

Zeitschrift: Monuments vaudois
Herausgeber: Association Edimento - pour le patrimoine
Band: 11 (2021)

Artikel: Icônes de la modernité ou sculptures minimalistes? : Les voiles minces en béton de Heinz Isler
Autor: Merlo, Giuliana
DOI: <https://doi.org/10.5169/seals-1053335>

Nutzungsbedingungen

Die ETH-Bibliothek ist die Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften. Sie besitzt keine Urheberrechte an den Zeitschriften und ist nicht verantwortlich für deren Inhalte. Die Rechte liegen in der Regel bei den Herausgebern beziehungsweise den externen Rechteinhabern. [Siehe Rechtliche Hinweise.](#)

Conditions d'utilisation

L'ETH Library est le fournisseur des revues numérisées. Elle ne détient aucun droit d'auteur sur les revues et n'est pas responsable de leur contenu. En règle générale, les droits sont détenus par les éditeurs ou les détenteurs de droits externes. [Voir Informations légales.](#)

Terms of use

The ETH Library is the provider of the digitised journals. It does not own any copyrights to the journals and is not responsible for their content. The rights usually lie with the publishers or the external rights holders. [See Legal notice.](#)

Download PDF: 04.05.2025

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

Icônes de la modernité ou sculptures minimalistes ?

Les voiles minces en béton de Heinz Isler

Giuliana Merlo

Considéré comme le constructeur de voiles minces en béton le plus prolifique de son temps, le Suisse Heinz Isler (1926-2009) appartient à la catégorie d'ingénieurs dits « structurels »¹. Il lègue une œuvre colossale d'une qualité technique hors norme et d'une esthétique atemporelle (**fig. 1**). Et pourtant, son nom reste souvent absent du discours de l'historien-ne de l'art². Ses réalisations sont-elles trop jeunes, pas assez sophistiquées, trop peu visibles car reléguées en périphérie dans des zones industrielles et commerciales, trop éloignées de l'architecture dite classique ? Le fonds Isler, conservé à l'Institut pour l'étude de l'histoire et des théories de l'architecture (gta) à Zurich, recèle une impressionnante collection de photographies d'une richesse inestimable, constituée par l'auteur même, qui le place sous une toute nouvelle lumière : elle révèle sa vocation d'artiste et hisse ses voiles minces au rang d'œuvres sculpturales monumentales³.

LES VOILES MINCES

Si Isler est le créateur et le producteur de coques le plus prolifique de la période des Trente Glorieuses, il n'est pas pour autant le premier, ni même le seul, à créer de telles structures. Héritées des premières grandes structures métalliques recourant à la forme arquée de la fin du XIX^e et du début du XX^e siècle et des premiers ponts en béton armé du début du XX^e siècle, les voiles minces, dits aussi « coques », à l'image de la finesse et de la légèreté d'un voile ou d'une coquille d'œuf, naissent au début du XX^e siècle du besoin grandissant de constructions de large emprise au sol, capables d'offrir un espace continu abrité. Ils se caractérisent

par leur extrême finesse et par l'emploi du béton armé, qui offre à l'état frais des possibilités formelles infinies et qui possède les propriétés requises pour répondre à la première caractéristique. Deux inventions ont été nécessaires à l'émergence de ces structures autoportantes, où la statique est assurée par la forme et non plus par la masse. La première, le système structurel Hennebique, breveté une première fois en 1892 par François Hennebique (1842-1921), est à l'origine du béton armé industriel ; cette invention permet d'exploiter à la fois la résistance en compression du béton – alliage de composants minéraux, de granulats, de liants, d'adjuvants et d'eau – et la résistance en traction du métal⁴. Eugène Freyssinet (1879-1962) perfectionne, à la fin des années 1920, le béton armé en le rendant encore plus résistant sous l'effet de la précontrainte exercée aux extrémités des étriers tenant en place les câbles d'acier⁵.

Les premières tentatives de construction de voiles minces en béton armé sont signées de la main de Freyssinet, Franz Dischinger (1887-1953), Pier Luigi Nervi (1891-1979), Eduardo Torroja (1899-1961) et Anton Tedesko (1903-1994)⁶. Ils se basent sur une approche mathématique pour réaliser des structures de forme géométrique. Les œuvres les plus illustres de cette première génération d'ingénieurs sont les hangars pour dirigeables à Orly (1921-1923) de Freyssinet, les grands marchés couverts en forme de dômes à Leipzig (1927-1929) de Dischinger, à Reims (1928-1929) de Freyssinet, à Bâle (1929) d'Alfred Adolf Goenner (1885-1929), à Algésiras (1933) de Torroja et à Vevey (1934-1935) d'Alexandre Sarrasin (1895-1976)⁷ ; le stade Hershey Park Arena en Pennsylvanie (États-Unis) construit en 1936 par Tedesko et le stade communal à Florence (1930-1932) de Nervi viennent compléter cette liste. Une réalisation phare dans le contexte helvétique



