

# 04/17 steeldoc

Musées



## Une horizontalité affirmée

### **Maître de l'ouvrage**

Ministère de la Défense, La Haye

### **Ingénieurs**

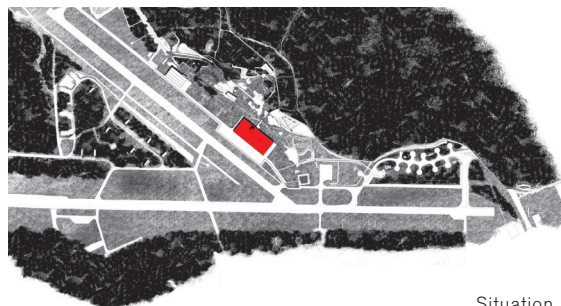
ABT, Delft/Velp

### **Architectes**

Felix Claus Dick van Wageningen Architecten, Amsterdam

### **Achèvement**

2014



Situation.

**Le nouveau Nationaal Militair Museum a pris ses quartiers à Soest fin 2014. L'édifice, une construction en acier, obtenait en 2016 le prix «acier» des Pays-Bas. Aussi étendue que cinq terrains de football, sa toiture affirme une horizontalité parfaite. Conçue comme une structure spatiale, avec un nombre limité de points d'appuis, elle est avant tout le gage de salles d'exposition vastes et lumineuses, idéales au vu du grand format des objets exposés.**

Là où, en 1915, l'armée royale des Pays-Bas avait installé sa toute première base aérienne, se dresse, un siècle plus tard, un musée à la toiture spectaculaire. Implanté sur la partie nord de l'ancienne base militaire de Soesterberg fermée depuis 2008, le Nationaal Militair Museum (NMM) est situé près de l'autoroute A28, entre Utrecht et Amersfort, à la pointe sud-ouest de la ville de Soest. De 1954 à 1994, durant la Guerre froide, la base avait également servi aux forces aériennes américaines stationnées en Europe. Le musée retrace cette histoire, et encore bien d'autres, des forces armées néerlandaises : sous les 110 × 250 m sont exposés pointes de flèches du Paléolithique, épées et armures du Moyen-Age, aéronefs et systèmes d'armement modernes.

### **L'équation du musée : une toiture, un noyau, de l'espace**

Le bâtiment qui abrite le musée a été conçu par le cabinet Felix Claus Dick van Wageningen Architecten, basé à Amsterdam. Il est constitué pour l'essentiel d'un prisme posé à plat, avec un noyau, une toiture et une façade en verre. Selon l'idée directrice retenue par les architectes, deux espaces d'exposition distincts, de caractères opposés – l'un vaste, extraverti, lumineux, l'autre plus intime, introverti, enténébré –, accueillent aujourd'hui les différents objets exposés.

La stabilité de ce hangar particulier est assurée à la fois par le noyau, constitué de poteaux en acier reliés par des diagonales, par les palées dans les plans des façades et par les contreventements en toiture. Le noyau abrite les locaux ne nécessitant pas d'apport de lumière naturelle – ils servent aux projections de films, aux workshops, aux animations où l'on raconte des histoires de vie particulières.

Le grand espace de 12 m de haut, sans poteaux intermédiaires, situé directement à l'arrière de la façade vitrée, est appelé «l'arsenal». C'est là que sont exposés les véhicules automobiles, les avions à hélice, les chasseurs à réaction, les canons, les chars. Lorsqu'ils parcourent cet espace lumineux, avec ses objets volumineux posés au sol ou suspendus au plafond, les visiteurs jouissent en même temps d'une vue étendue sur le paysage environnant portant les traces des activités militaires passées.

