

Zeitschrift: Tracés : bulletin technique de la Suisse romande
Herausgeber: Société suisse des ingénieurs et des architectes
Band: 132 (2006)
Heft: 04: Surfaces gauches

Artikel: Le façonnage de surfaces gauches complexes
Autor: Schmidt, Sébastien
DOI: <https://doi.org/10.5169/seals-99448>

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: 30.03.2025

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

Le **façonnage** de surfaces gauches complexes

Dans la culture architecturale traditionnelle, la définition géométrique des lignes, des surfaces et des volumes donne usuellement lieu à un classement dualiste. Ils sont soit « réglés » - à l'aide de tracés directeurs ou de trames -, soit « libres ». Dans ce dernier cas, on évoque facilement le côté « sculptural » de la construction, comme ce fut le cas par exemple pour la chapelle de Ronchamp.

L'abandon du réglage traditionnel - en créant par exemple des lignes non simplement justifiables - génère souvent pour l'architecte une forme d'angoisse insupportable. Pourtant, l'expérience issue du façonnage de forme pour les coques de bateau ou des profils d'appendices (fig. 1) montre qu'il existe une voie intermédiaire qui allie deux objectifs habituels de l'architecte : justifier son trait tout en explorant les richesses formelles qu'offrent les courbes libres s'affranchissant du té, de l'équerre et du compas.

En partant de formes libres, puis en les façonnant suivant une hiérarchie de contraintes prédéfinies et un processus

d'optimisation, on obtient une sorte de « direction » ou de « définition contrainte » des courbes ou des surfaces, où les génératrices possèdent leur place précise. Pour indication, l'ordre de grandeur de la précision obtenue est celui d'une tolérance normalisée de coffrage à béton.

En architecture navale ou en ingénierie aéronautique, ces contraintes peuvent être d'ordre physique, comme par exemple un champ de pression souhaité autour d'un profil d'aile d'avion (fig. 1). Dans le bâtiment, elles peuvent avoir une multitude de motifs imaginables : une géométrie à contourner ou à intégrer, comme dans le cas des colonnes de la piscine de Bois Gourmand (fig. 2 et 3), un guidage particulier des diffusions de lumière, etc.

À la fin du processus d'optimisation, il est donc possible de fournir à l'architecte son anxiety : les courbes à priori libres sont finalement « réglées » ou « justifiées », sans pour autant devoir recourir à la moindre ligne droite ou au moindre rayon, c'est-à-dire selon d'autres critères tout aussi rigoureux que cette définition simpliste, mais sans qu'il nous soit possible de les transcrire de manière simple.



Fig. 1 : Coefficients de pression sur la surface d'une aile
 Fig. 2 et 3 : Coupole Bois Gourmand, Aris Cerbetis, de Planta et Portier architectes, 2002-2003

Fig. 4 : Points durs

Fig. 5 : Lanterneaux de la clinique La Prairie à Clarens, Luthi & fils chantier naval, Richter et Dahl Rocha architectes, 2004

Les points durs du « réglé »

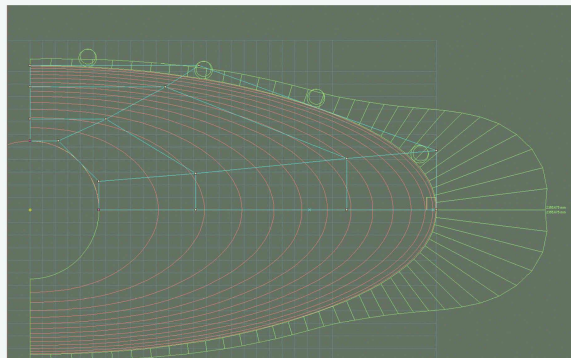
Pourquoi cette volonté de s'affranchir des lignes droites et des rayons? Il ne s'agit pas d'une motivation d'ordre dogmatique, mais plutôt d'un besoin d'éviter des contradictions stériles, qui n'engendrent pas de tensions positives.

L'existence en soi des lignes droites et des rayons en tant que génératrices de surface - un pan de mur par exemple - ne pose pas la moindre difficulté. C'est leur aboutement qui crée des points durs dans l'évolution de la courbure. A l'analyse de leur définition mathématique, ces points durs représentent des sauts dans l'évolution des rayons de courbure de la courbe (fig. 4).