1 Halle et laboratoire de l'entreprise Gips-Union à Bex (VD), 1967-1968 (gta Archiv, EPFZ, fonds Isler, dossier 217-0130:1).

est la halle de ciment de 1939, bâtie par Robert Maillart (1872-1940) pour l'Exposition nationale suisse à Zurich. D'une hauteur de 15 mètres, la structure est constituée de 91 tonnes de béton, appliqué par projection pour former une voûte d'une épaisseur de 6 centimètres, encore soutenue par une ossature. Détruite un an plus tard, la halle constitue une des premières constructions d'une telle finesse dans l'histoire de l'ingénierie suisse⁸.

La relève des constructeurs de voiles minces est assurée par Nicolas Esquillan (1902-1989), Eero Saarinen (1910-1961), Felix Candela (1910-1997), Ulrich Müther (1937-2007) et, en Suisse, par Max Schlup (1917-2013) et Heinz Hossdorf (1925-2006)⁹. À l'instar d'Isler, ces ingénieurs exploitent les nouvelles possibilités techniques liées au béton armé et développent des procédés standardisés et rationalisés pour offrir une production de masse à coûts modérés. Grâce à ces progrès, les voiles minces deviennent progressivement de réels concurrents aux constructions standards, tant du point de vue économique, statique que de la rapidité d'exécution¹⁰ et de la variété de programmes qu'elles sont en mesure d'abriter. Parmi les constructions pionnières de cette époque comptent l'entreprise de tissage d'élastiques à Gossau (1954-1955), la bibliothèque universitaire (1962-1968) et le théâtre de ville (1968-1975) à Bâle – réalisés tous trois par Hossdorf –, le Trans World Airlines Terminal à l'aéroport JFK à New York (1956-1962) de Saarinen, le restaurant Los Manantiales à Xochimilco (Mexico City) de 1957 de Candela, le

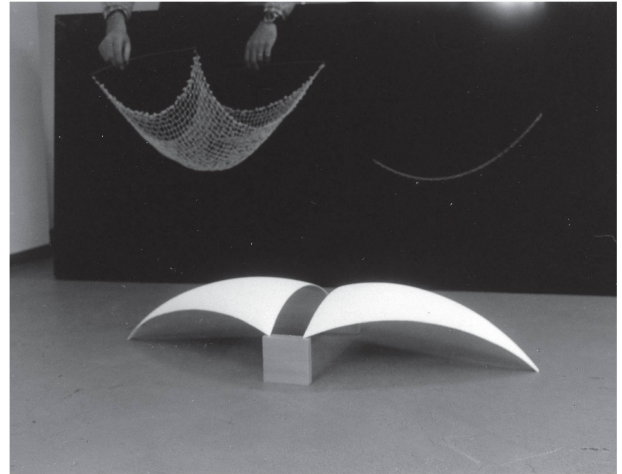
CNIT à la Défense à Paris (1958) d'Esquillan, le Palais des Congrès à Bienne (1961-1966) de Schlup, le théâtre et jardin d'enfants Nestlé par Michel Magnin (1927-1986) et Max Bill (1908-1994) réalisés à l'occasion de l'Expo 64 à Lausanne, ainsi que la Teepott Warnemünde à Rostock (1967) de Müther. Isler appartient à cette seconde génération d'ingénieurs structurels, bien qu'il occupe un statut singulier parmi eux tout au long de sa carrière.

FORMES INÉDITES

Contraint par son père de renoncer à des études artistiques, Isler se forme au génie civil à l'École polytechnique fédérale de Zurich entre 1945 et 1950. La formation qu'il y reçoit s'inscrit en continuité de l'enseignement de l'ingénieur allemand Karl Culmann (1821-1881), premier professeur d'ingénierie civile de l'école, ouverte en 1855. Auteur de l'ouvrage *Die Graphische Statik* (1866), qui connaît une large circulation à l'époque, Culmann établit à Zurich un enseignement orienté sur l'étude graphique des structures¹¹. Celle-ci se fonde sur les principes de la géométrie descriptive, développée au XVIII^e siècle par le mathématicien français Gaspard Monge (1746-1818). Cette approche purement visuelle, devant permettre la création de formes inédites, différentes de celles obtenues par analyse mathématique, fait école à Zurich et est reprise par



2 Halle et bureau de l'entreprise de barils Charles Jaccaz à Regensdorf (ZH), 1964 (gta Archiv, EPFZ, fonds Isler, dossier 217-056).



