



musée des arts et métiers

L E S C A R N E T S

ANTOINE-REMY POLONCEAU



« Je désire que cet exemple apprenne aux jeunes ingénieurs qu'il ne faut point se décourager facilement par les oppositions et les peines de tout genre [...] surtout lorsqu'ils veulent faire prévaloir des idées nouvelles. »

A.-R. Polonceau, Notice sur le nouveau système du pont en fonte suivi dans la construction du pont du Carrousel.

1778 - 1847

CONSERVATOIRE NATIONAL DES ARTS ET METIERS

L E S H O M M E S

Antoine-Rémy Polonceau

■ L'état des routes au début du XIX^e

Le XIX^e siècle reçoit un réseau routier en fort mauvais état. C'est l'Empire qui va faire revivre le corps des Ponts et Chaussées et tenter de remettre en état le réseau des routes mis en place au XVII^e siècle. Toutefois Napoléon préférera concentrer ses efforts sur les routes stratégiques conduisant aux frontières plutôt qu'aux routes de l'intérieur ; « de tous les chemins ou routes, ceux qui tendent à réunir l'Italie à la France sont les plus politiques », écrit-il en 1805. L'Empire a hérité de l'Ancien Régime des routes rayonnant de Paris sur 15000 km et des routes reliant les frontières sur 17000 km, soit en tout 32000 km. Or, en 1811, les routes impériales ne comptent que 33162 km dont à peine 30000 km donnés à la circulation. Les quelques 1162 km ajoutés étaient des routes stratégiques.

D'un point de vue technique, on doit à l'ingénieur anglais Mac Adam (1758-1836) l'énoncé des principes qui seront la règle générale de la constitution de routes : « les routes ne seront jamais parfaitement assises tant que les principes suivants ne seront pas compris : que c'est le sol naturel qui réellement supporte le poids du trafic, que tant qu'il est maintenu à l'état sec, il peut porter n'importe quel poids sans fléchir ». Mac Adam substitue aux masses et aux pitons, le simple roulement des véhicules. Ce système sera perfectionné par l'adoption d'un rouleau compresseur sous l'impulsion de Polonceau en 1829.

■ Les ponts métalliques

L'histoire des ponts métalliques est liée à l'évolution continue des matériaux employés. Le fer fut le premier matériau utilisé pour la construction des ponts, dès la fin du XVIII^e siècle en Angleterre. Le premier pont en fer fut le coalbrookdale, construit en 1779, sur la Severn. De par sa faible résistance, la fonte permit de construire uniquement des ponts en



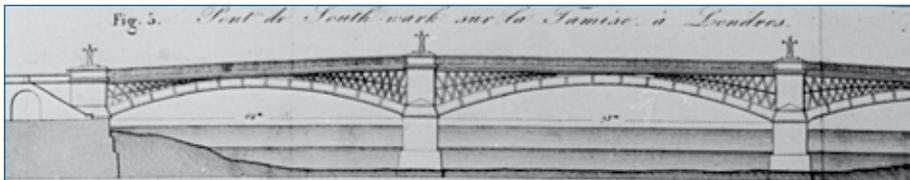
Carte des routes royales de France, 1824
(Picon, *l'Art de l'ingénieur*, p. 405).

arc travaillant en compression. Plusieurs ponts en fonte ont ainsi été réalisés en Angleterre dont le pont de Southwark construit par J. Rennie sur la Tamise à Londres en 1818. Ce pont retint l'attention de Polonceau.

Le pont de Southwark sur la Tamise à Londres construit par John Rennie en 1818.

Les premiers ponts en fonte français furent construits par De Cessart et Dilon pour le pont des Arts en 1803 et Lamandé pour le pont d'Austerlitz en 1806. Toutefois le premier reste dans son principe constructif un pont en bois ; quant au deuxième, suite à de nombreuses ruptures, il sera remplacé par un pont en pierre en 1854.

