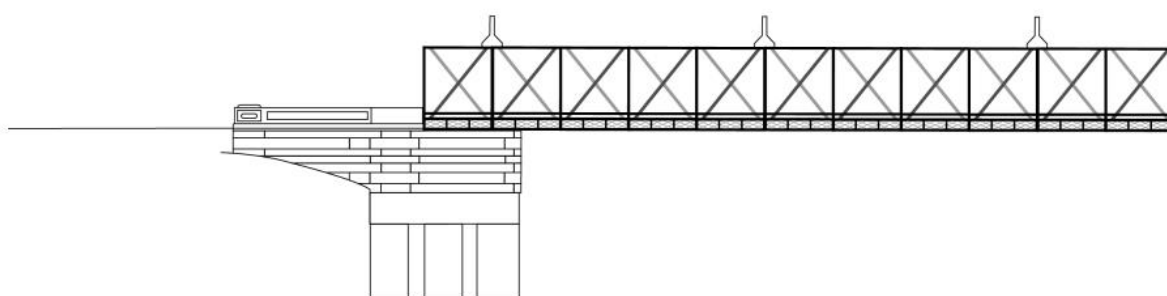


# **LE PONT VICTOR EMMANUEL**

**DIT « PONT DES ANGLAIS »**

**PATRIMOINE INDUSTRIEL MONDIAL REMARQUABLE**

**ELEMENTS NOUVEAUX POUR UN CLASSEMENT DEFINITIF  
« MONUMENT HISTORIQUE »**



## I) LES FONDATIONS DES PILES ET CULEES – METHODE TRIGER

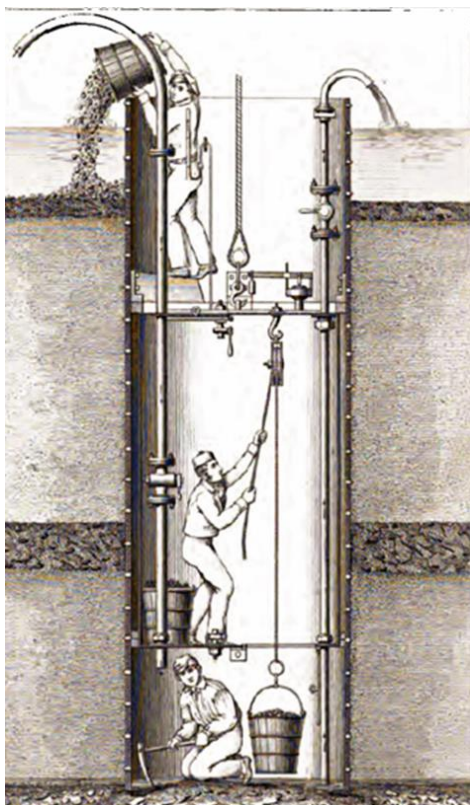
Les fondations des piles et des culées ont été réalisées par l'invention de M. Triger qui avait mis au point une méthode pour foncer dans la Loire des puits pour accéder aux mines de charbon à Chalonnes vers les années 1840. N'ayant pas déposé de brevet sa méthode a été développée dans de nombreux pays pour le fonçage des piles des ponts (première application en 1851 sur un pont routier à Rochester, Royaume Uni) jusque dans les années 1960. Gustave Eiffel utilisera cette méthode pour la passerelle Eiffel de Bordeaux en 1858 et pour deux pieds de la Tour situés dans un ancien lit de la Seine. Thomas Brassey qui a construit le pont des Anglais l'a précédé dès 1855. Cette méthode révolutionnaire permettait non seulement de foncer en quelques jours un tube, mais lui assurait également une tenue exceptionnelle car le creusement ne s'arrêtait qu'une fois arrivé sur le sol dur !

*Un article paru dans la « Gazette de Savoie » en juillet 1855 en témoigne : « Les piles qui sont au nombre de trois, sont revêtues de fer, puisque la maçonnerie est renfermée dans de grandes cuves en fer dont notre population a pu voir des échantillons sur la place de la Boisse, il y a quelques mois. Chaque pile est formée de trois systèmes de cuves emboîtées les unes dans les autres ; quand un de ces systèmes est solidement fixé dans le lit de la rivière, on fait jouer des pompes, on creuse de plus en plus et enfin, on remplit la cavité de grosses pierres solidement réunies par du ciment. »*

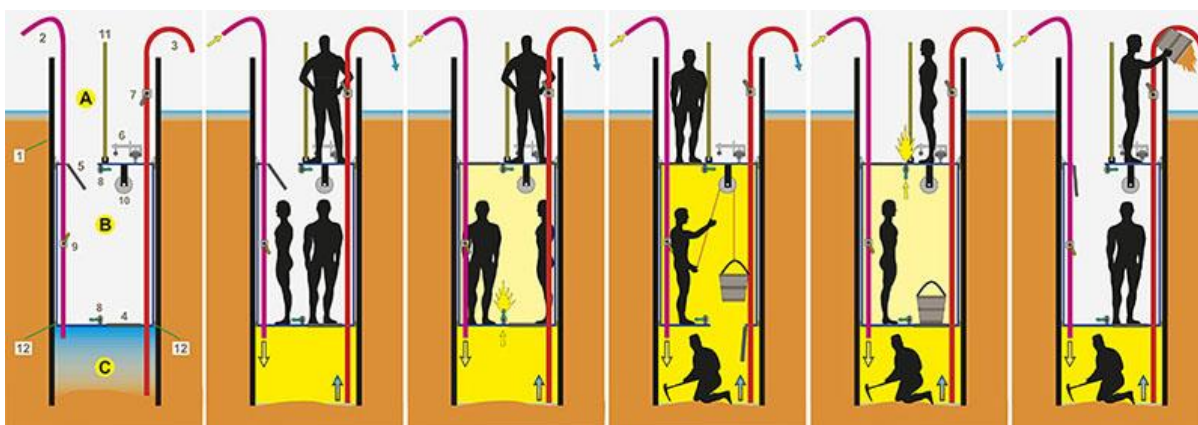
Des universitaires Italiens d'Aquila, MM : Abita et Morganti, ont fait une présentation de l'utilisation de l'air pneumatique dans la fondation des piles des ponts lors de la VIIème conférence internationale qui s'est tenue à Lisbonne du 12 au 16 juillet 2021 (VII ICCH History of Construction Cultures). Le pont des Anglais est cité sur plusieurs pages.

Ils ont également écrit un livre en novembre 2022 « Ponti e rivoluzione delle leghe ferrose » dans lequel le « pont des Anglais » figure en bonne place.

Le pont des Anglais est donc un témoignage exceptionnel de cette nouvelle technologie industrielle.