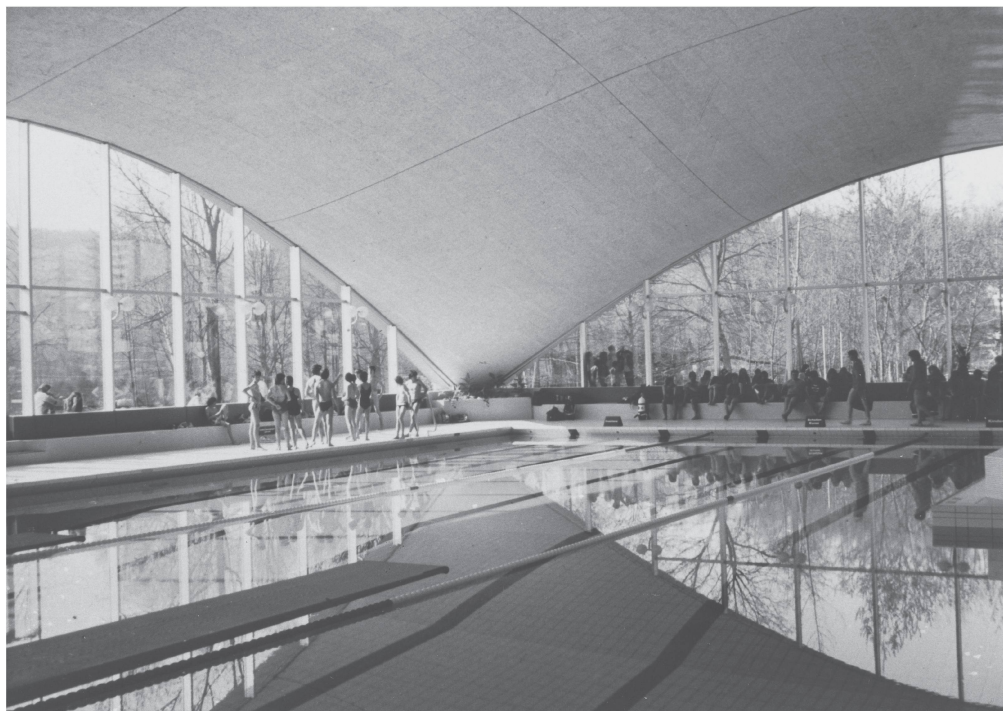
3 Méthode de création et modèle réduit de l'aire de repos Deitingen sud (SO), 1967-1968 (gta Archiv, EPFZ, fonds Isler, dossier 217-0140).

les professeurs qui lui succèdent. Parmi ceux-ci, Wilhelm Ritter (1847-1906) applique les leçons de Culmann à ses recherches sur les structures en arc en béton armé¹². Il concentre sa recherche sur l'optimisation du flux des forces pour créer des constructions autoportantes recourant au système Hennebique. Son enseignement influence toute une génération d'ingénieurs, parmi lesquels Robert Maillart et Othmar Ammann (1878-1965). Leurs contributions dans le domaine de l'ingénierie de ponts sont considérables : les ponts d'une exceptionnelle finesse et légèreté de Maillart comptent encore aujourd'hui parmi les chefs-d'œuvre du paysage bâti suisse, alors qu'Ammann, immigré aux États-Unis, devient l'un des ingénieurs de ponts en acier les plus célèbres de son temps grâce aux ponts George-Washington, de Bayonne et de Bronx-Whitstone réalisés dans les années 1930¹³.

Le professeur de construction et de statique des structures en béton armé d'Isler, Pierre Lardy (1903-1958), perpétue la tradition zurichoise¹⁴. Lardy enseigne l'analyse visuelle des structures et met en particulier l'accent sur l'esthétique des formes, recourant lors de ses cours aux réalisations de Maillart, montrées comme des modèles de structures à la fois stables, esthétiques et économiques. Dans le cadre de ses recherches, Lardy fonde à l'EPFZ un laboratoire de recherche consacré à l'étude de modèles réduits afin de prédire l'évolution statique de constructions complexes. Le laboratoire est inspiré de l'institut mis sur pied par son collègue espagnol Eduardo Torroja, l'un des plus influents constructeurs de voiles en béton de l'époque. Isler se familiarise avec la technique des modèles réduits et l'étude de structures défectueuses en béton armé précontraint, dans le cadre de son assistantat dans le laboratoire de Lardy entre 1950 et 1953.

En 1954, il crée son propre laboratoire pour approfondir la recherche de formes inédites à partir de modèles réduits¹⁵. L'étude de la nature, réservoir inépuisable de formes complexes, est omniprésente dans son travail : il s'en inspire à la fois pour déterminer des formes, trouver des solutions techniques et insérer les structures obtenues le plus harmonieusement possible dans le paysage ou des contextes urbains. Toutes les réponses résident à ses yeux dans la nature : la stabilité dont elle fait preuve résulte de la courbure naturelle qui s'observe autant dans la coquille de l'œuf, les pétales de fleurs, les feuilles, les noix ou les coquillages, que dans les chapeaux des champignons¹⁶. Cette courbure, forme idéale non-géométrique, présente des proportions qui lui sont propres, que les scientifiques cherchent à codifier depuis l'Antiquité : le nombre d'or, la suite de Fibonacci et le Modulor de Le Corbusier sont autant d'approches visant à reproduire les proportions idéales de la nature. Isler reprend cette tradition de la recherche idéaliste de constantes universelles présentes dans les proportions de la nature, s'appuyant sur une démarche toutefois moins mathématique et davantage fondée sur l'intuition visuelle.

