

Soft Solids

Engineering point of view
on slender structures

Navier (1785-1836)



Cauchy (1789-1857)



mathematical
theory
(France)

Poisson (1781-1840)



Lamé (1781-1840)



practical
knowledge
(UK)



Pontcysyllte aqueduct



The Longdon-on-Tern aqueduct

Ellesmere Canal
1793

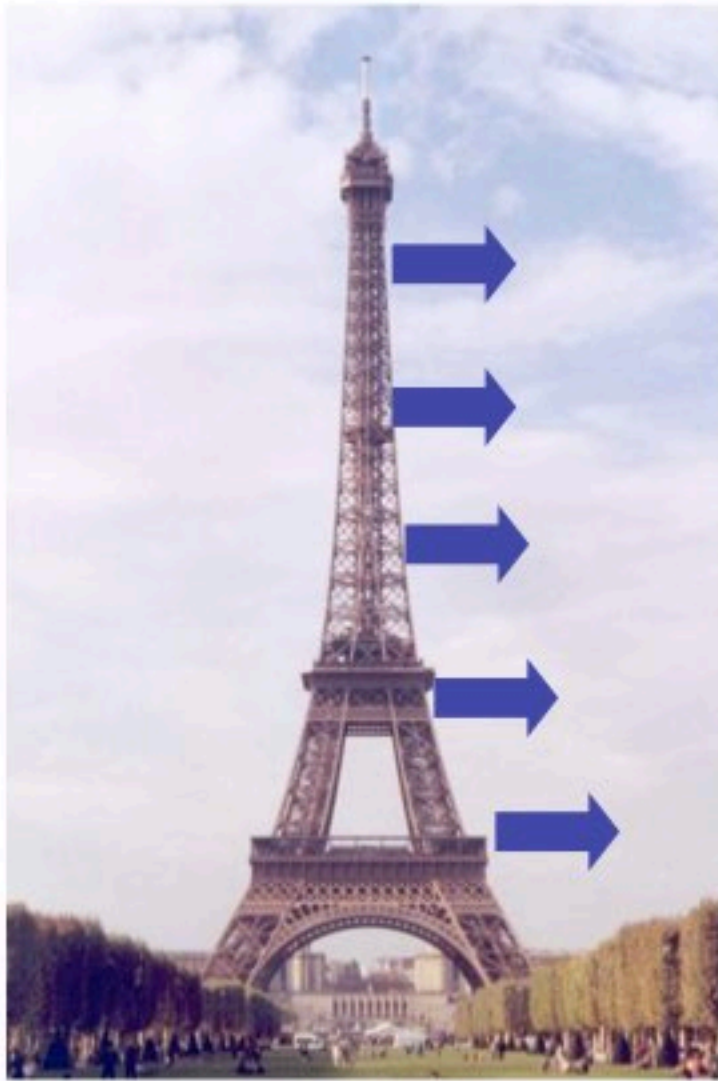


Thomas Telford (1757 –1834)

He had a singular distaste for mathematical studies, and never even made himself acquainted with the elements of geometry; so remarkable indeed was this peculiarity that when we had occasion to recommend to him a young friend as a neophyte in his office, and founded our recommendation on his having distinguished himself in mathematics, he did not hesitate to say that he considered such acquirements as rather disqualifying than fitting him for the situation.

