens figuré comme au sens propre, ainsi que c'est le cas aujourd'hui, on nous demande au contraire de vraiment faire preuve de responsabilité. Mais quelles responsabilités ? Nous universitaires, nous ne sommes pas des acteurs et actrices économiques ou politiques, sauf exception. Nous n'avons guère de moyens d'influer sur les décisions dont dépend l'avenir de nos pays. Or il n'y a pas de responsabilité sans moyen de les exercer. Première question : quels sont les moyens que la puissance publique est prête à nous accorder pour remplir nos responsabilités ? La puissance publique nous demande de faire preuve d'autant plus de responsabilité qu'elle se refuse à nous en donner. Il nous est demandé de maintenir nos étudiant·es et l'université dans le droit chemin alors qu'elle-même peine à gouverner l'ensemble de la société en étant pourtant dotées de mille fois plus de moyens et de prérogatives.

On nous parlera de responsabilité morale ! Très bien, mais qu'est-ce qu'exercer une responsabilité morale dans des sociétés, les nôtres, fondées sur la neutralité axiologique, sur l'indifférence des valeurs ? Neutralité et indifférence au demeurant nécessaires pour fluidifier les échanges et stimuler l'économie de marché, qui repose si on y réfléchit bien sur une bonne dose d'irresponsabilité (prédation écologique, spéculation financière, propagation de l'argent gris, voire de l'argent noir…). L'économie est une science amorale, une science des abstractions et des agrégats, et non de la vie humaine, mais aussi antipolitique : non plus au service du bien-vivre d'une communauté humaine, mais de l'autovalorisation du capital. Bref, nous voici arrivé·es au point où une société structurellement irresponsable commence à demander des comptes à la cantonade. L'histoire du gouvernement français actuel en témoigne.

Trois mauvaises réponses nous sont aujourd'hui proposées pour nous aider à assumer notre responsabilité par gros temps : une première, déontologique ; une deuxième, dogmatique ; une dernière, sociologique.

1. La première réponse nous est apportée par les innombrables codes ou comités de déontologie que nous sommes enjoints de respecter, voire de rejoindre, précisément parce qu'on ne sait pas ce qu'est notre responsabilité et qu'il faut bien suppléer une telle absence. Ces codes vont en général au-delà du droit civil ; c'est un nouvel ordre disciplinaire de la profession qui vient réduire les libertés académiques[1] et dont le non-respect peut briser les carrières.
2. Dans le même esprit, on constate aujourd'hui un très fort retour au dogmatisme, symptôme évident de l'incertitude et de la dureté des temps : face à nos incertitudes, on se replie sur nos médiocres certitudes, et face à cette dureté on se durcit soi-même. Les gardiens de la raison dénoncent la post-vérité. Je dois dire que je ne comprends pas bien le post- comme si les périodes antérieures étaient illuminées par la raison et animées par leur amour de la vérité, tandis que la nôtre plongerait dans de nouveaux *dark ages*. La rumeur, le complot, la paranoïa font partie de la vie des sociétés depuis l'origine et n'ont jamais empêché celles-ci ni d'affronter avec succès les défis politiques de leur époque ni de construire leurs savoirs avec rigueur et efficacité. Faut-il rappeler que l'un des événements les plus structurants de la modernité politique, le plus progressiste — la Révolution française — est partiellement issu de ce qu'on appelle la Grande Peur, vaste rumeur apocalyptique d'effondrement des institutions et du pouvoir symbolique du roi ! On pourrait longuement parler par exemple du XIX^e^ siècle, le siècle de la révolution industrielle et de la formation disciplinaires des savoirs contemporains, qui fut pourtant agité par les idées les plus étranges : siècle de spiritisme, d'occultisme, moment de très hautes eaux religieuses. Une chaîne de radio d'information française, France Info, prétend que : "L'information n'est pas une opinion". Je propose de rebaptiser cette radio la Pravda. Je tiens à rappeler à ceux qui opposent la bonne information à la mauvaise opinion qu'*information* veut bien dire ce qu'elle veut dire : former les esprits, si ce n'est même les formater. Dans l'histoire de la métaphysique, l'opinion est liée à la multiplicité, alors que la forme est toujours au ser-

1 - Le ministère français émet de très nombreuses règles en la matière.

vice des processus d'unification. En réalité, les informations quotidiennes, même appuyées sur des faits avérés et patents, finissent en opinion, *in extenso* se concluent toujours par une interprétation plus ou moins clairement exprimée, plus ou moins valide, toujours tributaire de telle ou telle perspective plus ou moins étroite. Pour qu'un fait accède à la vérité, il faudrait le point de vue de Dieu, la capacité d'un esprit omniscient à mettre en corrélation ce fait avec des milliards et des milliards d'autres faits dans la chaîne des temps, c'est-à-dire dans la provenance infinie des causes innombrables qui l'ont engendré et dans la suite non moins infinie des conséquences qu'il est susceptible de produire dans le futur. La différence n'est pas entre la vérité et l'opinion, mais comme l'indique Platon lui-même entre l'opinion triviale, le bistrot du commerce, et l'opinion droite, c'est-à-dire celle qui donne lieu à un débat raisonné, à un travail d'éclaircie de ses présupposés et de ses postulats. Si on prend au sérieux le test de validité des théories scientifiques que propose Karl Popper (1988), selon lequel la force d'une théorie consiste dans sa réfutabilité (quel joli paradoxe : la possibilité d'une théorie d'être vraie, c'est sa possibilité d'être fausse, et même la probabilité qu'elle le sera un jour, qu'elle sera en tout cas réfutée), alors même les théories scientifiques relèvent de l'opinion droite (c'est au demeurant la thèse du *Théétète* de Platon : la scientificité pure, l'épistémè est introuvable) : la réfutabilité, c'est-à-dire la capacité de fournir en même temps que ses axiomes les éléments de leur critique, le contraire même du dogmatisme. Dans ce cadre, lorsqu'on nous demande d'être responsable, on finit toujours par nous demander de nous faire le relais du dogmatisme, voire de ce qu'on appelle aujourd'hui en France la *sécurité cognitive*, et il ne faudrait pas que nous devenions, nous universitaires, des agents de sécurité cognitive. L'IA, aisément programmable à cette fin, suffira à y pourvoir.

3. Pour assouplir ce dogmatisme, on nous dit – troisième réponse – que cette vérité n'est pas le résultat d'une instance supérieure et divine qui s'appellerait Vérité ou Raison, mais qu'elle est le fruit du consensus de la communauté scientifique, une sorte de point de vue de Dieu réduit à son immanence la plus triviale. On passe de la métaphysique à la sociologie. On réduit l'omniscience divine à de l'intelligence collective humaine. Je me contenterai sur ce point de rappeler quelques épisodes simples, mais instructifs de l'histoire des sciences.

À la fin du XIXe siècle, Lord Kelvin et toute la communauté des physiciens de son temps considéraient que l'explicitation de la thermodynamique mettait fin à la physique et qu'il n'y avait plus aucune grande découverte à en attendre, seulement des applications à développer et à multiplier. Pourtant, à peine quelques années plus tard, en 1900, Max Planck introduit le principe de la quantification de l'énergie à l'origine de la physique quantique. En 1905, Albert Einstein découvre le principe de relativité restreinte et, en 1915, il formule celui de la relativité générale. Einstein, au sujet des difficultés qu'il rencontra pour imposer sa théorie, jugeait qu'on ne réussit jamais à persuader ses collègues, il faut seulement attendre que leur propre position finisse par perdre leur crédit collectif sous les coups de ses propres innovations et de leur validation. Certes le savoir est le résultat d'une accumulation d'expériences faites par des milliers et des milliers de scientifiques dispersées à travers le monde, mais la découverte impose souvent une rupture, une singularité qui, elle, est imprédictible, inorganisable, et qui échappe, ce faisant, à la machine collective. La responsabilité ne saurait se limiter à faire ou à dire comme le collègue, ni à chercher à lui faire plaisir, même si votre carrière en dépend. Il y a des illusions collectives, ce que le chancelier Francis Bacon (1620), qui s'y connaissait en matière de méthodologie scientifique, appelait les "idoles de la tribu". Et la tribu scientifique cultive au moins autant d'idoles que les tribus les plus archaïques du passé.

II.

Cela dit, je ne voudrais pas me défiler en prétendant que nous n'avons pas d'autre responsabilité quand on exerce notre métier d'universitaire que de respecter les lois générales du pays bien à l'abri derrière nos libertés académiques. Nous avons bien sûr une responsabilité, mais une responsabilité que nous pouvons assumer sans en passer par les fourches caudines actuelles de la déontologie, de la dogmatique et du conformisme sociologique.

La faiblesse essentielle des trois réponses que je viens de dénoncer, c'est que celles-ci se trompent de destinataire. Elles sont toutes sociales : je veux dire par là qu'on nous demande d'assumer la responsabilité de notre savoir à l'égard de la société, de la citoyenneté (science citoyenne), autrement dit de rendre raison des effets du savoir sur la vie politique et sociale. Pour ma part, j'ai une vision de la responsabilité exac-

tement inverse. Nous devons moins répondre du savoir et de ses effets sur la société, qu'assumer notre responsabilité à l'égard du savoir, de son enrichissement, de son enseignement et de sa transmission : faire en sorte que la société respecte les savoirs, responsabiliser la société à l'égard des savoirs et de leur transmission. Bref, nous devons répondre de la survie des savoirs dans des sociétés elles-mêmes affectées par la misologie, par la haine du discours et de la pensée. Je ne vais pas aujourd'hui expliquer pourquoi nos sociétés commerçantes, essentiellement structurées par la dialectique de l'échange et de la redistribution, de la marchandisation généralisée de la société et de l'impôt, de la croissance et de la régulation, sont moins propres à la recherche, que les sociétés politiques en quête d'institutionnalisation de la vie. Si nous sommes responsables, nous le sommes du savoir et de ce que la société fait au savoir.

Je vais à nouveau recourir à un point de droit, et plus particulièrement au régime juridique de la représentation et à ses effets sur la théorie de l'institution (puisque je viens d'évoquer en passant la notion d'institutionnalisation). Lorsqu'on parle ou qu'on agit, on le fait toujours *au nom de*…, c'est-à-dire en lieu et place d'une instance qu'on représente et qui agit à travers nous. Même s'il n'est jamais bien clair de savoir qui se cache sous ce nom, et si celui-ci est souvent source de confusion. La psychanalyse a pour tâche d'identifier ce nom. On pourrait dire de prime abord, dans la perspective utilitariste qui règne aujourd'hui, que nous parlons et que nous agissons au nom de nos intérêts ; mais qui peut dire en toute conscience quels sont ses intérêts et surtout ce qu'ils valent vraiment, en quoi ils sont intéressants ? Qui peut prétendre savoir ce qui lui est vraiment utile à moins d'être doté précisément du point de vue de Dieu ? Nos intérêts servent toujours d'autres intérêts, supérieurs, plus puissants, plus dominateurs encore, que notre ego est amené à servir aveuglément au cœur même de son narcissisme, dans l'obsession de ses petits calculs hédonistes. C'est pourquoi les théologiens ont raison d'identifier le nom de référence au nom de quoi on parle, de l'identifier au père qui marque bien cette supériorité. Sous la figure du père, c'est en réalité tout ce qui nous précède, tout ce qui vient de l'amont, qui non seulement nous sert de référence, mais qui, à travers nous, accède à une présence renouvelée. Lorsque nous parlons, nous parlons au nom de la langue que nous parlons (la langue maternelle : un bel exemple de précédence), et en réalité dans notre bouche c'est moins nous qui parlons aux autres que la langue elle-même qui se parle à elle-même.

Tout cela pour dire que nous, universitaires, quand nous parlons, nous parlons au nom de la langue et cette langue elle-même parle au nom des savoirs que nous cultivons. Le savoir est, lui aussi, une forme du père, en tout cas il en est ainsi chez Platon et plus tard dans la scolastique, voire davantage encore dans le savoir absolu hégélien que Nietzsche compare au soleil de grand midi. Membre du conseil scientifique, je le suis non en raison de mon grade ni de mes titres universitaires, ni non plus parce que j'appartiendrai à un autre établissement universitaire avec lequel Louvain serait en relation conventionnelle. Je suis membre du Comité scientifique de l'Institut LAB[2] parce qu'en raison de mes travaux, de mes recherches, de mes publications, je représente une partie des domaines que traite la faculté : la tradition humaniste et classique de l'architecture, mais aussi les traités d'art, le tout en lien avec ce que peut l'architecture pour le développement durable ; et si on prend en compte l'ensemble des membres du Conseil, nous couvrons tous ensemble un vaste spectre des savoirs de l'ingénierie et de l'architecture qu'il revient à la faculté de développer et de transmettre. Nous parlons donc au nom du savoir et le savoir parle à travers nous. Nous représentons le savoir et notre responsabilité porte sur notre capacité à bien le représenter. Et, sans doute, bien le représenter, c'est le représenter à sa place, non pas comme un savoir absolu, car il nous faudrait être dieu pour le représenter dignement, mais le représenter pour ce qu'il est et pour ce que nous sommes ; un savoir régional, une simple découpe mentale du réel opérée, dans les limites de son objet, par un esprit fini, le nôtre, pour mieux s'orienter dans le monde. C'est cela notre première responsabilité : trouver la juste place pour les savoirs que nous représentons par rapport aux autres savoirs et connaître notre non moins juste place en tant que nous le représentons.

Je reviens à la notion d'*université* que j'évoquais en introduction. L'université est une institution. Qu'est-ce qu'une institution ? Une institution est un rassemblement de compétences juridiques, scientifiques et techniques qui, à travers un certain nombre de procédures qu'elle met elle-même en place pour organiser ce rassemblement, accomplit une mission, le plus souvent une mission d'intérêt public, et mieux encore développe une idée d'œuvre, une idée de ce qui est à faire pour donner une dimension signifiante et symbolique à la mission qu'elle se doit de remplir. La mission de l'université pour laquelle tous les acteurs et toutes les actrices de l'université, quelles que soient leurs fonctions, sont appelé·es à collaborer, c'est à la fois l'enrichissement des savoirs et leur transmission. Et c'est de cela d'abord

2 - Les membres du Comité scientifique de l'Institut LAB sont : Marilyne Andersen, Paul Boino, Pierre Caye, Dietmar Eberle, Matthew Gandy, Elsa Garvaglia.

que nous sommes responsables. Si le Conseil d'administration représente la personnalité morale de l'université, sa part subjective en charge de la mission, les membres de l'université eux représentent le contenu objectif de la mission dont l'université a la charge.

Voilà donc notre première responsabilité par ordre d'importance, celle qui justifie toutes les autres, car si elle est bien la première, elle n'est pas la seule. À partir de cette responsabilité fondamentale, et d'elle seulement nous sommes alors en mesure de remplir nos responsabilités à l'égard de la société. Mais là aussi pas d'excès de vitesse! Avant de remplir notre responsabilité à l'égard de notre société présente, nous devons au préalable répondre de la société des générations futures, de la possibilité même pour les générations futures de faire société, comme nous le commande au demeurant notre responsabilité à l'égard de la transmission des savoirs. Répondre de la transmission des savoirs, ce n'est pas seulement répondre de leur enrichissement et de leur accumulation, mais aussi de notre capacité à transmettre, de la transmission elle-même, et peu importe alors la nature de ce qui est transmis; car le fait d'accumuler ou de progresser ne donne pas pour autant l'assurance de transmettre. Transmettre, c'est transmettre d'abord les conditions de la transmission, ses gestes même. Je viens de dire que peu importait ici l'objet de la transmission. Ce n'est pas tout à fait exact, car il est vrai que le savoir par définition est appelé à être transmis. Il existe une coappartenance essentielle entre savoir et transmission : le savoir est la matière privilégiée de la transmission.

III.

Parce que nous avons en charge la transmission des savoirs, la première société avec laquelle nous avons à faire est celle des générations à venir, et nous ne pouvons remplir notre responsabilité à l'égard des générations présentes qu'à partir du moment où nous aurons satisfait aux générations futures. Nous verrons ce que signifie être responsable pour notre temps à partir du moment où cette responsabilité est dépendante de notre responsabilité à l'égard des générations futures.

Vous connaissez sans doute le fameux Rapport Brundtland publié par la Commission mondiale sur l'environnement et le développement des Nations-Unies en 1987 : *Our common future*. Pour la première fois ou presque est donnée une définition de la notion de *développement durable*. Le développement durable est un développement qui assure, dans le cadre de la production présente, la transmission et le maintien des conditions de production d'une génération à l'autre : c'est rappeler que la tâche de chacun est non pas de dépenser et de consommer, mais d'abord d'accumuler et d'enrichir les moyens de la vie, de patrimonialiser le présent pour mieux en assurer la transmission. Qu'est-ce qu'un patrimoine? Le patrimoine c'est du capital, mais ce n'est pas n'importe quel capital. Le patrimoine c'est du capital affecté à une mission, et pas seulement à son autoaccroissement comme c'est le cas du capital financier : une mission qui a le plus souvent une dimension commune, voire publique. Le patrimoine c'est aussi du capital protégé pour éviter son excessive marchandisation, sa dissolution dans les logiques mercantiles : du capital inaliénable, indisponible, imprescriptible. Enfin, le patrimoine représente des biens qui ont vocation à être transmis plutôt qu'échangés. À ce titre, le savoir est l'expression la plus achevée de la notion de patrimoine qui, elle-même, est le fondement de la perpétuation des sociétés, son assise et sa ressource.