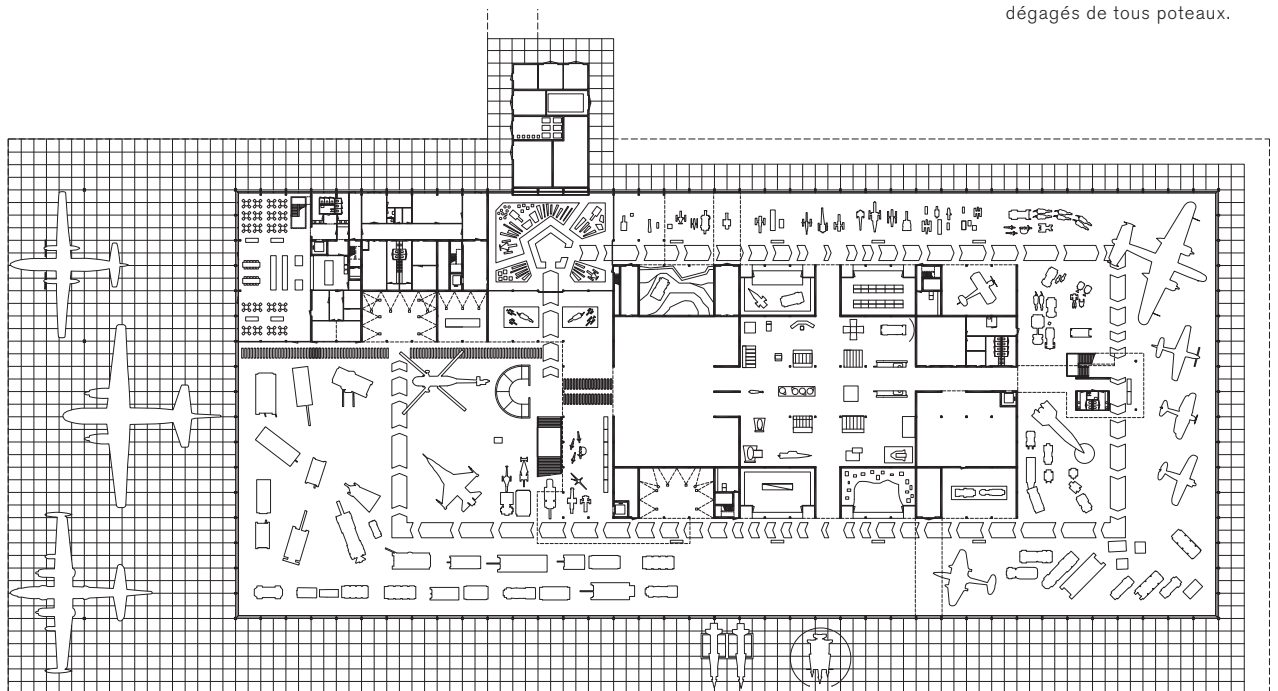
La toiture repose sur près de 200 poteaux. Trois d'entre eux (500 × 500 mm) soutiennent l'auvent monumental de 45 m × 110 m situé à l'extrémité nord-est du bâtiment. Cent six poteaux (300 × 500 mm) se répartissent en façade, à l'extérieur de l'enveloppe de verre de 15 m de haut. Les autres poteaux (300 × 300 mm) constituent le noyau. Sur tout le pourtour, la toiture comporte un porte-à-faux qui peut atteindre jusqu'à 15 m. Il renforce, de l'extérieur, l'horizontalité si marquante de l'édifice. À l'intérieur du musée, la structure est tout aussi prégnante, par sa composition rigoureuse et son extrême légèreté.