Linear response

statics under a given load

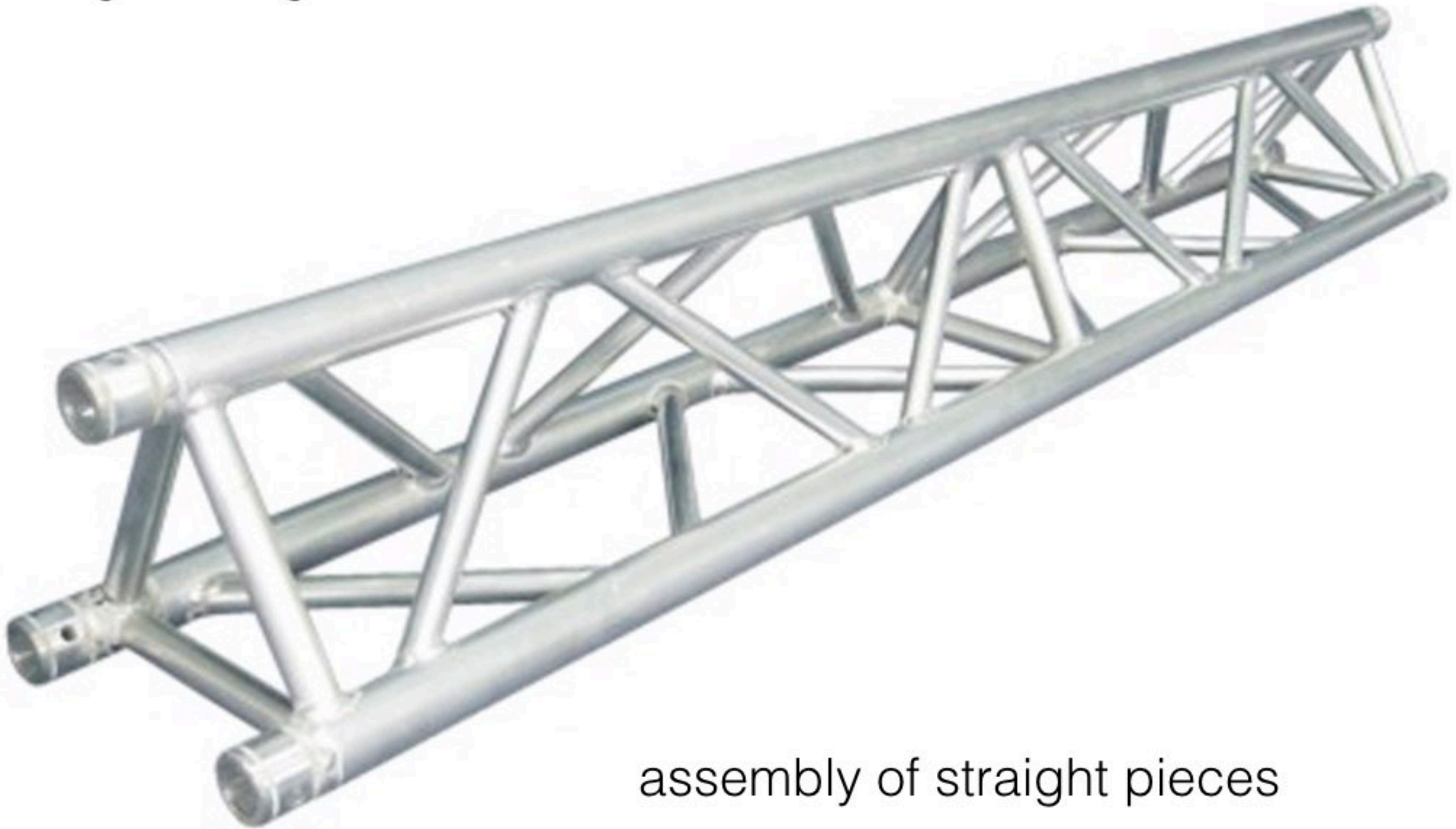


=



$$F = k x$$

Engineering structures under end load



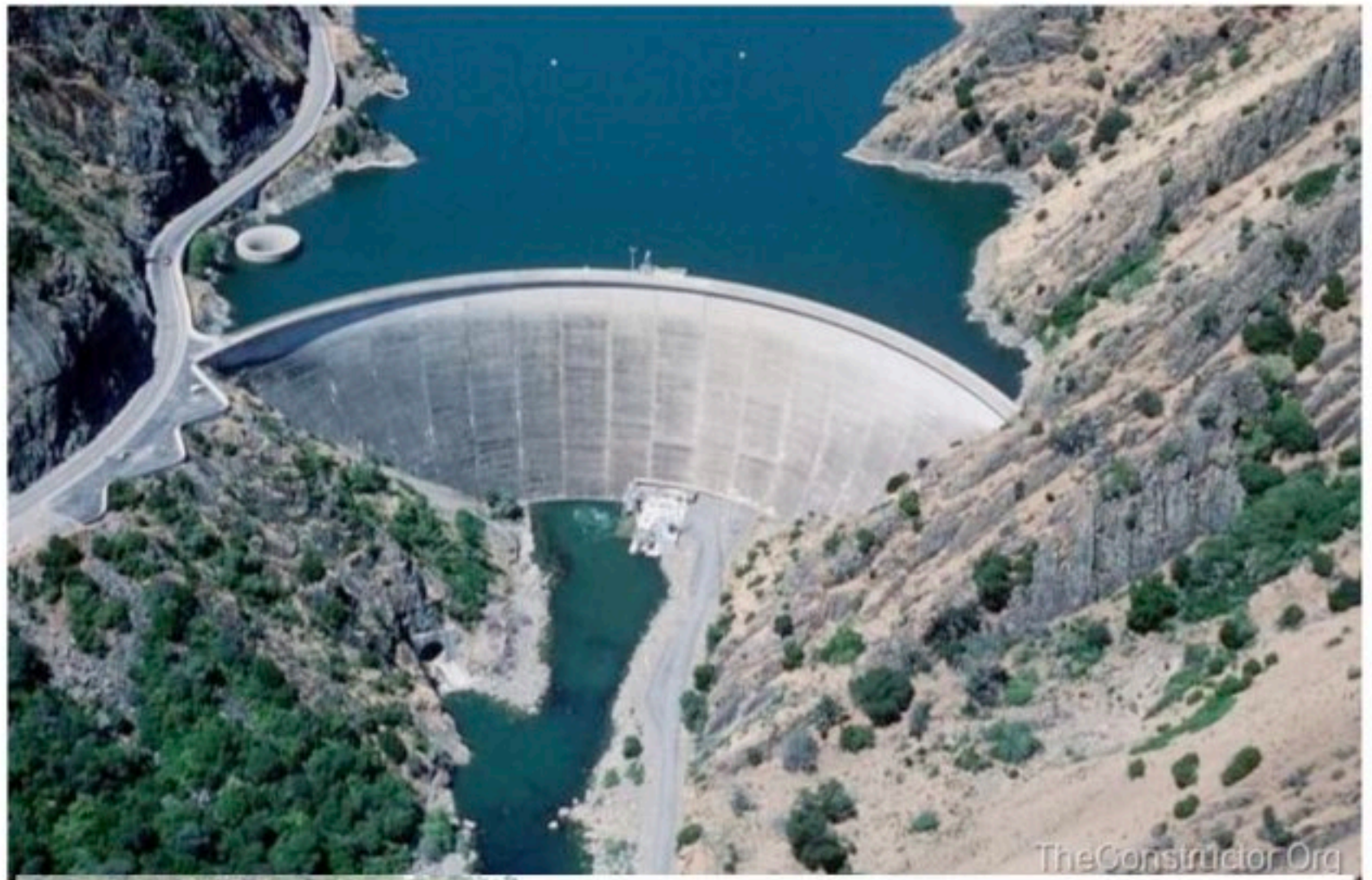
assembly of straight pieces

distributed loads
pressure vessel



sphere are better, but more difficult to manufacture

arch dam



Idukki Dam



distributed loads
weight

Robert Hooke (1655-1705)

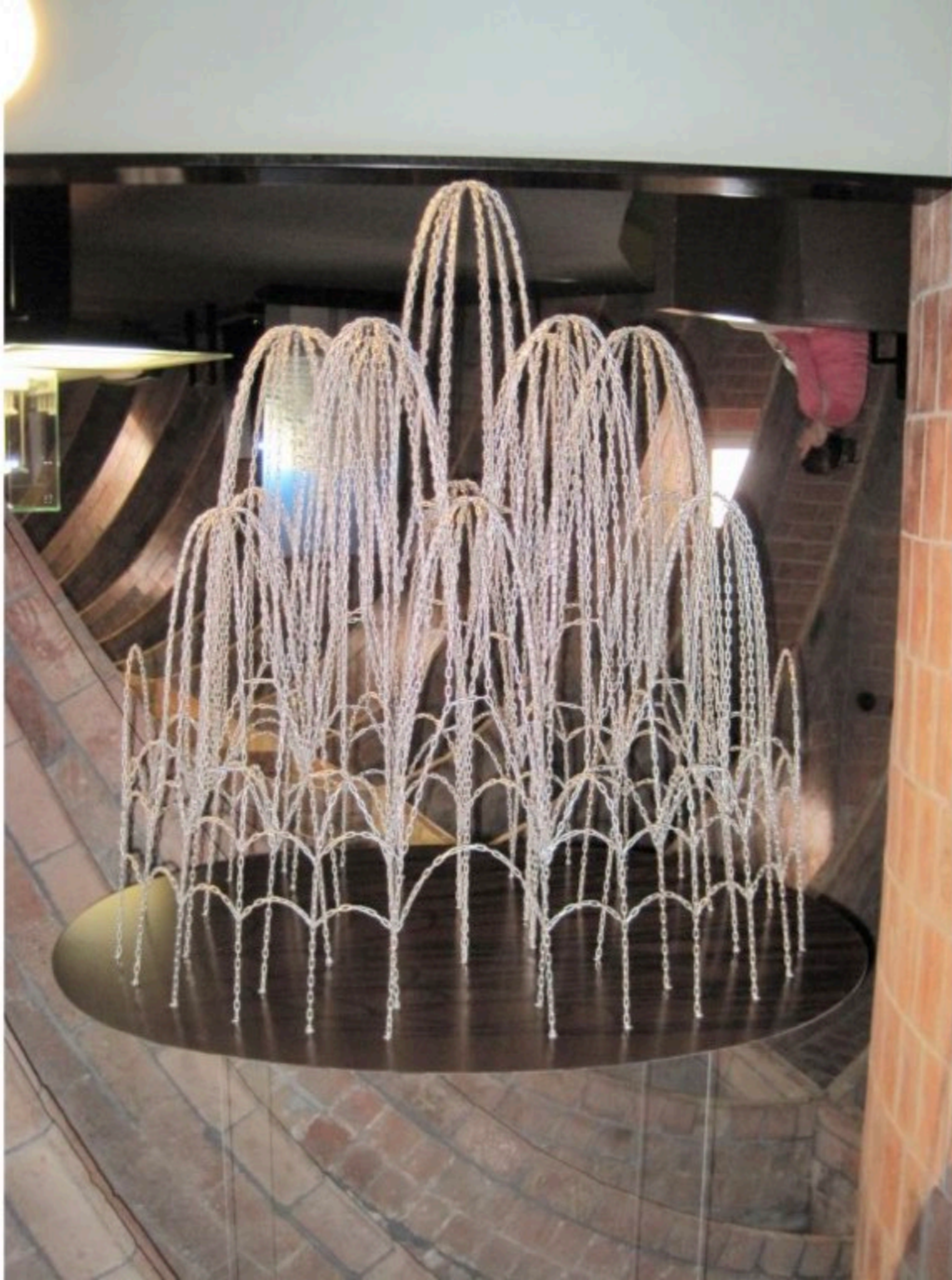
Ut pendet continuum flexile, sic stabit contiguum rigidum inversum