Le fait que notre responsabilité sociale se trouve conditionnée par notre responsabilité à l'égard des générations futures signifie aussi que nous ne réussissons à nouer un réel rapport au social que par le rapport que nous entretenons avec le temps. De fait, ce n'est pas parce que nous sommes universitaires que notre opinion sur l'état du monde est plus valide que les autres. Si c'était le cas, nous ne serions plus en démocratie, mais en épistocratie, soumis au gouvernement des savants et des experts, à moins que les savants soient du côté non plus du pouvoir, mais de la contestation, en mettant leurs savoirs au service de la remise en cause de la domination économico-technique exercée par les technocrates et les autres ingénieurs du gouvernement.

Ou encore ce n'est pas parce que nous avons une approche scientifique et analytique d'une question que nous avons pour autant les moyens de résoudre les difficultés que celle-ci rencontre ou suscite. Il ne faut pas confondre le scientifique et l'expert. Le scientifique produit un savoir indépendant des intérêts, tandis que l'expert mobilise ce savoir pour formuler des problèmes et proposer des solutions orientées vers l'action en tenant compte du contexte politique, culturel, financier, ainsi que de l'intérêt des différents groupes sociaux.

Je crois que notre responsabilité à l'égard de la société est à la fois plus profonde et plus circonscrite, qu'elle est, si j'ose dire, hors contexte, une responsabilité inconditionnelle et absolue qui n'a

pas à tenir compte des divers biais qui affectent nos sociétés, ni des diverses caractéristiques qui les distinguent, ni des divers intérêts souvent conflictuels qu'elles servent : une responsabilité universelle ! Cette responsabilité universelle, pour être universelle, ne saurait pour autant porter sur tout ; encore une fois, nous ne sommes pas Dieu. Elle porte essentiellement sur notre rapport au temps, sur la donation du temps que favorise la transmission des savoirs qu'il nous revient d'assurer. Nous avons pour tâche de ménager le sens du temps long dans des sociétés essentiellement soumises aux impératifs du court terme, du quarter term, des résultats trimestriels par exemple dans le monde de l'entreprise, ou bien de la séquence dans le storytelling qui caractérise l'action politique contemporaine. Autrement dit, nous avons la responsabilité de garder le temps : nous sommes des garde-temps, comme il y a des garde-côtes ou des gardes forestiers. Mais au nom de quoi sommes-nous en mesure d'exercer cette responsabilité ? Précisément au nom des savoirs que nous enseignons en tant que les savoirs, dans notre culture, plongent leurs racines dans des expériences de pensée immémoriales : non seulement la philosophie ou les mathématiques, mais même des savoirs plus récents comme l'étude du réchauffement climatique qui relève de la distinction aristotélicienne entre la cosmologie (ce que nous appelons aujourd'hui l'astrophysique) et les météorologiques, l'étude de l'atmosphère, là où le monde céleste subit des accidents et des variations.

C'est parce que les savoirs plongent loin dans le temps leurs racines qu'ils ont une origine, et nous savons depuis Husserl et *L'origine de la géométrie* (1936) combien le fait que les savoirs aient une origine signifie aussi qu'ils répondent au destin de l'homme bien au-delà de leurs seules utilité et efficacité. J'ajouterai que plus l'origine du savoir remonte loin, plus cette dimension destinale est forte. L'architecture qui est ici enseignée dans ses formes les plus contemporaines a elle aussi une origine profonde qui détermine notre être au monde, notre façon de l'habiter, de l'habiter non seulement spatialement en contribuant à cultiver notre sens de l'espace, mais aussi de l'habiter temporellement en contribuant à enrichir notre sens du temps. Si l'architecture nous fait accéder au travail du temps, ce n'est pas seulement parce que l'art de circonscrire matériellement un espace spécifique dans un environnement est sans doute plus vieux encore que la peinture pariétale, mais parce que l'objet même de l'architecture est l'espace et le temps, mieux encore la façon même de convertir le temps en espace, et l'espace en temps.

IV.

Il reste cependant encore du chemin à faire avant de rentrer dans le détail de nos responsabilités sociale, environnementale et morale, et d'en formuler la traduction concrète. Je me contenterai ici de deux remarques à ce sujet. D'abord, ces trois responsabilités n'en font qu'une : les dimensions sociale, morale et environnementale sont étroitement intriquées, précisément parce qu'il y va à chaque fois de notre habitation du monde. Ensuite, on ne peut remplir notre responsabilité sociale, environnementale et morale qu'au prix de la transformation du système productif qui passe elle-même par la transformation concomitante à la fois de nos technologies, de nos rapports sociaux, de nos rapports à la nature, de notre organisation économique et de sa comptabilité, voire de la façon que nous avons de vivre au quotidien, ce qui ne peut que bouleverser notre culture et nos conceptions intellectuelles. En évoquant notre responsabilité à l'égard du savoir au nom de la transmission du temps, ainsi que de la construction de la durée à travers les savoirs, j'ai essayé de faire un pas en ce sens. ■

Bibliographie

Bacon, F. (1857[1620]). *Novum organum*. Traduction par A. Lorquet, Paris : Hachette.

Brundtland, G. H. (1987). *Rapport de la Commission mondiale sur l'environnement et le développement de l'ONU : 'Notre avenir à tous'.*

Husserl, E. (1962[1936]). *L'origine de la géométrie*, Traduction par J. Derrida, Paris : PUF.

Popper, K. R. (1988). *La logique de la découverte scientifique*, Paris : Payot.

Sloterdijk, P. (2000). *Règles pour le parc humain : une lettre en réponse à la 'Lettre sur l'humanisme' de Heidegger*, Traduction par O. Mannoni Paris : Mille et une nuits.

Rétroconception des thermes impériaux romains en Afrique du Nord

Vers un modèle paramétrique intelligent

Auteure

Zaineb Naifer
Architecte, docteure en art de bâtir et urbanisme, tsa-lab, LOCI+LAB, UCLouvain.
0000-0003-2018-759X

Résumé. *La thèse synthétisée ici développe une méthodologie de rétroconception paramétrique intégrant l'intelligence artificielle dans une approche systémique. Fondée sur un corpus homogénéisé de vingt-trois thermes impériaux en Afrique du Nord et de six complexes à Rome, la méthode vise à prédire, à partir de fragments, des hypothèses spatiales cohérentes avec les principes architecturaux romains. Deux modèles complémentaires sont développés : un Parametric Dataset Model (PDSM) structurant les données et un Artificial Intelligence Completion Model (AICM) organisé en cinq sous-modèles dédiés à la prédiction. L'ensemble permet d'explorer les logiques romaines, d'anticiper des configurations plausibles et d'accompagner les acteurs du patrimoine dans l'interprétation des édifices lacunaires.*

Mots-clés. *rétroconception architecturale · intelligence artificielle · modèle paramétrique · thermes impériaux romains · décomposition*

Abstract. *The doctoral thesis summarized here develops a parametric reverse engineering methodology integrating artificial intelligence into a systemic approach. Based on a homogenized corpus of twenty-three imperial baths in North Africa and six complexes in Rome, the method aims to predict, from fragments, spatial hypotheses consistent with Roman architectural principles. Two complementary models are developed: a Parametric Dataset Model (PDSM) structuring the data and an Artificial Intelligence Completion Model (AICM) organized into five sub-models dedicated to prediction. Together, they make it possible to explore Roman logic, anticipate plausible configurations, and assist heritage professionals in interpreting incomplete buildings.*

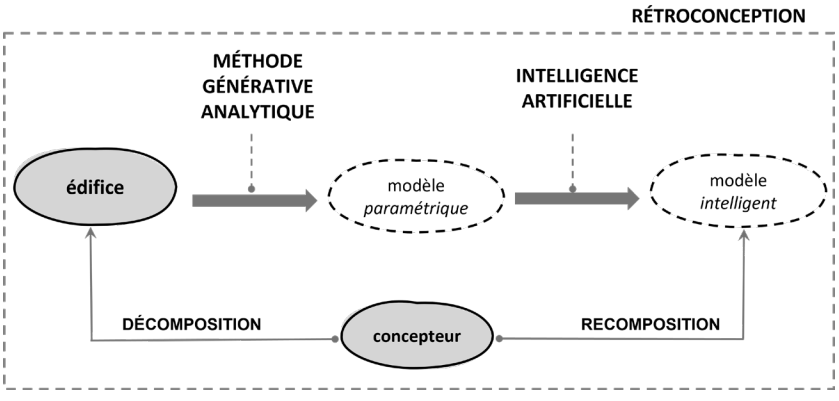
Keywords. *reverse engineering · artificial intelligence · parametric model · imperial roman baths · decomposition*

Introduction

L'étude des thermes impériaux romains constitue un enjeu majeur pour la compréhension des pratiques architecturales de l'Antiquité. Souvent fragmentaire, leur état de conservation limite pourtant la capacité des archéologues à restituer leurs plans d'origine ou à "retrouver complètement l'histoire" (Golvin, 2005, p. 17). Les lacunes documentaires, les transformations du temps et l'hétérogénéité des vestiges complexifient leur analyse, en particulier en Afrique du Nord où les restaurations sont inégales.
Face à ces contraintes, la thèse doctorale résumée ici développe une méthode de rétroconception paramétrique assistée par intelligence artificielle – *artificial intelligence* (AI) – et destinée à proposer des complétions virtuelles cohérentes (Naifer, 2025). Ces outils ne se limitent pas à accélérer l'analyse : ils modifient la manière d'interpréter l'architecture à partir des traces matérielles. L'objectif n'est pas de produire une vérité architecturale, mais d'élaborer des hypothèses plausibles et vérifiables par l'expertise humaine.
La difficulté principale réside dans la recomposition d'un plan à partir d'informations partielles. Deux grandes questions structurent la recherche : (1) comment prédire les espaces manquants d'un établissement thermal tout en respectant les logiques architecturales romaines ? (2) comment produire une méthode généralisable à d'autres édifices antiques confrontés aux mêmes lacunes ?

Cadre méthodologique systémique : entre analyse, structure et prédiction

Pour répondre à ces deux questions, la thèse articule trois approches : la rétroconception paramétrique, la méthode générative analytique et l'AI. Les méthodes employées s'articulent et s'inscrivent dans une logique systémique où chaque approche contribue à une étape spécifique d'un processus plus global (*cf.* Fig. 1).



(1) Du bâti au modèle intelligent : un passage par la décomposition et la recomposition (Naifer, 2025, p. 18).

D'abord, en tant que cadre général de l'étude, la "rétroconception architecturale" (Dhouib, 2014) vise à "modéliser des processus de conception réalisés par d'autres concepteurs", selon une logique analogue au *reverse engineering* (Claeys & Naifer, 2022). Appliquée aux thermes lacunaires, elle décompose étape par étape le modèle mental du concepteur pour comprendre l'organisation d'origine et proposer des configurations plausibles, constituant ainsi la base de l'identification des règles architecturales et des principes de composition du plan.

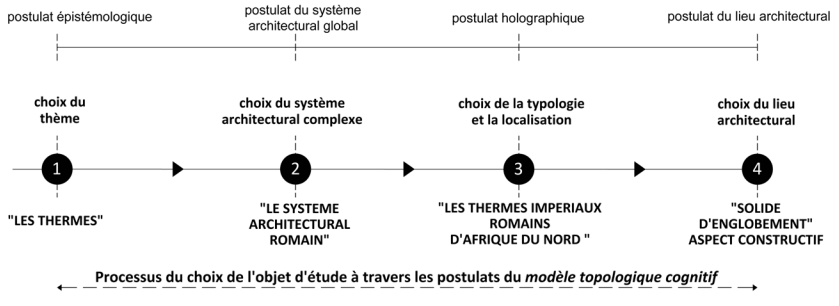
Ensuite, la "méthode générative analytique" (Dhouib 2014, 2022 ; Bouaita, 2015) intervient dans la formalisation d'un modèle paramétrique. Elle décompose l'édifice en composants élémentaires et en attributs relatifs, selon un "modèle topologique cognitif" articulant trois paradigmes : "structural", "imaginal" et "historique". Dans cette recherche, le paradigme structural est central car il permet de comprendre et de recomposer la matérialité des édifices à partir des vestiges. Les paradigmes imaginal et historique sont intégrés ponctuellement, afin d'enrichir l'analyse sans rompre la cohérence structurale initiale.

Enfin, l'AI intervient dans la phase prédictive. Depuis les années 1950, son développement a évolué des premiers travaux théoriques aux logiciels de conception assistée par ordinateur (CAO), de modélisation des informations de la construction (BIM), aux réseaux de neurones artificiels (RNA), puis à l'apprentissage machine – *machine learning* (ML) – et l'apprentissage profond – *deep learning* (DL). Aujourd'hui, l'AI ouvre de nouvelles perspectives pour l'archéologie et la conservation du patrimoine bâti. Elle permet d'analyser de grands volumes de données et de soutenir la rétroconception en produisant des complétions virtuelles fondées sur les régularités spatiales identifiées dans le corpus.

Corpus d'étude : entre universalité romaine et singularité nord-africaine

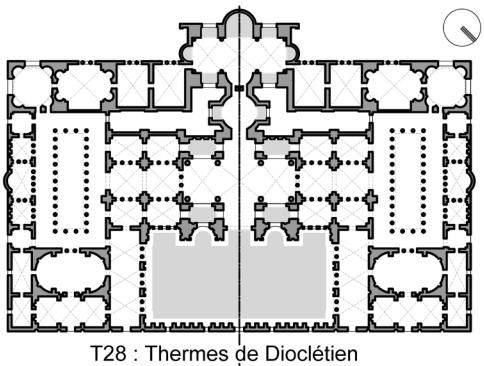
L'objet d'étude résulte d'un processus de sélection fondé sur plusieurs postulats et orienté par quatre critères de choix (Dhouib 2014, 2022; Bouaita, 2015) : (1) le programme architectural des thermes ; (2) l'inscription dans le système architectural romain ; (3) l'approche holographique, ciblant les thermes impériaux d'Afrique du Nord ; (4) le lieu architectural, focalisé sur les aspects constructifs (*cf.* Fig. 2).

Le corpus réunit vingt-trois thermes impériaux romains en Afrique du Nord et six à Rome. Ce choix repose sur l'évolution chronologique et géographique de la construction des thermes. L'Afrique du Nord conserve un ensemble remarquable des thermes construits entre le I^er^ et le III^e^ siècle de notre ère, marqué par une monumentalisation progressive. À Rome, l'essor culmine au II^e^ siècle de notre ère avant de décliner rapidement (Petit, 1974; Jouffroy, 1986).

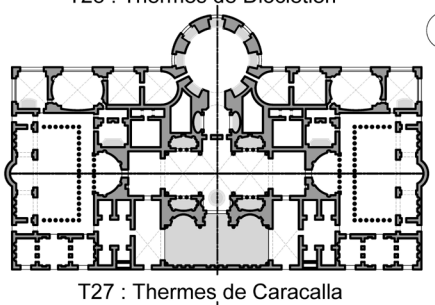


(2) Processus du choix de l'objet d'étude à travers les postulats (Naifer, 2025, p. 128).

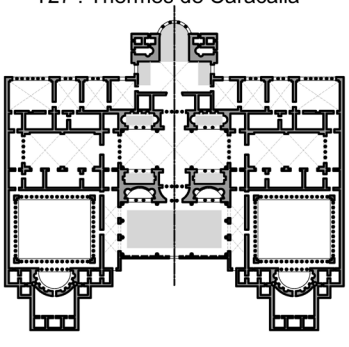
Rome



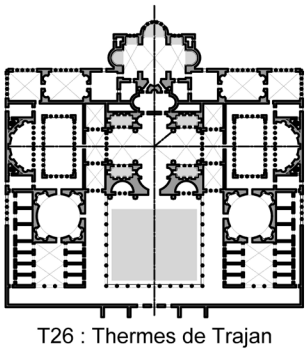
T28 : Thermes de Dioclétien



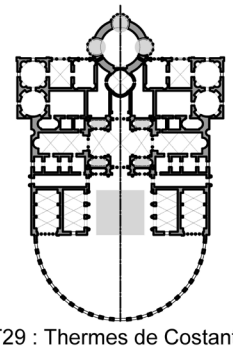
T27 : Thermes de Caracalla



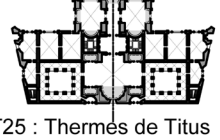
T24 : Thermes de Néron



T26 : Thermes de Trajan

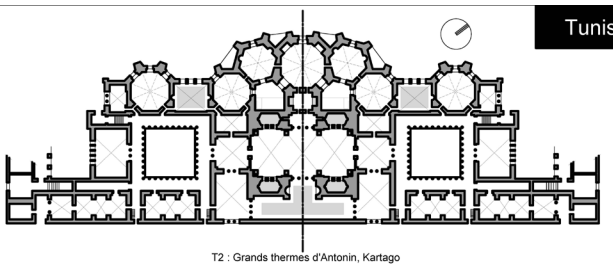


T29 : Thermes de Costantin

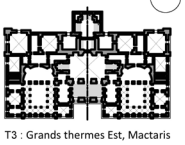


T25 : Thermes de Titus

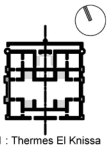
Tunisie



T2 : Grands thermes d'Antonin, Kartago



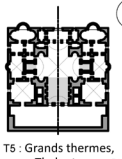
T3 : Grands thermes Est, Mactaris



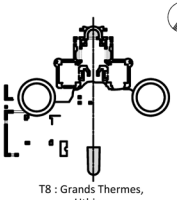
T1 : Thermes El Knissa



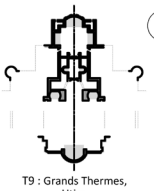
T7 : Thermes Liciniens, Thugga



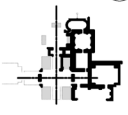
T5 : Grands thermes, Thelepte



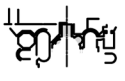
T8 : Grands Thermes, Uthina



T9 : Grands Thermes, Utica



T6 : Thermes d'Ain Doura, Thugga

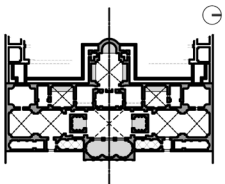


T11 : Membressa

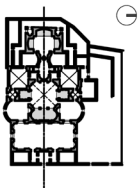


T4 : Grands thermes, Sicca Veneria

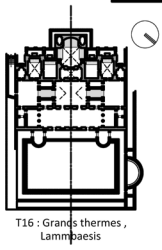
Algérie



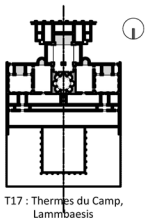
T12 : Grands thermes Ouest, Caesarea



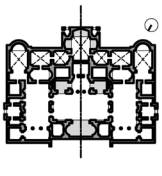
T13 : Grands thermes Sud, Cuicul



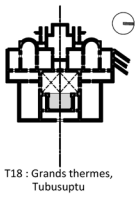
T16 : Grands thermes , Lammbaesis



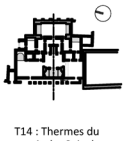
T17 : Thermes du Camp, Lammbaesis



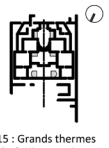
T19 : Grands thermes Nord, Thamugadi



T18 : Grands thermes, Tubusuptu



T14 : Thermes du capitole, Cuicul

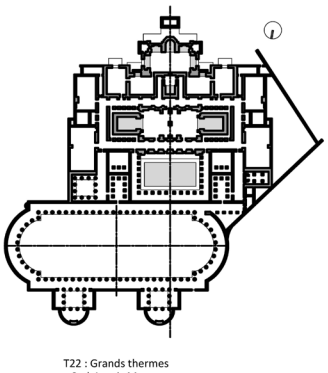


T15 : Grands thermes Sud, Hippo regius

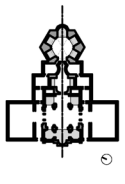


T20 : Guelma, Calama

Libye



T22 : Grands thermes Sud, Leptis Magna



T23 : Thermes du bord de mer, Leptis Magna

Les thermes nord-africains ne sont pas de simples copies de modèles romains. Ils reprennent les principes impériaux – symétrie axiale, séquence thermique et organisation dédoublée… – tout en intégrant des adaptations aux contextes locaux. Cette double perspective, Rome comme référence et l'Afrique du Nord comme terrain d'étude, permet une comparaison raisonnée utile à la rétroconception.

