

03/17 steeldoc

Ouvrages d'exception



Un cheminement tout en souplesse

Maître de l'ouvrage

Syndicat mixte de la baie du Mont Saint-Michel

Architectes

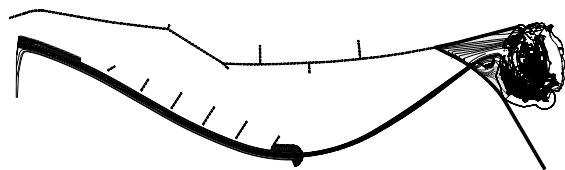
Dietmar Feichtinger Architectes, Montreuil (F) et Vienne

Ingénieurs

schlaich bergermann partner, Stuttgart (D)

Achèvement

2014



Plan de situation, échelle 1 : 28 000.

Un nouveau pont-passerelle permet d'accéder au Mont Saint-Michel, en Normandie. L'ouvrage conçu par l'architecte autrichien Dietmar Feichtinger, en collaboration avec le bureau d'études schlaich bergemann partner, permet aux eaux de la mer et du Couesnon de s'écouler à nouveau librement. Le nouvel ouvrage d'accès évite ainsi l'ensablement de la baie: l'île restera île.

Accueillant plus de trois millions de visiteurs par an et classé depuis 1979 par l'UNESCO au Patrimoine mondial de l'humanité, le Mont Saint-Michel, fait partie des sites touristiques majeurs de France. Jusqu'à récemment, une digue-route construite à la fin du 19^e siècle menait de l'embouchure du Couesnon au Mont et son abbaye. La digue et le barrage construit dans les années 1950 sur le fleuve côtier ont conduit à l'ensablement progressif de l'immense baie, qui s'étend sur 500 km². C'est à l'extrémité de cette dernière, à l'endroit le plus plat, que se dresse le Mont Saint-Michel. Les courants naturels ne suffisaient plus à entraîner au large le sable qui s'accumulait au fil des marées. Faute d'intervention, le fier rocher se serait bientôt retrouvé rattaché au continent.

Pour empêcher cela, le Syndicat mixte de la Baie du Mont Saint-Michel a engagé un «Projet de rétablissement du caractère maritime du Mont Saint-Michel». Ce projet de renaturation définissait des objectifs précis destinés à redonner au site son caractère originel. Après des années d'études scientifiques, en particulier hydrosédimentaires, le projet est entré en 2003 dans la phase des études opérationnelles et, en 2011, les entreprises signaient les marchés.

Le projet de rétablissement du caractère marin

Le projet comporte plusieurs volets, tous destinés à restituer au Mont son insularité: un barrage sur le Couesnon, qui retient les eaux à marée haute et les restitue à marée basse pour créer des courants de chasse entraînant les sédiments vers le large; le déplacement du stationnement sur la terre ferme, afin de pouvoir renaturer les surfaces en enrobés au pied du Mont; enfin, un nouvel ouvrage d'accès, en remplacement de la digue-route.

Le concours international lancé en 2001 a été remporté par l'architecte autrichien Dietmar Feichtinger, en équipe avec le bureau d'études schlaich bergemann partner. Au cœur du projet, le Mont Saint-Michel, seul repère saillant dans un paysage infini de grèves: l'ouvrage d'accès devait lui conserver – et même renforcer – son caractère exceptionnel.

Un ouvrage semi-intégral

Le nouveau pont-passerelle de 765 m de long, s'écarte à peine de l'horizontale; il semble tout juste flotter au-dessus de l'eau à marée haute. Son tracé ondoie au travers de la vaste baie peu profonde, aboutissant à un terre-plein au pied du Mont, submergé aux grandes marées. Ainsi, 18 jours par an, le Mont Saint-Michel redevient ce qu'il était: une île entourée par la mer.

Le nouvel ouvrage d'accès est un ouvrage mixte acier-béton, de type semi-intégral. Le tablier repose sur 154 poteaux en acier, encastrés en tête et en pied. Le pont-passerelle est découpé en sept tronçons, de 78 m de long aux extrémités, de 120 m de long en section courante. Entre ces tronçons, des joints de dilatation permettent de compenser les déformations longitudinales et d'éviter les contraintes parasites. Le point fixe de l'ouvrage est situé au centre. Les déplacements sont libres aux extrémités, les dalles de transition faisant la liaison avec la terre ferme.