Polonceau réalisera un petit pont en fonte à Maisons La-fitte en 1812 avant de se lancer dans l'aventure du pont du Carrousel.



Le pont Southwark sur la Tamise à Londres construit par John Rennie en 1818
(B. Marrey, *Les ponts modernes, 18^e - 19^e siècles*, p. 151).

Antoine-Rémy Polonceau

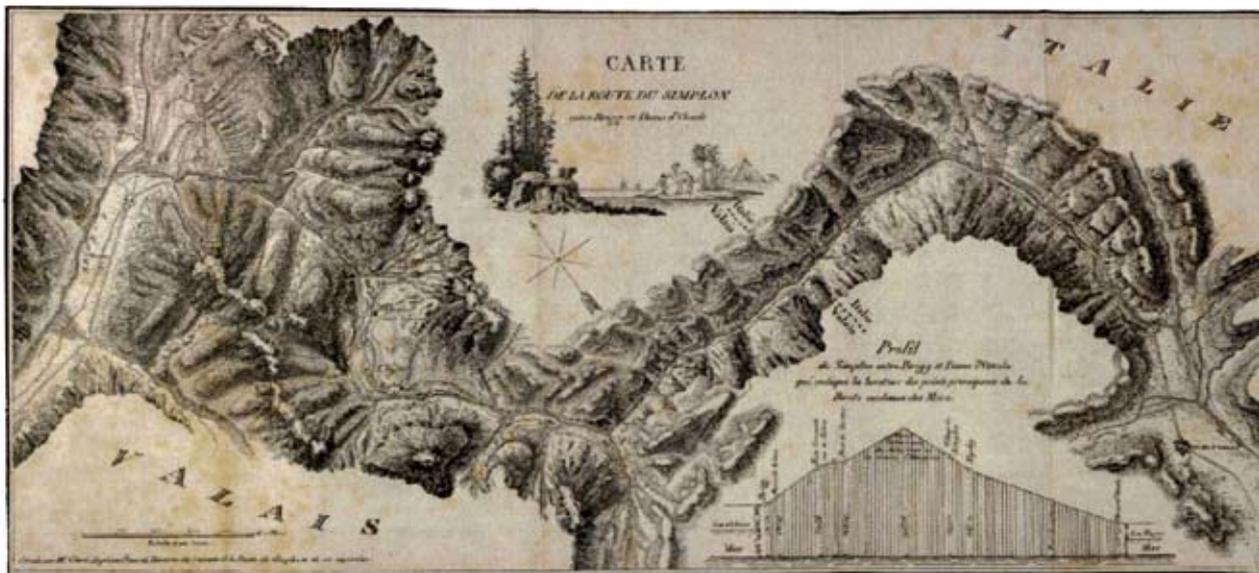
■ Un élève brillant

Issu d'une ancienne famille de la bourgeoisie rémoise, Antoine-Rémy Polonceau naît à Reims le 7 novembre 1778. Son père était subdélégué de l'intendant, ce qui correspondait aux fonctions des sous-préfets de l'époque. Après de brillantes études au collège de l'Université de Reims, il est admis parmi les premiers de sa promotion à l'école polytechnique en 1796. Trois ans plus tard, il entre dans le corps des Ponts et Chaussées. Il est partout considéré comme un élève doté d'un potentiel extraordinaire.

■ Des débuts prometteurs

Vers 1801, il rejoint d'autres ingénieurs attachés au service de l'ouverture des routes de France vers l'Italie, à travers la chaîne des Alpes. Il participe à l'étude et aux travaux de la route du Simplon, (dans le Valais) dirigés par l'ingénieur en chef Nicolas Céard. Malgré des contraintes énormes, il se fait remarquer par son ingéniosité et par son irréprochable