L'ensemble des plans ont été redessinés et homogénéisés selon une logique géographique (*cf.* Fig. 3). En Tunisie et à Rome, plusieurs plans proviennent du travail de Bouaita (2015). Certains ont été actualisés pour intégrer des restaurations récentes (Ben Slimene, 2017; Vérité, 2019) ; les thermes d'Algérie et de Libye ont été redessinés spécifiquement pour la thèse ; d'autres, comme Bulla Regia ou Tiddis, restent partiels, voire non fouillés.

L'analyse typologique, initiée par Krencker (1929) et approfondie par Thébert (2003), identifie des invariants géométriques et dimensionnels utiles à la formalisation du modèle paramétrique.

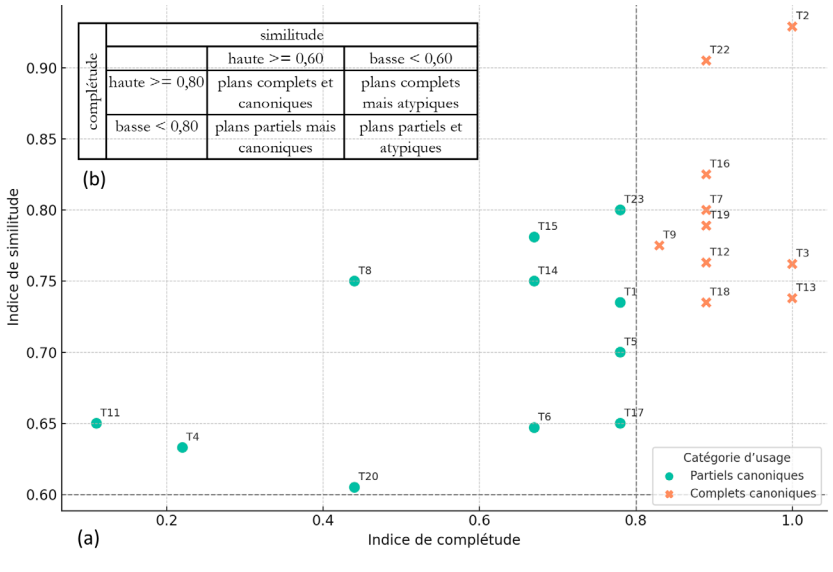
Chaque plan est évalué selon deux indices : (1) la *similitude*, mesurant la conformité morphologique avec le modèle canonique défini par Thébert (2003) ; (2) la *complétude*, calculant la quantité d'informations disponibles dans le plan redessiné. Ces métadonnées permettent d'organiser le corpus dans une matrice décisionnelle à quatre catégories, représentable notamment par un nuage de points (*cf.* Fig. 4).

Méthodologie et résultats de la recherche

La démarche s'organise autour de deux modèles complémentaires : le *Parametric Dataset Model* (PDSM) et l'*Artificial Intelligence Completion Model* (AICM). Ce dispositif structure la rétroconception autour de deux opérations principales : la décomposition des plans et leur recomposition. L'ensemble s'inspire du principe du jumeau numérique – le Digital Twin (DT) – reliant l'objet physique à son double virtuel (Naifer, Abidi, & Claeys, 2023).

Le processus comporte trois étapes : (1) la collecte des données, à partir des plans, coupes, relevés et sources textuelles anciennes, qui sont ensuite classées selon leur état de conservation, allant du complet au lacunaire, afin de constituer une base fiable et homogène ; (2) le traitement des données qui sont filtrées, nettoyées et organisées pour garantir leur cohérence et leur compatibilité avec les outils numériques ; (3) la modélisation qui consiste à alimenter le PDSM pour structurer les attributs des thermes et à utiliser l'AICM pour produire les hypothèses de complétion. Chaque étape implique des opérations d'encodage et de décodage afin d'assurer la compatibilité des formats entre les différentes plateformes logicielles.

3 Ci-contre. Catalogue des thermes impériaux romains en Afrique du Nord et à Rome. Adapté et extrait de la thèse de Zaineb Naifer (2025, p. 147).



4 Répartition des plans thermaux selon leur usage dans le modèle intelligent. (a) schéma en nuage de point (Naifer, 2025, p. 204) ; (b) matrice décisionnelle entre similitude et complétude des thermes impériaux romains (Naifer, 2025, p. 202).

Décomposition : du plan vers des attributs paramétriques

La décomposition repose sur l'analyse des relations entre vide et plein dans l'architecture thermale. Deux éléments fondamentaux sont distingués (Dhouib, 2004) : le "dispositif du solide d'englobement" (DSE) correspondant au plein et le "milieu fluide habitable" (MFH) correspondant aux espaces vides. Désignée comme "volume virtuel en creux" (VVEC), l'interface entre ces deux polarités agit comme un régulateur unifiant l'ensemble des parties dans un tout cohérent. Deux hypothèses ont été testées sur les thermes d'Antonin à Carthage, à la fois par une décomposition manuelle des espaces intérieurs et une analyse constructive des parois fondée sur les travaux d'archéologues (Adam, 1984 ; Ginouvès & Martin, 1985 ; Ginouvès, 1992) : soit les murs définissent l'espace, soit l'usage intérieur détermine la limite des parois. L'approche privilégiée, partant du vide pour définir le plein, s'est révélée la plus adaptée pour la rétroconception.

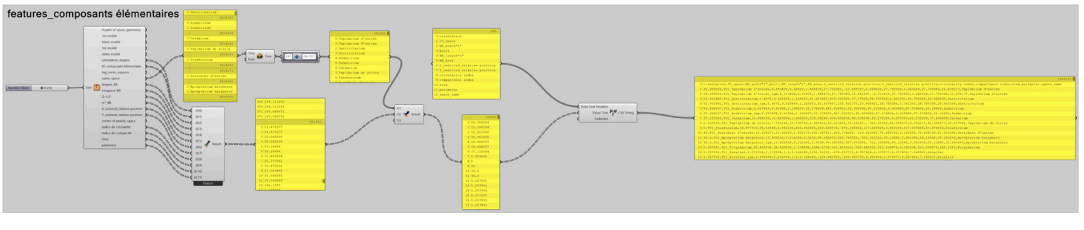
La décomposition s'effectue à deux niveaux :

1. la simplification des plans en composants élémentaires, après nettoyage, conversion en polylignes, et orientation et structuration des calques.
2. le calcul des attributs organisés en tableau (Naifer, 2025, pp. 208-209), couvrant trois échelles : (1) le plan entier ; (2) le secteur chauffé ou froid ; (3) le composant élémentaire. Il regroupe des mesures quantitatives (surface, périmètre, compacité, circularité, orientation, centre de gravité) et des données qualitatives (usage, fréquence typologique, relations spatiales, présence de symétries).

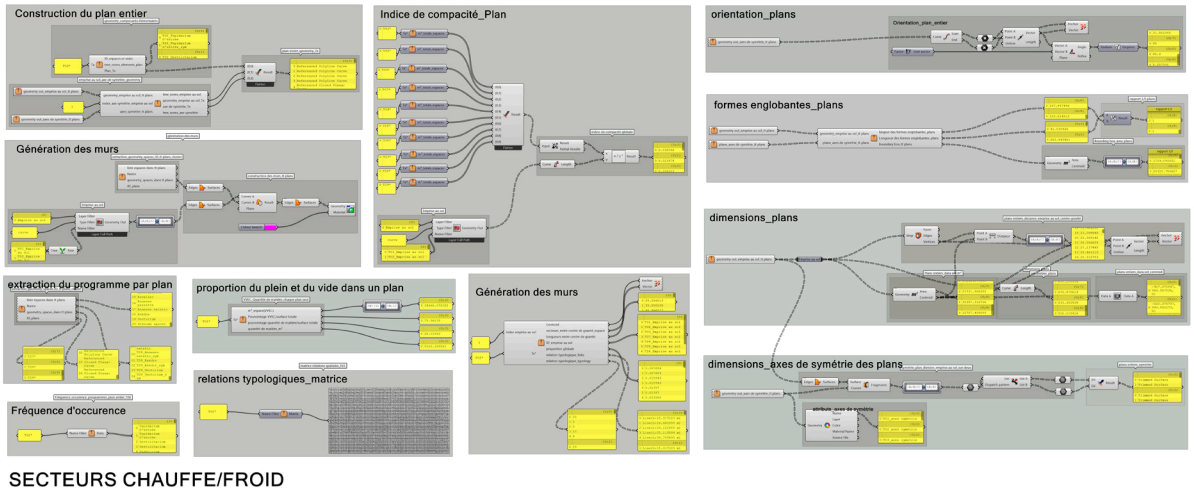
L'objectif de cette structuration est double : d'une part, disposer d'un référentiel hiérarchisé sous forme du PDSM permettant une lecture analytique des plans thermaux compatible avec Rhinoceros3D et Grasshopper ; d'autre part, créer une base de données exploitable pour l'entraînement de l'AICM.

La méthode d'extraction des attributs dans le PDSM a été ajustée progressivement. Au départ, les calculs ont été

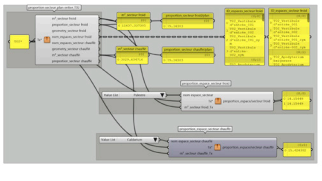
COMPOSANTS ELEMENTAIRES



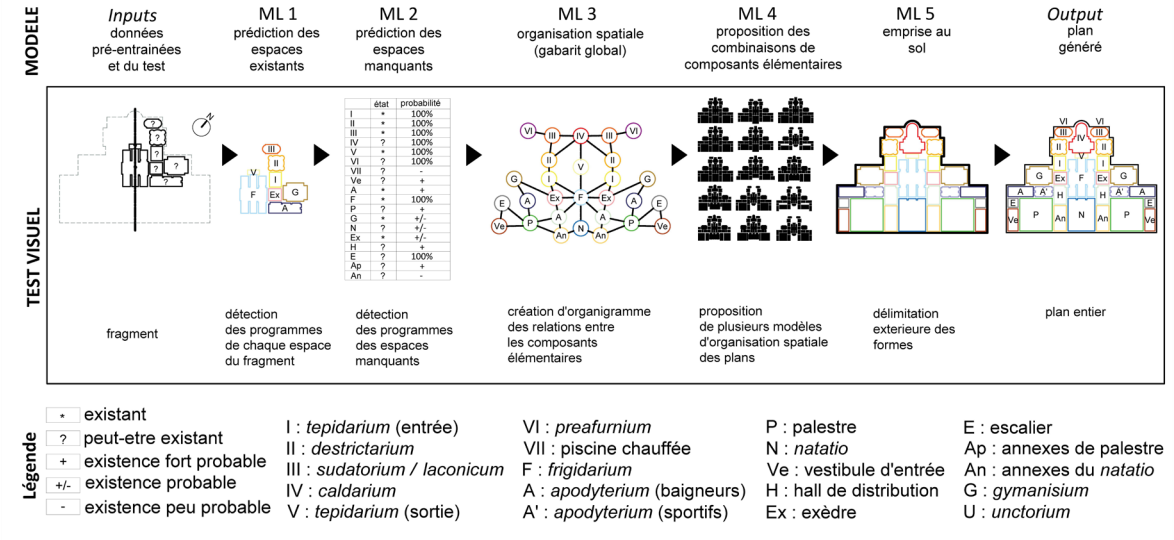
PLANS



SECTEURS CHAUFFE/FROID



(5) Aspect final du PDSM simplifié et compressé (Naifer, 2025, p. 249).



appliqués séparément à chaque type de composant, ce qui a facilité l'exploration mais a généré des scripts redondants et alourdi le fichier. Pour y remédier, les opérations ont été mutualisées, conduisant à une simplification du code et à une version plus claire et optimisée du modèle (*cf.* Fig. 5).

Recomposition : un modèle intelligent en cinq sous-modèles

La recomposition aboutit à la construction de l'AICM. Inspirée des réflexions de Viollet-le-Duc (1866) sur les limites acceptables de la restitution, où la rétroconception vise à rétablir ce qui manque, en veillant à recomposer un tout cohérent aussi fidèle que possible à l'organisation originelle de l'édifice et des motivations identifiées par Golvin (2005), elle vise à restituer les éléments manquants tout en respectant la cohérence architecturale originale.
L'AICM repose sur l'apprentissage automatique (ML) supervisé, plus lisible, explicable, réutilisable et compréhensible pour l'utilisateur, que l'apprentissage profond (DL), qui exige l'acquisition de plus de données (un corpus plus important) et reste difficile à interpréter.
Sur l'exemple des thermes d'Aïn Doura, l'algorithme prend un fragment en entrée et produit une complétion en sortie. L'AICM est structuré en cinq sous-modèles, de ML1 à ML5, avec une intervention humaine possible à chaque étape (*cf.* Fig. 6) : le ML1 prédit la fonction des fragments ; le ML2 identifie les espaces manquants ; le ML3 apprend les adjacences ; le ML4 assemble les éléments dans un plan unifié ; le ML5 trace le périmètre de l'édifice.
Les données issues du PDSM sont divisées en ensemble d'entraînement (*training set*), ensemble de validation (*validation set*) et ensemble de tests (*test set*). Chaque sous-modèle est entraîné sur le jeu de données complet, optimisé grâce aux résultats de validation, puis testé sur des plans fragmentaires pour évaluer sa robustesse et sa capacité de généralisation.
Le processus suit quatre phases (Roobaert & Claeys, 2024a, 2024b) : (1) la phase A mobilise l'ensemble de données (*data set*) afin d'assurer leur sélection et leur structuration ; (2) la phase B exploite le *training set* pour entraîner des sous-modèles ML1 à ML5 sur les données complètes ; (3) la phase C s'appuie sur le *validation set*, afin de comparer et d'optimiser les performances ; (4) la phase D confronte les sous-modèles retenus au *test set*, constitués de données lacunaires, afin d'évaluer leur robustesse et leur capacité de généralisation.
La participation de l'expert humain demeure essentielle : la machine propose, l'humain décide. Cette approche garantit que les hypothèses spatiales produites sont cohérentes avec les connaissances archéologiques et patrimoniales, tout en restant ouvertes à de futurs ajustements et enrichissements. Cette démarche itérative permet de contrôler la cohérence des résultats et d'ajuster les paramètres lorsque les prédictions s'écartent des logiques architecturales romaines.

Conclusion

Le processus (*cf.* Fig. 7) débute avec un édifice lacunaire, décomposé pour en extraire les attributs (1). Ces données sont traduites et encodées (2) puis intégrées au PDSM (3), qui sert de base pour entraîner l'AICM (4). Grâce au ML supervisé, l'AICM (5) produit des prédictions destinées à compléter les parties manquantes d'un plan fragmentaire (6).

6 Processus de complétion du plan lacunaire dans le réseau de neurones, illustré avec le plan des thermes d'Aïn Doura (Naifer, 2025, p. 260).

Le concepteur interprète ces résultats et réalise la recomposition (7), transformant les paramètres numériques en configuration spatiale. Chaque complétion enrichit ensuite le jeu de données (8), assurant un cycle itératif où l'expertise humaine et le calcul computationnel se renforcent mutuellement : le concepteur fournit les règles d'interprétation et valide les choix, tandis que la machine accélère et systématise les opérations de recomposition. Ensemble, ils permettent de transformer un fragment lacunaire en une représentation cohérente et interprétable de l'édifice originel.