**Gravure, procédé Triger, vers 1850**  
(Collection privée) Wikipédia



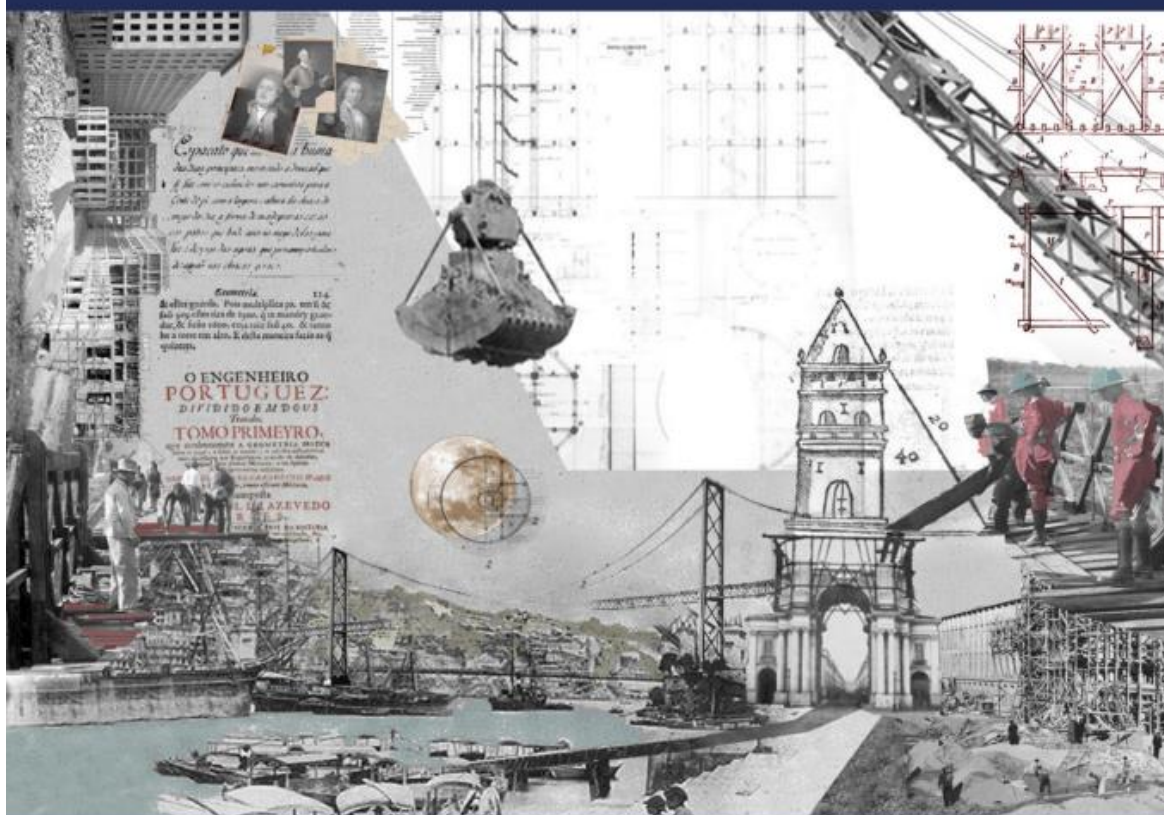
Motores y carreteras du 21/03/2020

CONGRES OINTERNACIONAL DE L'HISTOIRE DE LA CONSTRUCTION  
LISBONNE 2021

# HISTORY OF CONSTRUCTION CULTURES

8

VOLUME 2



edited by  
**João Mascarenhas-Mateus**  
and **Ana Paula Pires**

**CRC** CRC Press  
Taylor & Francis Group

PROCEEDINGS OF THE 7TH INTERNATIONAL CONGRESS ON CONSTRUCTION HISTORY  
(7ICCH 2021), LISBON, PORTUGAL, 12–16 JULY 2021

The tube was gradually sunk into the riverbed with the help of upper loads with the interior lighting provided by stearic candles or gas lamps. The air pressure had to be kept below four atmospheres in order not to compromise the health of workers.

Triger's process received coverage in the publications of the time and showed more advantages than the Potts' system patented in the same period in Britain. The Potts' system was based on reducing the air density inside the tube so as to suck up water and sediments and to ease penetration into the soil but also entailed the regular suspension of work in order to empty the tube when full of deposits (Dempsey 1855).

The process developed by Triger began to be applied in other sectors and within a few years was being used in the construction of underwater foundations in incoherent soils. Previously they had needed very long poles which, due to their length, were susceptible to shear stresses. By the late 1840s, Triger's process was under applications in France, Britain and the United States for constructing bridge piers.

In 1851, for the construction of Rochester Bridge, the British engineer John Hughes introduced important innovations: he enlarged the airlock, equipped it with a double compartment in order to improve the regulation of the air pressure (Figure 1) and optimised the construction process by combining the Triger and Potts systems (Hughes 1859).

A few years later, the company responsible for building the bridge over the River Medway was involved in the construction of bridges in the new Italian railway network.

### 3 PNEUMATIC FOUNDATIONS WITH CAST IRON TUBES: THE SAVOY BRIDGES

Under the governance of the Count of Cavour, there was a decisive turning point in the drive towards industrial and infrastructural progress for the Kingdom of Sardinia. The Piedmontese statesman, who considered railways an effective means for economic and cultural development, initiated a series of projects for the construction of new railway routes that played an important role even after the Unification of Italy.

Between 1852 and 1853, Cavour worked on completing the line between Turin and Genoa but, above all, he provided for the construction of new lines dedicated to international connections, in particular links with Lombardy, then in Austrian territory, France and Switzerland (Cavicchioli 2009).

For the line between Turin and Novara, which was later extended to connect with Milan, Cavour signed an agreement with a group of British entrepreneurs guided by the well-known contractor Thomas Brassey (Stefani 1853), the designer of several railways in Great Britain and Europe and who had managed to complete 100 km of railways in three years. For the line between Turin and Culoz, also known as the Fréjus railway, the Vittorio Emanuele company was founded in 1853, backed by French financiers who also acquired control of the line to Milan after a few years.

The crossing of rivers in a mountainous area involved the construction of railway bridges and viaducts, which required recourse to pneumatic foundations.

#### 3.1 Pneumatic foundations of the bridges built in the railway line between Turin and Novara

Thomas Brassey entrusted the construction project for the railway line between Turin and Novara to the British engineer Thomas Jackson Woodhouse. The two had already collaborated in Italy, building the line between Prato and Pistoia. The engineer Edward Francis Murray, who was involved in completing the railway line between Turin and Genoa, together with Woodhouse and the Italian engineers C. Bermani and V. Ferrari designed four bridges built over the Rivers Stura, Orco, Mallone and Agogna (Murray 1883).

They used the same layout: continuous deck bridges sustained by four supports, two of which were placed in the riverbed. Two wrought iron girders, stiffened using a riveted lattice between the chords, and vertical members supported the single rail (Figure 2).

The use of cast iron tubes sunk into the ground using Triger's pneumatic process was chosen for the bridge



Figure 2. Railway bridge near Novara: the piers built in 1855 by the same company of Rochester Bridge (Fassò 1880).



Figure 3. Railway bridge over the River Isère near Crucet: the continuous wrought iron truss (Goutagny Postcard 1889).

piers and the project was managed by Fox & Henderson Company, known for their participation in the construction of Crystal Palace in London and also for setting the foundations for the bridge over the River Medway in Rochester (Casalis 1855).

For each pier they used two cast iron cylinders, which were between 7 and 10 meters long and made of rings, with the height and diameter both measuring 1.5 meters. The sinking was carried out by creating an airlock at the top of the tubes that ensured the regulation of compressed air which was injected by a steam pump. Once the water had been expelled from the tube, the excavation was carried out by two workers, assisted from the outside by two co-workers.

The sinking of the tubes was rapid: for the bridge over the River Agogna near Novara, each cast iron cylinder was sunk to a depth of 7 meters in a period of between two and three days. Once sunk, the tubes were filled with concrete and then connected at the top by wrought iron beams that supported the masonry works.

Above the tubes, walls also acted as the formwork for a further cast of concrete that stabilised the sinking of the cylinders (Pozzi 1892). The technology applied in the piers of the four bridges of the line between Turin and Novara was also used in Savoy, where some innovations developed in France were also introduced.