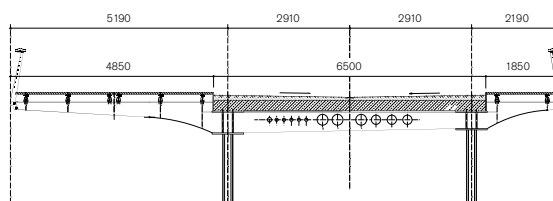
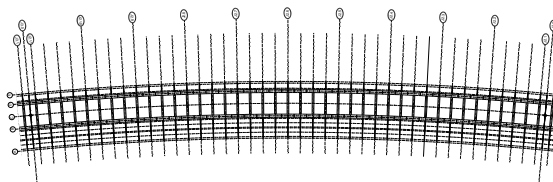
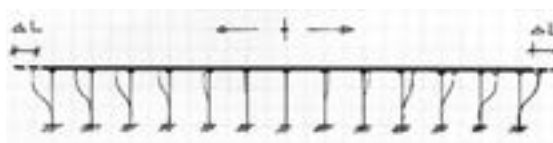
Les poteaux sont disposés par paires tous les 12 m et sont constitués de fins tubes en acier de 244 mm de diamètre, soudés aux poutres principales. L'épaisseur de leur paroi est comprise entre 40 et 60 mm, en fonction des sollicitations. A la jonction entre les tronçons, la distance entre les poteaux est réduite à 3 m environ, de manière à réduire le porte-à-faux des poutres.



Actuellement, les poteaux sont encore entourés de sable et de sédiments. Mais dans les prochaines années, la marée descendante chassera au loin toujours plus de sédiments. Les poteaux se transformeront en pilotis, avec une longueur de flambage toujours plus importante, atteignant au final jusqu'à 6 m : l'ouvrage aujourd'hui encore rigide deviendra toujours plus souple et plus déformable. Cette modification des conditions statiques devait être prise en compte par le bureau d'études dans les calculs et le dimensionnement. Elle a conduit à encastrement des tubes en acier – d'une longueur de 8 m – à 2 m sous le niveau final des grèves, dans des pieux forés de 120 cm de diamètre et 30 m de long.

Une colonne vertébrale déliée

La largeur des portiques supportant le tablier, comprise entre 13,2 m et 17,2 m, varie en fonction de la largeur de celui-ci. La largeur de la chaussée occupée par le trafic des navettes et des véhicules de livraison varie entre 6,5 et 8,5 m, tandis que les trottoirs laté-



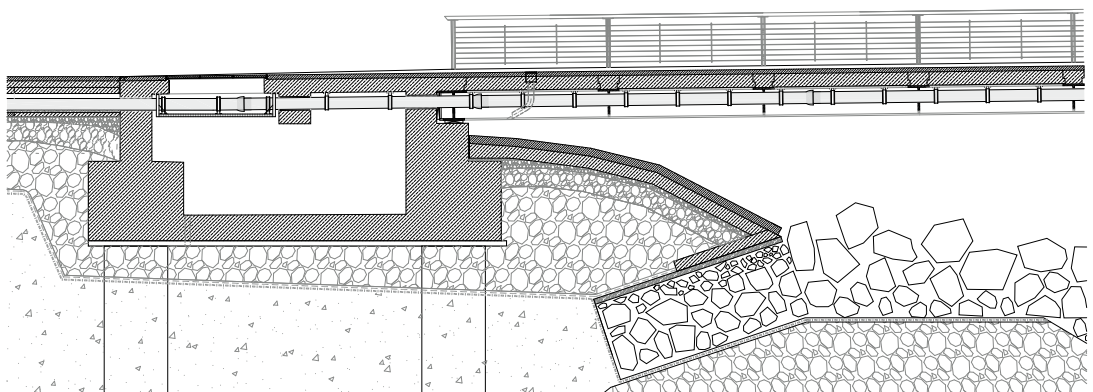
A marée haute, le nouveau pont-passerelle flotte tout juste au-dessus de l'eau. A marée descendante, le courant chasse les sédiments vers le large, entre les fins poteaux de l'ouvrage. Le Mont Saint-Michel conservera ainsi son insularité.