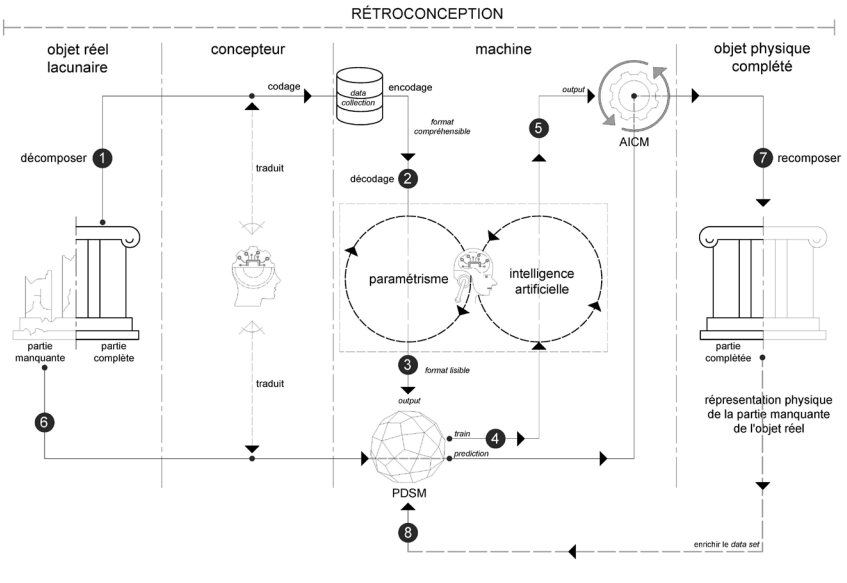
La thèse développe à la fois un modèle paramétrique et un *pipeline intelligent*. Le *workflow* élaboré se distingue par sa transférabilité, contrairement aux workflows classiques de l'AI. Il conduit à un outil dont le potentiel dépasse largement le cadre des thermes, en offrant une capacité à manipuler un corpus orienté vers un objectif donné et à développer d'autres compétences permettant d'aborder de nouveaux corpus et de nouveaux objectifs à partir de la même structure méthodologique.

Lorsqu'un plan est découvert, la méthodologie permet de déterminer s'il est complet ou fragmentaire. Un plan complet peut être directement intégré au PDSM, contribuant à l'enrichissement de la base de données. En revanche, pour les plans fragmentaires, l'AICM, une fois entraîné, peut proposer une complétion raisonnée des espaces manquants.

Cette approche présente plusieurs apports : (1) la *planification* : elle fournit un modèle PDSM utilisable par les acteurs du patrimoine pour comprendre les thermes avant le démarrage des fouilles ; (2) l'*authenticité* : les prédictions se font dans un environnement virtuel, sans compromettre l'intégrité physique des vestiges, tout en permettant de réviser les hypothèses en fonction des nouvelles données ; (3) l'*archivage numérique* : elle crée une archive évolutive et enrichie, préservant les connaissances sur les édifices étudiés ; (4) la *généralisation* : la méthodologie produit des connaissances pouvant être adaptées à d'autres types d'édifices.

Malgré ces résultats, le processus présente des limites. Certaines fouilles restent incomplètes et certaines structures trop détériorées pour être pleinement exploitées. Par ailleurs, l'AICM n'a été testé méthodiquement que sur la prédiction fonctionnelle (ML1), tandis que les sous-modèles ML2 à ML5 sont planifiés, mais n'ont pas encore été appliqués à des cas concrets. Ces limites ne remettent pas en cause la validité de l'approche, mais en précisent la portée actuelle.

Plusieurs prolongements sont envisageables, notamment pour les complétions plus avancées, distinguées en trois niveaux : la prédiction 2D des plans (niveau traité dans cette thèse), la prédiction 3D des murs, et la modélisation intégrale avec murs et toitures. Ces perspectives ouvrent des pistes pour des développements futurs, tant sur le plan structural, qu'historique et imaginal, consolidant le potentiel de la rétroconception comme outil pour l'étude et la préservation du patrimoine romain. Pour qu'elle devienne accessible à un large public et ne requière que peu de compétences techniques, la méthode devra être transformée en un outil doté d'une interface entièrement intégrée, permettant son utilisation par des non-spécialistes. ■



7 Le processus général de la rétroconception (Naifer, 2025, p. 304).

Médiagraphie

Adam, J.-P. (1984). *La construction romaine : matériaux et techniques*. Paris : Picard.

Ben Slimene, N. (2017). *Les grands thermes publics d'Uthina : étude archéologique et architecturale*. Faculté des Sciences Humaines et Sociales de Tunis, Université de Tunis.

Bouaita, K. (2015). *Rétro-conception architecturale : le modèle des thermes impériaux romains de Tunisie*. École Nationale d'Architecture et d'Urbanisme, Université de Carthage, Tunis.

Claeys, D., & Naifer, Z. (2022). Méthodes de reconception architecturale : imitation, modularité, typologie et paramétrisme. *DNArchi*, 2. https://doi.org/10.48568/1dhb-sg50

Dhouib, M. (2004). *De la construction de connaissances à la création : modélisation du processus de conception architecturale*. École Nationale d'Architecture et d'Urbanisme, Université de Carthage, Tunis.

Dhouib, M. (2014). *Cours de doctorat en architecture : système général et sens universel*. École Nationale d'Architecture et d'Urbanisme, Université de Carthage, Tunis.

Dhouib, M. (2022). *Cours de doctorat en architecture : système général et sens universel*. École Nationale d'Architecture et d'Urbanisme, Université de Carthage, Tunis.

Ginouvès, R., & Martin, R. (1985). *Dictionnaire méthodique de l'architecture grecque et romaine. Tome I. Matériaux, techniques de construction, techniques et formes du décor*. Rome : École française d'Athènes ; Paris : École française de Rome. https://www.persee.fr/doc/efr_0000-0000_1985_dic_84_1

Ginouvès, R. (1992). *Dictionnaire méthodique de l'architecture grecque et romaine. Tome II. Éléments constructifs : supports, couvertures, aménagements intérieurs*. Rome : École française d'Athènes ; Paris : École française de Rome. https://www.persee.fr/doc/efr_0000-0000_1992_dic_84_2

Golvin, J.-C. (2005). *L'image de restitution et la restitution de l'image*. Cours de Tunis. Actualités des études anciennes. https://doi.org/10.58079/tazj

Jouffroy, H. (1986). *La construction publique en Italie et dans l'Afrique romaine* (Le Centre National de la Recherche Scientifique et l'Université des Sciences Humaines de Strasbourg, Vol. 2). Strasbourg: AECR.

Krencker, D., & Krüger, E. (1929). *Die trierer Kaiserthermen. 1, Ausgrabungsbericht und grundsätzliche Untersuchungen römischer Thermen*. Augsburg: Filser.

Naifer, Z. (2025). *Rétroconception paramétrique assistée par intelligence artificielle. Cas des thermes impériaux romains en Afrique du Nord*. Louvain-la-Neuve : Presses universitaires de Louvain.

Naifer, Z., Abidi, Z., & Claeys, D. (2023). Repenser la rétroconception patrimoniale de la numérisation à la modélisation : niveaux cognitifs, cube de données et jumeau numérique. Dans M. Dhouib (Éd.), *Villes et territoires intelligents. Concepts, enjeux et stratégies d'actions* (pp. 49-66). Tunis : Nirvana. http://hdl.handle.net/2078.1/276601

Petit, P. (1974). *Histoire générale de l'Empire romain. 1. Le Haut-Empire (27 avant J.-C. - 161 après J.-C.) ; 2. La crise de l'Empire (161 - 284) ; 3. Le Bas-Empire (284 - 395)*. Paris : Seuil.

Roobaert, L., & Claeys, D. (2024a). Modèle tabulaire adaptatif de classement des outils intelligents d'aide à la conception architecturale. Dans P. Marin (Éd.), *BIM : données, intelligences et nature de la ville durable. Ingénierie et architecture, enseignement et recherche.* (pp. 37-56). Paris : Eyrolles.

Roobaert, L., & Claeys, D. (2024b). Modèle tabulaire de classement adaptatif des outils intelligents d'aide à la conception architecturale. *SHS Web of Conferences, 198*(02003). https://doi.org/10.1051/shsconf/202419802003

Thébert, Y. (2003). *Thermes romains d'Afrique du Nord et leur contexte méditerranéen*. Rome : École française de Rome. https://doi.org/10.4000/books.efr.2147

Vérité, J. (2019). *Recherches sur la façade maritime des thermes d'Antonin de Carthage*. Manuscrit soumis pour publication. https://hal.science/hal-01998182

Viollet-le-Duc, E. E. (1866). *Dictionnaire raisonné de l'architecture française du XI^e^ au XVI^e^ siècle* (Vol. VIII). Paris : A. Morel.

Preserving suspended structures with light façades (1960-1980)

Architectural study and retrofitting proposals

Author

Giuseppe Galbiati
engineer and architect, PhD
0000-0003-1635-8341

PhD thesis co-supervised UCLouvain and EPFLausanne, 2020-2023

Abstract. *The present PhD research follows two objectives. Firstly, it aims to meticulously retrace the historical development of suspended buildings, from their rise to fall, starting to fill a recognized gap in the fields of architectural and construction history. The design features and construction challenges that characterize this distinctive architectural type are widely analyzed and critically discussed. Secondly, adopting suspended buildings as practical case studies, the research aims to test alternative retrofitting approaches, exploring and comparing different intervention scenarios. The effective possibility of improving the energy performance of existing buildings, while preserving their most distinctive architectural qualities is finally demonstrated. By recognizing suspended structures as technologically complex objects, the developed framework is intended to be extended, by analogy, to the more conventional building stock.*[1]

Keywords. *suspended buildings · architectural retrofitting · modern architecture · heritage · dynamic thermal modeling*

Résumé. *La présente recherche doctorale poursuit un double objectif. Premièrement, elle vise à retracer minutieusement l'évolution des bâtiments suspendus, de leur émergence à leur déclin, afin de combler une lacune reconnue dans les domaines de l'histoire de l'architecture et de la construction. Les caractéristiques et les défis constructifs de ce type architectural particulier sont ainsi analysés et critiquement examinés. Deuxièmement, la recherche vise à tester des approches alternatives de retrofitting, en explorant et en comparant différents scénarios d'intervention. La possibilité d'améliorer la performance énergétique des bâtiments existants, tout en préservant leurs qualités architecturales, est enfin démontrée. En reconnaissant les structures suspendues comme des objets technologiquement complexes, le cadre méthodologique proposé est pensé pour être étendu, par analogie, à un parc bâti plus large et conventionnel.*

Mots-clés. *bâtiments suspendus · rénovation architecturale · architecture moderne · patrimoine · modélisation thermique dynamique*

The research context

In the light of the current climate crisis, the energy efficiency of the existing building stock is widely recognized as a highly relevant issue. Although the energy retrofitting is strongly promoted by several communitarian policies (EU Commission, 2019), the outcomes of this process remain sometimes questionable. If the thermal performances are generally improved, this is often achieved by permanently altering the historically layered heritage of our cities, frequently hidden behind uniform insulation claddings. It also observed that the diffuse trend is to primarily target 20th century architecture, generally considered energy-inefficient and often neglecting its unquestionable heritage value (Graf, Marino, 2015). This unbalanced situation demonstrates that a broad and transdisciplinary approach is urgently required (Sentissi, Marino, Galbiati, 2023).

1 - The thesis was co-supervised by Professors Giulia Marino (UCLouvain – LOCI, LAB, Super-Positions) and Franz Graf (EPFL Lausanne – TSAM). In 2023, it received the EDAR Doctoral EPFL Distinction for high-quality research and, in 2025, an honorable mention from the *Fondazione Ingegnere Lino Gentilini* in Trento, Italy. Together with Franz Graf and Giulia Marino, the author recently published the book *Olivetti Firenze. Alberto Galardi – Silvano Zorzi. 1968–1972* (Edizioni di Comunità, 2026), a monographic volume devoted to the construction and design history of the Olivetti headquarters in Florence.
This research has received funding from the FSR incoming postdoc grant and is being conducted at UCLouvain's LOCI+LAB under the direction of Professor Giulia Marino.



1 L. Stynen, P. De Meyer and J. Reusens, BP headquarters in Antwerp, 1961-1963. Photo of the construction site. Source: VAI, Antwerp.

Suspended architecture

Within this context, suspended architecture is among the most threatened – and rarely legally protected - building types. From a technological point of view, the construction of suspended buildings entails a sophisticated integration of hanging structures and lightweight curtain walls, resulting in a delicate and pioneering structural configuration (figure 1). This feature makes preservation an extremely challenging practice, especially when considering the constantly rising standards of energy efficiency and safety (Galbiati, 2023).

In historical terms, suspended architecture mainly developed in the decades 1960s-1970s. After the 1980s, cable-supported solutions for buildings were gradually abandoned, and hanging architecture was almost entirely forgotten, even by contemporary historiography.

Firstly, the present thesis addresses a recognized gap in the field of construction history, producing new historical knowledge. The evolution of suspended buildings is thus comprehensively traced, from their rise to subsequent decline, with a focus on engineering, technologies and building components. The acknowledgement of hanging architecture's qualities constitutes the scientific basis for assessing its effective heritage value (figure 2).

The method

The absence of shared retrofitting guidelines in modern preservation and the absence of intervention methods specifically intended for light façades, has in parallel underscored the need to develop cohesive intervention workflows, capable of integrating thermal improvement and architectural conservation. Assuming the 15-year research carried out by the TSAM laboratory of the EPFL

2 Alberto Galardi and engineer Silvano Zorzi, Olivetti headquarters in Florence, 1968-1972. Source: Archivio Alberto Galardi, Milan.



as a starting point (Marino, Graf, 2012; Graf, 2024), the second aim of the thesis is to outline a methodological approach to preserve the cultural values and materiality of modern buildings, while meeting the main energy standards. In this view, a multidisciplinary methodology is outlined, consisting in a step-by-step process, including historical and architectural research, heritage preservation, and dynamic thermal modelling (Galbiati et al., 2021) (figure 3). Additionally, this last phase allows to enlarge the discussion about the effective reliability of thermal modelling results, proposing a framework helping in reducing the gap between the software outputs and the actual building's behavior (Galbiati et al., 2023).

Case Studies

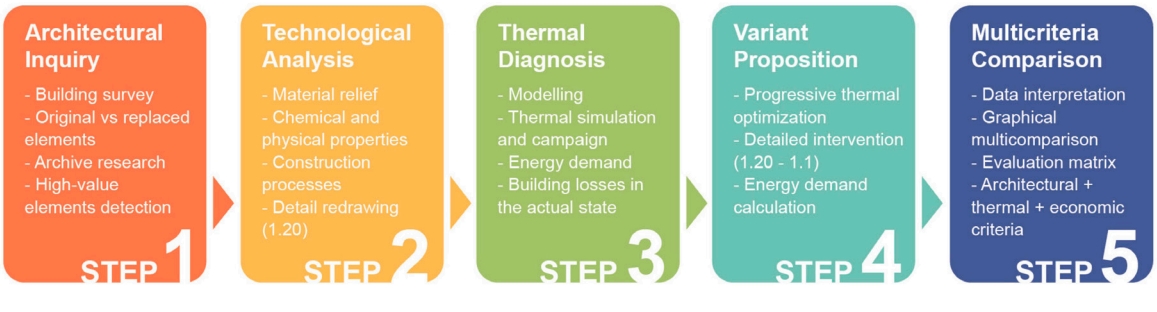
The proposed method is then tested on three suspended buildings: the BP tower in Antwerp by L. Stynen, P. De Meyer and J. Reusens (1961-1963); Chauderon administrative complex in Lausanne by Atelier AAA (1970-1974); and the Olivetti Corporate Building in Florence by A. Galardi (1968-1972). Starting from the deep study of the archival documentation and crossing multiple - and in many cases unpublished - sources, the construction history of each building is meticulously retraced. Different intervention scenarios are then proposed and compared. Detailed redrawing, intended as further research means, allows to understand specific architectural features, and adopted building technologies. In addition, dynamic modelling, preferred over static process, permits more precise energy consumptions' simulations, both in the current and proposed scenarios (figure 04).

Conclusions

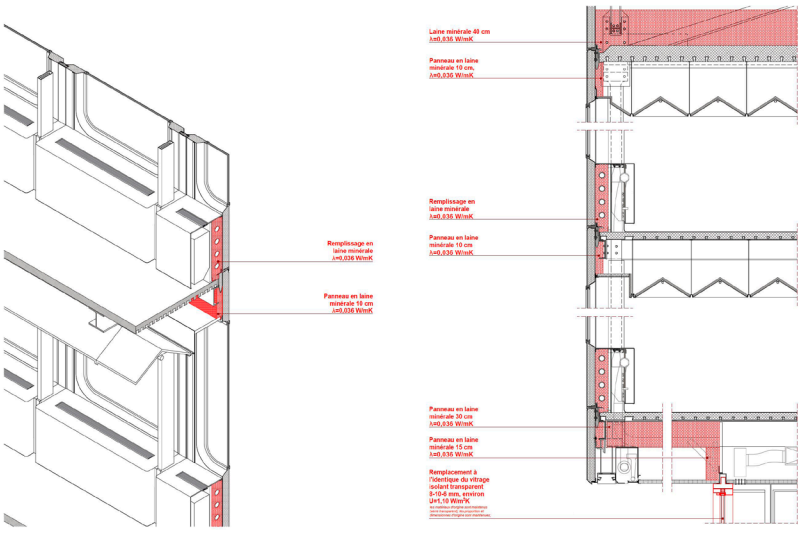
This PhD research retraces the history of suspended buildings' development from their affirmation to their decline. Three emblematic realizations are selected as practical case studies, retrofitting proposals are tested and critically discussed. The obtained results are encouraging, allowing reductions in heating energy consumption up to 70%[1], while respecting the original materiality. Thanks to the proposed framework, the two issues of architectural preservation and energy improvement - sometimes and unjustifiably *a priori* opposed - are finally reconciled. It is assumed that the technologically advanced suspended architecture can provide the basis for a wider-scale methodological application, encompassing more common and less challenging building stock. An alternative approach to the future architectural retrofitting is thus outlined, opening towards a stimulating debate about adaptive reuse and trying to better address the complex needs of contemporary society.
Moving beyond the obtained results, the research is today enlarged to explore solutions for the retrofit of European universities and Campuses, improving energy efficiency, users' experience and heritage preservation (Galbiati, 2025) (figure 05). ■

AI has been used for rephrasing parts of the document.