Figure 4. Crucet Bridge: a pier and its upper rubble masonry sustained by pneumatic foundations (Decker 2020).

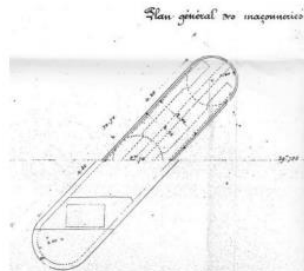


Figure 5. Crucet Bridge: the arrangement of the cast iron tubes and their connections (Courtesy of ACN&P).

#### 3.2 Pneumatic foundations of the bridges built in the railway line between Turin and Culoz

The rail connection between Turin and Savoy, which was part of the Kingdom of Sardinia until 1861, was a complex challenge. The Alpine mountains did not allow for any direct route and furthermore needing the construction of a tunnel through Mount Fréjus.

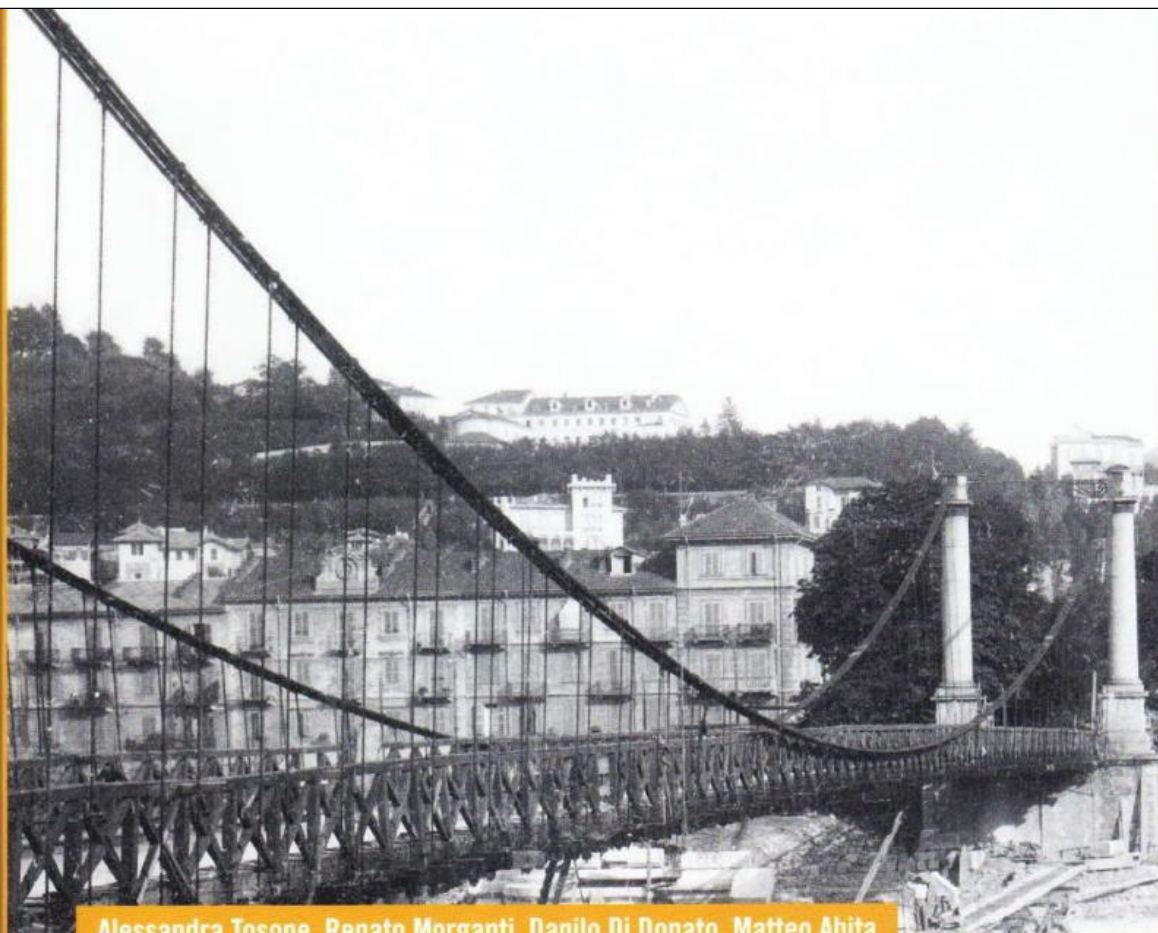
For the laying of the track beyond the tunnel, between Modane and Chambéry, the Vittorio Emanuele Company once again involved Thomas Brassey. George Neumann, a British engineer who had trained in Switzerland and France, was commissioned to design the railway line (Neumann 1867).

Neumann also oversaw the construction of two important bridges: one over the River Isère near Crucet and another over the River Rhone near Culoz on the French border. Both involved the use of large spans, greater than 150 meters, and a structure with a continuous truss supported by multiple piers (Figures 3 and 4).

The truss was built of riveted profiles with different sections and was visually characterized by the way in which these diagonal braces were inserted in the spaces between the chords and vertical members with the arch shaped portal struts (Messiez 1992).

OUVRAGE DE TOSONE-MORGANTI-DI DONATO-ABITA

PUBLIE EN FEVRIER 2023



Alessandra Tosone, Renato Morganti, Danilo Di Donato, Matteo Abita

# PONTI E RIVOLUZIONE DELLE LEGHE FERROSE

SPERIMENTAZIONI NELL'ITALIA PRE E POSTUNITARIA



EdicomEdizioni

architettura sostenibile / culture costruttive per il recupero sostenibile

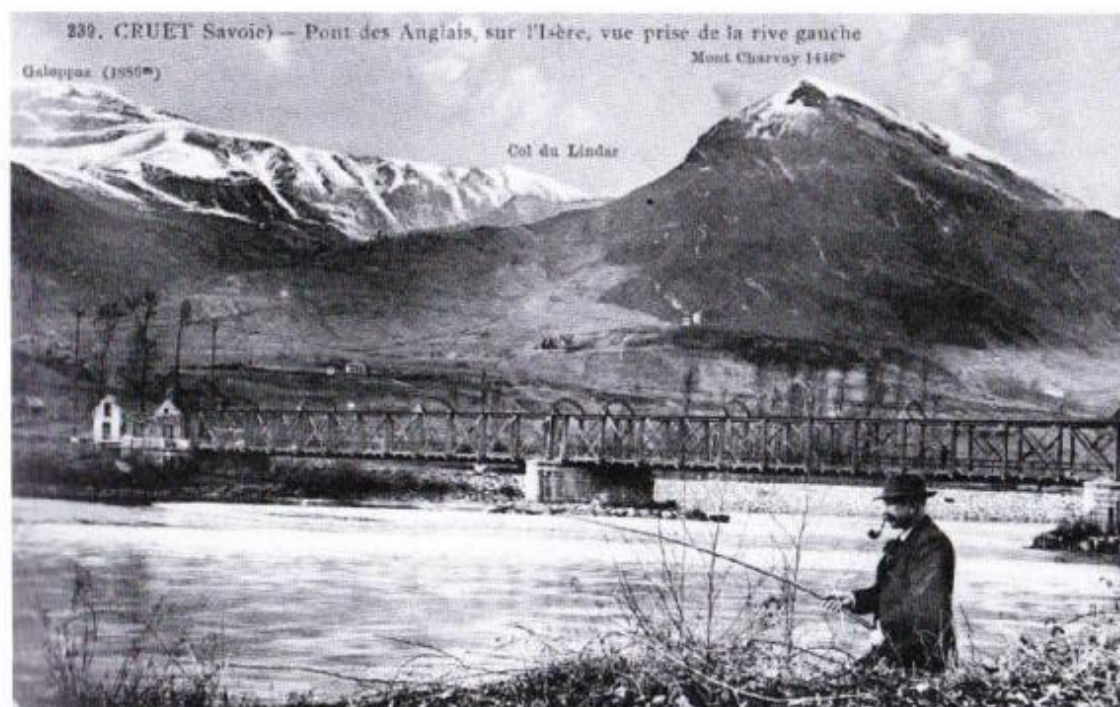


Figura 10. Ponte ferroviario sul fiume Isère a Cruet realizzato nel 1856 su progetto di George Neumann (Cartolina d'epoca).

sterno da un'altra di coppia di manovali, entrano al suo interno e avviano le operazioni di scavo.