Haut et milieu : l'ouvrage est de type semi-intégral. Les poutres, en sept tronçons, franchissent 67 portiques.

Bas : des dalles préfabriquées en béton précontraint recouvrent la poutraison de la chaussée. Les trottoirs latéraux reposent sur des consoles, poutres en té de longueurs variables, fixées aux poutres principales, et dont la section s'amenuise selon un profil conique.



A marée haute, la mer entoure à nouveau complètement le Mont Saint-Michel. Le caractère insulaire initial a pu être conservé, voire renforcé, grâce au nouvel ouvrage d'accès.



La culée, semi-intégrale, s'appuie sur quatre pieux forés ($d = 120\text{ cm}$). Elle est protégée à l'avant par un enrochement, échelles 1 : 7500 et 1 : 150.



La structure métallique est en place. A gauche, on reconnaît les consoles du cheminement piétonnier ; au centre, les dalles en béton de 25 cm d'épaisseur sont en cours de pose.



Les eaux sont retenues à marée haute derrière le nouveau barrage sur le Couesnon. A marée basse, l'eau s'écoule à nouveau vers la mer, entraînant avec elle les sédiments accumulés autour du Mont.

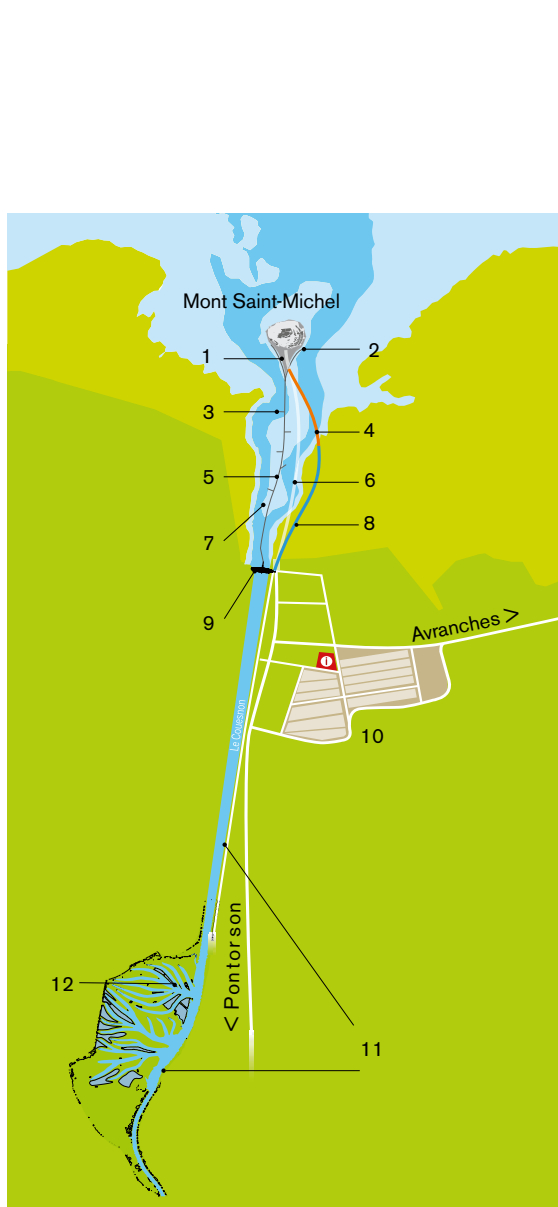
raux ont une largeur de 1,5 à 2,5 m à l'est, et de 4,5 à 5,5 m à l'ouest. Les deux trottoirs, avec un plateau en lames de chêne disjointes pour laisser s'écouler l'eau, sont portés par des consoles de longueurs variables, constituées de profilés en T dont la section s'amenuise progressivement depuis leur ancrage sur les poutres-caissons du tablier, selon un profil conique. Les poutres-caissons ont été réalisées par soudage de tôles de 750 mm de large et d'une hauteur constante de 450 mm à l'est et 550 mm à l'ouest. Avec les pièces de pont installées tous les 3 m, elles forment la colonne vertébrale de l'ouvrage, à la fois rigide et déliée.