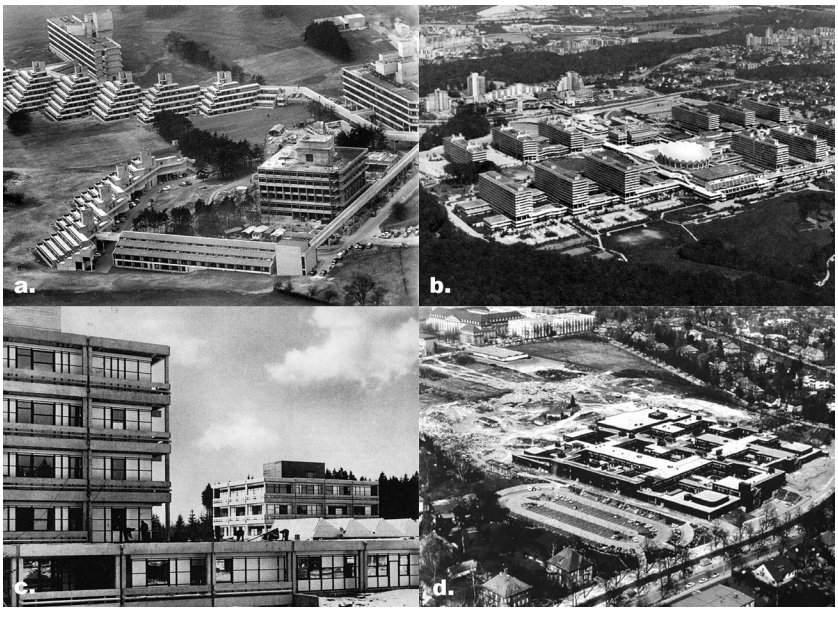
1 - Dynamic simulations are performed by means of WUFIPlus, while thermal bridges are calculated by means of WUFI2D and Flixo. The model inputs are defined starting from archival documentation and combining it with in-situ surveys.



3 The proposed methodological framework divided into five subsequent steps. Drawing by the author.



(4) Atelier AAA, Chauderon Administrative Complex in Lausanne, 1970-1974. Retrofitting proposal. Drawing by the author.



(5) University campuses in Europe. Collage by the author.

Bibliography

Commission européenne (2019). *Communication de la commission au parlement européen, au conseil européen, au conseil, au comité économique et social européen et au comité des régions. Le pacte vert pour l'Europe.* [https://eur-lex.europa.eu/resource.html?uri=cellar:b828d165-1c22-11ea-8c1f-01aa75ed71a1.0022.02/DOC_1&format=PDF].

Galbiati, G. (2023). *Preserving suspended structure with light facades (1960–1980). Architectural study and retrofitting proposals*. PhD thesis, co-directed by professors F. Graf and G. Marino, EPFL, UCLouvain, LOCI+LAB, Super-Positions.

Galbiati, G., Medici, F., Graf, F., Marino, G. (2021). *Methodology for energy retrofitting of Modern Architecture. The case study of the Olivetti office building in the UNESCO site of Ivrea.* Journal of Building Engineering, p. 103378, https://doi.org/10.1016/j.jobe.2021.103378

Galbiati, G., Graf, F., Marino, G. (2023). *A modelling framework for modern heritage buildings energy simulation.* Journal of Building Engineering, 80, 107973. https://doi.org/10.1016/j.jobe.2023.107973

Galbiati, G., Graf, F., Marino, G. (2025). *Preserving Europe's Post-War University Buildings: Towards Integrated Conservation and Management Plans.* Buildings, 15(21), 3824. https://doi.org/10.3390/buildings15213824

Galbiati, G., Graf, F., Marino, G. (2026). *Olivetti Firenze.* 1968-1972. Rome: Edizioni di Comunità.

Graf, F., Marino, G. (2015). *Mirabilia ou ressource durable ? Le patrimoine récent à l'épreuve des enjeux énergétiques.* Kunst und Architektur in der Schweiz, n. 2, 58–65.

Graf, F. (2024). *Teaching the Preservation.* Lausanne : Presses Polytechniques et Universitaires Romandes.

Marino, G., Graf, F. (2012). *La cité du Lignon 1963-1971 – étude architecturale et stratégies d'intervention.* Gollion : Infolio. See also: Marino, G., Graf, F. (2021). The Lignon. A silent restoration. Casabella: rivista internazionale di architettura, 918, 3-15.

Sentissi, S., Marino, G., Galbiati, G. (2023). *Pour sortir de l'impasse : Réflexion(s) stratégique(s) sur la rénovation du bâti.* lieuxdits, 24, 8–13. https://doi.org/10.14428/ldvi24.82253

Entre les Lignes

Arpentages et méthodes d'analyse de territoires

Auteurs

Arthur Stache
Ir. architecte, urbaniste, enseignant, doctorant
UCLouvain LOCI+LAB
Co-fondateur OPEN FIELD
Éditeur Paper Menhirs
0009-0009-5266-8022

Tomás Barberá Ramallo
Architecte, enseignant
ULB La Cambre-Horta
Co-fondateur LINTO
Éditeur Paper Menhirs

Résumé. *La recherche des auteurs sur la pluralité de la ruralité wallonne a permis de mettre au point une méthode d'analyse territoriale et architecturale articulée à la pratique de l'arpentage.* Entre les Lignes *met en lumière une série de thématiques relatives aux territoires ruraux de Wallonie. Du tracé des itinéraires aux modalités de prises de vue en passant par les méthodes de tri du matériel iconographique et de thématisation du corpus, le présent article offre un regard réflexif sur la méthodologie de l'arpentage photographique mise au point au cours de cette recherche.*

Mots-clés. *arpentage · territoire · paysage · architecture · photographie · méthodologie d'analyse territoriale*

Abstract. *The authors' research on the plurality of rural Wallonia led to the development of a method of territorial and architectural analysis structured around the practice of field surveying.* Entre les Lignes *highlights a series of themes related to the rural territories of Wallonia. From the mapping of itineraries to the modalities of image capture, as well as the methods for sorting visual material and thematizing the corpus, this article offers a reflective perspective on the methodology of photographic surveying developed during this research.*

Keywords. *surveying · territory · landscape · architecture · photography · methodology for territorial analysis*

https://ica-wb.be/fr/node/2326
https://www.papermenhirs.eu/entreleslignes

"Primitive builders used whatever materials were underfoot or within reach." — *Architecture Without Architects*, MoMA, 1964, p. 18.

Contexte

Entre les Lignes est un travail de recherche par la photographie, la cartographie et le dessin, sur ce que peut signifier le "cadre bâti rural" en Wallonie. L'étude a été menée sur une période de 2 ans, dans le cadre de l'appel à projet de recherche indépendante LABEL organisé par la Cellule Architecture de la Fédération Wallonie-Bruxelles et l'Institut Culturel d'Architecture Wallonie-Bruxelles. Le présent article offre une réflexion autour de la méthodologie d'analyse territoriale développée au cours de l'étude. Initiée comme une recherche-action à la confluence de pratiques de l'architecture, d'intérêts pour la documentation photographique et de constats des contradictions au sein des administrations du développement du territoire, ce travail vise à devenir un outil entre les mains d'architectes, d'urbanistes et de géographes. En effet, il met en lumière et permet la compréhension de pratiques à l'œuvre au sein des territoires ruraux de Wallonie.

La recherche est menée au moyen d'arpentages en long et en large de la Wallonie. La vallée, en tant que structure paysagère, sert de prisme pour lire le territoire et pour comprendre les logiques qui sous-tendent la ruralité. Par cette approche flexible, permettant des écarts spontanés, il est question de lire *entre les lignes*, de crête et de fond de vallée, les paysages wallons que nous avons traversés. La démarche vise à explorer la notion de ruralité qui se caractérise actuellement par une tension entre héritages vernaculaires et pratiques contemporaines. Cette lecture se décline à travers 8 thématiques transversales et entrecroisées :

- transects : itinéraires comme axes de lecture du paysage ;
- géographies : morphologies paysagères des territoires traversés ;
- positions : logiques d'implantation des architectures rencontrées ;



1 Publication *Entre les Lignes*, disponible sur demande.



- cohabitations : antagonismes et symbioses ;
- héritages : épaisseurs temporelles imbriquées ;
- articulations : matérialisation architecturale des héritages et cohabitations ;
- compositions : ordre existant dans l'expression architecturale des sujets ;
- renouvellements : architectures face aux défis contemporains.

Intuitions

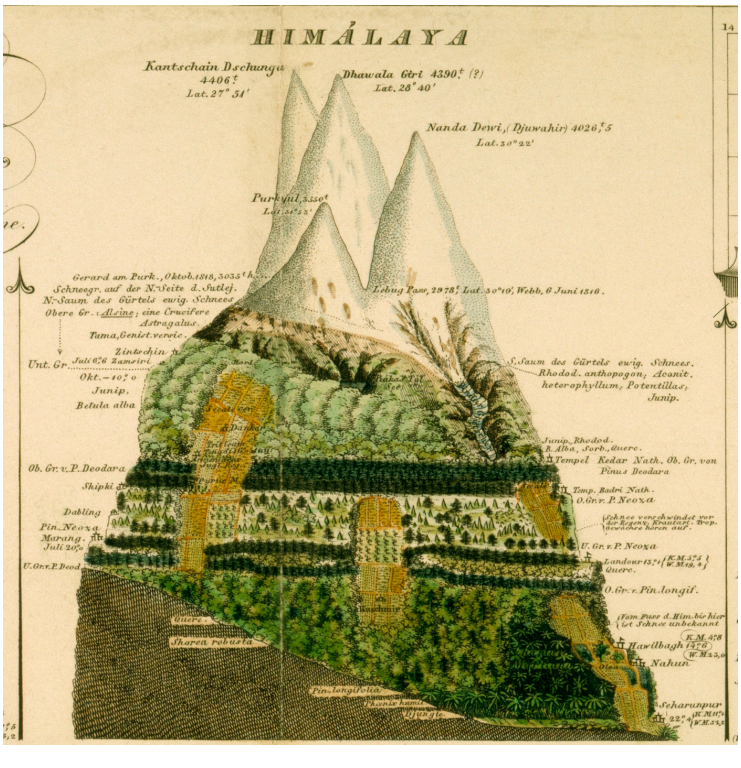
Observations — Au cours de l'année 2023, les intuitions de recherche se cristallisent progressivement autour d'un intérêt pour l'architecture rurale et ses paysages. Les premières itinérances font émerger les notions de paysage et géographie comme continuités à travers les frontière nationales et régionales. À titre d'exemple, la frontière franco-belge est une ligne invisible qui sépare pourtant un territoire continu et homogène. En effet, l'architecture, l'urbanisme, les gabarits, les routes, les matériaux, la végétation, les dimensions des délimitations cadastrales sont quasi identiques. Seule une gradation très lente est perceptible le long de l'axe franco-belge qui se dessine entre Ath et Saint-Quentin, et se manifeste dans l'expression des bâtiments et dans l'aménagement du territoire. En somme, un trait d'union commun apparaît : le bassin versant de l'Escaut. Plus généralement, la vallée et toute la géographie qu'elle comporte endossent le statut d'élément primaire de cohésion.

Investigations — La filiation entre sol et architecture, qui apparaît comme une déclinaison de l'idée formulée pragmatiquement par Rudofsky (1964) : "Les bâtisseurs primitifs utilisaient tous les matériaux qu'ils avaient sous les pieds ou à portée de main" (traduit par les auteurs), s'inscrit dans un champ de réflexion déjà largement exploré. De nombreux auteurs ont traité cette question de manière universelle, depuis les théories d'Élysée Reclus (1876-1894), jusqu'aux contributions de praticiens comme Eugène Viollet-Le-Duc (1854-1868). Le présent article se concentre sur la question de la méthodologie pratiquée *Entre les Lignes*. À cet égard, les coupes paysagères d'Alexander von Humboldt constituent une référence solide en introduisant le principe du transect à travers le paysage comme outil d'analyse. Celui-ci objective notre intuition quant au lien de causalité entre la disposition géographique et la nature des sols dans la manière que nous avons d'habiter la figure de la vallée.

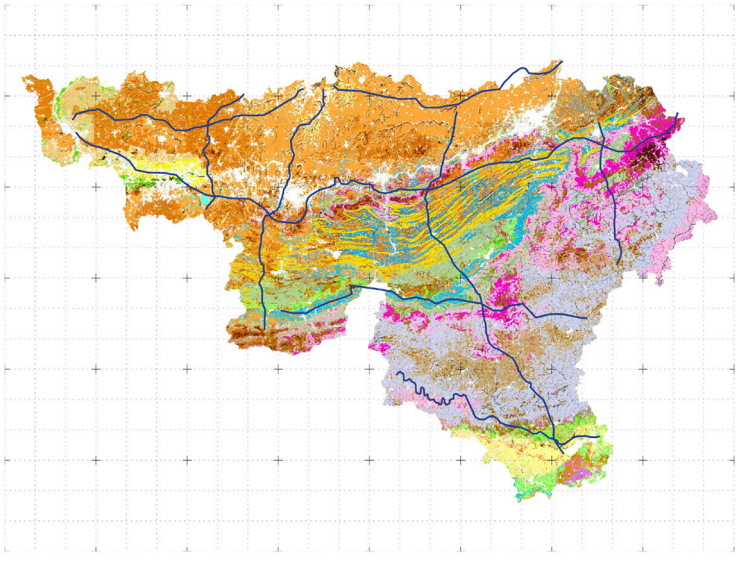
Méthodes

La méthodologie d'analyse du territoire rural wallon se dessine au regard des contraintes suivantes. Elle doit, d'une part, pouvoir être réalisée dans le temps imparti par le LABEL de la Cellule Archi, soit une durée d'un an ; d'autre part, être menée à bien par uniquement deux

(2) Liez (FR) — Hazebroek (FR) — Petit Pierpont (BE) — Rebecq (BE)



(3) Représentation schématique de la géobotanique fondée sur les recherches de Alexander Von Humboldt. © Copyright bpk — Bildagentur für Kunst, Kultur und Geschichte



④ Carte des natures de sols de la Région Wallonne, représentant en bleu les transects réalisés dans le cadre du Label *Entre les Lignes*.

personnes ; enfin, elle doit permettre d'aboutir à une vision globale du territoire à partir d'un travail d'échantillonnage.
Dans ce cadre, des transects parallèles aux axes Nord-Sud et Est-Ouest ont été tracés sur une carte de la Wallonie, à une distance d'environ 50 km l'un de l'autre ; soit en coupant la vallée, orthogonalement, soit en suivant le cours d'eau qui a constitué cette vallée. Dans un premier temps, ces axes sont théoriques, droits et, dans l'absolu, auraient dû être parcourus sans concession, à l'image des lignes droites de Walter De Maria (1968) qui permettent de quadriller le territoire en vue d'obtenir un maximum d'échantillons divers.

Ce qui apparaît dans un premier temps comme un quadrillage orthogonal arbitraire est adapté et nuancé : mis à l'épreuve par le terrain. Une fois le transect dessiné, le parcours projeté comme ligne droite se modifie suivant trois logiques : celle des contraintes morphologiques du terrain ; celle de la division cadastrale établissant le maillage des routes que nous héritons depuis l'époque romaine ; et celle moins contraignante des envies, des observations, de l'attirance, de l'objet phénoménal que nous trouvons au fil de l'arpentage. En effet, même la ligne la plus droite, tracée à la craie, devient irrégulière lorsque l'on s'en approche suffisamment (Mandelbrot, 1982). Le transect devient un *prétexte* pour enclencher l'arpentage.

Outils

La recherche est menée à l'aide d'outils visuels, permettant de restituer la ruralité à travers l'image et les moyens de représentation de l'architecture.

1. La photographie : les regards d'Arthur et de Tomás sont différenciés par l'usage de deux techniques de photographie, respectivement :
- l'argentique moyen format à focale fixe, dédié plus largement aux thèmes *Géographies, Positions et Héritages* ;
- le digital à focale variable, pour plus de polyvalence et proximité, portant un regard sur les thèmes *Articulations, Compositions et Renouvellements*.

2. Le scan 3D LiDAR : il se caractérise par sa capacité à acquérir une représentation topographique continue, objectivante et métrique d'un espace ou d'une vaste surface, indépendamment des obstacles visuels de surface. Les éléments d'architecture sont photographiés de manière tridimensionnelle à une échelle précise. Cette technique permet de mettre en valeur principalement le thème *Articulations*. L'attention est portée en particulier aux juxtapositions de textures et d'ornements, traces lisibles du palimpseste de transformations subies par le bâti rural.



⑤ Échantillons de scans LiDAR

3. La vidéo dash-cam : technologie empruntée de la sécurité dans la circulation routière, ici détournée comme outil d'observation et d'archivage. Elle permet de constituer une trace continue du parcours, enregistrant sans interruption la trajectoire et les séquences paysagères traversées, ainsi que les potentiels oublis ou éléments passés inaperçus au moment de la prise de vue photographique. Par ailleurs, l'image mouvante accélérée produite rend perceptible le rythme du territoire : successions, transitions, traversées de vallée et variations progressives du bâti. Elle condense en quelques minutes des évolutions habituellement diluées sur une journée de voyage, mettant en évidence des changements subtils mentionnés précédemment.