Pour ce faire, Isler met au point des méthodes de création empiriques qui lui permettent de réaliser un nombre illimité de formes¹⁷. Grâce à des procédés rationalisés et standardisés, il réalisera au cours de sa carrière, qui s'étend sur plus de cinquante ans, près de 1400¹⁸ coques en béton armé. La forte demande pour ses structures découle notamment du nombre élevé d'avantages qu'elles apportent : disponibilité du matériau, facilité et rapidité de son application, choix infini de formes, coûts modérés de construction, stabilité statique, facilité d'entretien, propriétés anti-feu et polyvalence¹⁹. Ces structures ne constituent néanmoins qu'environ la moitié des quelques 530 commandes qu'il reçoit.



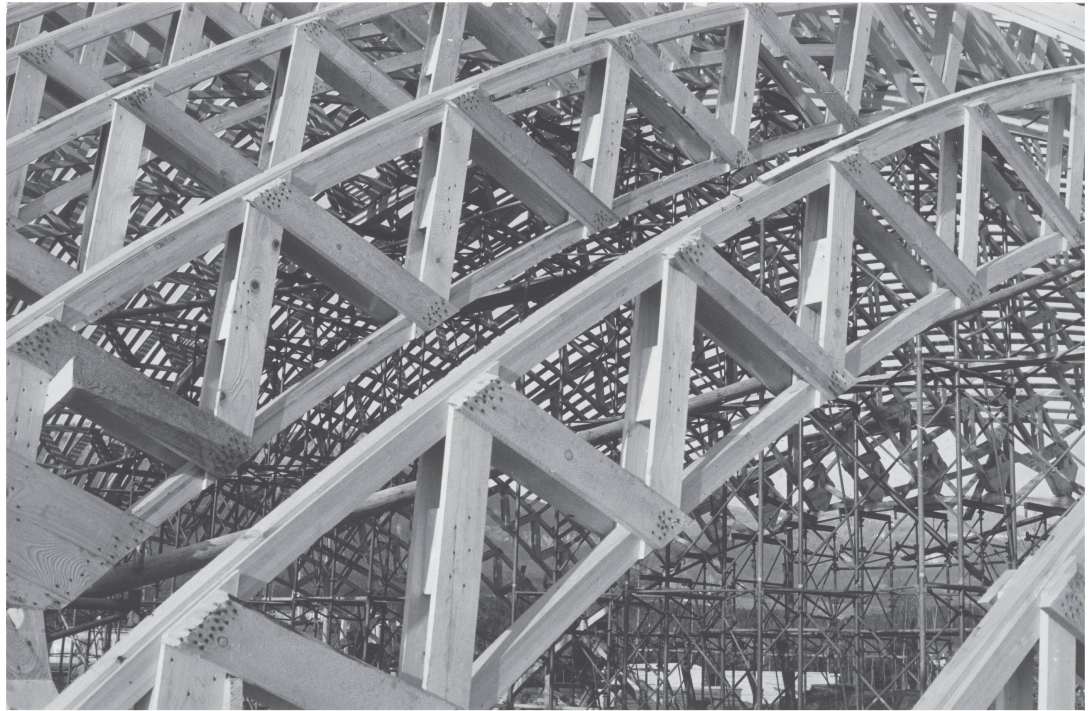
4 Piscine couverte à Brugg (AG), 1981 (gta Archiv, EPFZ, fonds Isler, dossier 217-410).

L'autre moitié concerne des maisons individuelles et collectives, des toits et avant-toits – souvent en polyester selon une technique développée en 1956 –, des extensions de bâtiments, des garages, ou satisfait des mandats publics, comme des trottoirs, des passerelles, des ponts et des travaux de rénovation et d'assainissement. Les coques de sa conception se trouvent majoritairement en Suisse (environ 77%), suivie de l'Allemagne et de la France avec respectivement environ 12% et 7% du nombre total²⁰. Le canton le mieux représenté est Berne – lieu de vie et de travail de l'ingénieur – avec près de cent coques; viennent ensuite le canton de Saint-Gall, avec vingt-trois réalisations, et les cantons de Zurich avec dix-sept, de Soleure avec quinze ainsi que ceux d'Argovie et des Grisons avec douze exemplaires chacun. Malgré quelques réalisations ponctuelles, la Suisse romande et le Tessin sont moins représentés, alors que d'autres cantons comme Nidwald, Obwald et Appenzell n'en possèdent aucune. Ce sont avant tout les cantons du plateau suisse qui sont dotés de coques, celles-ci desservant des programmes en lien avec le développement économique et urbain des grandes agglomérations du pays. Si les années 1950 et le début des années 1960 sont marqués par le perfectionnement des méthodes de création des structures, les années 1960 et 1970 constituent la période la plus prolifique de l'ingénieur, avec un pic en 1970 de plus de vingt coques; l'usine Sicli à Genève, son œuvre la plus iconique, est l'une d'entre elles. Alors que le choc pétrolier de 1973 plonge le monde de la construction dans une crise, il n'a que peu d'incidences sur l'activité de l'ingénieur, qui met au point à ce moment-là une nouvelle