### **Septante-deux cas de charge pour exposer des objets de plusieurs tonnes**

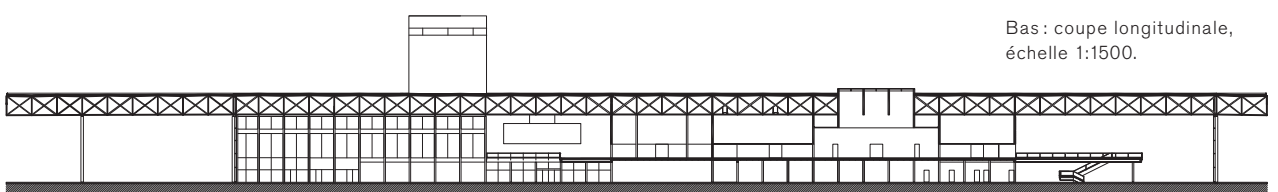
Qu'il ait été possible de suspendre à la charpente métallique des pièces telles que des chasseurs à réaction pesant plus de 10 t, on le doit à la hardiesse et au discernement des ingénieurs d'ABT. Ceux-ci ont conçu une structure spatiale en acier qui autorise des portées de 55 m, qui loge les installations techniques et reprend des charges ponctuelles élevées. Il s'agit d'une double nappe à poutres croisées, disposées selon une trame de 5 × 5 m, et constituées de différents profilés laminés et de profils légers.



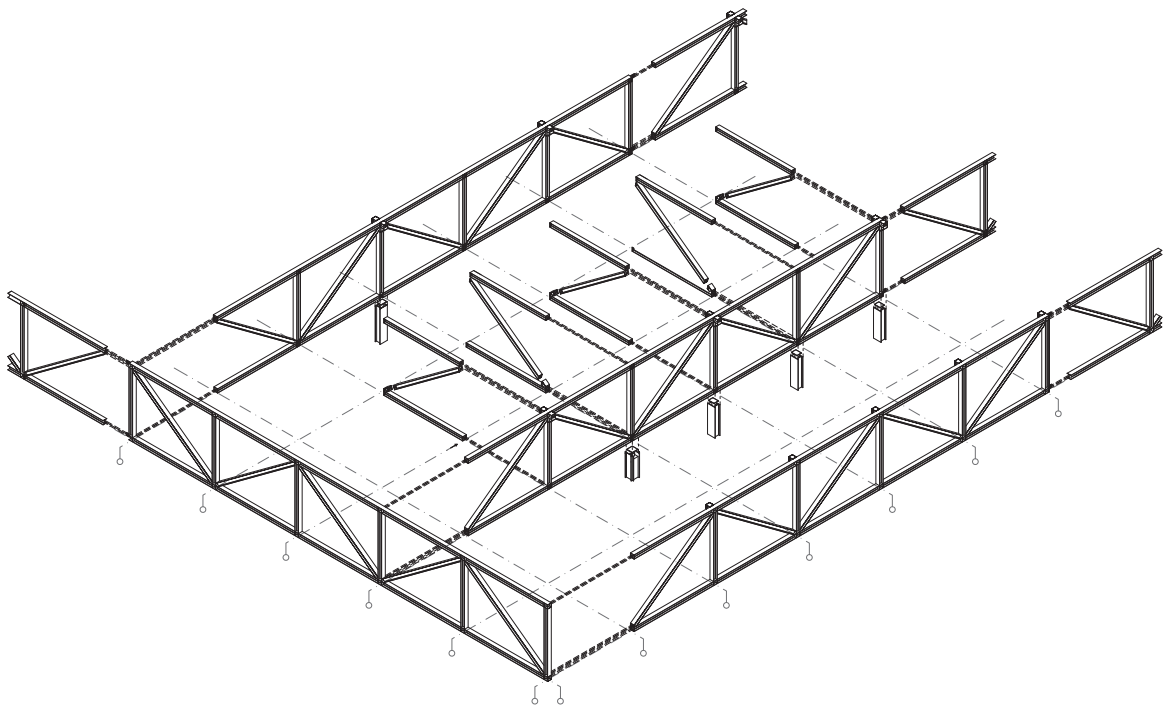
La toiture de 4 m de haut, une structure spatiale, autorise de grandes portées et donc de grands volumes dégagés de tous poteaux.



Haut : vue en plan du rez-de-chaussée, échelle 1:1500.



Bas : coupe longitudinale, échelle 1:1500.