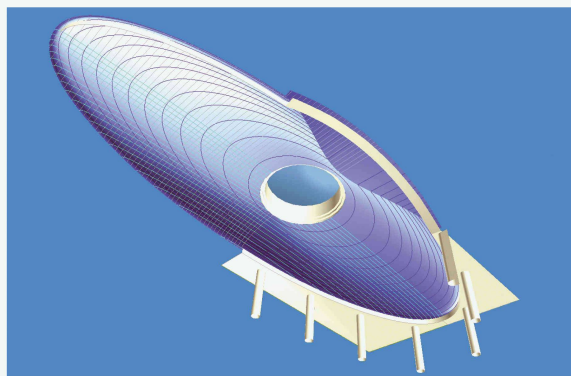
Nous avons souvent été confrontés à ce problème lorsque l'architecte qui nous mandatait pour la simple modélisation de formes 3D (montage en volume, extraits de coupes, de courbes de niveaux, etc.) nous livrait des courbes composées d'aboutements de rayons et de droites, alors que sa volonté déclarée était que l'œil perçoive un déroulement fluide de la lumière le long de ces surfaces. Or la présence de points durs dans les génératrices provoque des concentrations de lumière ou d'ombre qui vont précisément à l'encontre de cette volonté de déployer régulièrement l'intensité de la luminosité le long de la surface (fig. 5).

Chacun connaît les mots de Corbu: « L'architecture est le jeu savant, correct et magnifique des volumes assemblés dans la lumière... Les ombres et les clairs révèlent les formes: les cubes, les cônes, les sphères, les cylindres ou les pyramides sont les grandes formes primaires que la lumière révèle bien: l'image nous en est nette et tangible, sans ambiguïté. C'est pour cela que ce sont de belles formes, les plus belles formes. »

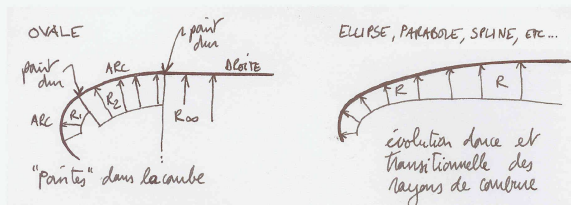
Si la première partie de cette citation reste d'actualité chez les émotifs, il n'est pas blasphématoire d'en contredire aujourd'hui l'interprétation: c'est sans doute plus par la qualité de la définition « mathématique » de leurs surfaces que les formes citées sont propices à une diffusion harmonieuse de la lumière, plutôt que parce qu'elles sont nettes et tangibles. Ce qui ouvre la voie à beaucoup d'autres possibilités formelles tout aussi honorables (fig. 6, 7 et 11). Le buste



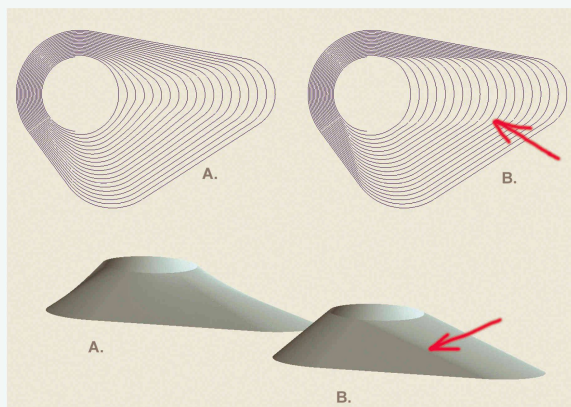
2



3



4



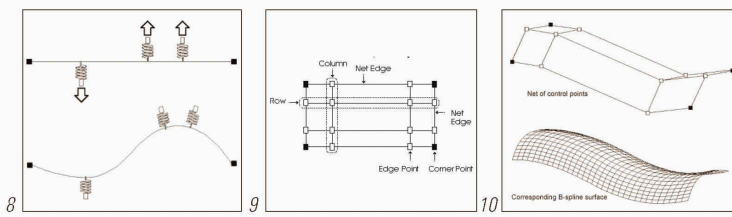
5

Fig. 6 : Déformation de franges projetées sur un visage (Photo EPFL/LHE)

Fig. 7 : Catamarans Décision 35, Décision SA chantier naval, Seb Schmidt et collaborateurs architectes navals 2003-2004 (@Loris von Siebenthal, <myimage.ch>)

Fig. 8 à 10 : B-Splines (@Maxsurf, <www.formsys.com>)

Fig. 11 : Lanterneaux de la clinique La Prairie à Clarens, Luthi & fils chantier naval, Richter et Dahl Rocha architectes, 2004



saisi par Man Ray dans « Le retour à la raison » l'illustre également très bien (<www.manray-photo.com>).