coque qui se prête particulièrement bien au recouvrement de terrains de tennis, lui garantissant un nombre suffisant de commandes. La coque d'apparence indéterminée, où murs et toit ne font qu'un, se prête à une multitude d'affectations. Elle offre un espace intérieur continu et bien éclairé, reposant sur un nombre limité de points d'appui. Ces caractéristiques sont particulièrement recherchées par les secteurs industriel et commercial – représentant le nombre le plus élevé de commandes – ainsi que par les domaines sportif, culturel et administratif. L'industrie automobile fait largement appel aux coques – symboles, tout comme les véhicules, de la modernité et du progrès technique –, suivie de l'industrie mécanique et de matériaux.

Les coques islériennes se subdivisent en trois catégories: «sculpturale», «géométrique» et «structurelle»²¹, dont la dernière est la plus répandue. Minoritaires dans sa production, les réalisations dites «sculpturales» présentent des dimensions réduites et ne revêtent qu'une finalité décorative. Obtenues par calculs mathématiques, les formes géométriques, comme les paraboloides hyperboliques ou les conoïdes, présentent des propriétés statiques moins convaincantes aux yeux de l'ingénieur, bien qu'elles soient largement adoptées par d'autres ingénieurs structurels. L'église de Lommiswil (1966-1967), la maison Camoletti à Collonge-Bellerive (1969-1970), la Cité Scolaire Roger Frison Roche et l'École nationale de Ski et d'Alpinisme ENSA à Chamonix (1973-1974), la maison Darier à Cologny (1986-1987) et l'église de Cazis (1997) sont réalisées selon ce principe.

5 Centre de
jardinage Wyss à
Zuchwil (SO), 1961
(gta Archiv, EPFZ,
fonds Isler, dossier
217-9).



Isler développe entre les années 1950 et le début des années 1960 quatre méthodes de création de coques dites «structurelles»²² qu'il est invité à présenter, pour les trois premières, au premier congrès de l'International Association of Shell Structures en 1959: la méthode de la colline, la méthode de la membrane sous pression²³, la méthode du tissu suspendu renversé²⁴ et la méthode d'écoulement²⁵. Le principe de la méthode de la colline se fonde sur la construction d'un tas de terre ou de sable sur lequel est ensuite façonnée la forme de la structure. Peu onéreuse en l'absence de coffrage, la méthode n'est adaptée que pour de petites structures et sujette à une grande marge d'erreur en raison de la détermination visuelle de la forme, ce qui explique son application limitée.

La méthode de la membrane sous pression ou pneumatique, découverte par observation de la courbure d'un coussin, permet de créer des coques structurelles de type «pneumatiques»²⁶. Pour la création de ce type de modèles réduits, il invente un dispositif rectangulaire formé de deux châssis en bois, entre lesquels il place une membrane hermétiquement fermée sur son pourtour. Grâce à une ouverture, de l'air est insufflé sous la membrane qui se gonfle sous son effet; au moyen d'outils de mesure extrêmement précis, les coordonnées verticales de la coque réduite ainsi obtenue sont relevées et transposées en données réelles. D'une extraordinaire stabilité, les coques obtenues à partir de cette méthode représentent près de 80% de la production totale d'Isler. Elles offrent l'avantage d'abriter de larges espaces rectangulaires et continus, pouvant

être agrandis ad libitum par assemblage de coques identiques (**fig. 2**). Les dimensions des coques varient entre 15 mètres sur 15 mètres pour les plus petites (pour une superficie de 225 m²) et 54.5 mètres sur 58.8 mètres pour les plus grandes (soit 3210 m²). Ces dernières dimensions sont employées pour le centre de distribution de Coop à Wangen, terminé en 1961; la coque fait à peine 17 centimètres d'épaisseur.