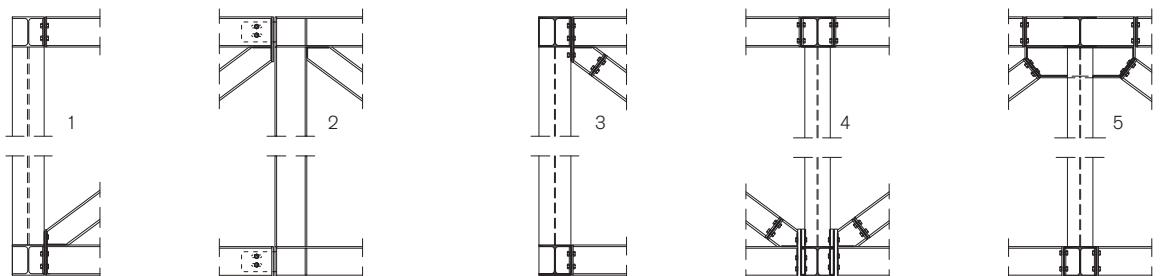


Haut: la structure de la toiture est une double nappe à poutres croisées, selon une trame de 5 × 5 m.

Centre: vue isométrique de la toiture, avec sa structure spatiale.

Bas:

- 1 assemblage d'angle (poutre extérieure)
- 2 joint de dilatation (poutre extérieure)
- 3 assemblage poutre extérieure / poutre intérieure
- 4 assemblage poutres intérieures
- 5 assemblage poutres intérieures





Le chantier, dans le paysage sablonneux de l'ancienne base aérienne militaire de Soesterberg.

Le contreventement est assuré par les diagonales installées dans la nappe supérieure, surtout dans la partie médiane, dans le sens longitudinal. La hauteur de la structure – supérieure à la hauteur d'un étage normal – est suffisante pour pouvoir accueillir d'éventuelles extensions des installations techniques.

Pouvoir suspendre, dans pratiquement n'importe quelle position, des objets pesant jusqu'à près de 13 t, avec des portées allant jusqu'à 30 m, et en changer au besoin l'emplacement, ces contraintes ont imposé une construction sophistiquée, avec des points de suspension flexibles, des câbles en acier ajustables et des points de fixation bien définis. L'ingéniosité du bureau d'études a permis de doter le musée d'une précieuse fonctionnalité : celle de pouvoir présenter des pièces de très grand format selon des arrangements variables. Le musée a ainsi toute liberté de concevoir de nouvelles expositions et de modifier celles en place.

Septante-deux cas de charge différents s'appliquent à la structure, ce qui a constitué un réel défi pour le calcul et le dimensionnement des profilés : il fallait justifier jusqu'à 300 combinaisons de charge différentes pour

l'ensemble des 8000 éléments porteurs ! Les méthodes de calcul conventionnelles étant insuffisantes, les ingénieurs ont développé un outil qui leur a permis d'optimiser la structure et de concevoir une toiture ne pesant que  $60 \text{ kg/m}^2$ , au lieu des quelque  $100 \text{ kg/m}^2$  que les calculs conventionnels auraient imposés. Cet allègement ne s'est pas fait aux dépens de la capacité de la toiture à reprendre les efforts imposés, y compris en cas d'incendie (pour ce cas de charge, les ingénieurs ont pris en compte un effet de membrane pour la toiture).

#### **Une structure qui contribue aux objectifs du développement durable**

La méthode de calcul utilisée a permis des économies en termes de coût mais aussi en termes d'émissions de  $\text{CO}_2$  lors de la production de l'acier, de son façonnage, du transport et du montage. Les  $27\,500 \text{ m}^2$  de toiture contribuent ainsi de manière notable à l'économie du bâtiment et à son caractère durable : 3240 panneaux photovoltaïques y ont été installés. Ils fournissent chaque année 753 MW, soit un quart environ de la consommation annuelle totale du bâtiment. La réduction du poids de la toiture n'est pas seule à contribuer au caractère durable du projet :



La structure spatiale de la toiture supporte le poids des avions accrochés et loge l'ensemble des installations techniques. Laqué brun-noir mat, l'acier confère au musée une allure robuste, en accord avec le programme.