Le processus de lissage

Avant l'aide de l'informatique, on utilisait, pour lisser les courbes, de fines lattes flexibles que l'on maintenait sur la table à dessin par des poids en plomb. La tension de la courbe dépendait de la flexibilité de la latte. Parfois même, pour dessiner les courbes évolutives, on utilisait des lattes à raideur progressive qui permettaient, dans le cas d'une parabole par exemple, de bien « enrouler » les petits rayons proches de l'origine et « tendre » ensuite la ligne vers sa partie asymptotique, progressivement et d'un même geste.

Pour générer ce type de courbes mathématiquement, les programmeurs utilisent ce qu'ils appellent des *B-Splines* qui sont manipulables de manière analogue, c'est-à-dire en déplaçant leurs points de contrôles (les « poids »). Sauf que, raffinement appréciable, ces poids mathématiques sont attachés à la courbe par des « ressorts » dont la rigidité et la quantité peuvent varier (fig. 8), ce qui offre de multiples possibilités de lissage en évitant les fameux points durs. Pour construire des surfaces gauches complexes tridimensionnelles, on utilise un réseau de *B-Splines* qui forment un filet de rangées et de colonnes dont on peut indépendamment faire varier le nombre de points de contrôle et la courbure (fig. 9 et 10).

En interprétant ainsi les suites d'arcs fournies par l'architecte, on peut contrôler à volonté l'évolution des rayons de courbure et donner l'effet désiré à la diffusion de la lumière le long de cette surface, grâce à la sophistication des outils informatiques d'aujourd'hui. Très laborieux il y a quelques années, ils sont devenus de véritables modelleurs, alliant manipulation libre (on déplace les poignées à la souris) et rigueur mathématique (on peut à tout instant intervenir sur les coordonnées pour forcer tel ou tel passage). De plus, ces programmes mettent à disposition de nombreux outils de contrôle de la qualité des formes engendrées : ombrages, zébrages, évolution des rayons de courbure, etc.

Dans le cas de la coupole de Bois-Gourmand, il fallait composer avec la présence de colonnes le long d'un bandeau et dynamiser la nervosité de la courbe de déploiement de celui-ci lorsque l'œil l'aligne en perspective, puis celle de la coupole qui l'enveloppe (fig. 2 et 3).

Pour les puits de lumières d'une clinique à Clarens (fig. 5 et 11), il a fallu trouver un compromis entre la fidélité aux contours originaux définis par l'architecte - qui par leur nature induisaient des ombres dures - et la volonté de faire

Fig. 12 : Plafonds du World Economic Forum, J. Bugna & collaborateurs, Genève, 1997-1998

Fig. 13 : Plafonds du World Economic Forum, J. Bugna & collaborateurs, Genève, 1997-1998 (©Loris von Siebenthal, <myimage.ch>)

Fig. 14 : Contours de sections évolutives, coupole de Bois Gourmand

agir les surfaces générées comme des diffuseurs de lumière zénithale devant vibrer le plus « doucement »¹ possible sur les pâtes de verres du revêtement. A la fin, le tracé des contours retenu ne trahit qu'imperceptiblement le dessin original (au maximum quelques centimètres d'écart sur des pièces de 7 m de longueur). La construction des coquilles par le chantier naval *Luthi*, familier de ce genre de vrillages sur les coques de voiliers, a permis une mise en œuvre fidèle des formes calculées.

En dissociant discrètement la mesure mathématique effective - qui n'est connue que du géniteur - de ce que l'œil percevra *in fine*, on ne fait rien d'autre qu'appliquer des règles enseignées par les architectes baroques italiens du milieu du XVII^e siècle, notamment à propos des dispositions symétriques ou des perspectives.

La prise en compte du matériau

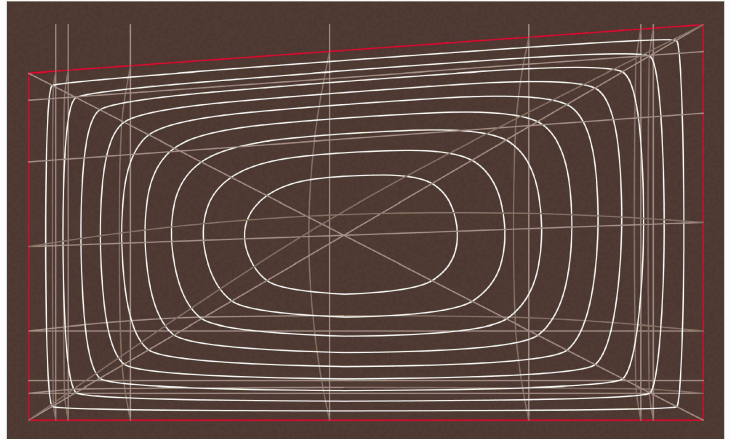
Ce façonnage, jusqu'ici purement virtuel, ne peut être accompli à satisfaction qu'en prenant en compte le plus tôt possible les matériaux avec lequel la surface sera réalisée sur le chantier, qu'ils soient développables (panneaux de contreplaqué), décomposables (bois moulé, stratifiés de fibres de verre) ou coulables (plâtre, béton, résines).