Grazie al procedimento Triger la posa in opera delle pile è rapida come nel caso del ponte sul fiume Agogna per il quale ogni tubo è portato alla profondità di 7 m in un tempo stimabile tra i due e i tre giorni di lavoro<sup>20</sup>.

Completato l'affondamento, i due tubi costituenti la fondazione di ogni pila sono riempiti con calcestruzzo e vengono collegati in sommità da travi in ferro sulle quali poggia la parte emersa della pila, realizzata con "muratura laterizia", rivestita in pietra minimamente modanata, che ha funzione di cassero ed è successivamente riempita di calcestruzzo, il cui peso collabora alla stabilità della stessa fondazione<sup>21</sup>.

La tecnologia applicata nella realizzazione delle pile dei quattro ponti della linea Torino-Novara si ritrova anche in Savoia dove a far la differenza saranno alcune innovazioni provenienti dal contesto francese. Il collegamento tra Torino e la Savoia si presenta come una sfida complessa: la presenza delle Alpi impedisce infatti, la progettazione di un tracciato rettilineo e impone la realizzazione del

<sup>20</sup> Cfr. Casalis G., *Dizionario geografico-storico-statistico-commerciale degli stati di S. M. il Re di Sardegna*, vol. XXVII, Tipografia Marzorati, Torino, 1855, pp. 614-617.

<sup>21</sup> A tal proposito Lauro Pozzi scrive: "La parte di soprafondazione delle pile è formata con cilindri cavi in muratura laterizia riempiti di calcestruzzo, e fra le quali si elevano due pareti in muratura, tangenzialmente alle colonne e desti-

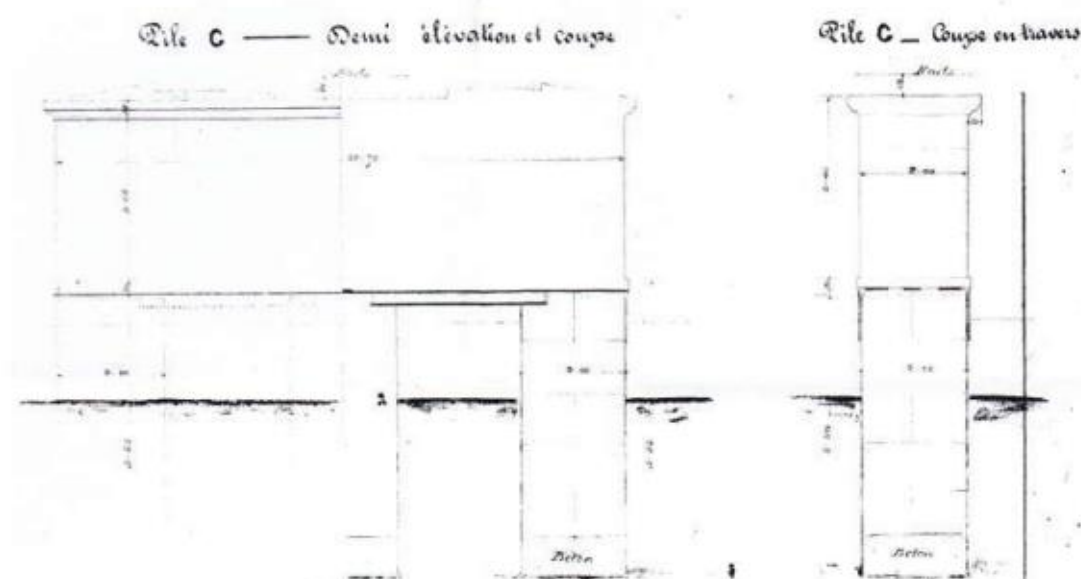


Figura 11. Ponte a Cruet: i tubi in ghisa delle fondazioni pneumatiche (Association Cruet Nature et Patrimoine).

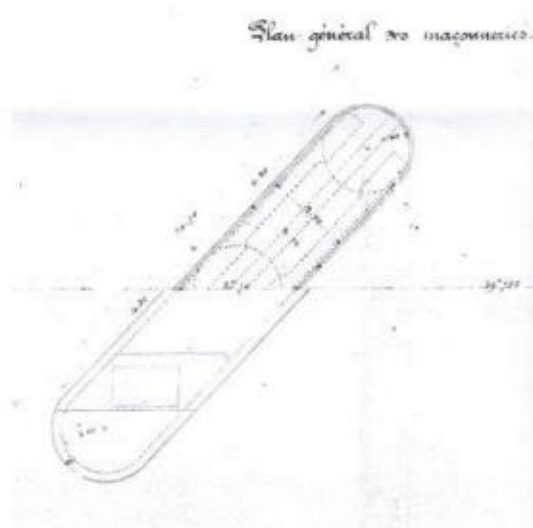


Figura 12. Ponte a Cruet: dettaglio del collegamento tra i tubi di una pila (Association Cruet Nature et Patrimoine).



Figura 13. Ponte a Cruet: vista della travata reticolare continua (Association Cruet Nature et Patrimoine).

traforo del Frejus, completato solo nel 1871. Per il progetto della linea al di là del valico, tra Modane e Chambéry, la Società Vittorio Emanuele si rivolge ancora una volta a Thomas Brassey, il quale lo affida a George Neumann, ingegnere inglese cresciuto professionalmente tra la Svizzera e la Francia<sup>22</sup>.

<sup>22</sup> Cfr. Foster J., Sheppard J., *A Guide to Archive Resources in the United Kingdom*, Palgrave Macmillan, Londra, 1995, p. 358.