conduite des travaux. Ingénieur ordinaire de 1^{ère} classe, en 1806, il reçoit la mission de transporter les marbres du tombeau du général Desaix dans l'église de l'hospice au sommet du mont Saint-Bernard. Le transport avait été refusé par tous les entrepreneurs et fournisseurs de l'armée compte tenu des dimensions, du poids et des difficultés que présentaient les rampes et les tournants de la route. Polonceau réalise ce transport en un temps record (2 mois) et, qui plus est, avec un budget restreint. Cette opération jouera un rôle déterminant dans sa carrière. Nommé Ingénieur du département du Pas-de-Calais pour exécuter des travaux de navigation, il est ensuite envoyé dans le département de l'Isère pour ouvrir la route de Grenoble vers l'Italie par l'Oisans. Tous ses travaux le font remarquer de l'Empereur Napoléon qui le fait nommé Ingénieur en chef 2^e classe chargé du Mont Blanc le 1^{er} mars 1812. On lui confie alors l'ouverture d'une nouvelle route entre la France et l'Italie passant par Chambéry, la Maurienne et la Tarentaise.



Lithographie de la route du Simplon (Reprendre la photo du carnet, Nicolas Céard, *Mémoires et observations historiques sur la route du Simplon*).

Antoine-Rémy Polonceau

■ Un habile ingénieur

Le 1^{er} octobre 1814, Polonceau passe dans le département de la Seine et Oise. Là il se fait connaître sur un vaste et ambitieux projet de routes et de chemins de communication. Il s'agit de mettre en relation directe tous les cantons et les principales communes avec le chef-lieu du département. Pour ce faire, il met en application le procédé de Mac Adam en le perfectionnant au moyen d'un rouleau de compression ; il emploie du béton dans les constructions hydrauliques en remplacement des pilotis ; enfin il met en place un système de pont à bascule plus simple que ceux en usage. Tous ses travaux lui valent d'être nommé ingénieur en chef 1^{ère} classe le 1^{er} septembre 1817, puis ingénieur en chef directeur le 1^{er} mai 1821. Il est spécialement chargé des usines, des tourberies, de la navigation, des rivières et des canaux.

En 1827, Polonceau est chargé par Charles X de suivre la construction de l'institut agricole de Grignon sous la direction et d'après les plans de M. Bella. Cet établissement est une réussite et devient le modèle de toutes les institutions agrico-

les de ce genre établies dans le département. Le 19 octobre 1830, Polonceau est nommé inspecteur divisionnaire. Il est alors chargé des études relatives à plusieurs lignes de chemin de fer dont celle de Paris à Versailles par la rive gauche, de Paris à Rouen, du Havre à Dieppe, d'Orléans à Tours et de Dijon à Châlons. Soucieux de transmettre son savoir, Polonceau est à l'origine de la création de la première école normale primaire supérieure pour la formation des enseignants. Cette école est établie à Versailles par ordonnance royale du 11 mars 1831. Une de ses plus grandes réalisations est le pont du Carrousel sur la Seine à Paris. Inauguré en 1834, il devint un pont modèle.

■ Une retraite active

Atteint d'une grave surdité, Polonceau doit renoncer à prendre part aux délibérations du Conseil général des Ponts et Chaussées et prend sa retraite le 1^{er} janvier 1840. En 1843, il part en voyage dans le Jura. Là, il constate les désastres occasionés par la Louë, une rivière torrentielle trois fois plus rapide que le Rhône. Il rédige alors un plan général de son endiguement qui, approuvé par le préfet du département et le Conseil général, ne verra jamais le jour faute de moyens. Le préfet du Jura lui confie ensuite la mission d'étudier la plus longue et la plus difficile section d'un projet de chemin de fer de Besançon à Lyon, en passant par le Jura. Là encore le projet est approuvé mais restera dans les cartons. Polonceau consacre les dernières années de sa vie à l'agriculture. Il s'intéresse plus particulièrement aux prairies en y faisant appliquer des procédés d'endiguement, d'irrigation et de limonage. C'est dans son ermitage à Roche (Doubs) qu'il meurt le 30 décembre 1847.