Traitements

L'utilisation de l'image dans ce projet de recherche n'est pas celle d'un état des lieux, mais bien de mise en lumière de potentialités, de trouvailles impromptues, de tensions existantes, de structures sous-jacentes, de lectures transversales de ce que représente la ruralité contemporaine. Le protocole consiste à arpenter, en long et en travers, des vallées, mobilisées en tant que fil conducteur pour mettre en lumière des logiques à l'œuvre derrière la notion de ruralité. Le processus présente une forme de souplesse qui s'incarne par une inhérente sérendipité, l'ouverture à la balade aléatoire, au regard curieux, à la découverte au détour de conversations impromptues. À la manière du travail d'Hofmann et al. (2020) en Suisse, les itinéraires sont des guides plus que des feuilles de route strictes. Les environnements traversés apparaissent sous la forme d'une mosaïque territoriale, entre nature construite et artificialisation plus ou moins discrète ; le paysage y est présenté comme un espace négocié, quelque part entre préservation et modernisation.

La démarche relève d'une observation patiente, proche d'une écriture sensible. L'exercice de l'arpentage conduit à la constitution d'une collection d'images. Comme l'entendent Besse et Cuisset (2021), le paysage est saisi dans son épaisseur atmosphérique, non spectaculaire, à travers la constitution d'un atlas. Ces images sont ensuite organisées en séries ou extraites de manière autonome parallèlement à l'émergence de thématiques transversales. La mise en lumière de ces thématiques propose un regard critique circonstancié en ceci qu'il oppose à la grande échelle cartographique une microtopographie photographique. La répétition des cadrages et l'exhaustivité à la façon des Atlas des Régions Naturelles d'Eric Tabuchi et Nathalie Monnier (2021) créent une lecture structurée du territoire. Les paysages y sont considérés comme des formes culturelles, façonnées par les usages. Lors de ces trajets à travers le territoire wallon, la photographie est utilisée comme outil de captation et d'archivage du territoire. En effet, tel l'ouvrage *Recollecting Landscape* (Notteboom & Uyttenhove, 2018), la photographie est entendue comme un outil scientifique et narratif déployé pour documenter les mutations territoriales. Il est le témoin d'un paysage qui n'est pas une image stable, mais une construction socio-spatiale en mouvement.

Corporalité

L'arpentage photographique est une pratique qui engage la corporalité dans la production d'un savoir situé. Donna Haraway (1988) nous l'explique : la vision située est indissociable d'un corps et s'inscrit dans un espace déterminé ; elle reconnaît son caractère non exhaustif et sait qu'elle opère une mise en ordre du réel à travers un cadrage spécifique ; consciente des rapports de pouvoir à l'œuvre dans ce cadrage, elle implique que toute perspective partielle engage la responsabilité de celui ou celle qui produit le savoir. La pratique de l'arpentage révèle des dimensions invisibles des espaces traversés : ambiances, tensions, micro-pouvoirs (Twenlow & Cardoso, 2025). L'errance photogra-



(6) Les contrastes rencontrés sont révélateurs des équilibres entre héritages vernaculaires et interventions contemporaines aux prises dans la ruralité. Initialement formée de briques sorties de la terre de la région, la grange est plus tard agrandie au moyen de béton armé. Dans les deux cas, il ne s'agit pas là de choix esthétiques mais qui s'arbitrent plutôt dans un régime rationnel de l'accessibilité économique des ressources.





(7) Collection d'images avant mise en série



⑧ Prise de vue lors d'un arpentage (crédits : Camille Van Durme)

phique fabrique un récit sensoriel. Elle rend compte de l'importance de l'ordinaire, du fragment, du rythme de la déambulation. L'image du lieu naît alors principalement d'une mobilité humble qui laisse le temps à l'errance (Le Breton & Plossu, 2025).

Marcher, c'est instaurer un rapport direct, lent et attentif au paysage : un mode d'observation qui privilégie l'immersion plutôt que la surplombante. La photographie issue de cette déambulation devient alors un outil d'enregistrement sensible, capable de saisir les micro-variations du territoire, ses usages discrets, ses tensions et ses transformations. En combinant marche, observation et image, cette pratique fabrique une critique du paysage contemporain : elle révèle ce que la cartographie abstraite ou les vues rapides ignorent, et propose une connaissance lente, incarnée et profondément située. La marche est une pratique civilisationnelle, traversant philosophie, politique, exploration et arts. Elle agit comme outil de récolte de connaissance, de contemplation et parfois même de contestation (de Baecque, 2019). Le parcours produit une lecture nouvelle de ce que nous aurions anticipé plus tôt : dérive, traversée, rupture des usages. La marche permet de renverser les présuppositions et révèle le négatif du lieu rencontré, ses marges, ses espaces interstitiels. La pratique de la marche agit alors comme une pratique à la fois critique et poétique (Careri, 2017).



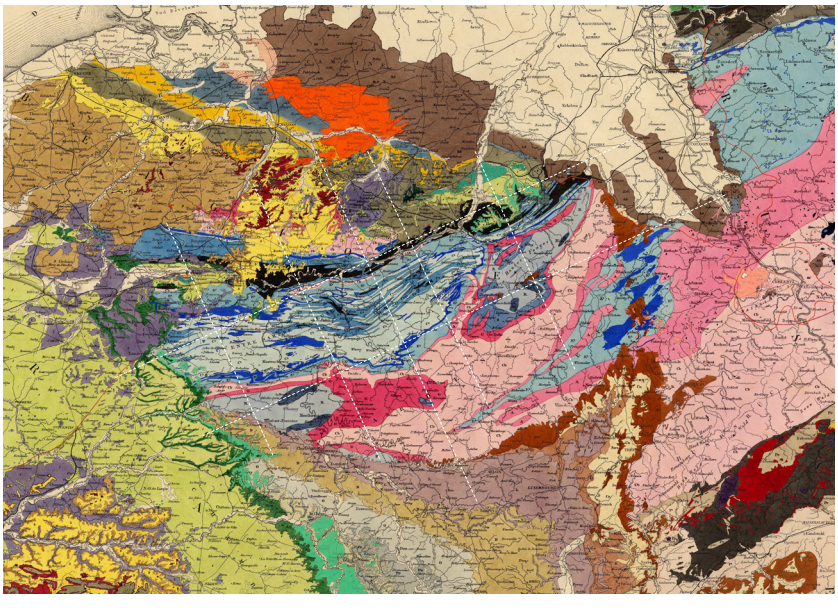
⑨ Ensemble de délivrables destinés à la médiation

Ouvertures

La recherche *Entre les Lignes* a été suscitée par une volonté d'interpeller les décideurs politiques, d'ouvrir au dialogue et de déconstruire une notion de ruralité souvent brouillée par ses fantômes romantiques pourtant bien éloignés du réel. À cet effet, deux publics cibles sont d'emblée visés pour la stratégie de médiation : les architectes au sens large (praticien·nes, étudiant·es, enseignant·es, chercheur·euses) ainsi que les administrations et décideurs politiques aux premières lignes de la définition du cadre dans lequel agissent les acteurs précédemment cités.

Les médiums suivants sont mobilisés : la publication du pamphlet imprimé à 750 exemplaires et distribué gratuitement, le site internet connexe qui présente l'ensemble de l'étude, la conférence de présentation des résultats du LABEL, les diffusion et discussion autour du film *Vers une nouvelle ruralité ?* réalisé par Camille Van Durme dans le cadre du *Temps d'archi #10*, l'invitation de Martina Barcelloni Corte à donner un cours sur la méthodologie de l'arpentage photographique à la faculté d'architecture de l'ULiège dans le cadre de son cours Théories et Projet de l'Espace Urbain, la publication du travail dans le *A+313 Parallel Practices*. Ces occasions ont permis d'accomplir pleinement la médiation avec les acteurs avertis du paysage architectural.

Dans un premier temps, c'est vers le public des architectes que s'est concentré l'effort de communication et diffusion des résultats de recherche. Les pamphlets, quant à eux, ne sont pas encore distribués aux instances politiques visées par le projet. Stockés dans les bureaux de la Cellule Architecture de la Fédération Wallonie-Bruxelles, ils ne leur ont pas encore été adressés. Si l'on souhaite pleinement souligner la bienveillance et le soutien institutionnel lors de l'élaboration de l'étude, une résistance inexpliquée apparaît lorsqu'il s'agit de diffuser le résultat du travail. Le ton proposé dans *Entre les Lignes* est volontairement provocateur dans la mise en confrontation d'idées reçues — convoquées par les administrations communales et régionales et relayées par des argumentaires contraignants — avec des exemples contradictoires trouvés in situ. Le mode de financement LABEL au profit d'études indépendantes pose alors question dès lors qu'il semble peiner à pleinement relayer les résultats.



Dans tous les cas, l'arpentage photographique a permis d'établir une manière attentive d'observer et de décrire le territoire, en combinant rigueur documentaire et perception située. L'ambivalence du médium devient également sa force dans sa capacité à communiquer sans interface et sur un nombre important de supports physiques et numériques facilement communicables. En développant une méthode visuelle hybride : documentaire, critique et sensible ; l'outil photographique se présente à la fois comme une méthodologie d'analyse territoriale et un outil de médiation autonome. ■

Médiagraphie

Besse, J.-M., Bajac, Q., Cuisset, C. (2021). *Thibaut Cuisset — Loire*. Paris : Filigranes Éditions.

Careri, F. (2017). *Walkscapes: Walking as an Aesthetic Practice*. Iowa : Culicidae Architectural Press.

de Baecque, A. (2019). *Une histoire de la marche*. Paris : Pocket, France Culture.

De Maria, W. (1968). *Mile Long Drawing*, [œuvre photographique] désert du Mojave, Californie.

Haraway, D. (1988). Situated Knowledges: the Science Question in Feminism and the Privilege of Partial Perspective. *Feminist Studies, 14*(3), 575–599. https://doi.org/10.2307/3178066

Hofmann, P.-P. (2020). *Portrait d'un paysage : tentative Suisse / Porträt einer Landschaft: Ein Schweizer Versuch*. Gand : Borgerhoff & Lamberigts (MER.).

Le Breton, D. (2025). *David Plossu — Marcher, la photographie*. Paris : Médiapop Éditions.

Mandelbrot B. (1982). *The Fractal Geometry of Nature*. San Francisco : W. H. Freeman and Company.

Notteboom, B., Uyttenhove, P. (2018). *Recollecting Landscapes: Rephotography, Memory and Transformation 1904-1980-2004-2014*. Amsterdam : Roma Publications.

Reclus E. (1876-1894). *Nouvelle Géographie universelle : la terre et les hommes*. Paris : Hachette, BnF.

Rudofsky, B., (1964). *Architecture Without Architects*. New York : MoMA Press.

Stache, A., Barberá Ramallo, T. (2025). *Entre les Lignes — lecture critique des ruralités wallonnes*. Bruxelles : Paper Menhirs. ISBN 978-2-9603109-3-1

Tabuchi, E., Monnier, N. (2021.) *Atlas des Régions Naturelles*. Paris : delpire & cie.

Twemlow, A., Cardoso, T. (2025). *Walking as Research Practice*. Amsterdam : Roma Publications.

Viollet-Le-Duc E., (1854-1868). *Dictionnaire raisonné de l'architecture française du XI^e^ au XVI^e^ siècle*. Paris : B. Bance, A. Morel et cie.

Workshop GR DYLE

Une expérience de projet performative

Auteurs

Jean-Philippe De Visscher
Ingénieur civil architecte, professeur, LOCI+LAB, UCLouvain
0000-0002-7328-8100

Christian Nolf,
Ingénieur civil architecte, urbaniste, professeur invité, KU Leuven
0000-0003-4304-2107

Guillaume Vanneste,
Ingénieur civil architecte, chargé de cours invité, LOCI, UCLouvain
0000-0001-6962-491X

Ward Verbakel
Ingénieur civil architecte, urbaniste, professeur, KU Leuven
0000-0001-6829-9721

Résumé. *Dans le cadre du 600e anniversaire de l'UCLouvain et de la KU Leuven, du 3 au 8 septembre 2025, un atelier intensif d'une semaine a exploré le développement d'un sentier inspiré des sentiers de Grande Randonnée (GR) reliant Leuven et Louvain-la-Neuve le long de la vallée de la Dyle. Cette vallée est une zone naturelle remarquablement cohérente, un poumon vert et bleu au cœur de l'une des régions les plus densément urbanisées d'Europe. À partir d'une réflexion sur un simple parcours, le projet a servi de point de départ pour aborder des enjeux tels que la mobilité décarbonée, la gestion de la Dyle, la conservation de la nature et la valorisation paysagère. Le projet de GR constitue également un puissant symbole de reconnexion entre les universités autrefois séparées, honorant leur histoire commune et leur collaboration renouvelée. Trois jours de marche, de vélo, de kayak, de rencontres et d'interviews, suivis de 5 jours de conception avec la réalisation d'une grande exposition immersive dans la grange de la Ferme de Lauzelle ont permis de réimaginer la vallée et d'ouvrir un dialogue avec les acteurs locaux.*

Mots-clés. *Vallée de la Dyle · GR - développement territorial · 600e KU Leuven/UCLouvain · Brabant wallon · Brabant flamand · randonnée performative*

Abstract. *As part of the 600th anniversary celebrations of UCLouvain and K. U. Leuven, from 3 to 8 September 2025, a week-long intensive workshop explored the development of a walking trail inspired by the Grande Randonnée (GR) itineraries, linking Leuven and Louvain-la-Neuve along the Dyle Valley. This valley forms a remarkably coherent natural area – a green and blue lung at the heart of one of the most densely urbanized regions in Europe. Starting from a reflection on a simple route, the project served as a starting point for addressing issues such as carbon-free mobility, management of the Dyle River, nature conservation, and landscape enhancement. The G.R. project also stands as a powerful symbol of reconnection between the formerly separate universities, honoring their shared history and renewed collaboration.*

Three days of walking, cycling, kayaking, meetings, and interviews, followed by five days of design work and the creation of a large immersive exhibition in the barn of the Ferme de Lauzelle, made it possible to reimagine the valley and to open a dialogue with local stakeholders.

Keywords. *Dyle Valley · spatial planning · 600th KU Leuven/ UCLouvain · Walloon Brabant · Flemish Brabant · performative walking*

1 Réponse des personnes croisées le long de l'itinéraire à la question : *La (vallée de la) Dyle en un mot ?*

2 Territoire d'étude : la vallée de la Dyle entre Louvain-la-Neuve et Leuven

Le GR Dyle à la croisée des chemins

Ce workhop est né à la croisée d'envies et d'initiatives multiples. Premièrement il s'est inscrit dans la célébration du 600e anniversaire de la KULeuven et de l'UCLouvain. Un appel à projets avait été lancé dans chaque université. Les comités de sélection ont retenu notre proposition de travailler sur le lien physique entre les deux universités comme symbole de leur histoire commune et de l'ouverture d'une nouvelle ère de dialogue et de collaboration. Le workshop a ainsi pu trouver sa place parmi la programmation officielle de cet évènement anniversaire.
Deuxièmement, il s'agissait de révéler le magnifique paysage de la vallée de la Dyle dans les traces du projet du Parc national des Forêts du Brabant (Brabantse Wouden) – qui englobe une partie de la vallée et la forêt de Meerdael. Mis en œuvre officiellement du côté flamand, nous espérons que le Brabant wallon mobilisera à son tour les moyens nécessaires pour étendre ce parc, afin d'en faire bénéficier l'ensemble des communes et des acteurs de la nature concernés.
Enfin, du point de vue de l'UCLouvain, nous inaugurions la ferme de Lauzelle, récemment réinvestie par l'université, en tant que "laboratoire de la transition". Sa situation à l'intersection d'une ville nouvelle, d'un bois protégé, d'infrastructures de mobilité, de zones agricoles, d'activités économiques, commerciales et de loisirs en fait un lieu idéal pour étudier l'ensemble des enjeux liés à la transition durable des territoires suburbains. Pendant plus de 10 jours, ce fut notre camp de base au cœur d'un territoire complexe. Un lieu pour réfléchir en dehors des cadres habituels, réaliser des installations artistiques et cartographiques et inviter les partenaires à des débats collectifs.

Itinéraire de voyage

Une douzaine d'étudiant·es et chercheur·euses en architecture, urbanisme et paysage, issus des deux universités et au-delà, se sont pleinement investis durant huit jours. Les trois premiers jours ont été dédiés à une randonnée performative. Relier les deux campus à vélo, en kayak, et à pied, expérimentant avec nos corps les territoires d'étude. Trois jours sans ouvrir un seul ordinateur, privilégiant une approche physique et sensible du terrain – marche, croquis, photographie, interviews sur le terrain.
En parallèle, nous avons mobilisé un large réseau d'acteurs territoriaux : provinces, communes, et organisations locales. Nous avons reçu un soutien particulièrement enthousiaste du Contrat de Rivière Dyle-Gette, de l'équipe du projet de parc de Brabantse Wouden, de la ville de Leuven et de la Vlaamse Milieu Maatschappij, ainsi que du coordinateur du réseau GR flamand. Plusieurs de ces acteurs sont intervenus au cours de notre itinéraire, articulant expérience de terrain et expertise externe.
Après cette première immersion, nous nous sommes donné pour objectif de réaliser une grande exposition publique dans la grange de la ferme de Lauzelle.

