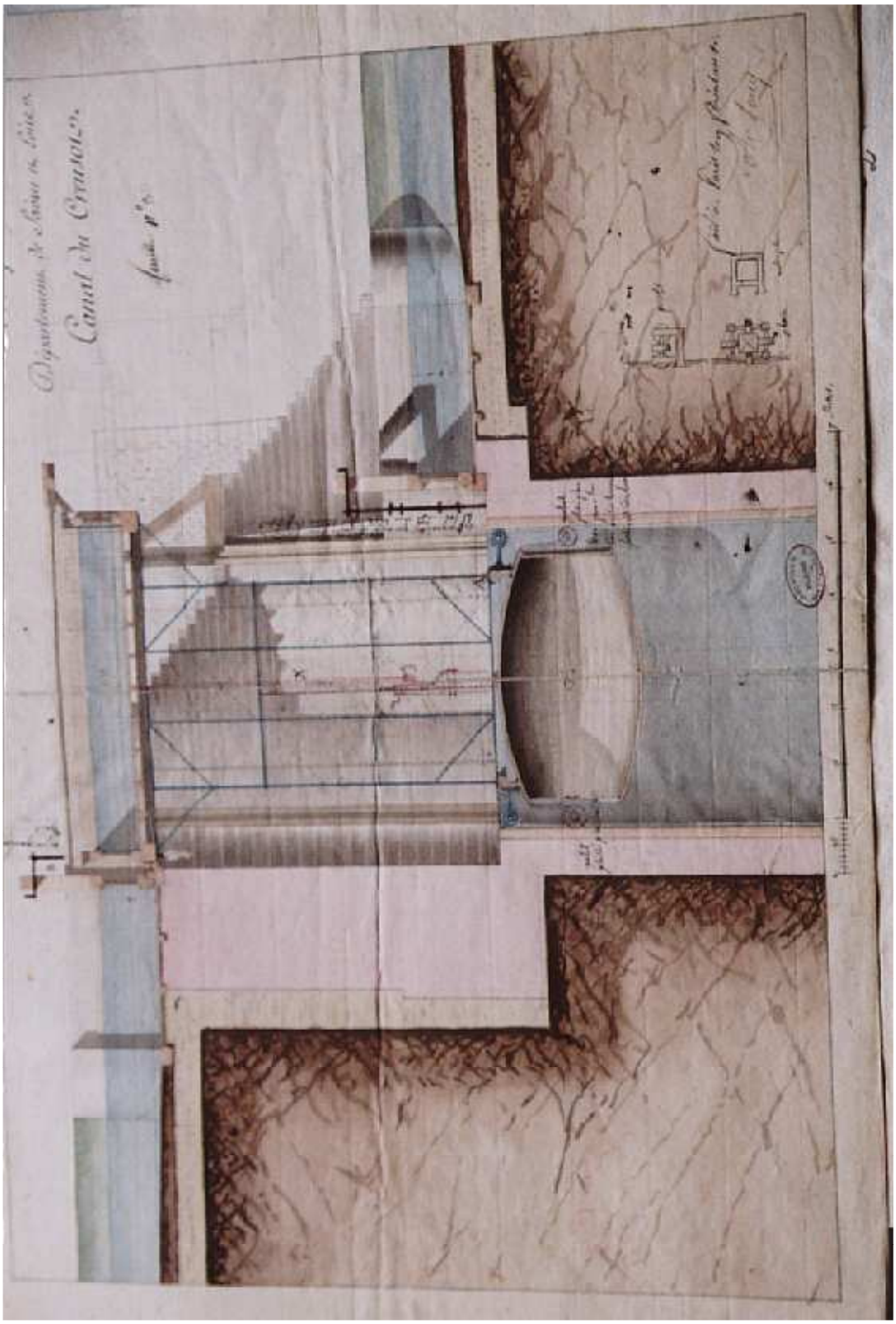
# *Encyclopédie des voies d'eau d'Europe*

Histoire – Techniques – Monuments des canaux et rivières

Tome 6
Paris - 2009

Jacques de La Garde et Marie Perrichon




*Le tonneau de Forey - Le Creusot (F71) - 1802*

TOME 6

Hydrauliciens

Mécaniciens

Plans inclinés

Ascenseurs

## *Tome sixième*

Les appareils sont présentés, autant que faire se peut, dans l'ordre chronologique.
On aurait pu, tout aussi bien les grouper par systèmes (ascenseurs, plans inclinés, flotteurs…). Il a paru meilleur de montrer que les différentes techniques ont coexisté.



*Graben ( D ) Reconstitution, aux « fosses carolines » d'une descente de bateaux, sur des rondins.*

### *Hydraulique et mécanique*

Depuis le XV° siècle, les ingénieurs maitrisent l'écluse à sas. Ils savent assez d'hydraulique pour faire grimper les bateaux de colline en colline. Ils veulent faire des écluses de plus en plus hautes et de plus en plus nombreuses.
Puis vient l'époque des ingénieurs qui proposent des solutions mécaniques pour passer les bateaux de plus en plus haut – par-dessus les montagnes – à sec ou dans leur eau… avec des roulettes ou sans appui sur le sol…