La structure est complétée par des dalles préfabriquées en béton de 12,5 m de large et 25 cm d'épaisseur constituant la chaussée, dimensionnée pour supporter des véhicules utilitaires jusqu'à 40 t. Du fait de la largeur variable du pont, aucune des 278 dalles

n'est exactement identique aux autres. Ceci a nécessité une coordination précise, tant du point de vue logistique que des délais, à la fois pour la fabrication en usine et la mise en œuvre sur le chantier. Les dalles étaient posées non jointives et solidarisées ensuite par le scellement des zones de clavage. La solidarisation du tablier en béton avec la structure en acier est assurée par les goujons à tête soudés sur la semelle supérieure des poutres.

Une alternance d'immersions et d'émersions

Au Mont Saint-Michel, le marnage est, avec ses 14 m, le plus important d'Europe. La structure métallique passe donc en permanence d'un état sec à un état mouillé puis à nouveau un état sec. Pour résister à ces conditions extrêmes, la protection anticorrosion a été réalisée avec une peinture époxy, pour une classe de protection C5M, correspondant à la protection d'ouvrages en acier en site maritime. La protection



La renaturation de la baie du Mont Saint-Michel comporte plusieurs aménagements : une estacade et des chemins au travers des dunes pour accéder à l'île, un nouveau barrage, un nouveau parking avec un centre d'accueil des visiteurs et des travaux hydrauliques sur le Couesnon, qui contribuent à élargir à nouveau son embouchure et à entraîner la tange accumulée.

- 1 Terre-plein et gué
- 2 Epi écarteurs
- 3 Epis défecteurs
- 4 Pont-passerelle
- 5 Seuil de partage
- 6 Ancienne digue-route
- 7 Aménagements hydrauliques dans la baie
- 8 Nouvelle digue
- 9 Nouveau barrage
- 10 Parc de stationnement / navettes/centre d'accueil
- 11 Aménagements hydrauliques en amont du barrage
- 12 Remise en eau de l'anse de Moidrey

est encore renforcée au niveau de la plate-forme d'arrivée, qui est régulièrement submergée. Les poteaux, dont la partie inférieure est constamment immergée dans l'eau salée, ont été protégés avec une peinture spéciale correspondant à la classe IM2. D'autres éléments (garde-corps, canalisations) ont été en outre galvanisés.

La synthèse d'un concept architectural et d'un concept structural

La finesse des poteaux permet de limiter au maximum le degré d'obstruction à marée haute comme à marée basse, et donc de ne pas gêner la chasse des sédiments à marée descendante. La portée optimisée de chaque travée – 12 m – a permis en outre d'affiner au maximum l'épaisseur du tablier. Cette conception parfaitement calée en fonction du génie du lieu et des contraintes statiques et esthétiques de l'ouvrage se traduit par un ouvrage d'une extrême finesse, qui s'intègre avec légèreté dans un paysage sensible.

Le pont-passerelle a été inauguré officiellement en octobre 2015. Il avait réussi tous les essais de charge, marée centennale comprise. La même année, il recevait le « Trophée Eiffel de l'architecture en acier » dans la catégorie « Franchir ». Le prix confirme et reflète le travail minutieux de l'équipe de conception dans ce site exceptionnel.