As hangs a flexible cable so, inverted, stand the touching pieces of an arch



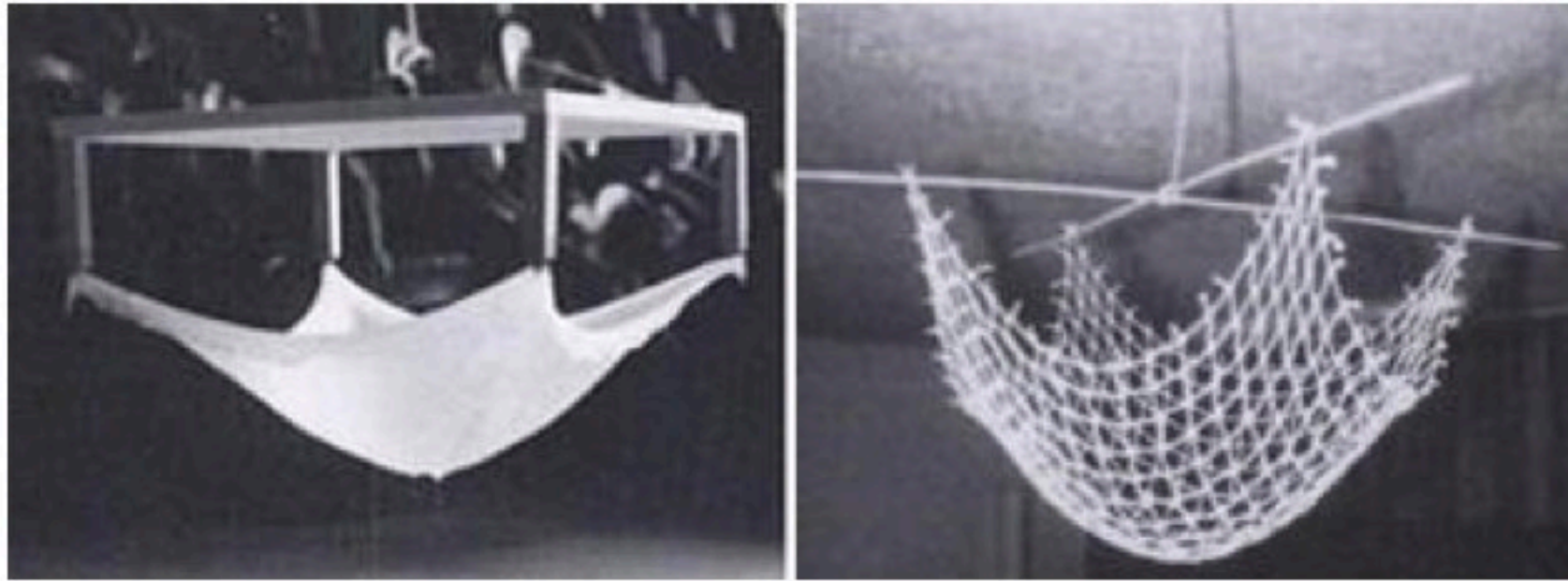
Gaudi (1852-1926)

Gaudi



Tower proposal by Gaudi for New York City

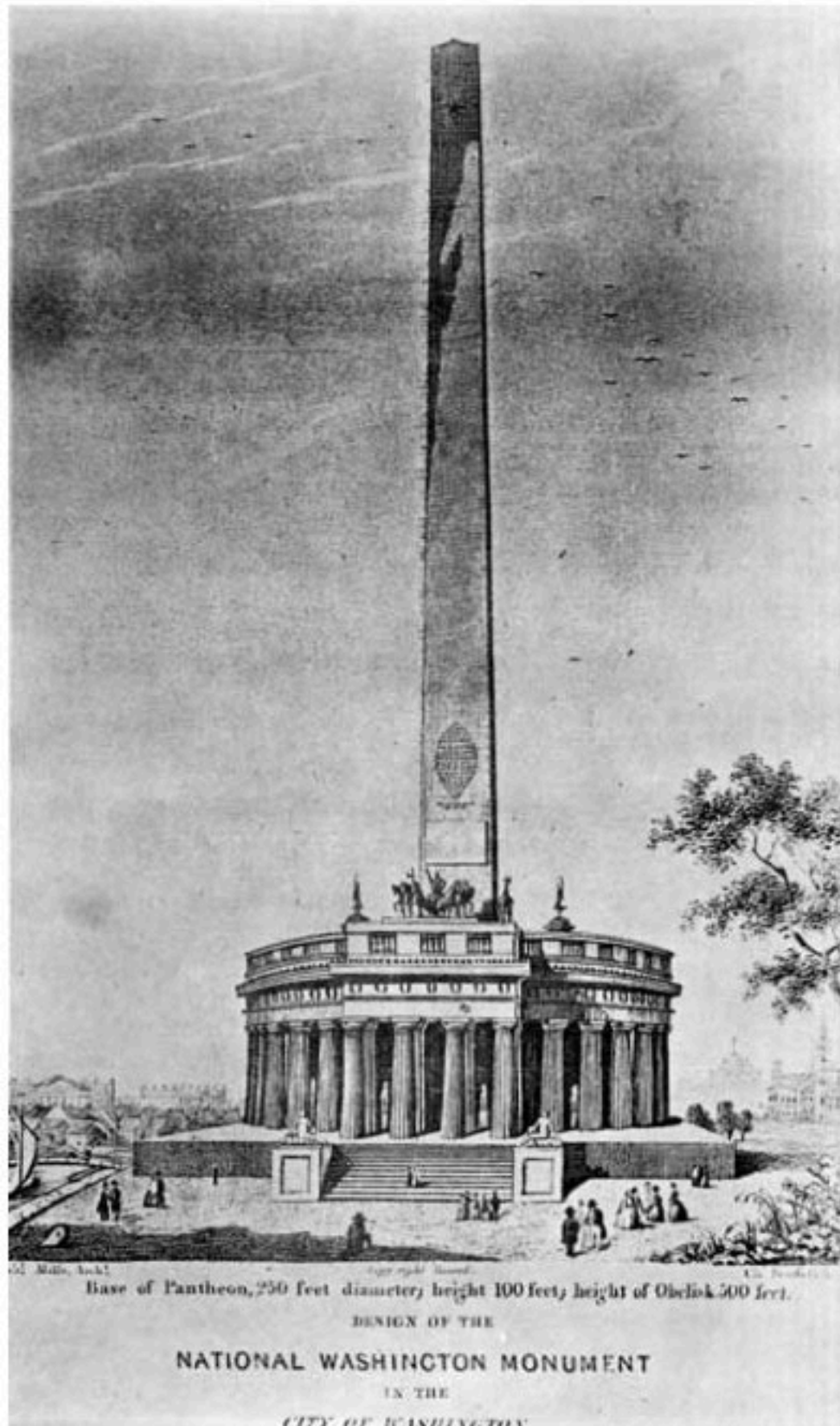
Heinz Isler (1925 - 2009)