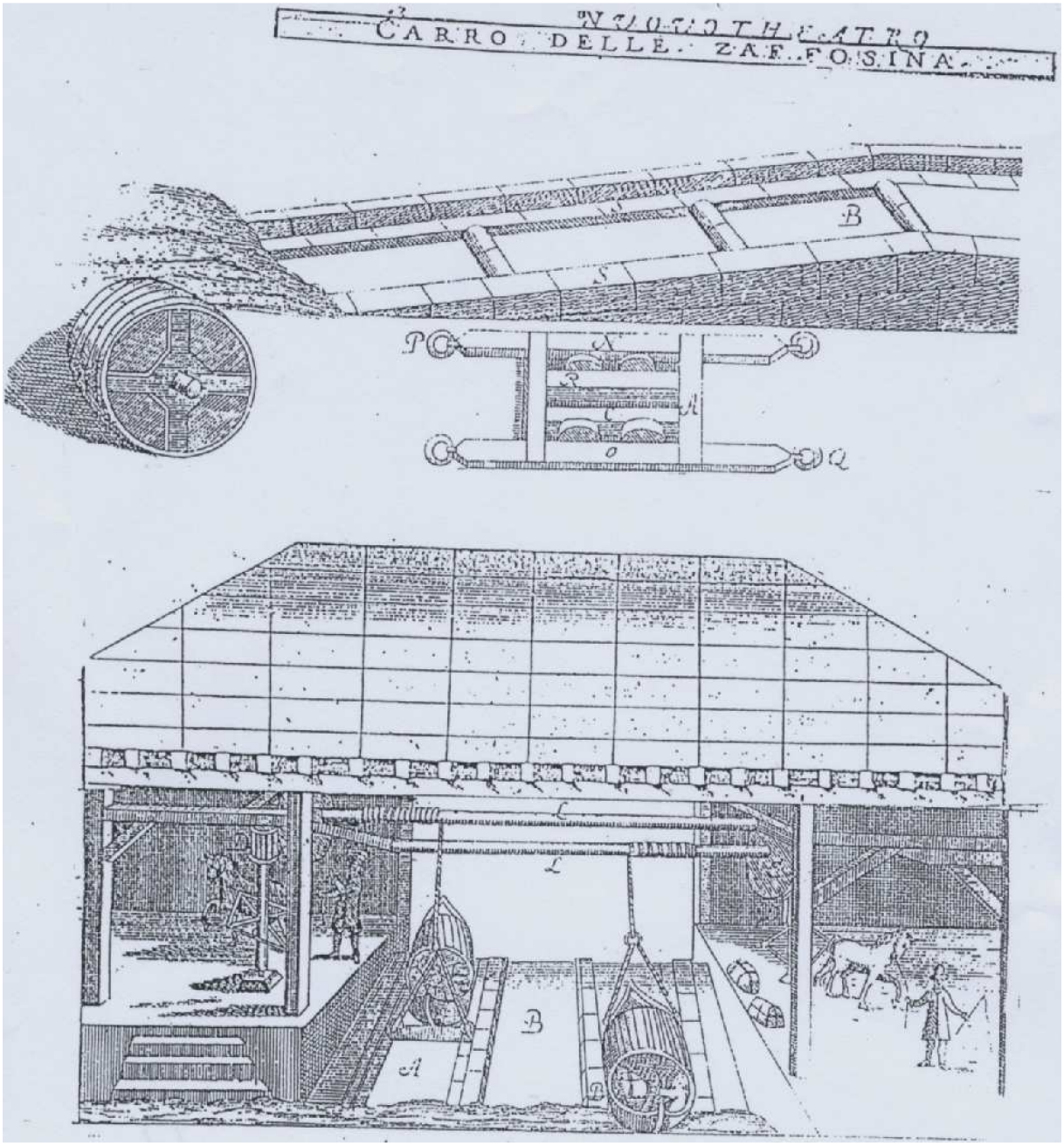
Hugues Cosnier écrit, en 1628 : « *Aux endroits où il convenait que les bateaux montassent ou descendissent (les italiens) usaient de certaines agrafes en fer, attachées à une sorte de balancier, par le moyen de quoy, avec certains bandages et contrepoids, ils empoignaient leurs vaisseaux et les levaient et baissaient tout chargés, de canal en autre.* ».

Cosnier décrit, en termes compliqués, ce que nous appelons tout simplement : une grue. Les premières grues tournantes sont connues à la fin du XIV° s. La grue du XV° siècle visible aujourd'hui dans le port de Gdansk (PL) montait deux tonnes à 27 m. de hauteur.
Il est probable qu'au cours des temps les petits bateaux ont été transportés normalement avec des grues sans que l'histoire de la navigation en garde des traces précises.

On peut aussi sortir les bateaux de l'eau et les conduire, par glissade à un autre niveau : Charlemagne a fait un essai gigantesque, en 793 : les fosses carolines.

Cette tentative « énorme » rappelle les travaux des égyptiens de l'antiquité qui conduisaient leurs bateaux à sec pour contourner les obstacles du Nil ou ceux des grecs qui traversaient l'isthme de Corinthe avec des flottes entières sur un « diolchos » pavé.

On a peine à croire, encore aujourd'hui, qu'à la prise de Constantinople, en 1453, Mahomet II a pu faire passer 70 galères dans la Corne d'or après un trajet de 8 kms sur des glissoires en planches.


CARRO DELLE ZAFFOSINA
B
S
P
A
O
Q
L
B
A

L’Europe occidentale sait, depuis le moyen âge, franchir de faibles dénivellations sans écluse grâce à un appareil nommé « pont à rouleaux «  en France, « overtom » ou « overdragh » en Hollande et « carro » en Italie.

### *Le CARRO de FUSINA*

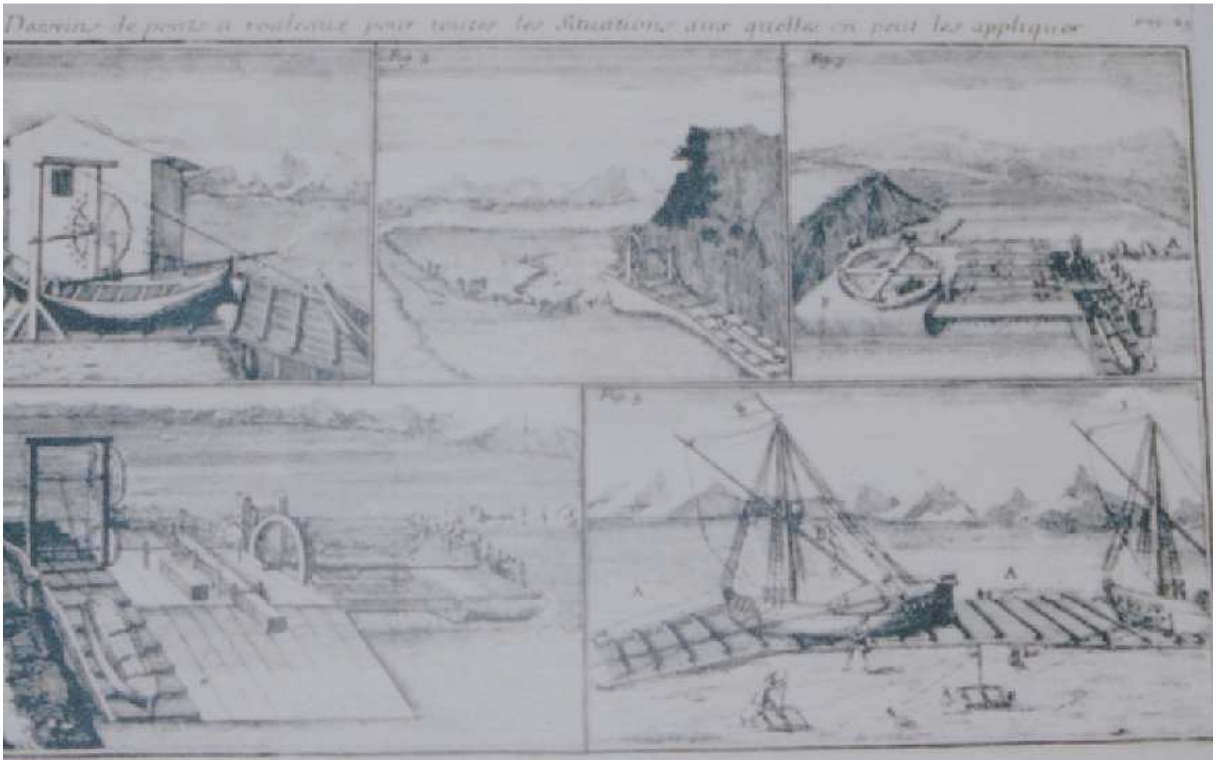
Michel de Montaigne arrivant à Venise en 1580 passe par Fusine, sur la Brenta. Il écrit, dans son « Voyage en Italie » : Fusina n’est qu’une auberge d’où l’on embarque pour aller à Venise. Toutes les barques y accostent le long du fleuve, pour continuer avec des engins et des poulies que font tourner deux chevaux, à la mode de ceux qui font marcher les moulins à huile. On tire ces barques à l’aide de roues qui les soulèvent jusqu’à un plancher en bois pour ensuite les jeter dans le canal qui va se rendre à la mer où Venise est assise. »