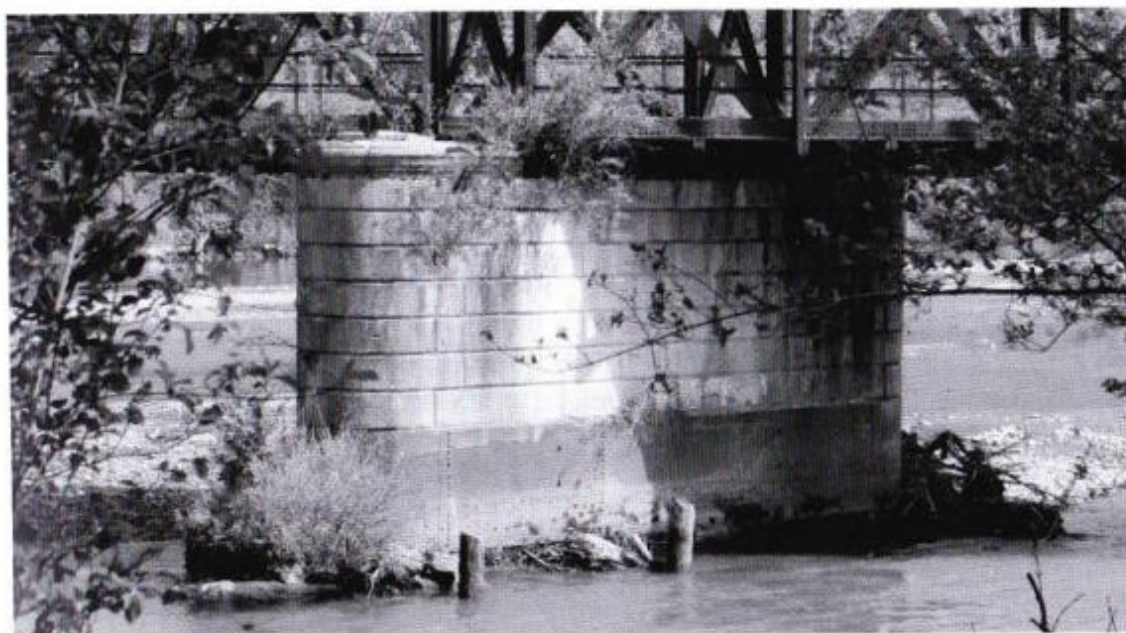


Figura 14. Ponte a Cruet: vista della parte superiore della pila (Association Cruet Nature et Patrimoine).

Neumann è responsabile anche della realizzazione di due importanti infrastrutture: il ponte sul fiume Isère nei pressi di Cruet e il ponte al confine con la Francia sul fiume Rodano a Culoz. Entrambi di ampia luce, anche superiore ai 150 m, vengono risolti con uno schema statico a travata continua<sup>23</sup> su più appoggi e fondazioni pneumatiche come già avvenuto, per i quattro ponti della Torino-Novara.

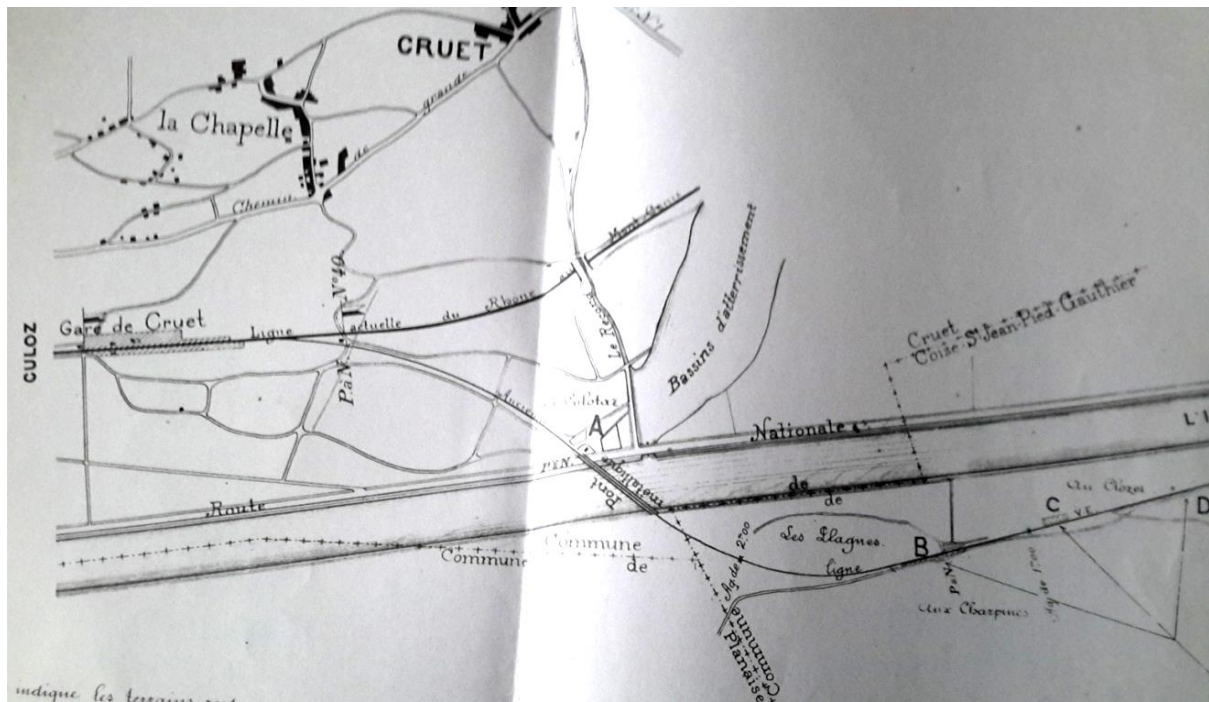
Alla costruzione delle pile del ponte a Cruet, noto anche come Pont des Anglais, partecipa la stessa impresa Fox & Henderson che mette in campo le modalità operative precedentemente sperimentate, adattandole alle maggiori dimensioni del ponte. Per ogni pila sono infatti impiegati tre tubi di ghisa, ciascuno di 2 m di diametro, affondati al suolo per una profondità superiore ai 4 m<sup>24</sup>. Oltre alle travi di raccordo, il collegamento tra le teste dei tubi è ottenuto con una lamiera in ferro dell'altezza di 1 m che delinea il perimetro delle pile. La parte superiore di queste è realizzata con una muratura a sacco il cui paramento esterno è in pietra e il riempimento di calcestruzzo, a definire un elemento massivo e compatto. Per la costruzione del ponte a Culoz è previsto un accordo di collaborazione tra

<sup>23</sup> Le travate reticolari sono composte da profili in ferro collegati con unioni chiodate e presentano diagonali a croce di Sant'Andrea. Un traverso superiore collega le due travate ed è realizzato con un profilo composto da lamiere sagomate ad arco. Cfr. Messiez M., "Le pont des Anglais: le plus ancien pont de chemin de fer du monde", in *L'Histoire en Savoie Magazine*, febbraio 1992, n. 26, pp. 34-39.

<sup>24</sup> Come riportato da Roger Decker, nelle fondazioni alcuni tubi sono circondati da pali di larice che, impiegati come dilatazione per mantenere la verticalità, hanno contribuito alla conservazione delle pile. Cfr. Decker R., "Le pont

## II) POSE EN BIAIS SUR L'ISERE

Pour atténuer les courbes d'entrée et de sortie du pont les ingénieurs de Brassey ont décidé de passer en biais sur l'Isère (50°). Ce choix audacieux augmente la longueur de l'ouvrage de 30m le portant à 168m. Outre le coût supplémentaire il entraîne la pose des travées (4x42m) en biais sur les piles car celles-ci doivent rester parallèles au courant pour en subir le moins d'effets. Chaque extrémité de travée ne surplombe la pile que d'une moitié mais le centre de gravité de la travée coïncide avec le centre de gravité de la pile. Cette prouesse technologique va entraîner deux autres innovations.



### **III) OUVRAGE HYPERSTATIQUE ET APPAREIL A ROULEAU**

Pour diminuer les contraintes liées à la dynamique des convois ferroviaires et ses conséquences sur la pose en biais, les ingénieurs de Brasseley ont conçu un ouvrage hyperstatique. Dans cette configuration toutes les travées sont reliées les unes aux autres et se comportent comme une seule travée. Ces appareils doivent être graissés annuellement pour éviter leur blocage. Cette technologie exceptionnelle pour l'époque entraîne une conséquence directe. L'allongement du pont métallique sous l'effet de la chaleur est quatre fois plus important.