Plusieurs anecdotes illustrent bien ce propos. Lors de la construction du *World Economic Forum*, il s'agissait de mettre en forme un plafond suspendu selon une série de courbes, alors que les plans à disposition se limitaient à une vue en plan et deux coupes en deux dimensions, transversale et longitudinale. Nous avons été appelés à la rescousse au moment où le menuisier s'est rendu compte que la surface dudit plafond, courbé dans les trois dimensions, n'était pas développable tel quel au moyen de panneaux de contreplaqué. Nous avons alors mesuré avec lui, par un test sur un panneau, le vrillage maximum que celui-ci était prêt à supporter sans couiner². Puis nous avons remodelé la surface du plafond en respectant cette courbure maximale, tout en cherchant à satisfaire les vœux de l'architecte pour la diffusion de la lumière le long des impostes. Les coupes et les courbes de niveau ont ensuite été fournies aux architectes et au menuisier pour l'établissement des plans d'exécution (fig. 12 et 13).

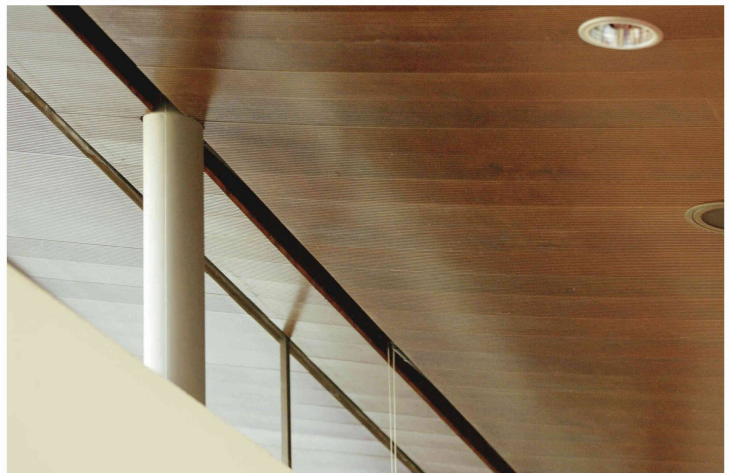
Dans le cas de la coupole de Bois Gourmand (fig. 14), il a fallu construire un moule en atelier pour pouvoir y stratifier

¹ Dans le sens anglais « smooth », mot qui, dans le langage des mathématiciens, n'a pas la mollesse du mot « doux » en français et signifie plutôt « sans à-coups ou irrégularités, onctueux, coulant ».

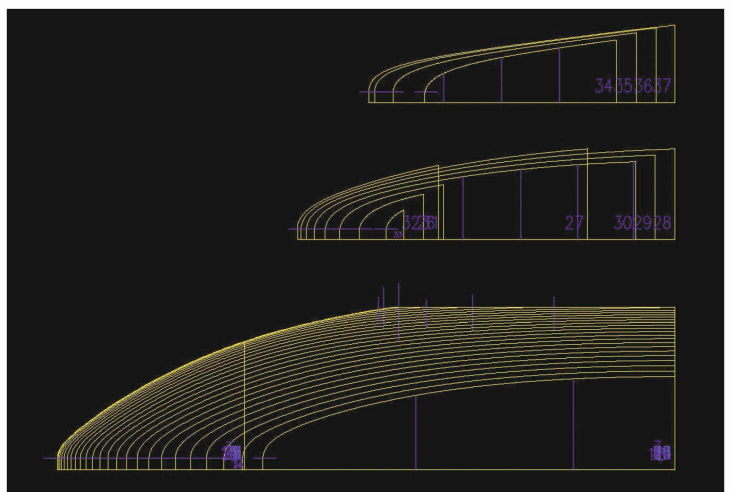
² Dans le domaine de la construction navale, les Bretons parlent de la méthode du contreplaqué torturé.