Hugues Cosnier en a entendu parler, lui aussi : « Une sorte de roulleaux sans fin… par le moyen desquels et de certains rouets, lanternes et cables, ils élèvent et baissent leurs bateaux… La vérité est que de crainte que lesdictz batteaux ne se (co)rompent ils sont portés sur un certain plaffond qui coule et roule sur lesdictz roulleaux avec telle facilité que ceux qui sont dans les dictz bateaux prennent plaisir à monter ou à descendre. »

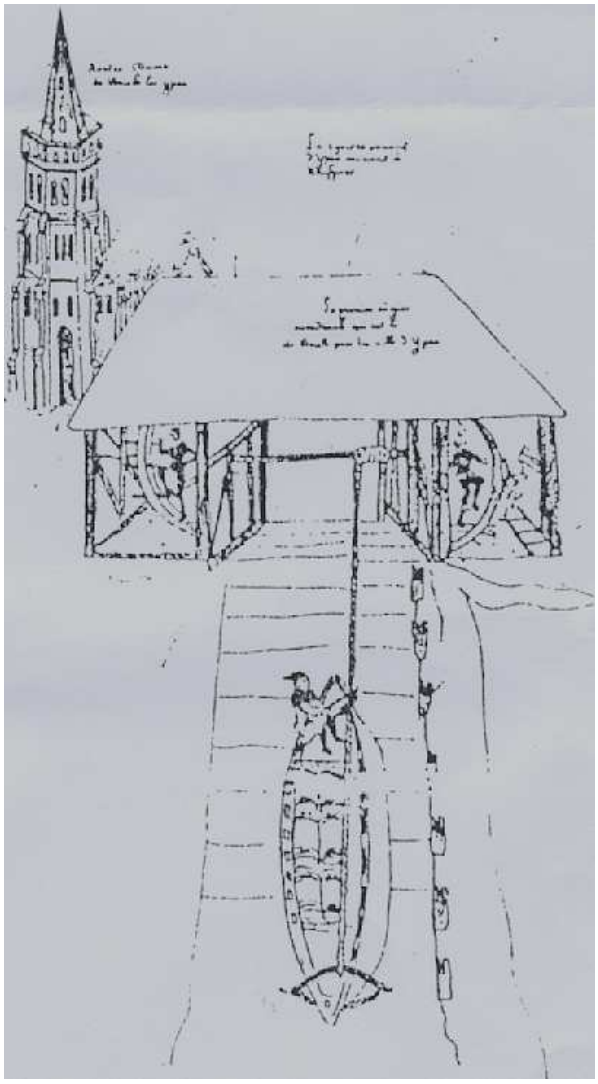
Le carro a été décrit également par le vénitien Marin Sanudo. Heureusement, pour plus de clarté, nous avons le dessin de Ronca dans le « Nuovo theatro delle macchine »
L’ « ascenseur » de Fusina ne soulève pas les bateaux. Il les fait glisser, à sec, par-dessus une digue que l’on pourrait qualifier de « sanitaire ». Les vénitiens l’ont bâtie, à l’embouchure de la Brenta, pour rejeter le plus loin possible vers le sud les eaux usées venant de Padoue et de toutes les cités riveraines.

Le carro tire le bateau par un cabestan mû par des chevaux sur un plan incliné, guidé par des rails en rainure. Le bateau sort de l’eau, arrive au milieu du plan incliné qui bascule sous son poids et le laisse glisser de l’autre côté du barrage.

Les vénitiens ont été obligés, dès le XVII° s., de remplacer ce chariot mal pratique par la large écluse



*Belidor : Architecture hydraulique*
*1739*



*Overdracht, vers 1550 à Ypres (B)*

Moranzani, aux angles arrondis, qui est encore aujourd'hui dans son état primitif, plein de poésie. On peut songer aux navigations anciennes… mais elle est commandée à distance par un éclusier qui porte en sautoir son pupitre électronique.

## *XVI°siècle*

### *L'overtoom hollandais*

La bibliothèque d'Ypres, en Belgique, qui a été incendiée en 1914, possédait un manuscrit montrant un des 14 overdracht du canal de Nieuport, vers 1550. On y voit des hommes grimpant sur les chevilles d'une cage d'écureuil.

C'est en Hollande que *l'overtoom* a laissé les souvenirs les plus précis. Le mot est fréquent dans la topographie : un grand jardin public à Amsterdam et tout un quartier, une belle écluse de Zaandam portent ce nom.

Un overtoom ancien est encore debout, au village de Rijp Watering, visible depuis l'autoroute qui relie Amsterdam à Leyden. Il est situé près du polder bleu, accessible par le pont bleu, au pied du moulin bleu bâti en 1772.

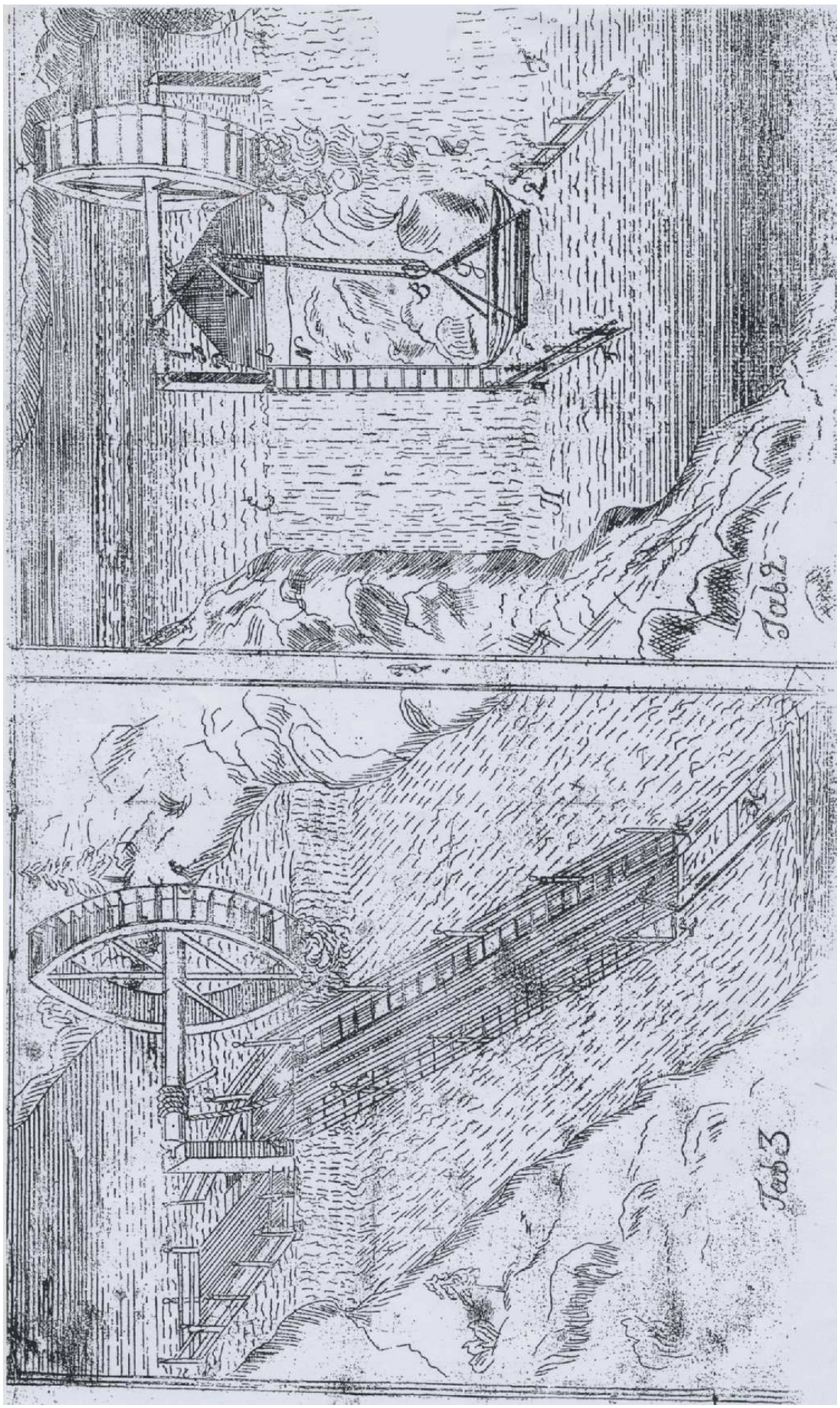
Il n'est plus très solide. Le plancher est à refaire ; les poteaux sont branlants. Le meunier lui-même est âgé. Il espère remettre l'overtoom en état… l'année prochaine. Il accueille les visiteurs avec grande affabilité. L'overtoom et le blauwmolen sont un des sites les plus émouvants offerts aux amateurs de moulins et de monuments de l'eau.