Pour permettre cet allongement maximal les ingénieurs ont conçu des appareils à rouleau permettant au pont métallique de glisser sur les piles en fonction des températures. Une innovation supplémentaire à découvrir sur le pont des Anglais.



**L'appareil à rouleau**

#### IV) CROIX DE SAINT ANDRE EN FONTE

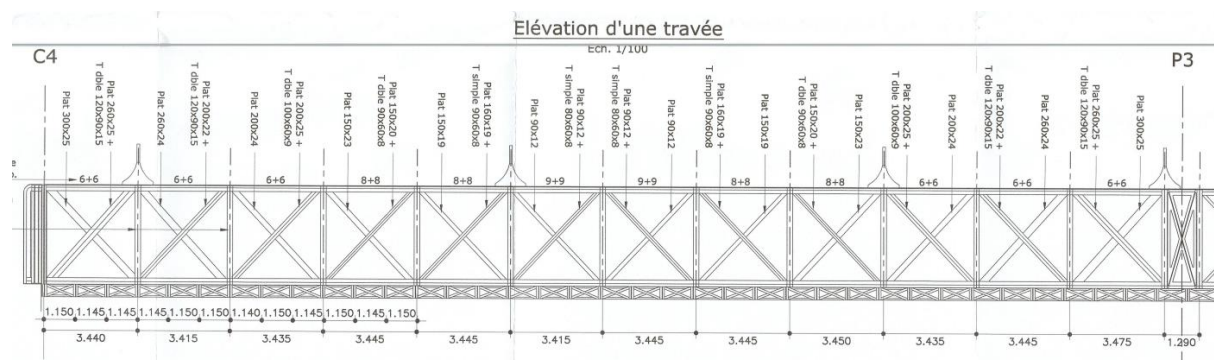
Pour assurer la continuité hyperstatique des 4 travées, les ingénieurs les ont reliées par des croix en fonte contrairement à toutes les autres pièces métalliques usinées en fer puddlé ! Ils savaient également qu'en cas de blocage des appareils à rouleau (ce qui est arrivé par défaut d'entretien) les forces générées par la dilatation du fer pouvait conduire à la rupture de l'ouvrage. En insérant des pièces en fonte plus fragiles que celles en fer à des endroits précis ils ont choisi l'emplacement de la rupture pour qu'elle soit sans danger pour la tenue de l'ouvrage. Cette remarquable initiative permet au pont d'être en parfait équilibre aujourd'hui encore malgré la rupture des croix consolidées par un éclissage.



## V) MAILLES DE SECTION ET FORME VARIABLES

Quand on observe les croix de st André de chaque maille des travées on s'aperçoit qu'une diagonale est constituée de fer plat et l'autre de fer cornière. Mais aussi que la section des fers plats et cornière s'amenuise jusqu'en milieu de travée. Puis la disposition plat / cornière s'inverse et la section réaugmente à mesure qu'on se rapproche de l'autre extrémité de la travée. C'est une illustration parfaite des résultats des calculs des ingénieurs américains Pratt puis Whipple en 1847 qui ont montré comment les forces se répartissaient dans un treillis métallique. C'est cette invention (avec le puddlage gras du fer) qui a permis de construire enfin des grands ponts ferroviaires réalisés jusque là en pierre, briques ou en bois. Thomas Brassey qui construit la première grande ligne ferroviaire en France entre Paris, Rouen et Le Havre entre 1842 et 1847, y utilise encore la pierre pour les ponts et viaducs.

C'est en effet au droit de la pile que la construction métallique transfère tout son poids et sa charge à la pile. Les forces y sont maximales. En milieu de portée elles sont au contraire minimales. Cette disposition unique au monde permet de comprendre les lois fondamentales de la construction mécanique encore appliquées de nos jours. Cette particularité confère également à l'ouvrage un aspect de légèreté du plus bel effet.



Sur ce plan on peut voir la section des plats / cornières passer de 300mm à 90mm en milieu de portée, puis la disposition en diagonale s'inverser.



## VI) ESTHETIQUE ET ENVIRONNEMENT

Il faut noter aussi toutes les formes arrondies depuis les anses de panier et leur raccord sur les poutres, celles des contreforts, des raccords des montants sur les traverses, l'extrémité de celles-ci, ... sont tout aussi uniques sur un ouvrage métallique. Ces formes sont moins sujettes aux ruptures que les formes aux angles vifs. Cette confection bien plus difficile et onéreuse que celle utilisée sur les ouvrages plus récents où toutes les pièces sont de même section avec des coupes droites, confère à l'ouvrage un aspect esthétique exceptionnel. C'était peut-être aussi une demande du roi Victor Emmanuel qui voulait impressionner son peuple ? Ou celle des Anglais pour montrer leur savoir faire aux habitants et aux voyageurs ?

A cet aspect esthétique il faut aussi ajouter l'aspect environnemental de ce pont. Depuis ce dernier il est possible de contempler le Mt Blanc et son massif, Les Bauges depuis l'Arclusaz à la Savoyarde, la Chartreuse depuis le Mt Granier à la Dent de Crolles, mais aussi le vignoble, les villages et les châteaux de la Combe de Savoie.