Pont du Carrousel, photographie de Blancard prise vers 1890, A. Picon, *L'art de l'ingénieur*, p. 109



Antoine-Rémy Polonceau

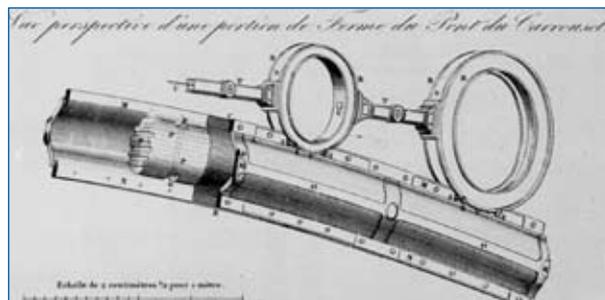
■ Le pont du Carrousel (1833-1834)

C'est le premier grand pont français réellement conçu en fonction de la fonte. Sa genèse fut laborieuse comme le souligne Polonceau dans son mémoire rédigé en 1839. Nombre d'obstacles (projet du pont suspendu des frères Seguin, procès...) vinrent retarder sa réalisation. Polonceau dut même commencer les travaux sur ses propres fonds.

■ Construction

- Les culées étaient en pierre calcaire et chaux hydraulique. Les massifs des piles furent coulés dans des enceintes en pieux et en palplanches. Les piles étaient en pierre meulière avec un mélange de chaux hydraulique et de pouzzolane. Pour pallier à la légèreté des piles, il fallait poser les trois arches en même temps au moyen d'échafaudages. Ces derniers ont porté la charge entière des fontes avant leur assemblage sans fléchir en aucun point.

- Les arcs au nombre de cinq (pour une seule arche) étaient constitués de pièces elliptiques en fonte. Pour renforcer ces arcs, Polonceau eut l'idée de loger à l'intérieur des âmes en bois. Elles étaient faites de 9 planches de pin du Nord de 10 à 20 m de longueur et de 55 mm chacune. Du bitume a été

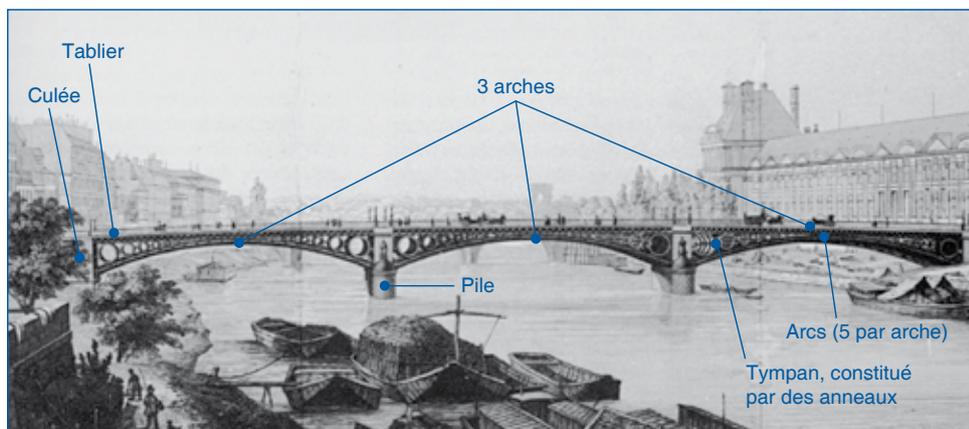


Vue perspective d'une portion de ferme du pont du Carrousel. On distingue très nettement les planches serrées à l'intérieur de l'arc. (B. Marrey, *Les ponts modernes*, 18^e-19^e, p.152).

coulé à chaud pour permettre une parfaite adhérence entre le bois et la fonte et éviter toute entrée d'air et d'eau susceptible d'altérer le bois. Des segments d'arcs en fonte en forme elliptique ont été ensuite posés et assemblés par des boulons autour des âmes en bois. Enfin, pour relier les arcs entre eux, Polonceau imagina un système d'entrecroisement en conjuguant pièces en fonte et en fer, et en combinant des entretoises droites avec des entretoises obliques.