Un overtoom a été reconstitué à Venhuisen, au S-0 du fameux musée en plein air d'Enkhuisen : deux cabestans permettent de faire passer une barque, d'un canal à un autre… par-dessus une route goudronnée.

Les français du XVII° siècle ne manquent pas d'expérience hydraulique. C'est l'époque de la machine de Marly (1685) qui reproduit, dans des proportions gigantesques, celle de Modave (1680) en Belgique.

Nicolas Grolier de Servières publie dans ses « ouvrages curieux de mécanique » (1680) un plan incliné avec un bateau. Des monte-pentes sont signalés à Watten, Bergues, Capelle-Broucke (F-59). L'hydraulicien Belidor en publie plusieurs en 1739. L'un est actionné par une roue de moulin.

Toute l'Europe étudie alors le problème de la translation des bateaux. En 1751, un grand inventeur de machines,




*Chydenius : Projet de plan incliné – 1751*



*Overtoom ancien de Rijp Wetering ( NL )*

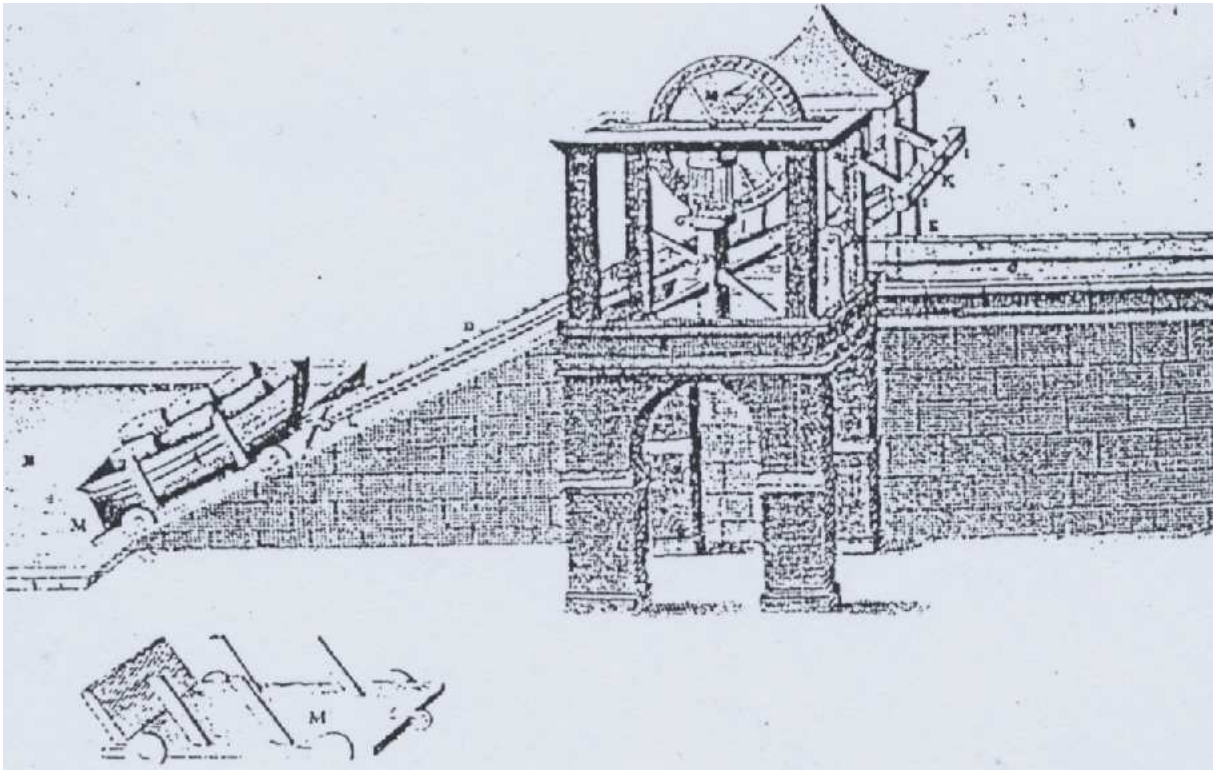


*Overtoom reconstitué de Venhuisen ( NL )*

***1751***

Le philosophe finlandais Samuel Chydenius, propose à l'académie d'Upsala dans une dissertation académique en latin : une grande roue mue par l'eau d'un barrage tirant sur un plan incliné un plateau portant bateau.

Il a aussi une variante : la grande roue peut enrouler sur son axe un câble hissant le bateau verticalement. On revient à la grue.



*Plan incliné de Nicolas de Servieres : Ouvrages curieux de mécanique (1680)*

## *PLANS INCLINES ET REVOLUTION INDUSTRIELLE EN GRANDE BRETAGNE*

Le XVIII° s. est le Siècle des Lumières. La fin du XVIII° s. est aussi l'époque des révolutions. L'Angleterre se lance dans la « révolution industrielle ».
Pour exploiter d'abondantes mines de fer et de charbon, la machine à vapeur vient aider la main de l'homme, remplacer le coup de collier du cheval. Une génération d'ingénieurs a la passion de la mécanique, du machinisme.
Les mines appartiennent à des compagnies privées qui gèrent à l'économie car l'exploitation est souvent hasardeuse : les transports se font dans de petits bateaux sur des canaux étroits.