La méthode de la membrane renversée, développée en 1955, permet d'obtenir les structures les plus stables du point de vue statique, le risque de fissurations étant quasi nul. La méthode repose sur le même principe que celui de la «chaînette inversée», découverte au XVII^e siècle par le scientifique Robert Hooke (1635-1703) dans le cadre de ses recherches sur la forme idéale de l'arc: une chaînette retournée donne lieu à un arc en pure compression qui présente des qualités statiques particulièrement élevées²⁷. Plus tard, le célèbre architecte catalan Antoni Gaudí (1852-1926) s'approprie ce principe pour mettre au point une méthode lui permettant de créer, à partir de fils suspendus, des modèles de formes non-géométriques stables²⁸. Pour tester l'évolution de la forme de la voûte, il y accroche des sacs qui représentent le poids propre et le poids du plafond. Une fois que le modèle prend une position stable sous l'effet de ces poids, il effectue une série de photographies qui lui servent de support pour construire des structures sans passer par des calculs complexes. Cette méthode, utilisée pour la première fois pour la chapelle de la Colonia Güell à Barcelone (1898-1915), lui vaut le statut de premier

constructeur de paraboloïdes hyperboliques dans l'histoire de l'architecture. Isler reprend cette même idée : pour la création des modèles réduits, il se sert de membranes et de tissus suspendus qu'il recouvre d'une substance de polyester ou résine qui se durcit après un certain temps ; sous l'effet de la gravité, la membrane ou le tissu se déforme jusqu'à atteindre une forme en pure tension qui devient, en la retournant, une structure en pure compression (**fig. 3**). Exploitée jusqu'au milieu des années 1990, cette méthode est à l'origine des constructions comptant parmi les plus connues de l'ingénieur : l'aire de repos à Deitingen Sud (1967-1968), l'entreprise Gips-Union AG à Bex (1967-1968), l'usine Sicli aux Acacias à Genève (1969-1970), la piscine de l'Hôtel Splendid Royal à Lugano (1972-1973), deux théâtres en plein air en Allemagne, à Stetten (1976-1990) et à Grötzingen (1977), et les nombreuses coques de tennis de 1978 réalisées à Aarwangen, Dübingen, Granges, Heimberg et à La Chaux-de-Fonds, et celles des années 1980 à Allschwil, Berthoud, Crissier, Langenthal, Emmen, Lucerne, Neuchâtel, Sion et Soleure, les piscines de Heimberg (1978) et de Brugg (1981) (**fig. 4**), ainsi que le Musée de l'aviation à Dübendorf (1986-1987).

Découverte en 1961, la dernière méthode se fonde sur le mécanisme d'écoulement de mousses. Pour ce faire, Isler se sert de supports dans lesquels sont introduites des mousses poussées vers l'extérieur par effet de compression ; la courbure naturelle de la mousse donne alors la forme de la coque. Elle est adoptée pour des coques abritant entre autres des programmes commerciaux, industriels et sportifs, parmi lesquels figurent le centre de jardinage Wyss à Zuchwil (1961), la Coop de Biasca (1963), la Migros de Bellinzona (1964), l'entreprise d'isolation de bâtiments F. Kilcher AG à Rechterswil (1965), le centre de jardinage Bürgi à Camorino (1971) et le centre de sport Richard-Bozon à Chamonix (1970-1971).

SCULPTURES MINIMALISTES

En plus de sa production bâtie, Isler constitue une vaste collection de photographies. Par ce geste, il perpétue une tradition bien établie dans les années 1950, qui remonte à la fin du XIX^e siècle, moment où la diffusion de la photographie dans la société se conjugue avec la montée en force du béton armé dans la construction : l'iconographie industrielle²⁹. Hennebique est le premier à adopter de manière systématique l'outil de la photographie, pour documenter ses travaux pionniers sur le béton armé, fournir la preuve de l'efficacité de son système, faire circuler ses idées et convaincre de l'esthétique de ses constructions. La fonction promotionnelle des photographies de constructions



6 Centre de distribution de Coop à Wangen (SO), 1960-1961 (gta Archiv, EPFZ, fonds Isler, dossier 217-17).



7-8 Centre de jardinage Wyss à Zuchwil (SO), 1961 (gta Archiv, EPFZ, fonds Isler, dossier 217-9).

9 Centre de tennis à Emmen (LU), 1981 (gta Archiv, EPFZ, fonds Isler, dossier 217-415).



est largement exploitée par les ingénieurs et les architectes au cours du XX^e siècle. Pier Luigi Nervi, inventeur du «ferrociment», compte parmi les premiers bâtisseurs à acquérir une réputation internationale grâce à une importante autopromotion³⁰. Contrairement à Isler qui documente lui-même ses œuvres, Nervi fait appel à des photographes professionnels qu'il guide dans leur travail pour valoriser au mieux ses réalisations. Par ces photographies se met en place une iconographie propre aux structures en béton de Nervi, notamment à travers la récurrence du motif répétitif des nervures³¹.