- Les tympans étaient constitués par des anneaux en fonte de diamètre décroissant des piles vers le centre.

Le succès du pont sera sa perte (passage de 150 véhicules en 1836, puis de 5000 en 1925). Il sera démolé en 1935 pour être remplacé par un ouvrage en béton de 33 m de large (contre 12 m pour le pont du Carrousel).



Le pont du Carrousel sur la Seine à Paris. Une des innovations de Polonceau est de préférer « l'élasticité aussi uniforme que possible et la légèreté des composants aux solutions lourdes et rigides » alors en usage. (B. Marrey, *Les ponts modernes*, 18^e-19^e, p.151).

Antoine-Rémy Polonceau

Ses nombreuses publications et notices témoignent de son immense curiosité pour une infinité de sujets dont « les moulins à vent, l'Institut agronomique de Grignon, les chèvres asiatiques à duvet de cachemire, les bitumes et leurs divers emplois, l'aménagement des eaux en agriculture, la récolte des foin et même les vaches suisses ! »

■ Système Mac Adam

Promoteur en France de la méthode mise au point par Mac Adam, Polonceau en reprend les grands principes pour la construction de ses routes :

- suppression des eaux sur les accotements
- éloignement des eaux des chaussées
- mise en place de trottoirs
- assise de la chaussée sur un sol légèrement bombé sec et résistant
- mise en place de petits cailloux de diamètre homogène

■ Plan d'entretien

Polonceau établit un plan de restauration et d'amélioration général des routes de France.

- élargissement des chaussées
- établissement de fossés continus
- transformation totale des chaussées en cailloutis par des chaussées à la Mac Adam
- vente des excédents de routes au-delà des fossés

■ Projet d'une machine à réparer les accotements

Polonceau a remarqué que le passage répétitif des boeufs sollicitait fortement les accotements. Pour y remédier, il imagine une machine capable de raboter le sol, le niveler et l'aplanir. La machine comprend deux parties distinctes :

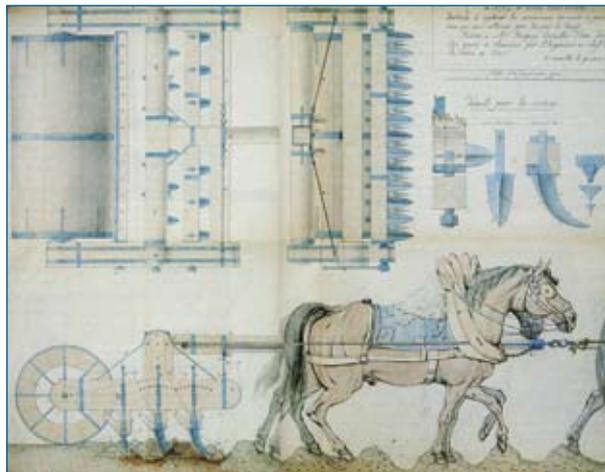
- une partie antérieure composée de deux rangs de fortes griffes tranchantes : les coutres, et d'un râteau. Cette partie doit couper, rabattre et régaler toute la partie saillante.

- une partie postérieure composée d'un cylindre cintré de cercles en bois eux-mêmes garnis de bandes en fer. Cette partie doit tasser le terrain.

L'ensemble est tiré par quatre chevaux pour un poids total d'environ 1098 kg.

Le travail de cette machine est équivalent au travail de 10 hommes pendant 12 jours pour la réalisation d'une lieue (soit 4,45 km). Afin de gagner en efficacité, Polonceau n'aura de cesse d'améliorer cette machine.

Schéma de la machine à raboter les accotements (Reprendre le schéma du mémoire p. 17)



Vue en coupe, vue de dessus et détails de la machine à raboter les accotements in A.-R. Polonceau, *Projet d'une machine à réparer les accotements des routes et particulièrement ceux qui sont sillonnés par des pas de boeufs*, Paris, 1818. (Corono, *250 ans de l'école des ponts en cent portraits*, p. 82-83).