Dans ces collines minières, les canaux sont bien souvent à des niveaux différents. Il faudrait les relier par des écluses mais les entrepreneurs hésitent devant le coût de la construction. Et puis… Il n'y a pas beaucoup d'eau dans les collines.
Pour aller d'un canal à l'autre, les chevaux trainent des conteneurs sur les pentes. Les hommes manœuvrent des grues, des treuils, des poulies, s'affairent autour des puits, des trémies.
Mais l'épopée des chemins de fer commence. Les ingénieurs ont l'idée de les marier aux canaux, de tirer les bateaux sur rails à travers les collines. Sans les décharger. L'idée parait logique… et rentable. Ainsi toute une famille de plans inclinés va se développer.

De ces travaux innombrables il reste seulement quelques témoins, dans la nature, mais l'historien anglais David Tew a pu reconstituer, par des études d'archives la plus grande partie de l'itinéraire des ingénieurs. Les anglais sont passionnés par l'archéologie industrielle. Nous allons les suivre, notant les étapes les plus importantes, celles qui ont fait « avancer les choses ».

Nous jetterons aussi un œil sur les dizaines de projets fous, les chantiers perdus qui n'ont jamais été terminés. Ils ont tous contribué, en multipliant les tentatives, en apportant astuces et innovations, à réaliser ce rêve : conduire des bateaux sur la terre ferme.

Parmi les projets réalisés, beaucoup de plans inclinés ont connu un succès éphémère, ou bien ils n'ont pas dépassé le stade expérimental : C'est parce que les recherches passionnées du génie civil anglais étaient très en avance sur la technologie. Il n'était pas possible de garantir la qualité des matériaux, la précision des outils. Un appareil plus ou moins bien ficelé tenait debout pour quelques expériences et se révélait ensuite incapable d'assurer une exploitation régulière.

Il y a une théorie du plan incliné, qui est une sorte d'ascenseur rampant. Elle a été exprimée, en premier, par le spécialiste de la navigation intérieure, Edmund Leach : Deux bacs à roulettes semblables, contenant de l'eau, sont parallèles sur un plan incliné. Reliés par une corde passant par une poulie, ils sont en équilibre. Si on ajoute un peu d'eau à l'un d'eux, il descend sur la pente par gravité, tandis que l'autre monte. Dans la réalité…

## *DURCART en ULSTER*

Sur le terrain, le premier essai est dû à David Durcart, qui était peut-être italien. On n'est pas certain de son identité. Il construit, à partir de 1767, trois plans inclinés près de Coalisland, en Irlande du nord, sur le Tyrone canal, pour transporter du charbon.

Il essaye d'abord, pour monter les bateaux sur rails de leur mettre des « rollers ». Puis il réussit à les entrer dans un bac plein d'eau roulant sur une voie parallèle. L'énergie est fournie par un moulin à eau… ou par un cabestan. Un cheval, en haut, aide à tourner le bateau vers le canal.

## *1767*

Ce premier élévateur n'a jamais fonctionné, mais c'est le premier essai grandeur nature. Durcart cherchait à monter de petits bateaux - 1 t. 5 - nommés « tub boats ». Ces bateaux étaient en bois (plus tard en fer) en forme de parallélépipède. En canal, on les halait, en file, avec un cheval. Presque toutes les expériences sur les plans inclinés ont été faites avec ces petits bateaux.

Il ne reste aucune machinerie de Durcart mais, par contre, d'importantes constructions entre la rivière Blackwater et le Lough Neagh dans des endroits perdus de la verte campagne irlandaise (Il vaut mieux se faire conduire par quelqu'un du musée voisin de Coalisland où on voit d'ailleurs une maquette de l'œuvre de Durcart). Deux des plans inclinés sont repérables, chacun par une arche de pierre isolée, d'une belle stéréotomie. Plus loin : un pont-canal tout à fait intact, de 1778. Probablement n'a-t-il jamais porté bateau. Le plus curieux est dans les broussailles : en piétinant les branches, on arrive à une grande porte classique à colonnes, digne d'un noble hôtel, avec une ornementation d'oves, de modillons… sculptés et peints. Derrière, tout n'est que ruine. Ce faste intempestif est aussi mystérieux que la personnalité de Durcart.



*Cette arche de pierre soutenait un plan incliné de Durcart*



*Porte mystérieuse dans les constructions de Durcart*

## *REYNOLDS*

Le premier plan incliné qui a fonctionné régulièrement - de 1788 à 1815 - à Ketley, sur le petit canal du Shropshire est dû à un maître de forges, William Reynolds, personnage à la tête du progrès industriel. Son plan incliné transporte du charbon vers les forges situées 22 mètres plus bas.
Schéma classique : deux voies parallèles ; un chariot qui monte, l'autre qui descend.

## *1788*

Reynolds met au point toutes sortes de détails qu'on retrouvera chez ses successeurs : le chariot est équipé de roues plus hautes en bas qu'en haut. Ce qui permet de transporter un bateau à peu près horizontal.

Aux extrémités du parcours, les rails sont relevés pour que le bateau ne pique pas du nez en retrouvant le niveau du canal.
Le bateau voyage à sec mais Reynolds a l'idée, pour l'aider à entrer dans le chariot de construire, en haut, une écluse où il est facile de régler le niveau de l'eau.

Comme la nature ne fournit pas beaucoup d'eau en cet endroit, l'eau de l'écluse est récupérée dans un bassin d'épargne et réinjectée dans le canal supérieur par une machine à vapeur. Quand les portes de l'écluse s'ouvrent l'eau qui s'écoule entraine le bateau plein sur la pente. Il descend ensuite par son propre poids, contrôlé par un frein, et entraine le bateau vide, qui monte.
Reynolds est peut-être le premier à remplacer les voies de bois par des plaques en fonte en « L ». Son plan incliné peut monter des bateaux de 8 tonnes, qu'on assemble en trains, tirés par des chevaux sur le canal.

Cette installation péréclite, comme les forges qu'elle dessert, à la suite des guerres de l'Empire. L'ingénieur général Dutens – que les anglais affublent du titre d' « espion économique » trouve le plan incliné abandonné, en 1818. Il ne reste rien du chef d'œuvre de Reynolds, celui qui avait réuni tous les éléments du plan incliné parfait.



*Les plans inclinés montaient des « tub boats » construits en bois, à l'origine puis en fonte.*



Pendant que les anglais mettent au point le plan incliné, les allemands réussissent à monter des bateaux avec un ascenseur basé sur le principe de la grue, en 1788 :

***1788***

En Saxe, à Freiberg, au S-O de Dresde, des mines d'argent nécessitent d'importants travaux de canalisation, axés sur la Mulda, affluent de l'Elbe.