12



13

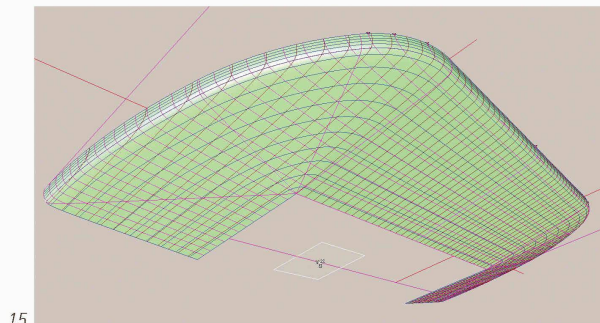


14

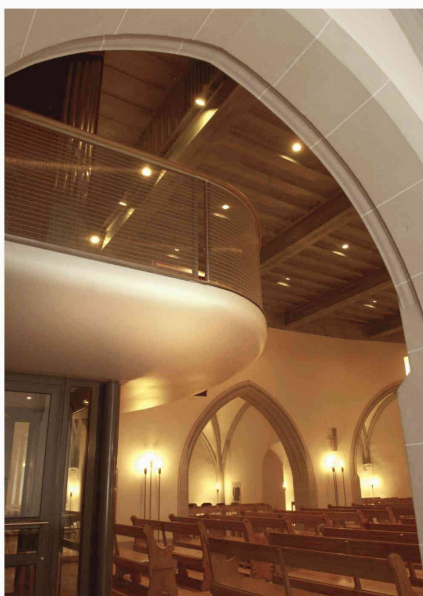
Fig. 15 et 16 : Tribune d'orgue du temple de Commugny, Monique Bory, de Planta et Portier architectes, 2002, modélisation 3D et réalisation
(©Loris von Siebenthal, <myimage.ch>)

Fig. 17 : Modeleur Imhof à Yverdon

(Sauf mention, tous les documents illustrant cet article ont été fournis par le bureau seb schmidt architectes navals sarl)



15



16



17

des couches de plâtre renforcé de toile, élément par élément, avant d'assembler le tout sur place. Le plâtrier nous a demandé des cotes et des rayons, d'autant plus fastidieux à fournir qu'il n'y avait justement plus ni cotes ni rayons... Nous avons alors saisi l'occasion d'appliquer au bâtiment les techniques de découpage de section au laser employées en construction navale pour l'élaboration des moules de coques. Une fois les épaisseurs de peaux déduites en accord avec le plâtrier, 45 contours de sections évolutives ont été envoyées avec les panneaux bruts *Triply* à la découpe laser, avec une précision de 1/10 de mm.

Pour la tribune d'orgue du temple de Commugny (fig. 15 et 16), c'est un pain de mousse qui a été mis en forme directement par le chantier naval *Décision SA*, suivant des gabarits que nous leur avons fournis, avant de recevoir la fibre de verre imprégnée de résine époxy.

Une étape significative a été franchie en 2003, lors de la construction des moules du catamaran *Décision 35* par le chantier éponyme : les pains de mousse ont été fraisés à partir de nos fichiers 3D par le modeleur *Imhof* à Yverdon (fig. 17), sans passer par le dessin de plans. Des coques de près de 11 m de longueur ont été taillées dans la masse, ce qui nous a autorisé une liberté d'expression inégalée. On pouvait s'affranchir totalement des contraintes liées au matériau traditionnel du moule (lattes de bois) pour coller directement à celui du moulage des pièces elles-mêmes (stratifié en fibre de carbone et nid d'abeille). En sachant que le matériau final pouvait, dans une certaine mesure, accepter sans trop d'outrages toutes ces exagérations, on a pu par exemple créer des nerfs.

Cette liberté d'expression dans la définition des pans et le jeu offert par les nouveaux matériaux représentent de belles perspectives d'exploration pour les années à venir. Les possibilités d'interprétations sont illimitées, y compris dans l'ironie lorsqu'on ose s'affranchir de cette littéralité forme-matériau parfois fastidieuse. Ironie réussie que l'on retrouve par exemple dans les tribunes du grand hall du musée Guggenheim de Bilbao, dont les faces ont été revêtues de pierre assemblées selon un appareil de mur traditionnel, mais dont chaque module est gauche, préalablement défini et lissé en 3D, puis fraisé individuellement dans la masse.

Sébastien Schmidt, architecte
seb schmidt architectes navals sarl
8 Coulouvrenière, CH - 1204 Geneve