1







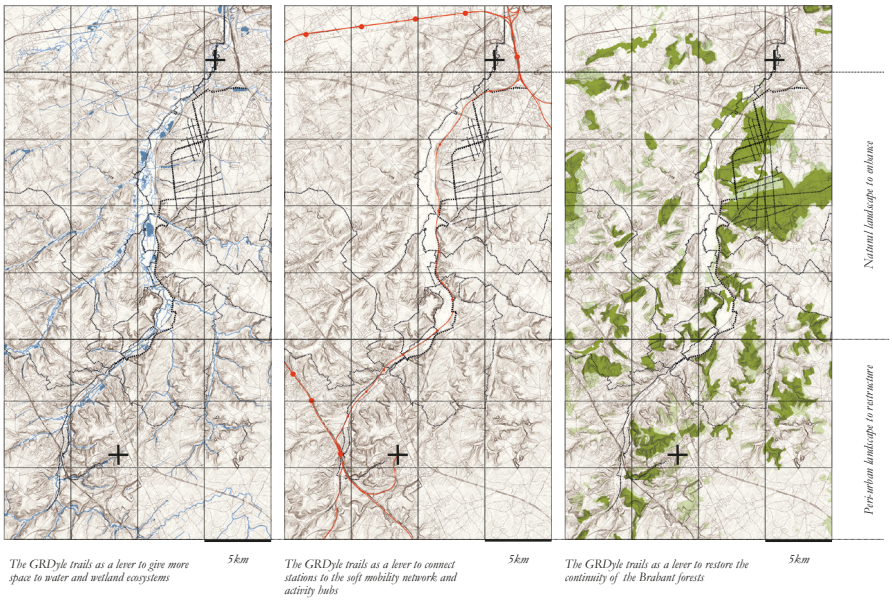








2



GR DYLE Intermiversity Design Workshop | C.Neff, J.P. De Visscher, G.Vanneste, W. Verbakel | UCLouvain-KULeuven | 6-13 sept. 25



3



4



5

3 La ferme de Lauzelle comme lieu de workshop et d'exposition

4 Nettoyage des châssis pour la scénographie de l'exposition

5 Discussion collective lors des workshops

Après plusieurs jours de réflexion, nourris par les interventions d'expert·es invités, le fruit de nos recherches s'est traduit dans une installation in situ, au travers de trois grands dispositifs. Trois films projetés sur des écrans monumentaux ont immergé les visiteur·euses dans les images, les sons, les matières et les témoignages de la vallée de la Dyle. Avant d'envisager sa transformation, cette installation leur a permis de se fabriquer une image commune du paysage tel qu'il est aujourd'hui. Au centre de la grange, un grand plan-maquette collaboratif de 12 mètres sur 4, dessiné sur des vitrages récupérés dans la ferme et déposé sur des ballots de paille, invitait les visiteur·euses à découvrir la retranscription cartographique de nos recherches collectives. Les visions et transformations élaborées avec les étudiant·es devenaient alors l'objet de discussion, de critique, ou d'élaboration précise. Enfin, une série de portraits des acteur·ices de terrains et des étudiant·es du workshop, posant, in situ dans les territoires de la Dyle complétait les dispositifs d'exposition. Chaque photographie représentait la personne tenant devant elle une pancarte avec un mot écrit, qui évoquait pour lui ou elle, la Dyle et son GR.

Les perspectives

Le workshop a aussi été l'occasion d'ouvrir des perspectives concrètes de projet et d'imaginer des lieux où mettre à l'épreuve les rudiments d'un cadre partagé. Des projets facilement réalisables dont les transformations apportent des changements d'usage et de lectures des lieux impactants.
Par exemple, la possibilité d'intégrer de nouveaux bassins de rétention et digues, planifiés à hauteur d'Ottignies et de Wavre, dans un itinéraire de promenade ; ou encore la possibilité de revaloriser à peu de frais certains lieux en belvédère et espaces de repos ; la possibilité de rendre le Parc national des Forêts du Brabant plus visible et accessible depuis le côté wallon, avec Basse-Wavre comme porte d'entrée potentielle. Concernant le statut de GR, le chemin *Une rivière, deux Louvain* ne mesure que 25 km, alors que le minimum requis par l'ASBL des *Sentiers de Grande Randonnée* est de 100 km. Cependant, nous avons identifié un court maillon manquant entre le réseau GR127-121 wallon et le GR DyleLand flamand, au niveau de Pécrot et Sint-Agatha-Rode. Il serait tout à fait envisageable de baliser et aménager ces 300 mètres dans le cadre d'un projet commun aux deux universités, ce qui permettrait de créer un parcours continu entre Louvain-la-Neuve et Louvain.

Learning from...

Parcourir par la marche les espaces de la rivière, et ainsi relier nos lieux de vies à leurs structures, a déclenché de l'intérêt et de joyeux débats au sein de notre groupe. Dans les imaginaires, la Dyle est déjà bien présente, beaucoup d'attentes lui sont adressées en ce qu'elle peut apporter de plus à nos cadres de vie. Et pourtant beaucoup d'efforts doivent encore être faits pour lui permettre d'offrir un cadre plus stable et qualitatif aux espèces vivantes qu'elle accueille.
Qu'avons-nous appris de cette expérience ?

D'abord, la gageure réside dans la construction d'un imaginaire partagé et enthousiasmant. À la recherche de nouvelles configurations, il faut se donner le temps d'apprécier et de représenter le potentiel d'un projet commun, prendre le temps d'en discuter, et prendre le temps d'en construire le sens. Par exemple,

- marcher, être sur le terrain a permis aux étudiant·es de construire un autre rapport à la production de savoir et de projet (production de savoirs chauds à partir des expériences subjectives, par opposition aux savoirs froids somme des connaissances scientifiques mises en forme selon des normes) ;
- des dispositifs conviviaux ont permis de faire circuler engagement et connaissance plus aisément que des méthodes classiques, plus à distance de l'objet d'étude ;
- la grande maquette collaborative, les films et les photographies exposées dans la grange de la ferme de Lauzelle ont permis de rassembler les participant·es autour d'objets concrets et de savoirs chauds ;
- l'énergie déployée par les participant·es au workshop a contribué à créer un climat positif, favorable à des échanges ouverts, créatifs et ambitieux, suscitant l'envie de prolonger la réflexion.

Ensuite, il s'agit de construire un cadre de collaboration fonctionnel. Nous avons fait le constat que, si les forces et associations en présence sont volontaires et conscientes des enjeux, en revanche, des moyens de coordination, de coopération et de mise en œuvre plus forts doivent être mobilisés sur le territoire. Faire exister une vision partagée nécessite effectivement de développer des partenariats opérants entre les acteurs. Cela implique d'articuler des enjeux souvent contradictoires, comme la préservation de l'environnement et le développement d'itinéraires touristiques ou encore la protection des villes contre les inondations et l'accessibilité aux espaces ouverts à tous·tes. Cela requiert également d'accorder les agendas, politiques et opérationnels, de mutualiser les moyens et les ambitions des

Louise
The workshop allowed me to broaden my architectural perspective to a much larger scale, that of the territory and urban planning. It brought new kinds of challenges, while showing me that many of the tools I had already learned can still be relevant, all within a great collective and human experience. For now, the G.R. Dyle is mainly a theoretical project, but it already allowed us to question the current condition of the Dyle Valley, its beauty as well as its present and future challenges. It also feels like a way to reveal these landscapes to a wider audience and to create dialogue between the different actors involved in shaping this territory.

Thibaut
Le workshop a été un projet fun et expérimental et avec une équipe très diversifiée. La Dyle est une rivière souvent invisibilisée et ce GR, pour moi, c'est une façon de la rendre plus présente, de montrer que ces lieux, villes et villages que l'on habite sont intégrés dans la continuité écologique de la rivière et sa vallée.

Nuomin
The workshop was like a holiday that lifted me out of my everyday life, letting me experience nature and explore a unique design practice beyond architecture. G.R. Dyle is a belt that links the cities it passes through, bringing them energy and vitality. At the same time, it stands as a spectator, witnessing the rises and falls of these cities throughout history. For me, G.R. Dyle feels like a guide, helping me get to know the Brabant region.



⑥ Le plan-maquette collaboratif

différentes parties prenantes : administrations, associations, agriculteur·ices, habitant·es…, tant en Brabant flamand qu'en Brabant wallon.

Bien que cette *summerschool* ait mis en évidence qu'à ce jour, personne n'est chargé de concevoir, de mettre en œuvre et d'animer ce cadre commun, elle aura eu le mérite de rassembler et faire se rencontrer des acteur·ices de terrain des deux Régions. Rien que cela est un jalon important qui mériterait de se reproduire. Car, dans ce type de projet transrégional, multisectoriel et multi-scalaire, les universités ont un rôle à jouer. Elles peuvent intervenir comme acteurs tiers afin de créer du lien entre les initiatives existantes, d'instaurer un climat de confiance et de dialogue, d'initier des collaborations, de faire émerger des visions partagées et, in fine, d'aider à inscrire le projet à l'agenda du plus grand nombre possible de partenaires.

Mais c'est également là que réside la limite de leur rôle. Le projet ne pourra se concrétiser que s'il est porté par un consortium d'acteurs réellement compétents pour planifier, réaliser et gérer les différents aspects qu'il implique. À ce stade, l'enjeu crucial consiste à transformer une initiative universitaire accueillie favorablement en un partenariat, engageant un nombre suffisant d'acteurs clés dans les domaines de l'environnement, de la mobilité et de l'urbanisme, des deux côtés de la frontière régionale. Cela exige un investissement en temps et en ressources qui dépasse largement l'organisation d'un workshop. Espérons que les prochaines rencontres avec les partenaires ayant participé et manifesté leur intérêt permettront de constituer rapidement une première taskforce avec laquelle commencer à concrétiser les ambitions du projet. À quand une *Assemblée de la Dyle* ou un *Parlement ouvert de la vallée* ? ■



7



8

7 Discussion autour de la maquette (photo Marco Ranieri)

8 Éléments de scénographie : témoignages, images et sons

9 Propositions étudiantes *in situ*











Tianai
The workshop was an opportunity to gain a relatively in-depth understanding of Belgium – especially the Walloon region – from the perspective of urban planning and landscape design. Walking along the Dyle was a way of connecting myself with nature, and something I hope to experience again in the future.

Sapho
The workshop gave us a pleasant and intensive introduction to the Dyle through fieldwork and interaction with experts, a combination of theory and practice. I learned a lot about the complex and dynamic water system.

Gilles
The workshop was an opportunity for me to immerse myself in the knowledge of another valley that I did not know well. It was also an opportunity to work with other universities, other visions and other nationalities on ways of approaching the territory.
The G.R. Dyle for me is the beginning of what we have to achieve in the upcoming years: organize and work together at the watershed level.
The border between Flanders and Wallonia seems quite virtual at this scale, and the G.R. Dyle may be a way to connect the two entities.



10



11

10 L'équipe encadrante (de gauche à droite) : Ward Verbakel, Jean-Philippe De Visscher, Christian Nolf, Guillaume Vanneste (photo : Marco Ranieri)

11 L'ensemble des participant·es autour de la maquette (photo : Marco Ranieri)

Les matériaux à changement de phase pour modifier la masse thermique des bâtiments

Clés de compréhension et retour sur le projet de recherche STOCC[1]

Auteurs

Gilles Baudoin
Ingénieur civil en chimie et science des matériaux, docteur en sciences de l'ingénieur et technologie, Architecture et climat, LAB, UCLouvain.

Résumé. *Le stockage d'énergie thermique dans les bâtiments peut contribuer à la réduction des émissions de gaz à effet de serre en diminuant la demande énergétique pour le refroidissement et le chauffage. En offrant un degré de liberté additionnel pour modifier la masse thermique des bâtiments, les matériaux à changement de phase (PCM) présentent un intérêt certain. Cet article présente les concepts clés pour appréhender l'intégration des PCM dans les locaux d'un bâtiment, et les études expérimentales et de simulation réalisées dans le cadre du projet STOCC, accompagnées de leurs conclusions et implications concrètes.*

Mots-clés. *matériaux à changement de phase · masse thermique du bâtiment · simulation dynamique du bâtiment · performance énergétique des bâtiments · analyse de sensibilités*

Abstract. *Thermal energy storage in buildings can help reduce greenhouse gas emissions by reducing the energy demand for cooling and heating. By providing additional degrees of freedom to modify the thermal mass of buildings, phase-change materials (PCM) represent a particularly interesting subject. This article presents the key concepts for understanding the integration of PCM into rooms, and the experimental and simulation studies conducted as part of the STOCC project, along with their conclusions and practical implications.*

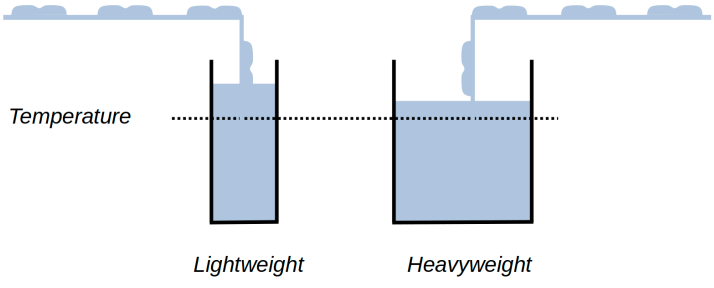
Keywords. *phase-change materials · thermal mass · dynamic building energy simulation · building energy performance · sensitivity analysis*

Tel un glaçon dans un cocktail, les matériaux à changement de phase (PCM) tirent profit de l'énergie impliquée durant la transition solide-liquide pour stocker et relâcher de grandes quantités d'énergie. Un ordre de grandeur ? L'énergie impliquée durant la fusion d'un glaçon est équivalente à l'énergie nécessaire pour chauffer la même quantité d'eau liquide de 0°C à 80°C. Intéressant, n'est-ce pas ? Certains matériaux, tels que des paraffines ou des sels hydratés, ont des températures de fusion proches de la gamme de température de confort, soit environ 20-26 °C, ce qui les rend adaptés pour des applications dans les locaux des bâtiments. L'ajout d'une couche de 1 cm de matériau à changement de phase permettrait de stocker autant que l'ajout d'une couche de 6 cm de béton, lorsque la température de ces matériaux évolue de 18 à 26 °C (Kuznik, 2008).

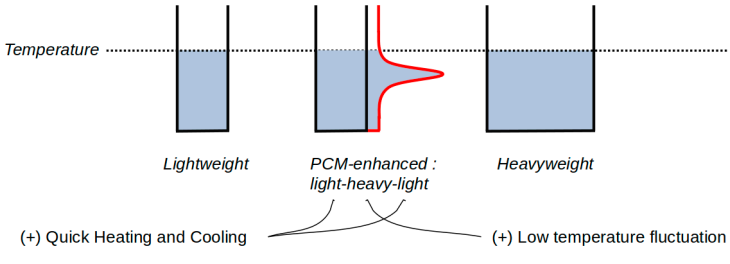
1 - STOckage de chaleur Chimique et par Changement de phase (STOCC). Ce projet comportait deux volets distincts : le stockage thermochimique et le stockage par chaleur latente, menés respectivement à l'Université de Mons et à l'Université catholique de Louvain.

Le projet STOCC

Pour étudier l'intérêt d'ajouter ces matériaux dans les parois des bâtiments, le projet STOCC a été lancé[2]. Une équipe de l'UCLouvain en sciences des matériaux travaillait à l'échelle du matériau, alors que l'équipe d'Architecture et Climat travaillait à l'échelle du local pour évaluer les impacts des matériaux à changement de phase sur les besoins énergétiques. De son côté, Buildwise a fourni un support logistique pour tester un prototype de faux plafond à base de matériaux à changement de phase dans des cellules tests. Dans le cadre de ce projet de recherche, ma recherche doctorale a été réalisée sous la supervision du professeur Geoffrey van Moeseke, et d'un comité constitué des professeurs Sergio Altomonte et Stijn Verbeke (University of Antwerp). Les éléments présentés dans cet article sont tirés de ma thèse soutenue en octobre 2024, *Energy saving potential of thermal mass modification with phase-change materials in temperate climate offices*.



1 Les masses thermiques d'un bâtiment léger et lourd, représentées par un réservoir thermique dans l'analogie hydraulique.



2 Comparaison des formes de réservoir thermique d'un bâtiment léger, avec matériau à changement de phase et lourd.

Les matériaux à changement de phase permettent de transcender la dichotomie entre bâtiments légers et lourds

L'utilisation de matériaux à changement de phase rejoint la thématique de la masse thermique. Pour appréhender plus en finesse le rôle des matériaux à changement de phase, un outil conceptuel est nécessaire : l'analogie hydraulique qui présente le bâtiment comme un réservoir thermique en interaction avec l'environnement extérieur. Dans cette analogie, la capacité de stockage d'un bâtiment est représentée par la largeur du réservoir (Fig. 1). Plus celle-ci est élevée, correspondant à un bâtiment qualifié de lourd, plus le réservoir est large. A contrario, un bâtiment léger est caractérisé par une largeur de réservoir étroite. La température est donnée par le niveau du réservoir et l'eau représente l'énergie. Pour une même quantité d'énergie fournie, par des gains solaires et/ou internes, la température évolue différemment dans les deux types de bâtiment. Les bâtiments légers ont l'avantage d'être plus réactifs lorsque l'on désire les chauffer ou les refroidir, mais ils ont le désavantage d'être sujets à de plus grandes fluctuations de température. Les bâtiments lourds ont l'avantage de stabiliser la température, mais au détriment d'une réactivité moindre.

Les matériaux à changement de phase permettent de transcender cette dichotomie entre bâtiments légers et lourds, en augmentant la capacité de stockage de chaleur de manière significative, mais seulement sur une plage de température donnée (Fig. 2). Cela permettrait théoriquement de tirer profit des avantages des bâtiments lourds et légers : un bâtiment réactif pour le chauffage et le refroidissement, couplé à de faibles fluctuations de température autour de la gamme de température de confort.

2 - Il a reçu un financement du Fonds de développement régional (FEDER) et de la Wallonie dans le cadre du programme opérationnel Wallonie-2020.EU.