L'ingénieur Johann Mende, en 1788, veut réunir la rivière et un canal situé 6 mètres plus haut, à Halsbrucke. Il bâtit un portique couvert, rectangulaire, sur trois arcades, d'une belle maçonnerie brune piquetée de points blancs (minerai d'argent).

Les bateaux - portant 2 t 5 - entrent par l'arcade située au niveau de la rivière (1). Ils sont alors saisis par une grue manuelle (2) - un palan à 5 tours - qui les hisse au niveau du canal supérieur (3). C'est une sorte de pont roulant : la grue glisse horizontalement sur des rails en crémaillère et dépose le bateau dans le bief haut.

Cette machine fonctionne jusqu'en 1869. Un deuxième ascenseur, du même type, est construit un peu plus loin, à Grossvoigtsberg, en 1792. Peut-être n'est il jamais entré en service.

Ces deux monuments sont visitables. Le premier a été restauré en 1988. Le second en 1999. La machine n'a pas été reconstituée sur place mais, en réduction, au musée de Freiberg, d'après des dessins anciens.

Cartes, notices et tableaux sont à la disposition des passants qui peuvent retrouver, dans la nature, bien des éléments (écluses, tunnels, pont-canal) de cette entreprise minière qui a inventé le premier ascenseur à bateaux.



*Freiberg - 1 Arcade basse sur la rivière (D)*



*Freiberg - 2 Le pont roulant.*



*Freiberg – 3 Sortie haute de l'ascenseur*



*Ascenseur de Grossvoigtsberg (Saxe)*

### *WILLIAM à HAY*

Sur les trois plans inclinés construits, de 1791 à 1794, sur le Shropshire canal, par Henry William, le plus spectaculaire - Hay - à Coalport est en partie conservé.

Le principe est toujours le même : Ici, on monte un bateau de 5 tonnes, depuis la rivière Severn sur une hauteur de 63 m. C'est un des plus hauts plans inclinés.

### *1794*

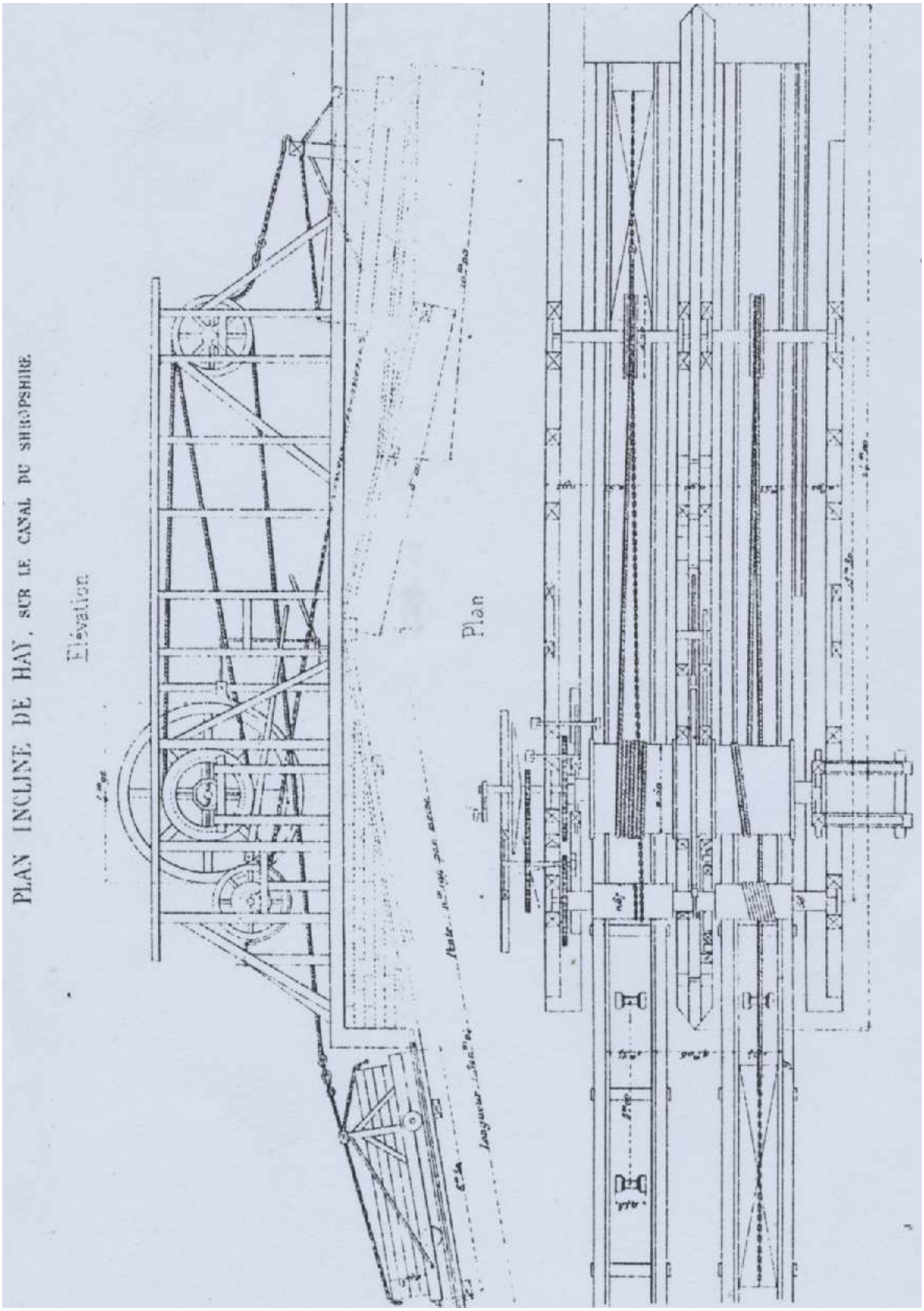
Les bateaux montent et descendent à sec sur des chariots. Quand l'un descend du charbon l'autre monte à vide, le poids de la charge suffit pour activer la machine, mais quand les bateaux sont dans l'eau, l'un en bas, l'autre en haut, celui du bas perd apparemment de son poids, suivant le principe d'Archimède.

Il n'apporte plus un contrepoids suffisant à celui du haut qui, pour la même raison, pèse de plus en plus lourd à mesure qu'il sort de l'eau. Les lois de la gravité et de l'équilibre ne suffisent plus pour faire avancer les chariots. Il faut une force auxiliaire pour les pousser jusqu'au terme de leur parcours.

A Ketley, c'était une masse d'eau. A Hay c'est une machine à vapeur placée au sommet. Elle empoigne le bateau qui va descendre, lui fait faire un quart de tour pour l'engager dans le bassin de départ, puis dans son chariot et le pousse sur la pente. Du même effort, elle tire le bateau qui, en bas, sort de l'eau.

Les bateaux sont en bois, garnis de fer forgé. En plus des roues inégales - hautes en bas, petites en haut - les chariots ont une troisième paire de roues latérales, pour ajuster sur les rails le bateau partant du plan supérieur, difficile d'accès, coincé à flanc de coteau.

Ce plan incliné de Hay - qui pouvait monter cent bateaux en douze heures - a fonctionné pendant un siècle. Il existe encore. Il n'a plus de machine à vapeur mais il reste une maçonnerie impressionnante. Les rails ont été replacés. C'est un site industriel majeur, dans le musée en plein air d'Ironside.