[Norwich Sports Village Hotel, Norwich England, 1991, Architect: J.A. Copeland]







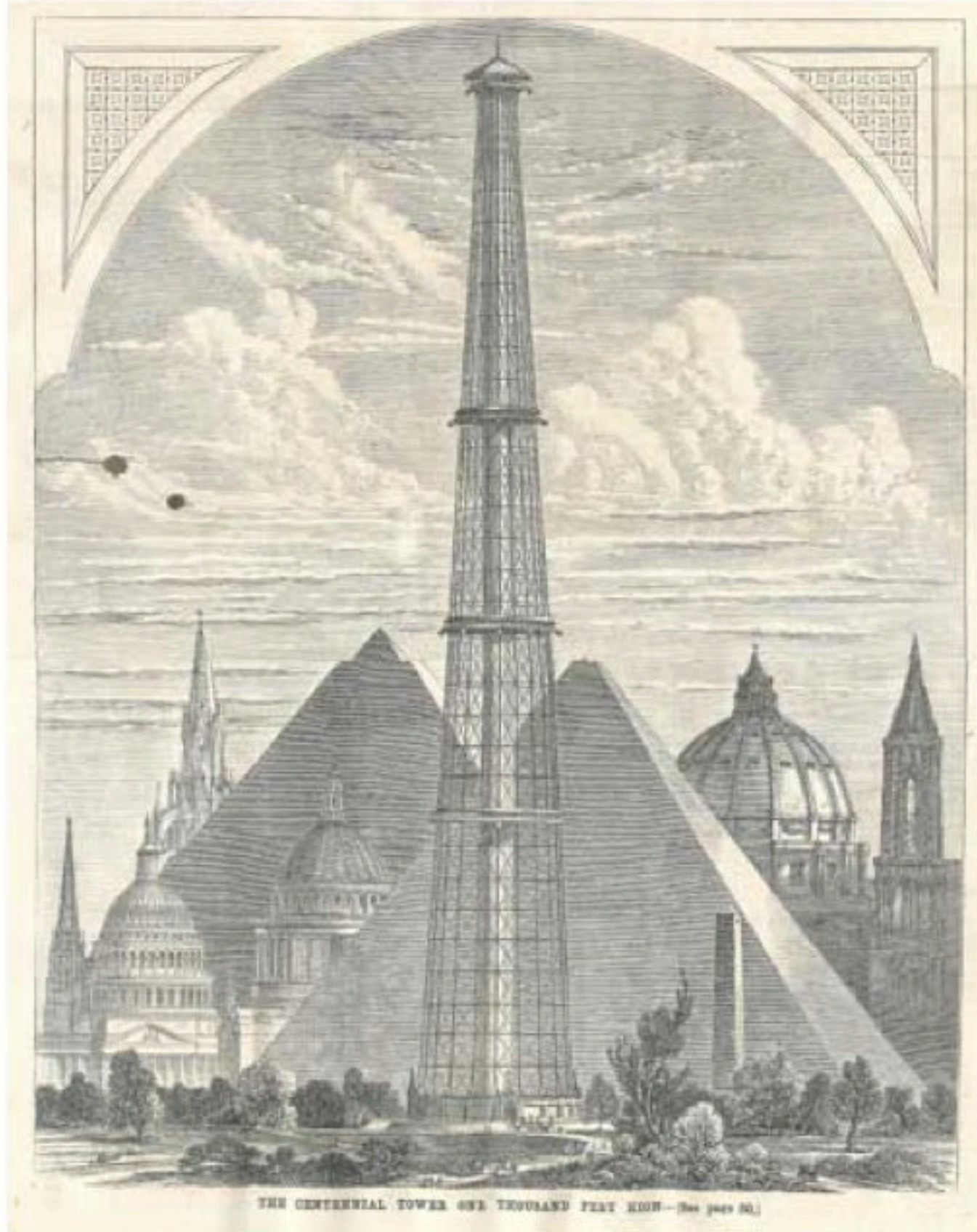
169 metres (Grès et granit)

1848-1885 (37 years)

many technical difficulties,

expensive: building not built

Before that : Koln's Cathedral (156m)



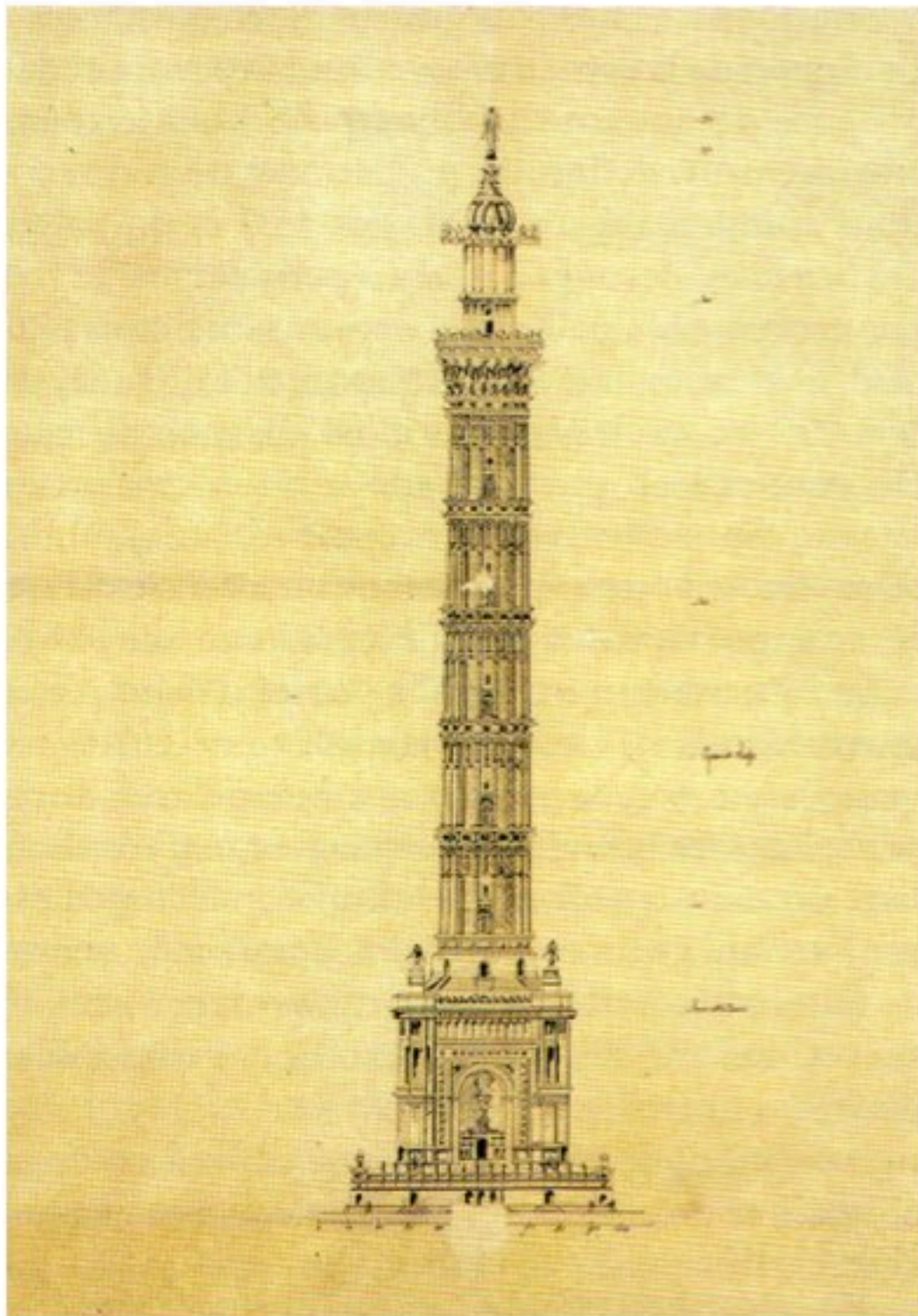
1000 feet tower

Project 1876 (exp. Philadelphia)