Les objectifs d'Isler dépassent toutefois ceux de Nervi. À l'instar de ce dernier, les milliers de photographies qu'il réalise lui servent d'outil de travail, de support didactique³² ainsi que de matériel publicitaire et promotionnel. Un grand nombre de clichés illustre cependant aussi les diverses étapes de construction des coques, témoignant des progrès techniques et des procédés de rationalisation et de standardisation développés par l'ingénieur. Les coffrages en bois aux motifs répétitifs³³ (fig. 5), les procédés d'application et de projection du béton et les conditions de travail parfois spectaculaires auxquelles sont exposés les ouvriers (fig. 6) constituent des sujets récurrents. En plus de ces vues, la collection recèle de nombreuses photographies montrant les coques sous toutes leurs facettes, juste après le retrait du coffrage, et avant la pose des baies vitrées et l'aménagement des espaces intérieurs et extérieurs. Ces clichés révèlent de manière frappante une sensibilité artistique et esthétique propre à Isler (fig. 7-9). À travers divers cadrages, plans, points de vue et effets de lumière, les

coques sont spectaculairement mises en scène. Dégagées de leur vocation utilitaire et libres de toute construction parasite, elles apparaissent comme des œuvres d'art monumentales aux lignes épurées, des sculptures minimalistes, qui résultent de la stylisation de la nature en imitant les formes des collines ou des oiseaux en plein envol. L'accent est mis dans les photographies sur la beauté des formes, la pureté des lignes, la légèreté des structures, la texture du béton et la symbiose entre bâti et écrin naturel; ces concepts, déjà fondamentaux dans l'œuvre de Maillart, constituent l'essence même de l'iconographie islerienne.

Les voiles minces de Heinz Isler révèlent un auteur aux multiples facettes: ingénieur de formation, il est à la fois expérimentateur, architecte et artiste. À travers une approche interdisciplinaire, il concilie dans son œuvre autant le domaine technique qu'artistique, qu'il porte à leur niveau d'excellence. La clef de son succès réside dans l'observation de la nature, qui lui fournit non seulement des réponses quant à la création de formes inédites, mais également à leur insertion dans un contexte donné. Les photographies mettant en scène les coques révèlent un style particulier, propre à l'ingénieur. Bien plus que des constructions utilitaires, ses voiles deviennent, à travers le médium de la photographie, des sculptures monumentales qui n'existent dans leur état pur que l'espace d'un bref instant, celui qui suit leur libération du coffrage et précède leur subordination à un programme donné.

NOTES

¹ Inventé par David P. Billington, professeur d'ingénierie et d'architecture à l'Université de Princeton (États-Unis), le terme apparaît dans son ouvrage *The Tower and the Bridge: The New Art of Structural Engineering*, publié en 1983 à Princeton. Billington place le commencement de l'« art structurel », qui constitue une sous-branche de l'ingénierie, au XVIII^e siècle en Angleterre avec le constructeur de ponts Thomas Telford (1757-1834).

² Billington est le premier à s'intéresser véritablement à Isler, qu'il rencontre dans le cadre d'une conférence en lien avec ses recherches sur Robert Maillart en 1961. Il lui consacre une importante monographie, *Heinz Isler as Structural Artist*, publiée en 1980, qui résulte d'une exposition montée en son honneur à Princeton. En 1986, l'ingénieur Ekkehard Ramm et l'architecte Eberhard Schunck publient une deuxième monographie, *Heinz Isler Schalen*, suivie d'une troisième, *The Engineer's Contribution to Contemporary Architecture: Heinz Isler*, publiée en 2000 par John Chilton, professeur d'architecture à la faculté d'ingénierie à l'Université de Nottingham (Grande-Bretagne). Ils sont tous également auteurs d'articles traitant de ses coques.

³ Le contenu de cet article constitue la synthèse du mémoire de maîtrise de l'autrice: Giuliana MERLO, *Dévoiler le secret des voiles de Heinz Isler (1926-2009). Le regard d'un artiste*, mémoire de maîtrise, Université de Lausanne 2016.

⁴ Gwenaél DELHUMEAU & Jacques GUBLER, *Le béton en représentation: la mémoire photographique de l'entreprise Hennebique, 1890-1930*, Paris 1993; Gwenaél DELHUMEAU, *L'invention du béton armé: Hennebique, 1890-1914*, Paris 1999; Cyrille SIMONNET, *Le béton, histoire d'un matériau: économie, technique, architecture*, Marseille 2005.

⁵ SIMONNET 2005 (cf. note 4); <http://efreyssinet-association.com>.

⁶ Les références biographiques sur les personnages et les informations au sujet de leurs réalisations sont tirées des bases de données suivantes: <https://deu.archinform.net/arch/index.htm> et <http://structurae.net>. Les informations au sujet de l'architecte Michel Magnin ont été obtenues ici: [s.n.], « Michel Magnin », in *Ingénieurs et architectes suisses* 112, 1986, 26, p. 121.