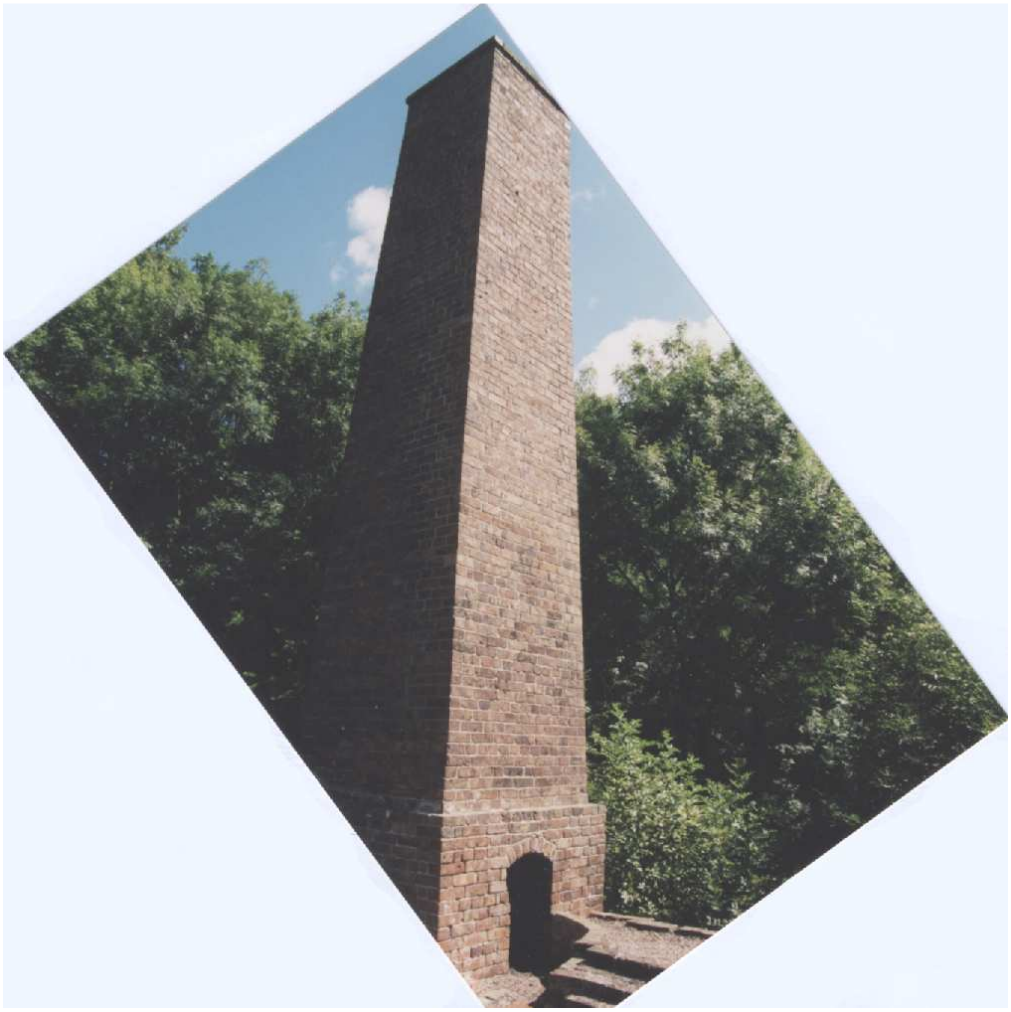

PLAN INCLINE DE HAY, SUR LE CANAL DU SHROPSHIRE
Elevation
Plan



*Hay - Au fond à gauche : bassin de départ du canal*
*Premier plan, où les bateaux étaient tournés vers la descente.*



*Hay : Le plan incliné.*



*Plan incliné de Hay (GB) substructions de la machine à vapeur.*



### *BRIDGEWATER à WORSLEY*

Les anglais restent fidèles aux plans inclinés : John Gilbert réalise pour le réseau des canaux souterrains des mines de charbon du Duc de Bridgewater, à Worsley (Lancashire) un plan incliné souterrain à deux voies, qui est utilisé de 1817 à 1822.