### Anses de panier



## Courbes

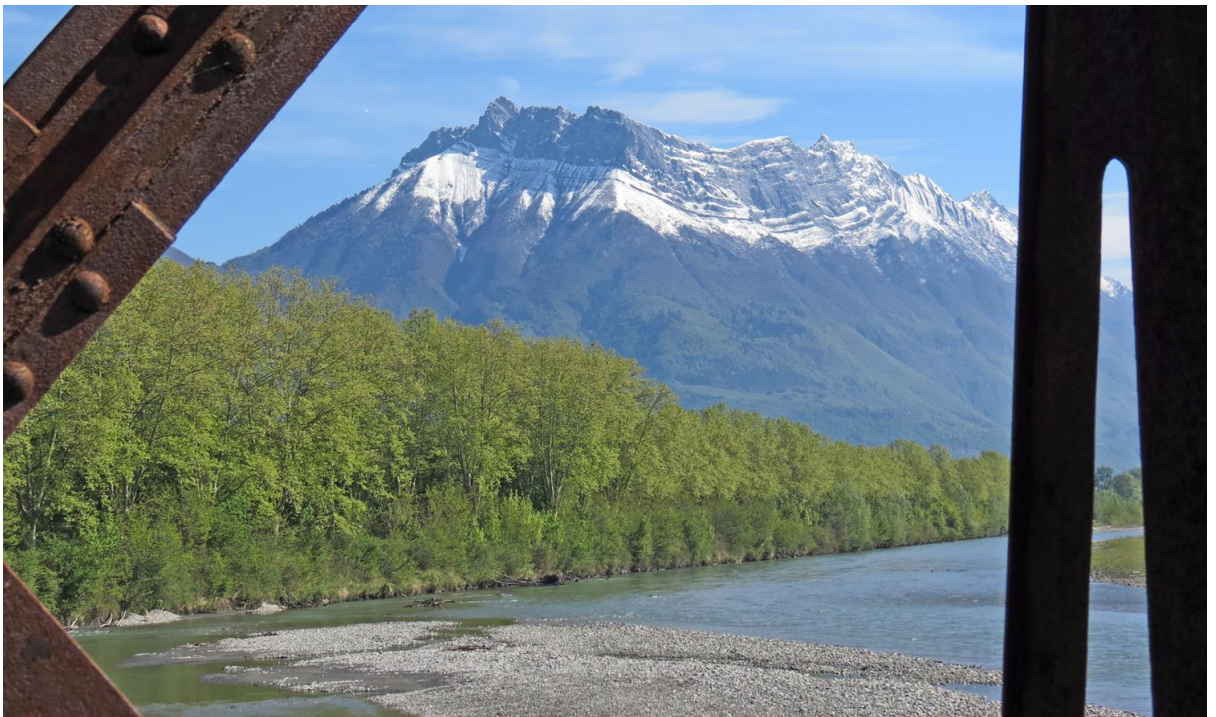




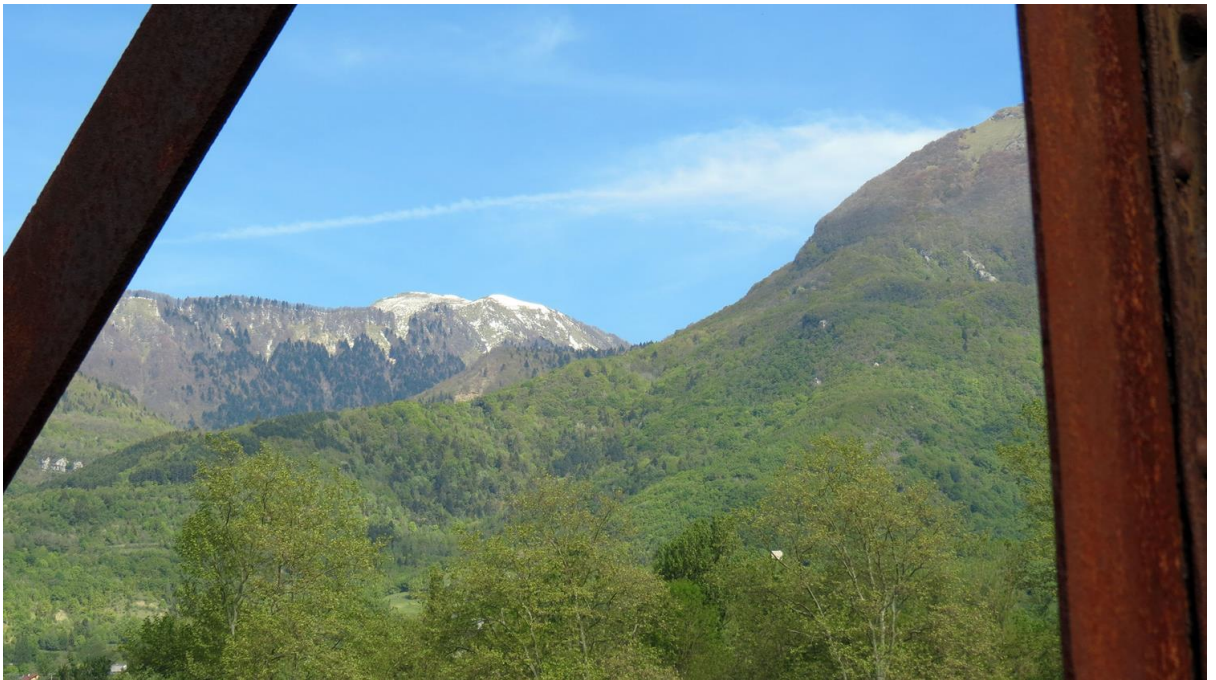
## Le Mont Blanc et son massif



## L'Arclusaz



## **Les Bauges avec la Galoppaz et le mont Charvet**



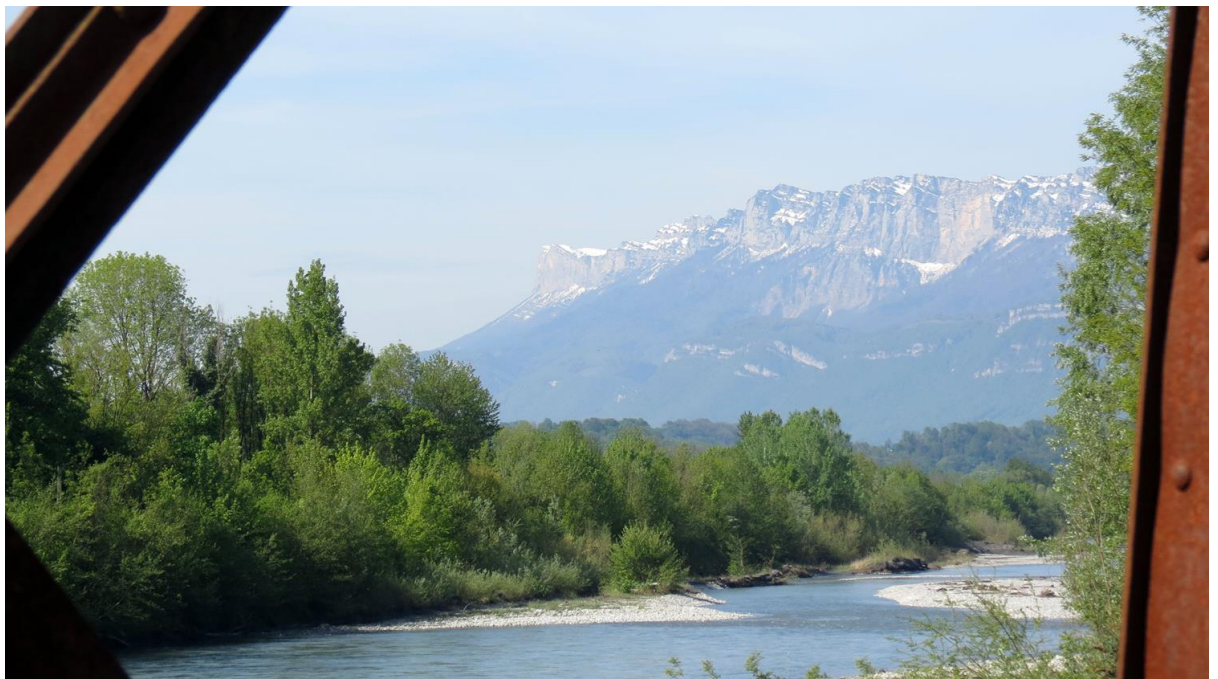
## **La Savoyarde**



## **Le massif de la Chartreuse du mont Granier**



## **à la dent de Crolles**



## **VII) FER PUDDLE ET RIVETAGE A CHAUD**

L'utilisation du fer puddlé et du rivetage à chaud confère au pont sa longévité exceptionnelle. Eiffel préférera utiliser le fer puddlé plutôt que l'acier pour la construction de la tour car il l'estime plus résistant au vieillissement, à la fatigue et à la corrosion et donc plus économe à l'entretien. C'est seulement par la mise au point du puddlage gras que l'on peut produire enfin du fer de qualité constante et économique à partir de 1839. Cette production avec celle des calculs sur le treillis par Pratt et Whipple en 1847 vont permettre la construction des grands ponts métalliques. Le pont des Anglais se situe par conséquent tout au début de cette révolution industrielle.