Clark & Reeves

Pylone métal + haubans

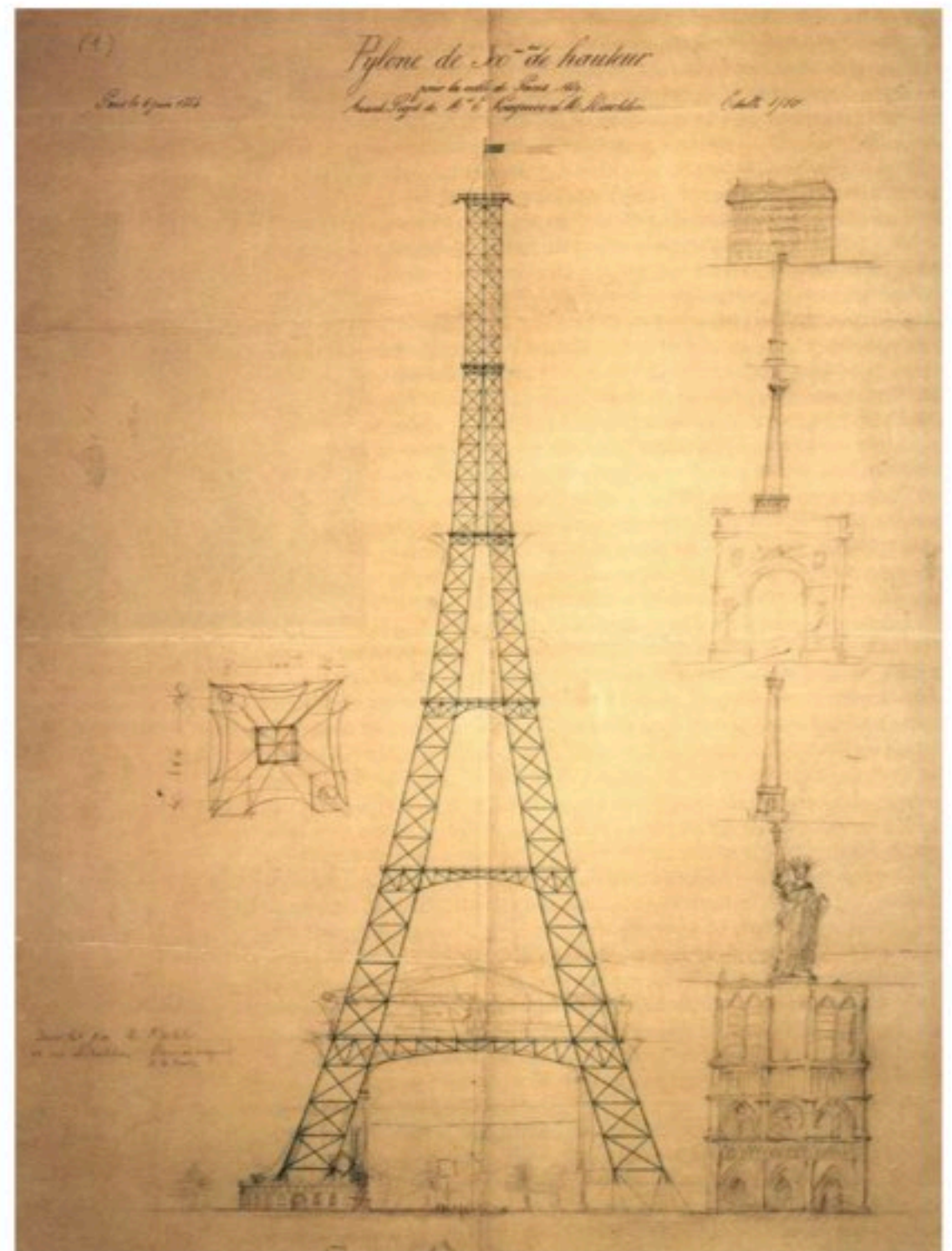
Another project 1881 : The Sun Tower



Sun tower (1881?)

Bourdais et Sébillot

provide light in Paris streets at night...



Project 1889

Why this shape ?

G. EIFFEL

Officier de la Légion d'honneur,
Ancien Président de la Société des Ingénieurs civils de France.

LA TOUR

DE

TROIS CENTS MÈTRES



TEXTE



PARIS

SOCIÉTÉ DES IMPRIMERIES LEMERCIER

44, rue Vercingétorix

M DCCC

"Nous (..)passionnés de la beauté jusqu'ici intacte de Paris... venons protester au nom de l'art et de l'histoire française menacée contre l'érection en plein coeur de notre capitale de la monstrueuse tour Eiffel "

"Une tour dominant Paris, ainsi qu'une gigantesque et noire cheminée d'usine,écrasant de sa masse barbare Notre Dame, la sainte chapelle, la tour saint-Jacques, le louvre les invalides, l'arc de triomphe, toutes nos architectures rapetissées"