Antoine-Rémy Polonceau

■ Collections

On pourra lire avec profit les nombreux écrits laissés par A.-R. Polonceau, par exemple :

- Notice sur le nouveau système de pont en fonte, suivi dans la construction du pont du Carrousel, Paris, Carillan-Goeury, 1839.
- Notice sur l'amélioration des chaussées en cailloutis, des revêtements des routes et des chemins de terre, Paris, Carillan-Goeury, 1834.
- Notice sur les vaches suisses du canton de Schwitz, Paris.
- Recherches et travaux sur les constructions hydrauliques et l'emploi du béton en remplacement des pilotis, Paris, Carillan-Goeury, 1829.
- Projet d'une machine destinée à réparer les accotements des routes et particulièrement ceux qui sont sillonnés par des pas de de boeufs, Paris, 1818.

■ Pour en savoir plus

- M. Héricart de Thury, Notice bibliographique sur Antoine Rémy Polonceau, 1848
- G. Coriono, 250 ans de l'École des Ponts en cent portraits, Presses de l'École des Ponts et Chaussées, 1997
- B. Marrey, Les ponts modernes - 18^e et 19^e siècles, Picard, 1990
- M. Prade, Ponts et viaducs au XIX^e siècle, Poitiers, Brisaud, 1988
- A. Picon, L'art de l'ingénieur, 1997

maquette ? voir au musée du CNAM Paris et donner une ou deux reproductions

- **Rédaction** : Marie Feyel
- **Coordination** : Gérard Villermain-Lécolier
- **Conception graphique** : Emmanuel Côté, Cnam Champagne-Ardenne, sur une idée d'Olivier Delarozière.
- **Schémas** : Mathieu Fournaise
- **Photos** :
- **Musée des arts et métiers**, Service éducatif,
292, rue Saint-Martin - 75003 Paris
Tél. : (1) 40 27 27 52 ou (1) 40 27 26 40

Antoine-Rémy Polonceau

L'expérience proposée consiste à illustrer le grand principe utilisé dans le pont du Carrousel : l'alliance de la fonte et du bois dans la réalisation des arcs.

Polonceau explique dans sa Notice sur le nouveau système du pont en fonte suivi dans la construction du pont du Carrousel :

« Si on charge à l'excès un cylindre creux en fonte, rempli exactement par un cylindre en bois plein, la fonte ne pourra prendre la flexion qui précède immédiatement sa rupture sans faire fléchir le bois intérieur de la même manière ; mais celui-ci opposant sa force élastique et de ressort à la pression qu'il reçoit de la fonte dans son milieu, résiste à la flexion du métal et par là arrête et retarde sa rupture. D'un autre côté, la fonte, fortifiée par sa résistance nerveuse du bois est moins prompte à céder ».

■ Vous devez disposer du matériel suivant

- 2 tuyaux en matériau ferreux quelconque de 60 cm de long
- 2 morceaux cylindriques pleins en bois de 60 cm de long (Veillez à ce que l'un des morceaux en bois puisse être introduit dans dans un des tuyaux en fer)
- plusieurs briques pour former deux piles de même hauteur
- un ou plusieurs poids d'environ 25 kg



1) Disposez le premier tuyau en fer sur les deux piles de briques écartées l'une de l'autre. Posez le poids au centre du tuyau. Le tuyau cède !



2) Disposez le cylindre en bois sur les piles de briques écartées l'une de l'autre. Posez le poids au centre du cylindre. Le cylindre en bois se casse !



3) Introduire le cylindre en bois dans le deuxième cylindre en fer puis disposez l'ensemble sur les deux piles de briques écartées l'une de l'autre. Posez le poids au centre de l'ensemble cylindre en bois/tuyau en fer. L'ensemble ne cède pas !