## Four à puddler (four à réverbère)

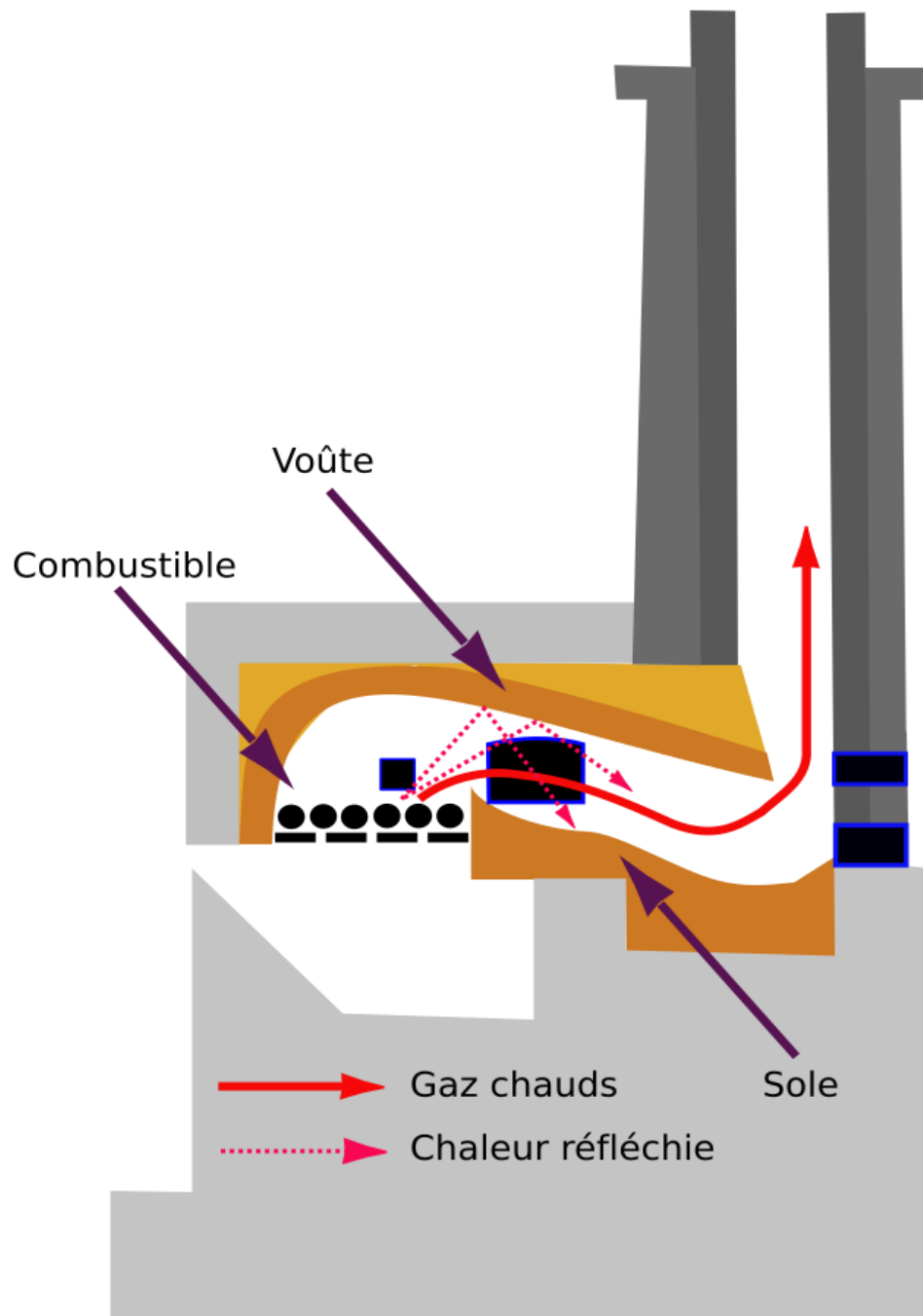
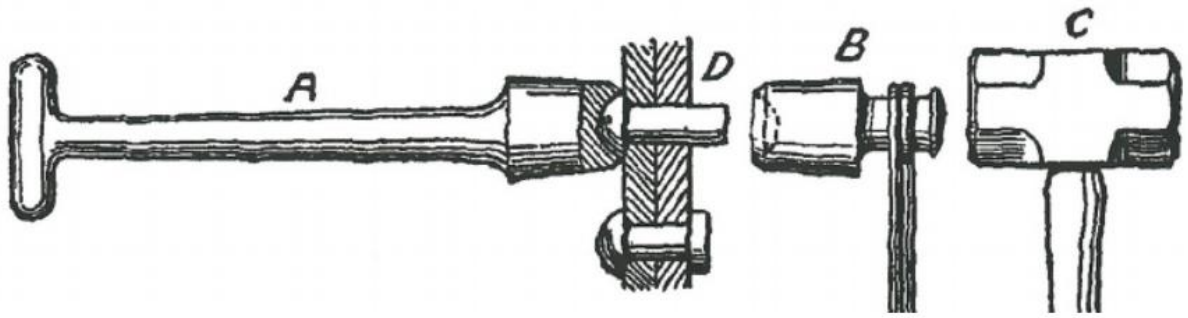


Image WIKIPEDIA

# LE RIVETAGE A CHAUD



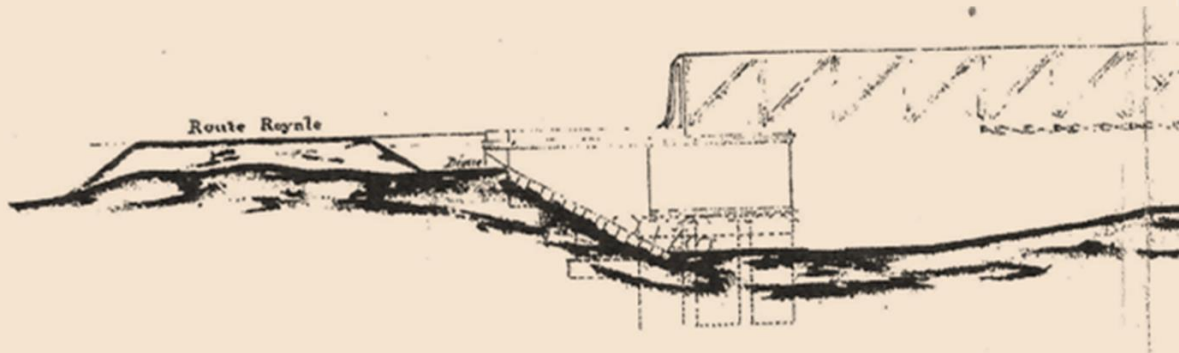
Document ResearchGate

## **VIII) CULTURE ET HISTOIRE**

Sans vouloir reprendre tout ce qui a été écrit en 1994 pour la demande de classement « monument historique » il convient également de rappeler le rôle stratégique de ce pont dans l'acheminement express des troupes françaises vers le Piémont en 1859 et les conséquences de la victoire franco/sarde sur les autrichiens, rattachement de la Savoie à la France, unité de l'Italie...

Ce pont peut devenir entre autres, un support d'exception pour raconter l'histoire de la Savoie, de la France et de l'Italie, celle de l'endiguement de l'Isère qui va développer les cultures, les transports dans une plaine auparavant hostile et marécageuse. Mais aussi un support pour enseigner le fonçage et l'utilisation de l'air pneumatique, la résistance des matériaux, les forces, la dilatation, la construction métallique avec en support la copie des documents originaux signée par l'ingénieur Georges Neumann et validés par le Ministre des transports publics Paléocapa.

# Chemin de fer Victor-Emmanuel.



En: est approuvé en conformité  
Des Vues Ministérielles en date du 23 août 1855.  
Le Ministre des Travaux publics.

Signé: Palicoupe.

Chambéry le 26 Mai 1855

Signé: Les Neumann.