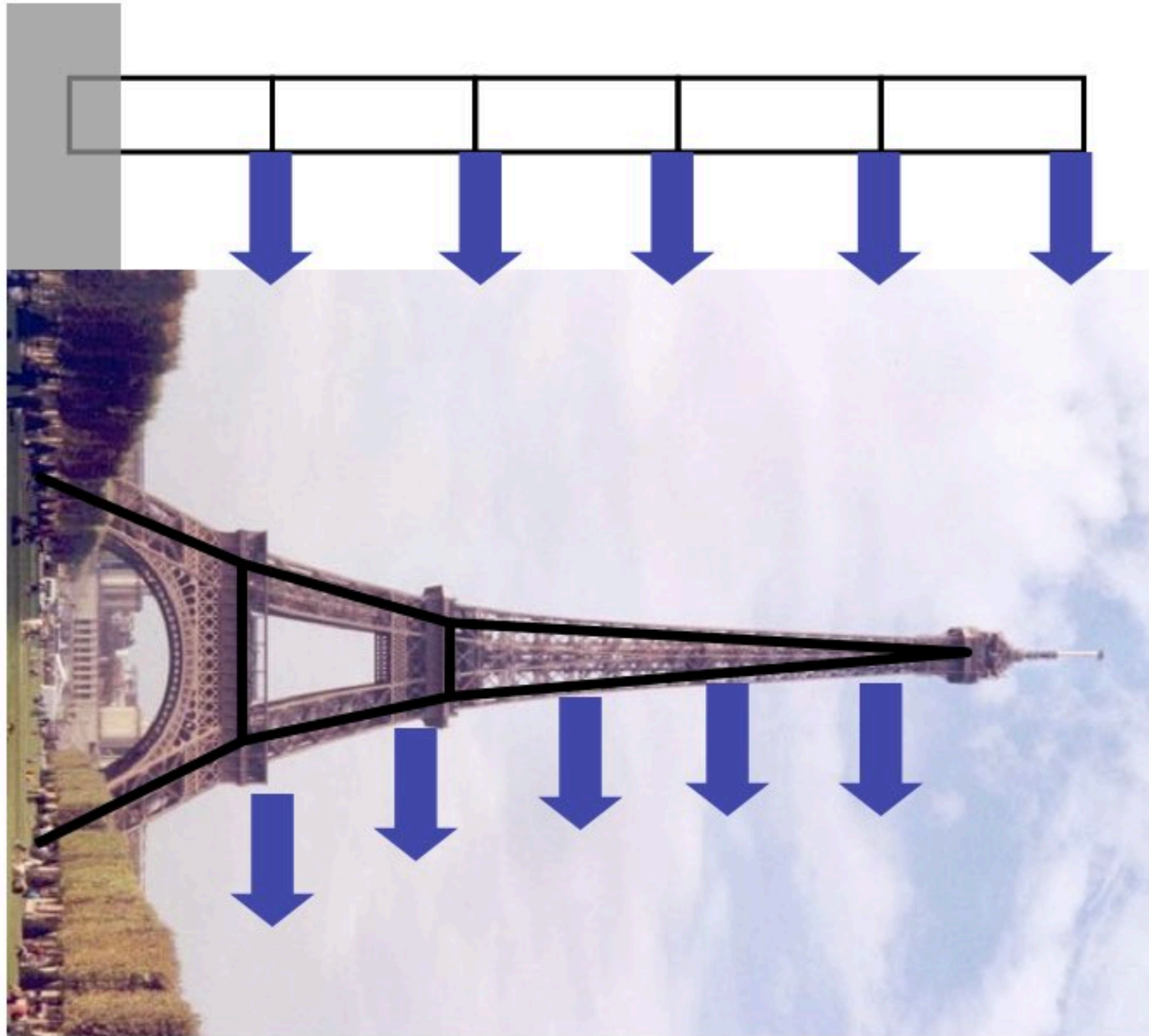
« Je vous dirai toute ma pensée et toutes mes espérances. Je crois, pour ma part, que la Tour aura sa **beauté propre**. Parce que nous sommes des ingénieurs, croit-on **donc que la beauté ne nous préoccupe pas** dans nos constructions et qu'en même temps que nous faisons solide et durable, nous ne nous efforçons pas de faire élégant? **Est-ce que les véritables conditions de la force ne sont pas toujours conformes aux conditions secrètes de l'harmonie?** Le premier principe de l'esthétique architecturale est que les lignes essentielles d'un monument soient déterminées par la parfaite appropriation à sa destination. **Or, de quelle condition ai-je eu, avant tout, à tenir compte dans la Tour? De la résistance au vent.** Eh bien! je prétends que les courbes des quatre arêtes du monument telles que le calcul les a fournies, qui, partant d'un énorme et inusité empatement à la base, vont en s'effilant jusqu'au sommet, donneront **une grande impression de force et de beauté**; car elles traduiront aux yeux la hardiesse de la conception dans son ensemble, de même que les nombreux vides ménagés dans les éléments mêmes de la construction accuseront fortement le constant souci de ne pas livrer inutilement aux violences des ouragans, des surfaces dangereuses pour la stabilité de l'édifice.

Eiffel design : resist wind

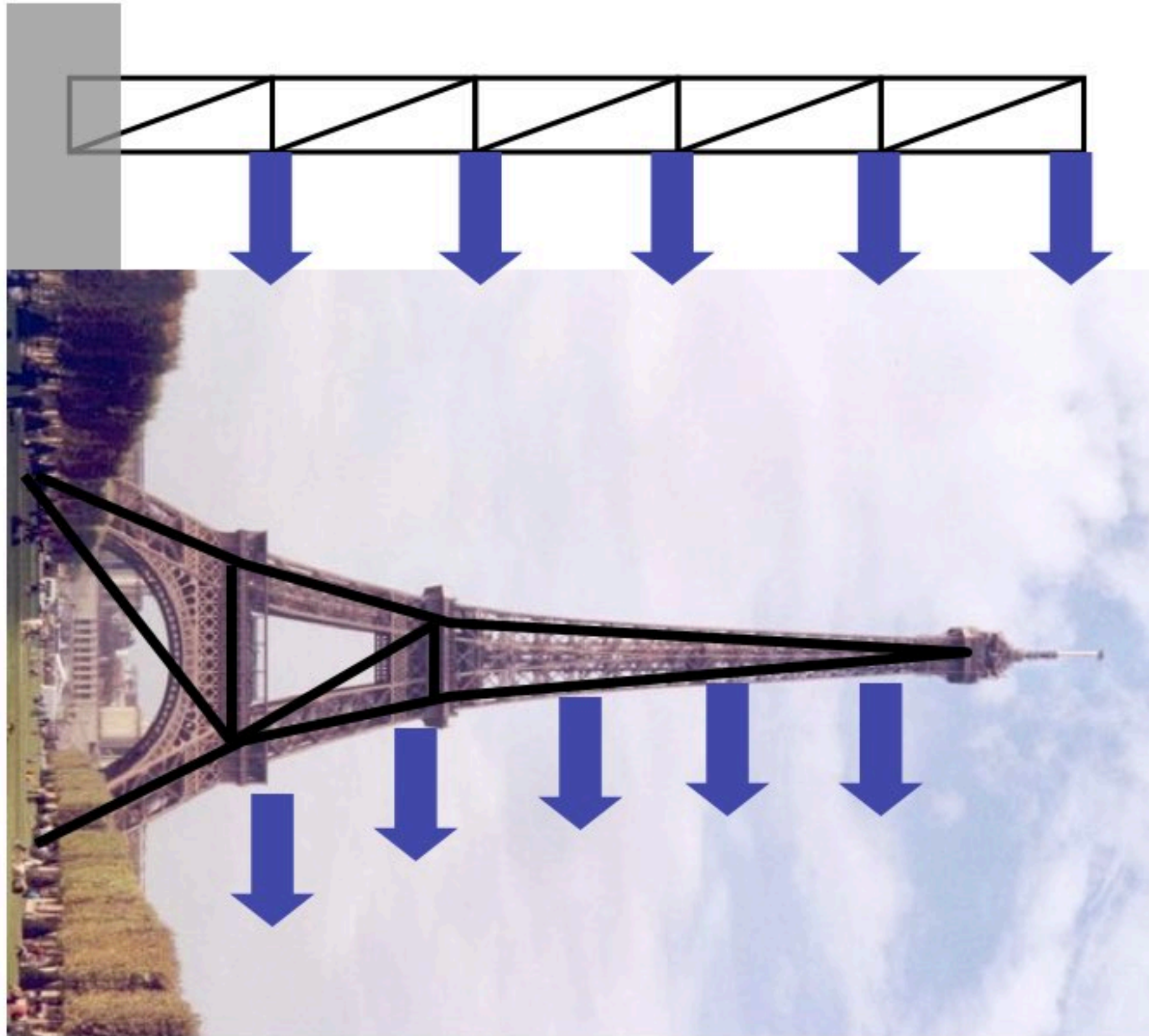
(not very well documented at 300m...)