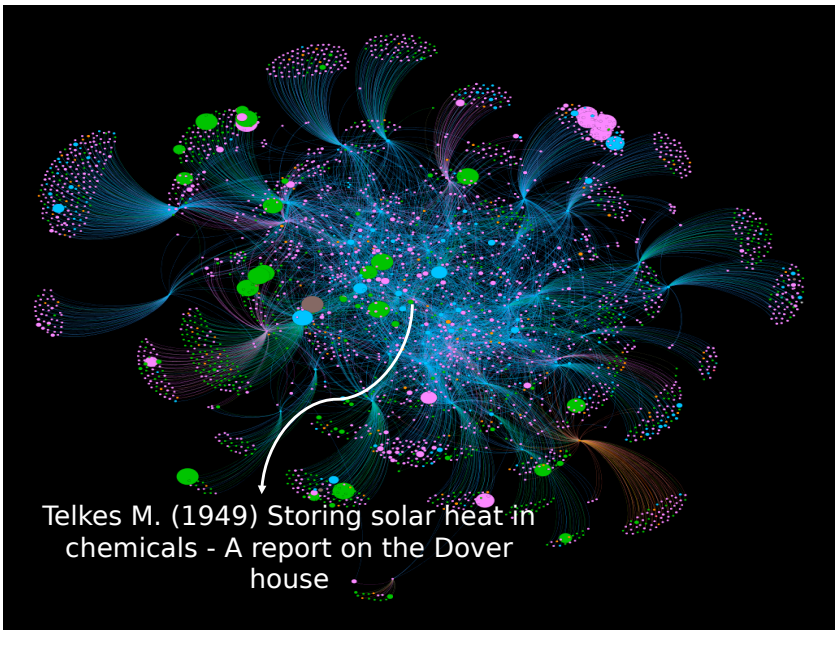
Le projet de recherche STOCC contribue à deux problématiques clés : l'amélioration du transfert thermique des parois à base de PCM et l'évaluation des économies d'énergie

En tant que chercheur au sein du projet STOCC, j'ai premièrement été surpris par la quantité d'études existantes sur les matériaux à changement de phase dans les bâtiments. En rassemblant les articles de revues de la littérature publiés jusqu'en 2017, environ une cinquantaine, une base de données d'environ 1000 études sur les matériaux à changement de phase appliqués aux bâtiments a été réalisée (Fig. 3). L'étude documentée la plus ancienne remonte à 1949 (Telkes, 1949). Comment contribuer à cette littérature conséquente sur l'intégration des PCM dans les bâtiments ? Deux angles d'attaques ont été identifiés et ont par la suite guidé le processus de recherche. D'une part, le transfert de chaleur vers et à l'intérieur de la paroi à base de matériau à changement de phase, identifié comme un facteur limitant l'application des PCM dans les bâtiments. D'autre part, les variations dans les économies d'énergie rapportées, qui pouvaient différer considérablement entre les études pour des climats tempérés.

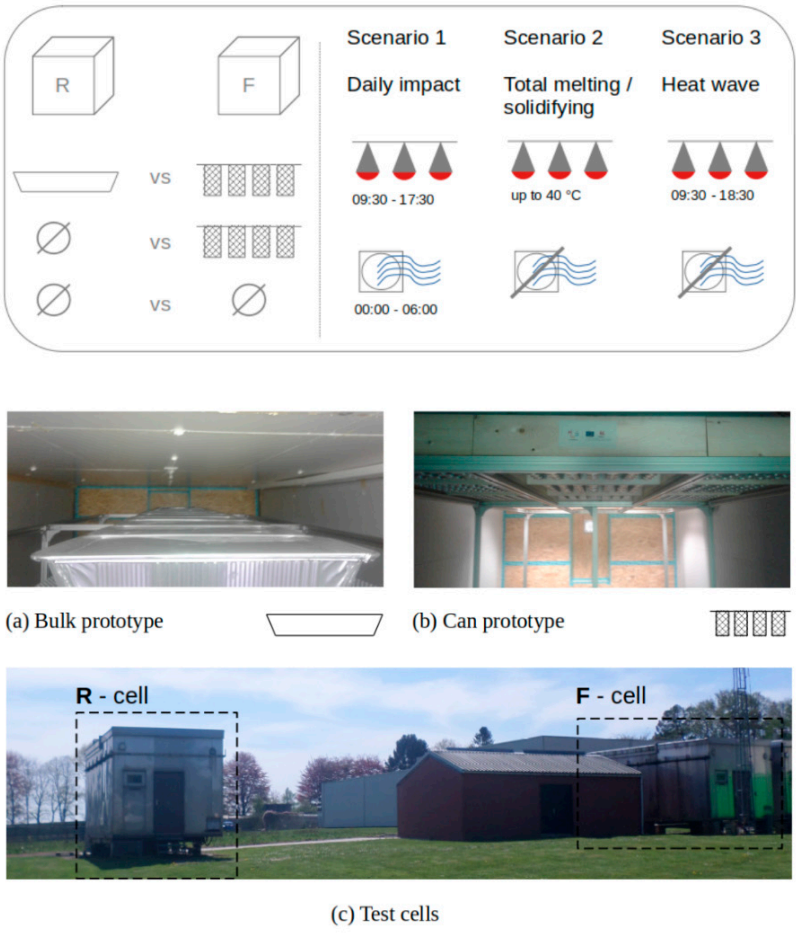
La recherche effectuée dans le cadre du projet STOCC contribue à la connaissance sur la modification de la masse thermique à l'aide de matériaux à changement de phase en abordant de manière indépendante ces deux thématiques clés : (i) l'amélioration du transfert thermique des parois basées sur des matériaux à changement de phase, et (ii) l'évaluation des économies d'énergie liées à l'intégration de PCM dans les parois d'un bureau dans le contexte belge.

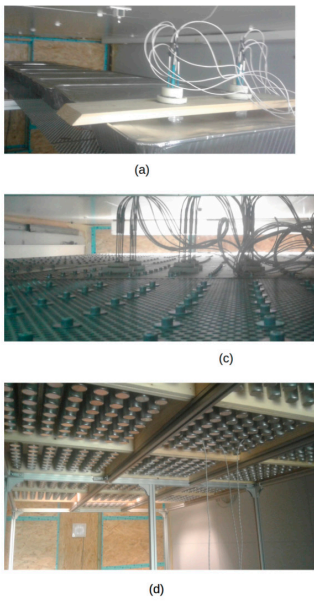
L'impact de l'amélioration du transfert thermique des PCM est évalué au moyen d'une campagne expérimentale à l'échelle du local, en étudiant des prototypes de PCM macro-encapsulés dans des plafonds suspendus conçus spécialement pour le projet (Fig. 4). Le transfert thermique a été amélioré en incorporant de la laine métallique et en augmentant la surface d'échange. Les données récoltées, qui ont la particularité d'être effectuées à l'échelle des matériaux et de la pièce, confirment le rôle crucial de l'amélioration du transfert thermique dans l'utilisation efficace des PCM. Les résultats suggèrent également que l'augmentation de la conductivité thermique n'a qu'un impact mineur par rapport à l'augmentation de la surface d'échange.

L'évaluation des économies d'énergie résultant de l'ajout de matériaux à changement de phase dans un bureau est principalement réalisée à l'aide du logiciel de simulation dynamique de bâtiments EnergyPlus (Fig. 5). Trois objectifs spécifiques sont poursuivis : (ii.1) évaluer les économies d'énergie résultant de l'ajout de matériau à changement de phase en fonction des paramètres influents du bâtiment, (ii.2) déterminer la sélection optimale du matériau à changement de phase en termes de température et de gamme de température de fusion, et (ii.3) améliorer la compré-



3 Représentation de la base de données de la littérature sur les matériaux à changement de phase.





④ Aperçu de la campagne expérimentale. Les différents scénarios testés (haut à gauche), les prototypes de PCM testés (a) et (b), dans les cellules tests (c). À droite, le dispositif de mesure pour le prototype bulk (a et b), et pour le prototype can (c, d et e).

hension des mécanismes sous-jacents aux économies d'énergies résultant de l'ajout de matériaux à changement de phase. Les résultats des simulations, réalisées pour un large éventail de variantes de bureaux, démontrent que les paramètres de conception et d'exploitation du bâtiment influencent significativement les économies d'énergie induites par les matériaux à changement de phase. Les résultats permettent d'identifier les limites des économies d'énergie réalisables et de déterminer les caractéristiques des locaux qui bénéficient le plus de l'intégration des matériaux à changement de phase. De plus, les simulations révèlent que des économies d'énergie plus importantes peuvent être réalisées en utilisant des PCM optimisés en fonction de leur température de fusion. Cependant, ces économies d'énergie plus importantes s'accompagnent d'une sensibilité accrue aux modifications des paramètres opérationnels du bâtiment, en particulier la température de consigne du thermostat. Une dernière série de simulations fournit des informations sur les mécanismes à l'origine des économies d'énergie, en se concentrant sur deux contributions des matériaux à changement de phase : le stockage d'énergie et la modification de la température de surface des parois.

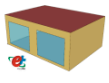
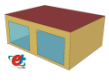
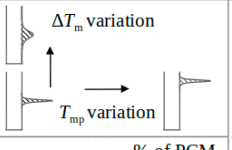
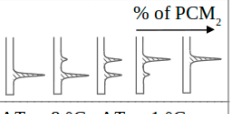
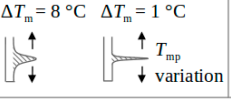
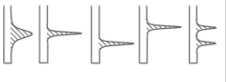
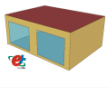
Implications concrètes

Les résultats du projet de recherche apportent des éléments de réponse aux trois questions suivantes : dans quels locaux est-ce le plus pertinent d'ajouter des matériaux à changement de phase ? Comment incorporer les matériaux à changement de phase dans les locaux ? Et finalement, quel matériau à changement de phase sélectionner ? Avant d'aborder ces questions, il est important de mentionner un point crucial dans la prise de décision : le coût de l'utilisation de PCM dans le secteur de la construction. Ce point n'était pas central dans le projet, mais un calcul de coin de table fournit un temps de retour sur investissement relativement important, de l'ordre de 80 ans[3], ce qui rejoint l'hypothèse formulée par Kosny (Kosny, 2015) : *for many PCM applications, the cost-to-benefit ratio is simply still too high to become a common design option of choice.*

3 - Ce chiffre est obtenu sur base du cas fournissant les économies d'énergie les plus importantes, et en se basant uniquement sur les données d'achat des matériaux utilisés pour le prototype étudié dans la campagne expérimentale.

4 - Ces recommandations sont données dans un cadre global. Pour affiner les économies d'énergie d'un bâtiment spécifique, des simulations spécifiques sont nécessaires, qui tiennent en compte des caractéristiques du bâtiment et des caractéristiques propres au PCM envisagé.

RQ2 : What are the potential benefits of modifying thermal mass with phase-change materials on the energy demands for cooling and heating in office buildings in Belgium?

	Investigation method	Case studies	PCM properties	External conditions	Performance indicator
Chapter 5 - Impact of building parameters on PCM-induced benefits					
		Over 1500 office room variants[a] based on 14 parameters	 Quasi-ideal PCM ΔT_m = 8 °C T_{mp} = 23 °C	Uccle (Cfb) Seville (Csa) Stockholm (Dfb)	$E_{cool, heat, tot}$
Chapter 6 - Optimal PCM selection in terms of melting temperature					
6.2. Influence of ΔT_m		An office room based on a nearly zero-energy building	 ΔT_m variation, T_{mp} variation	Uccle (Cfb)	$E_{cool, heat, tot}$ $ITD_{cool, heat, tot}$
6.3. Two PCMs			 % of PCM$_2$		
6.4. Impact of building parameters		Over 1500 office room variants[b] based on 14 parameters	 ΔT_m = 8 °C ΔT_m = 1 °C T_{mp} variation		$E_{cool, heat, tot}$
Chapter 7 - Origin of the PCM-induced benefits					
7.2. Storage contribution	 RC	Variants of the simple model inspired by values of Chapters 4-6		Constant T_{ext}, or daily variations	T_{air}
7.3. Surface temperature contribution		An office room based on a nearly zero-energy building	 T_{mp} variation	Uccle (Cfb)	E_{cool}, ITD_{cool}

[a] The room variants are investigated by using three sensitivity analysis methods.

[b] The room variants are investigated by using two sensitivity analysis methods.

(5) Synthèse des études effectuées par simulation pour le projet.

Indépendamment de ce frein économique, les résultats du projet confirment que l'intérêt principal des matériaux à changement de phase est la diminution des besoins de refroidissement, bien que des économies d'énergie pour le chauffage aient été observées, principalement dans des cas avec des masses thermiques initiales faibles. Sur base des études réalisées, plusieurs recommandations ont été formulées[4], suivant trois catégories.

Les recommandations pratiques pour sélectionner les locaux avec un fort potentiel d'économies d'énergie liées aux PCM sont les suivantes :

- Plus la masse thermique initiale du bâtiment est faible, plus l'intérêt d'utiliser des PCM est élevé.
- Plus les gains solaires sont élevés, plus il est intéressant d'ajouter du PCM dans les locaux.
- La ventilation intensive nocturne est un facteur crucial pour réaliser des économies d'énergie de refroidissement grâce à l'ajout de PCM.
- L'ajout de PCM dans des pièces hautement isolées peut tout de même résulter en des économies d'énergie.
- L'ajout de PCM devrait être limité à certaines pièces plutôt que d'être ajouté dans l'ensemble du bâtiment.

Les recommandations pour l'incorporation du PCM sont les suivantes :

- Le PCM doit être placé aussi près que possible de l'environnement interne afin de favoriser le transfert de chaleur vers le PCM.
- L'amélioration du transfert de chaleur par l'ajout de laine métallique au PCM semble n'avoir qu'un effet marginal comparé à l'augmentation de la surface d'échange.

5 - Ces PCM peuvent avoir un coût d'achat significativement plus élevé (+ 60%), sur base des prix d'achat du PCM pour la campagne expérimentale.

Finalement, des recommandations pour la sélection du PCM sont formulées :

- L'utilisation de PCM avec des gammes de température étroites[5] résulte généralement en des économies d'énergie plus importantes lorsque le chauffage et le refroidissement sont considérés séparément.
- Dans le cas de PCM sélectionnés avec un impact pour le refroidissement optimal, une température de fusion proche de la température de consigne pour le thermostat a été trouvée (~ 0.5 -1.5 °C plus basse).
- Les PCM avec des gammes de température de fusion plus larges peuvent avoir un impact sur le chauffage et le refroidissement, ce qui les rend potentiellement les plus adéquats dans des locaux avec une faible masse thermique initiale.

En guise de conclusion

Les matériaux à changement de phase présentent un intérêt théorique indéniable en fournissant un nouveau degré de liberté pour la modification de la masse thermique des bâtiments. [DS10.1][GB10.2] Le projet STOCC a permis d'affiner la compréhension de ce phénomène, en se concentrant sur l'amélioration du transfert de chaleur, et l'évaluation des économies d'énergie dans des locaux de bureau dans le contexte belge. Bien que l'application des matériaux à changement de phase se heurte à des freins économiques, l'étude a mis en évidence des applications de niche : des locaux caractérisés par des masses thermiques initiales faibles, des gains solaires et internes importants, et la possibilité d'effectuer une ventilation nocturne intensive. Démontable et directement en contact avec l'environnement intérieur, le prototype de faux plafond étudié expérimentalement offre un point de départ intéressant pour l'étude d'applications concrètes. Parmi les perspectives de recherche appliquée suivant ce projet, il me semble prioritaire d'affiner la valeur de masse thermique initiale du local sous laquelle il est pertinent d'ajouter des PCM. Il serait aussi pertinent de comparer des mesures de modification de la masse thermique avec et sans PCM, par exemple l'ajout d'une double couche de plaque de plâtre. ■

Bibliographie

Kuznik, F., Virgone, J., & Noel, J. (2008). Optimization of a phase change material wallboard for building use. *Applied Thermal Engineering, 28(11-12)*, 1291-1298.

Telkes, M. & Raymond, E. (1949). Storing solar heat in chemicals. *Heat. Vent., 46*, 80-86.

Kosny, J. (2015). PCM-enhanced Building Components: An Application of Phase Change Materials in Building Envelopes and Internal Structures, *Springer*.

en couverture
Troquet, Quesnoy-sur-Deûle, atelier Hart Berteloot (HBAAT).
Photo Victor Cornu LOCI Tournai (novembre 2023)

lieux**dits** *#29*
Juin 2026

édito
Le pouvoir est éphémère, seule la connaissance est soutenable **1**
par le comité éditorial

De la responsabilité universitaire **2**
Pierre Caye

Rétroconception des thermes impériaux romains en Afrique du Nord **8**
Zaineb Naifer

Preserving suspended structures with light façades (1960-1980) **16**
Giuseppe Galbiati

Entre les lignes **20**
Arthur Stache, Tomás Barberá Ramallo

Workshop GR DYLE **28**
Jean-Philippe De Visscher, Christian Nolf, Guillaume Vanneste, Ward Verbakel

Les matériaux à changement de phase pour modifier la masse thermique des bâtiments **34**
Gilles Baudoin

SEMESTRIEL

ISSN 2294-9046
e-ISSN 2565-6996

CC BY NC ND

Éditeur responsable : Le comité éditorial, place du Levant, 1 - 1348 Louvain-la-Neuve (lieuxdits@uclouvain.be)
Comité éditorial : Damien Claeys, Gauthier Coton, Brigitte de Terwangne, Nicolas Lorent, Pietro Manaresi, Catherine Massart, Giulia Scialpi, Dorothée Stiernon, Hugo Vanhamme
Conception graphique : Nicolas Lorent
Imprimé en Belgique par Snel Grafics | Herstal

LOCI
Faculté d'architecture d'ingénierie architecturale d'urbanisme

LAB
Louvain research institute for Landscape, Architecture, Built environment

www.**uclouvain.be/loci**
www.**uclouvain.be/lab**