L'optimisation statique du plancher intermédiaire et du dallage y contribuent également. Les objets lourds tels que les chars sont installés au rez-de-chaussée mais aussi au premier étage. Ils génèrent des charges ponctuelles élevées, allant jusqu'à 50 t, qui doivent être reprises par le plancher. Le choix s'est porté sur un plancher mixte acier-béton d'épaisseur réduite (160 mm), donc économe en matière, et néanmoins rigide et d'une grande portance. La dalle de compression est en béton armé à haute résistance, renforcé encore par l'ajout de fibres d'acier.

#### Lové dans le paysage

Le choix de l'emplacement du nouveau musée par les architectes a été soigneusement réfléchi. Il s'agissait de concentrer le flux des visiteurs sur ce terrain de 45 ha et de le canaliser afin d'éviter les atteintes au paysage environnant, avec sa flore et sa faune particulières. Avec son horizontalité prononcée, le vaste bâtiment semble par ailleurs vouloir se rapprocher du sol pour s'effacer. D'une grande sobriété, il ne vole la vedette ni au paysage ni aux pièces exposées. En dépit de sa taille imposante, solidement ancré dans son environnement, il joue la modestie, une posture digne du paysage dans lequel il s'inscrit, digne, aussi, de l'Histoire.

**Lieu** Soest (NL)

**Maître de l'ouvrage** Ministère de la Défense, La Haye, Maître d'oeuvre Heijmans, Rosmalen (NL)

**Architectes** Felix Claus Dick van Wageningen Architecten, Amsterdam

**Planificateur général** Heijmans, Rosmalen (NL)

**Ingénieurs** ABT, Delft/Velp (NL)

**Architectes paysagistes** H+N+S Landschapsarchitecten, Amersfoort (NL)

**Architectes scénographes** Kossmann.dejong exhibition architects, Amsterdam

**BE façades** Oskomera, Deurne (NL)

**Construction métallique** Oostingh Staalbouw, Katwijk aan Zee (NL)

**Nuances d'acier** S 235 JR et S 355 JR

**Tonnage (acier)** 11 800 t

**Système porteur** Grille de poutres treillis sur poteaux

**Emprise au sol** 27 500 m<sup>2</sup>

**Surface brute** 26 000 m<sup>2</sup>

**Dimensions de la charpente métallique**

110 m (l) × 250 m (L) × 4 m (H)

**Coût** 67 mio d'euros

**Durée des travaux** Janvier 2012

à décembre 2014

**Achèvement** 2014

**Protection incendie** Peinture intumescente (installations sprinklers)

# Impressum

steeldoc 04/17, décembre 2017

Musées

Editeur :

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

Rédaction et textes :

espazium – Les éditions pour la culture du bâti, Zurich  
Franziska Quandt, direction de projet

Judit Solt

Clementine Hegner-van Rooden, pp. 4–7

Franziska Quandt et

Clementine Hegner-van Rooden, pp. 8–11

Philippe Morel et Fabrizio Gerneï pp. 12–17

Clementine Hegner-van Rooden pp. 18–22

Philippe Morel, secrétaire de rédaction

Traduction allemand–français :

Chantal Pradines, Michel Crisinel

Traduction français–allemand :

Walter Rinderknecht

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 : François Brix

Editorial : Michel Denancé

p. 4–7 : l'atelier d'architecture Pierre Hebbelinck et  
François Brix

S. 6 : Christian Schädlich,

© Geymüller, Verlag für Architektur

p. 7 : Atelier d'Architecture Pierre Hebbelinck

p. 8, 9 : Michel Denancé

p. 10 : Francesca Avanzinelli

p. 13 : David Linford

p. 14 : Frédéric Biver et Michel Bovay

p. 15 : David Linford

p. 16, 17 (haut) : Michel Bovay

p. 17 : Mike Bink

p. 19, 22 : Christian Richters

p. 20, 21 : Pieter Kers

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](http://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](http://www.szs.ch/steeldoc)**