Projet Ouvrage d'accès au Mont Saint-Michel, Beauvoir (F)

Lieu Mont Saint-Michel (F)

Maître de l'ouvrage Syndicat mixte de la baie du Mont Saint-Michel

Etudes de projet, études d'exécution, contrôle des travaux

Dietmar Feichtinger Architectes

schlaich bergemann partner

Pilotage AIA Management

Bureau de contrôle Sorotec

Etudes hydrauliques et géologiques Artélia

Etudes fluides Inex

Assistant au maître de l'ouvrage – géotechnique Technosol

Exécution :

Ouvrage d'art – structure métallique Eiffage Construction métallique

Ouvrage d'art – tablier béton et culées Eiffage travaux maritimes et fluviaux

Ouvrage d'art – fondations profondes Spie Fondations

VRD, digue Rol Normandie

Platelage bois Ateliers Aubert-Labansat

Serrurerie et métallerie BP Métal

Eclairage et électricité Cegelec Ouest

Entreprises de travaux Eiffage Construction métallique – entreprise générale ; Eiffage travaux maritimes et fluviaux ; Spie Fondations ; Rol Normandie ; Ateliers Aubert-Labansat ; BP Métal ; Cegelec Ouest

Données techniques :

Principe de construction Construction mixte acier-béton, 134 appuis (fondations profondes), poutraison acier, sept tronçons, plate-forme d'accès en béton, sur remblai

Nuance d'acier S355

Système porteur Ouvrage semi-intégral, sans appareils d'appui

Tonnage 1800 t acier de construction

Longueur Pont-passerelle 760 m ; digue 1000 m

Largeur 13,2 m à 17,2 m

Surface 10 580 m²

Portées entre appuis 12 m

Nombre de poteaux 134

Coût total 37 mio EUR

Durée des travaux Janvier 2012 à décembre 2014

Distinctions Trophée Eiffel d'architecture acier 2015, catégorie Franchir, lauréat ; Équerre d'argent 2015, catégorie Ouvrages d'art, lauréat ; Prix National de la Construction Bois 2015, catégorie Bâtiments et Aménagements Divers, 1^{er} prix

Impressum

steeldoc 03/17, septembre 2017

Ouvrages d'exception

Editeur :

SZS Centre suisse de la construction métallique, Zurich
Patric Fischli-Boson

Rédaction et textes :

espazium – Les éditions pour la culture du bâti, Zurich
Judith Solt

Franziska Quandt

Clementine Hegner-van Rooden, p. 4–9

Jacques Perret, p. 10–15

Clementine Hegner-van Rooden, p. 16–21

Clementine Hegner-van Rooden et

Franziska Quandt, p. 22–26

Christof Rostert, secrétaire de rédaction

Traduction allemand–français :

Chantal Pradines, Michel Crisinel

Traduction français–allemand :

Anna Friedrich

Textes basés sur les informations des concepteurs.

Les informations et les plans ont été fournis par
les bureaux d'études.

Mise en page :

espazium – Les éditions pour la culture du bâti, Zurich
Claudia Hodel, Anna-Lena Walther

Photos :

Titre : Michael Zimmermann

Editorial : Oliver Heissner

p. 5 Iwan Baan

p. 6, 8 Oliver Heissner

p. 11–15 Ingeni, Genève

p. 17, 20 Christoffer Reglid

p. 18 Dr. Lüchinger & Meyer

p. 23, 24 Jo Pesendorfer

p. 25 Dietmar Feichtinger Architectes,

Thomas Jouanneau

Graphique p. 26 Projet du Mont Saint-Michel

Conception graphique :

Gabriele Fackler, Reflexivity AG, Zurich

Impression :

Stämpfli SA, Berne

ISSN 0255-3104

Abonnement annuel CHF 60.– / étranger CHF 90.–

Numéros isolés CHF 18.– / numéros doubles CHF 30.–

Sous réserve de changement de prix.

A commander sur www.szs.ch/steeldoc/

Construire en acier/steeldoc® est la documentation d'architecture du Centre suisse de la construction métallique et paraît quatre fois par an en allemand et en français. Les membres du SZS reçoivent l'abonnement ainsi que les renseignements techniques du SZS gratuitement.

Toute publication des ouvrages implique l'accord des architectes, le droit d'auteur des photos est réservé aux photographes. La reproduction et la traduction, même partielles, de cette édition ne sont possibles qu'avec l'autorisation écrite de l'éditeur et l'indication de la source.

Abonnement annuel à steeldoc pour CHF 60.–

(gratuit pour les étudiants) sur www.szs.ch/steeldoc/