Viaduc du Garabit (Eiffel)

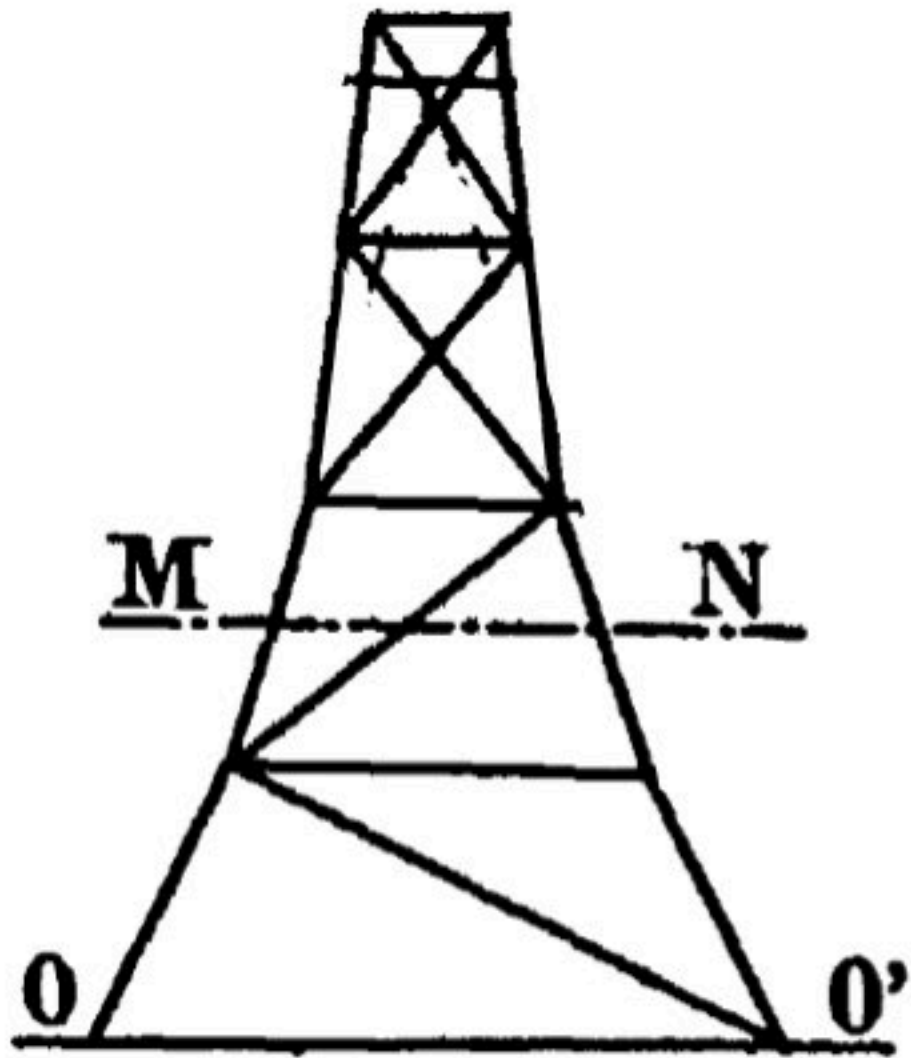


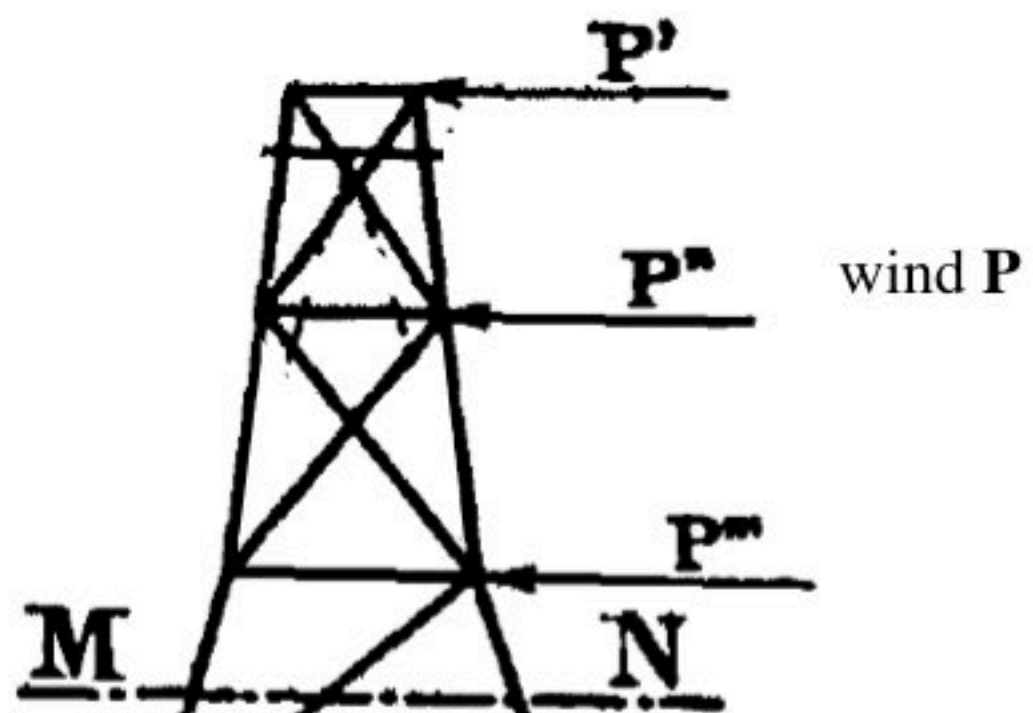
bad design!

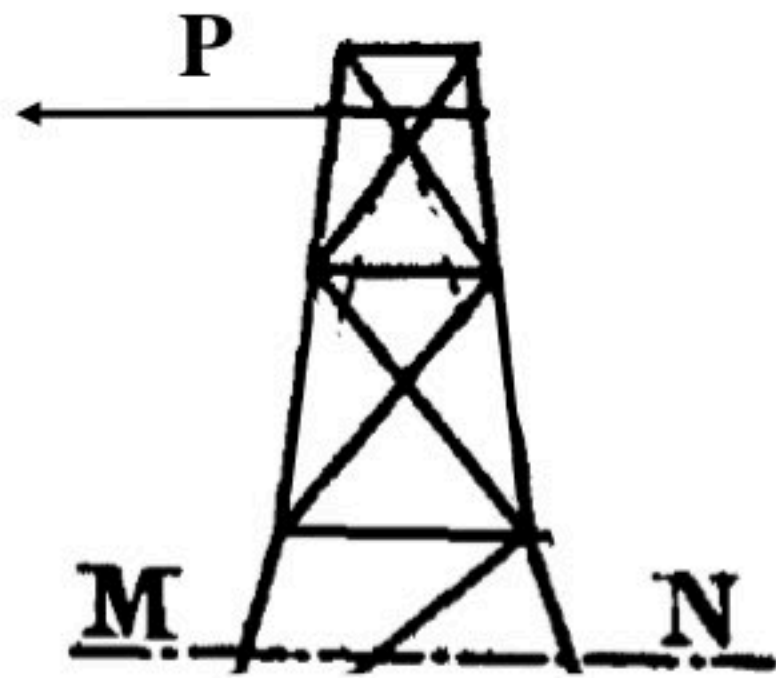


good design!

wind loading?