⁷ Eugen BRÜHWILER & Pierre FREY, *Alexandre Sarrasin, structures en béton armé audace et invention*, Lausanne 2002; Philippe MIVELAZ, *Alexandre Sarrasin (1895-1976) et l'esthétique de l'ingénieur*, Lausanne 2007.

⁸ BILLINGTON 1983 (cf. note 1), pp. 147-170.

⁹ Cf. note 6.

¹⁰ La durée de construction d'une coque est très courte. Rarement un projet n'excède trois ans, sachant que la réalisation de la totalité de la coque ne requiert que quelques mois et le processus d'application du béton, qui doit se faire sans interruption, parfois que quelques jours.

¹¹ BILLINGTON 1983 (cf. note 1), pp. 147-170.

¹² David P. BILLINGTON, *The art of structural design: a Swiss legacy*, Princeton 2003, pp. 16-29.

¹³ Cf. note 6.

¹⁴ BILLINGTON 2003 (cf. note 12), pp. 112-127.

¹⁵ Heinz ISLER, « Construction des coques. Tendances et limites », in *Chantiers*, 9 septembre 1976, pp. 3-8; Heinz ISLER, « Typologie und Technik der modernen Schalen », in *Werk, Bauen + Wohnen* 70, 1983, pp. 34-41; Heinz ISLER, « Concrete Shells and Architecture »,

in *Journal of the International Association for Shell Structures* 91, 1986, pp. 39-42.

¹⁶ Irene PREROST, « Heinz Isler: seine Kuppeln tönen wie Glocken », in *Hochparterre* 3, 1990, pp. 52-55.

¹⁷ Heinz ISLER, « New Shapes for Shells », in *Journal of the International Association for Shell Structures* 8, 1961, pp. 123-130.

¹⁸ Ce nombre est obtenu en se référant au nombre total de coques réalisées par projet, et non au nombre total de projets; à titre d'exemple, la commande de l'entreprise Charles Jaccaz en 1964 (voir fig. 2) compte vingt-neuf coques au total.

¹⁹ Heinz ISLER, « Effective Use of Concrete », in *Rapports des commissions de travail AIPC* 36, 1981, pp. 189-191; Heinz ISLER, « Elegante Modelle, Die moderne Form des Schalenbaus », in *Deutsche Bauzeitung* 7, 1990, pp. 62 ss.

²⁰ Chaque projet a été doté par le gta d'une cote qui a été reportée dans une liste. Sur la base de cette liste, j'ai pu établir les statistiques exposées dans l'article. Isler réalise au cours de sa carrière environ 292 projets de coques, dont 224 en Suisse, 37 en Allemagne et 19 en France.

²¹ Heinz ISLER, « New Shapes for Shells— Twenty Years After », in *Journal of the International Association for Shell Structures* 20-21, 1979-1980, pp. 9-26.

²² En allemand: *Formfindungsmethoden*.

²³ *Pneumatische Membranformmethode*.

²⁴ *Hängeformmethode*.

²⁵ *Fließformmethode*.

²⁶ *Buckelschalen* ou *Industrie-Schalen*. Heinz ISLER & A. WEDER, « Die Buckelschale, ein interessantes Bauelement », in *SBZ* 23, 1955, pp. 346-349.

²⁷ Santiago HUERTA, « Structural Design in the Work of Gaudí », in *Architectural Science Review* 49, 2006, 4, p. 325.

²⁸ Jürgen JOEDICKE, « Willkür und Bindung im Werk von Antonio Gaudí », in *Bauen + Wohnen* 14, 1960, pp. 181-187; HUERTA 2006 (cf. note 27), pp. 324-339.

²⁹ Gaëlle NYDEGGER, *S'affirmer par l'image. René Chapallaz et la photographie architecturale*, Neuchâtel 2020.

³⁰ Alberto BOLOGNA, *Pier Luigi Nervi ou l'art de la structure: photographies de la collection Alberto Sartoris*, Lausanne 2013.

³¹ Alberto SARTORIS, « Le style de Nervi », in *AFF* 8, 1961-1962, pp. 14-44.

³² Isler utilise les photographies dans le cadre de conférences et de cours qu'il donne à des universités et des hautes écoles. Elles servent également de matériel visuel pour des expositions; la première d'entre elles, intitulée « Heinz Isler as Structural Artist », qui a donné lieu à la première monographie sur Isler, est montrée en 1980 à l'Université de Princeton (États-Unis).

³³ Le coffrage se compose de poutres en bois lamellé qui forment les étais sur lesquels sont posées d'abord les plaques d'isolation thermique et acoustique, puis l'armature sur laquelle est appliquée le béton. Le béton est généralement coulé au centre et projeté aux angles, puis aplati et lissé grâce à des machines de vibration pour empêcher la formation d'air dans la masse.