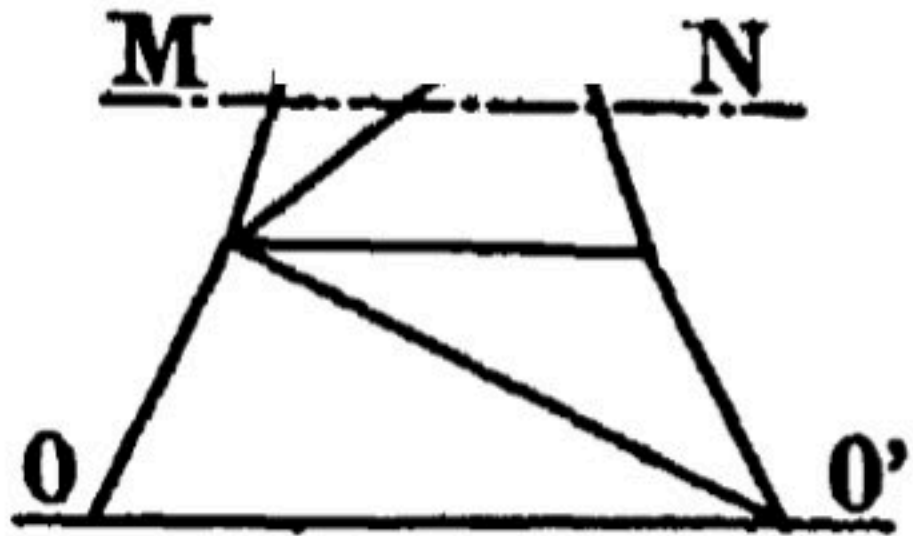


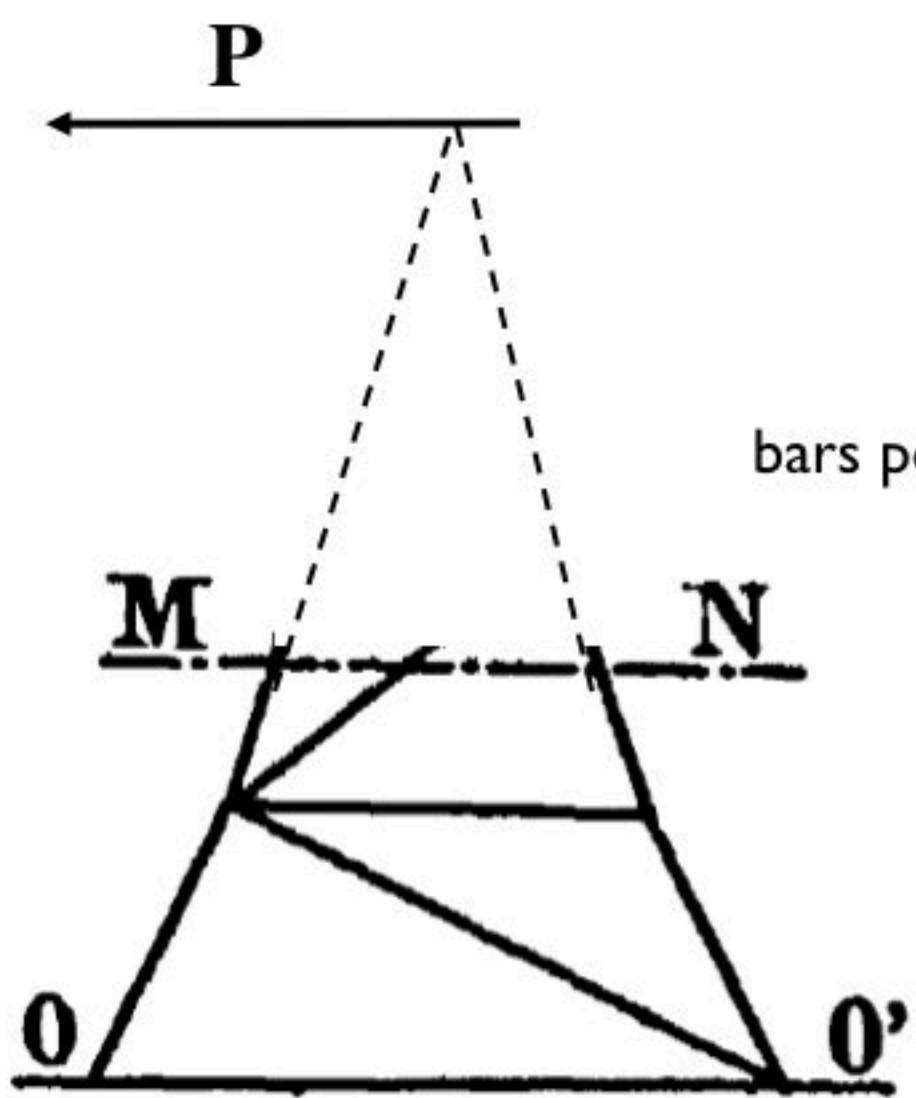


Total wind loading on top part

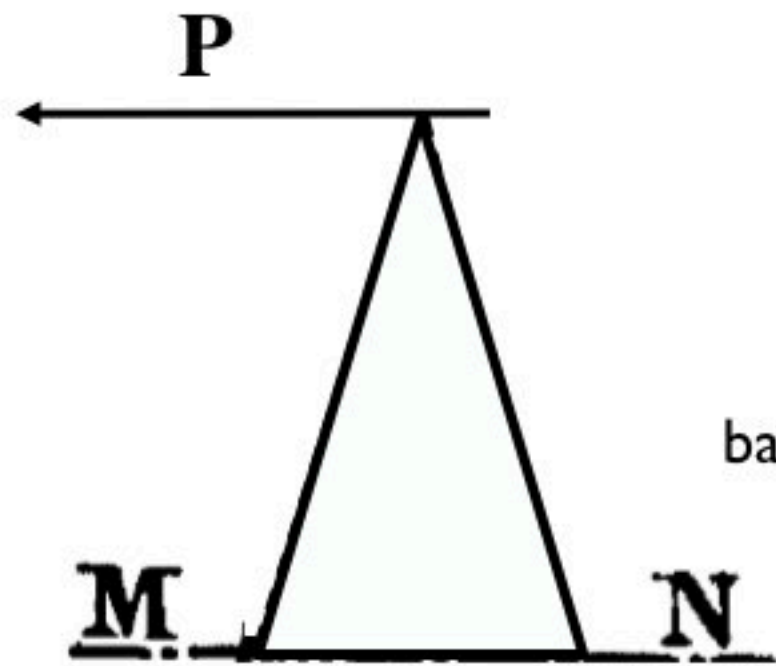
Vent **P**

transmitted





bars point toward point of application



bars point toward point of application

These bars are loaded in tension/compression
A stiff structure !

Si la forme du système est telle que, pour chaque coupe horizontale MN, les deux arbalétriers prolongés ont leur intersection sur la direction de la force extérieure P, l'effort dans la barre de treillis sera nul et l'on pourra supprimer cette barre.

C'est l'application de ce principe qui constitue une des particularités du système employé pour la construction de la Tour, au moins dans sa moitié inférieure, et qui en détermine la forme extérieure. Elle permet, en supprimant tout treillis dans la plus grande partie de sa hauteur, de la constituer par quatre montants isolés, simplement reliés au niveau du 1^{er} et du 2^e étage par des ceintures horizontales.