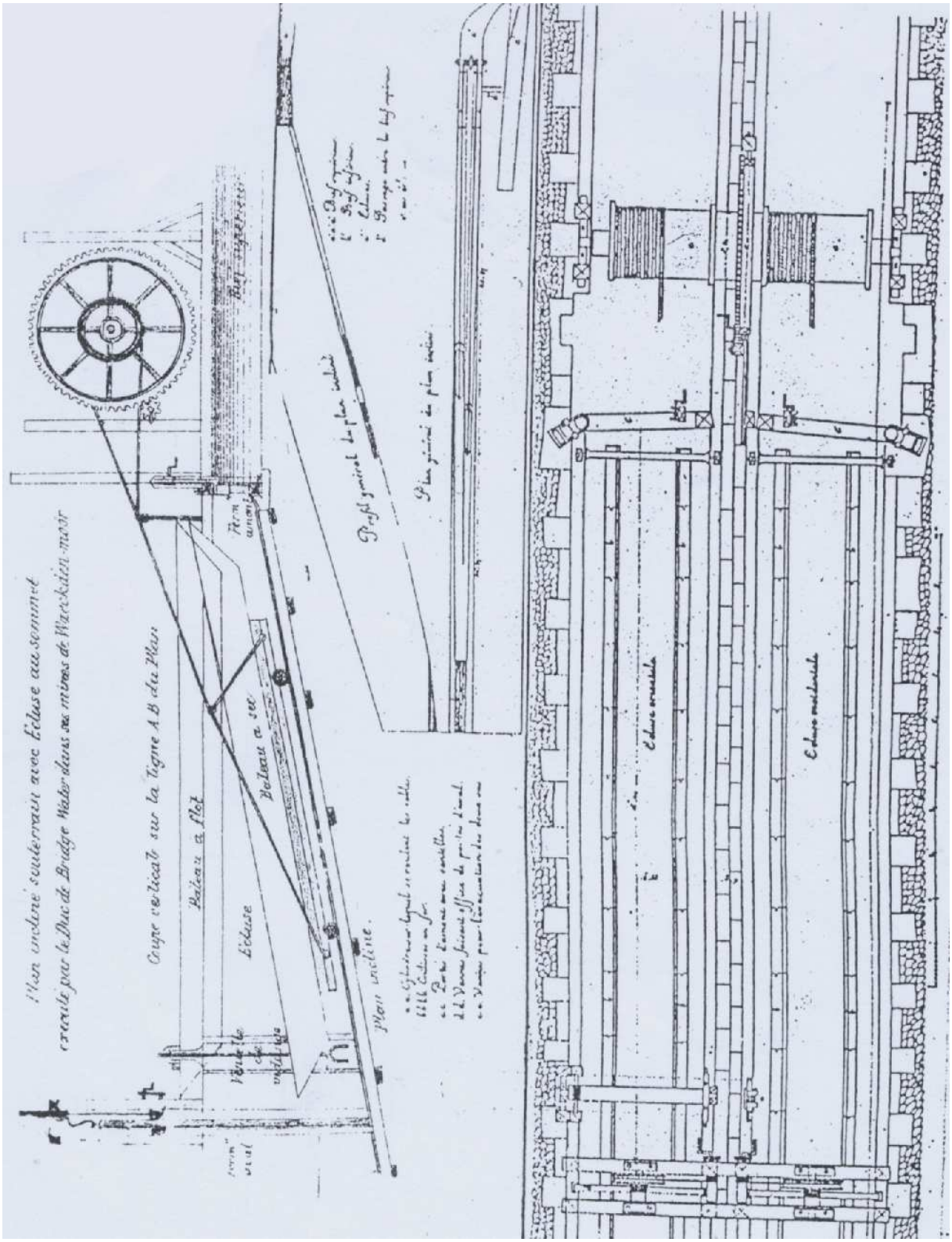
### *1817*

C’est le dernier construit des plans inclinés où les bateaux sont entrainés par leur propre poids, c'est-à-dire qu’ils ne sont chargés qu’à la descente. Trente bateaux peuvent descendre à sec, en une heure, chargés de 8 à 12 tonnes. Les bateaux des mines souterraines anglaises ont une forme effilée très particulière.

Au sommet du plan incliné, deux écluses - une sur chaque voie - permettent d’ajuster les chariots de bateaux sur les rails.
Le tunnel d’accès des mines de Worsley est obstrué depuis longtemps mais le site est encore impressionnant. L’entrée est très visible. Autour d’un étang d’eau brune, de grandes constructions à pans de bois sont bien restaurées. Le garage à bateaux du Duc de Bridgewater, le bâtiment des poudres - renforcé par d’épais contreforts -sont intacts. Un itinéraire touristique doit être établi.

### *ZABRZE - 1806*

L’historien des canaux Mike Clarke a découvert en Pologne une documentation sur les mines de charbon de Zabrze, sur le canal de Gliwice, affluent de l’Oder - autrefois en Haute Silésie allemande. Zabrze est directement inspiré de Worsley. A la fin du XVIII° s. les ingénieurs anglais étaient appelés en consultation. Les prussiens leur rendaient visite en Angleterre. Il semble qu’ici l’anglais John Baildon ait dirigé les travaux, en 1806.
Sur les dessins retrouvés : deux plans inclinés souterrains. L’un monte de 5 mètres. L’autre le prolonge par une descente de 11 m 50. Ils transportent des bateaux longs de 6 m. Lorsque des bateaux plus importants – 12 m. – sont mis en service, vers 1810, il faut faire des écluses au sommet qui joint les deux plans inclinés. Un bateau de cette longueur risque de se tordre en passant sur une bosse.
L’ensemble fonctionne jusqu’en 1828, montant des bateaux de 28 tonnes. La mine est toujours en exploitation et le canal souterrain navigable.


Plan ondine souterrain avec Ecluse au sommet
creusé par le Duc de Bridge Water dans ses mines de Worsley-moor
Coupe verticale sur la ligne A B du Plan
Bateau à flot
Ecluse
Bateaux à sec
Plan incliné
Ecluses souterraines
Ecluses souterraines




*Bateau des mines de Worsley*



*Entrée des 70 kms souterrains du Worsley underground system*

Les historiens des sciences constatent souvent qu'une invention nait en même temps dans plusieurs pays. Il est difficile de déterminer qui a influencé ou copié l'autre. Les brevets, les publications s'entremêlent.
Dans les dernières années du XVIII° siècle, plusieurs ingénieurs perfectionnent la technique des plans inclinés et mettent au point - les deux sont liés - celle des ascenseurs sur flotteurs.

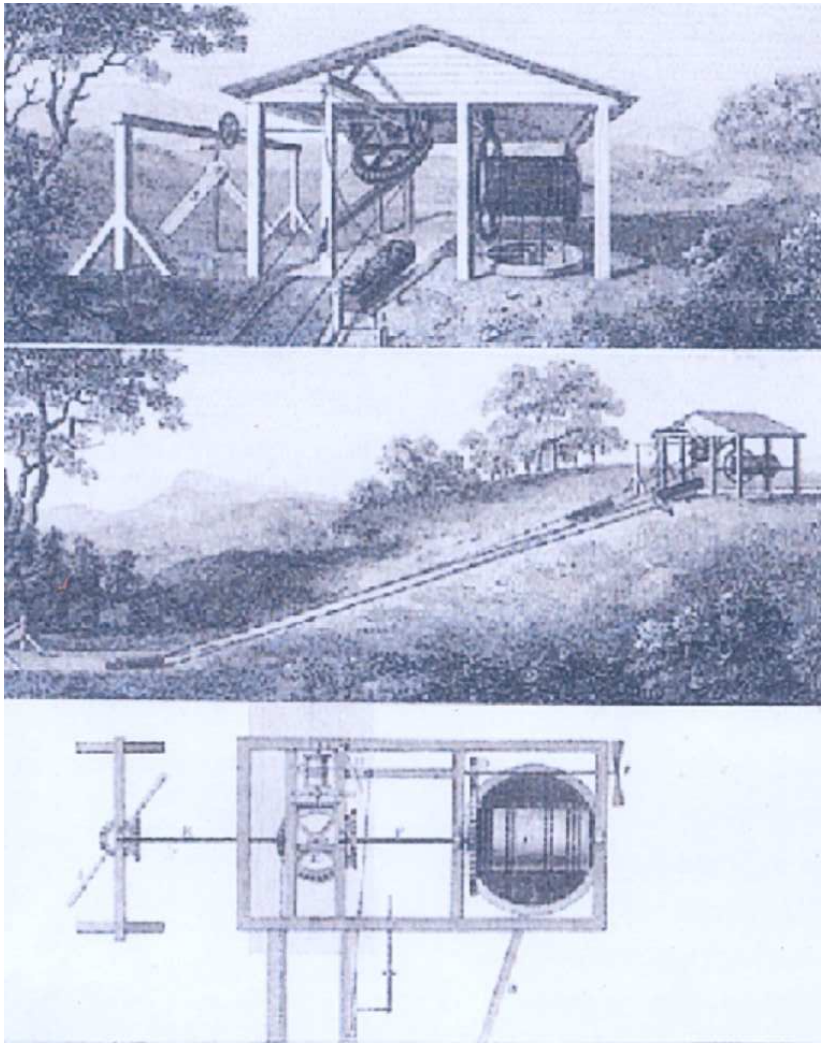
## *FULTON*

L'initiative revient au mécanicien américain Robert Fulton (1765 - 1815) qui n'a rien construit lui-même mais qui a influencé tous les autres.
Il est en Angleterre à partir de 1786. Il arrive en France en juin 1797 et rentre en Angleterre, puis en Amérique, en 1805. Il a joué un rôle de premier plan sur le continent. C'est lui qui a proposé de construire des sous-marins pour envahir l'Angleterre… mais Napoléon se méfiait des… inventeurs.

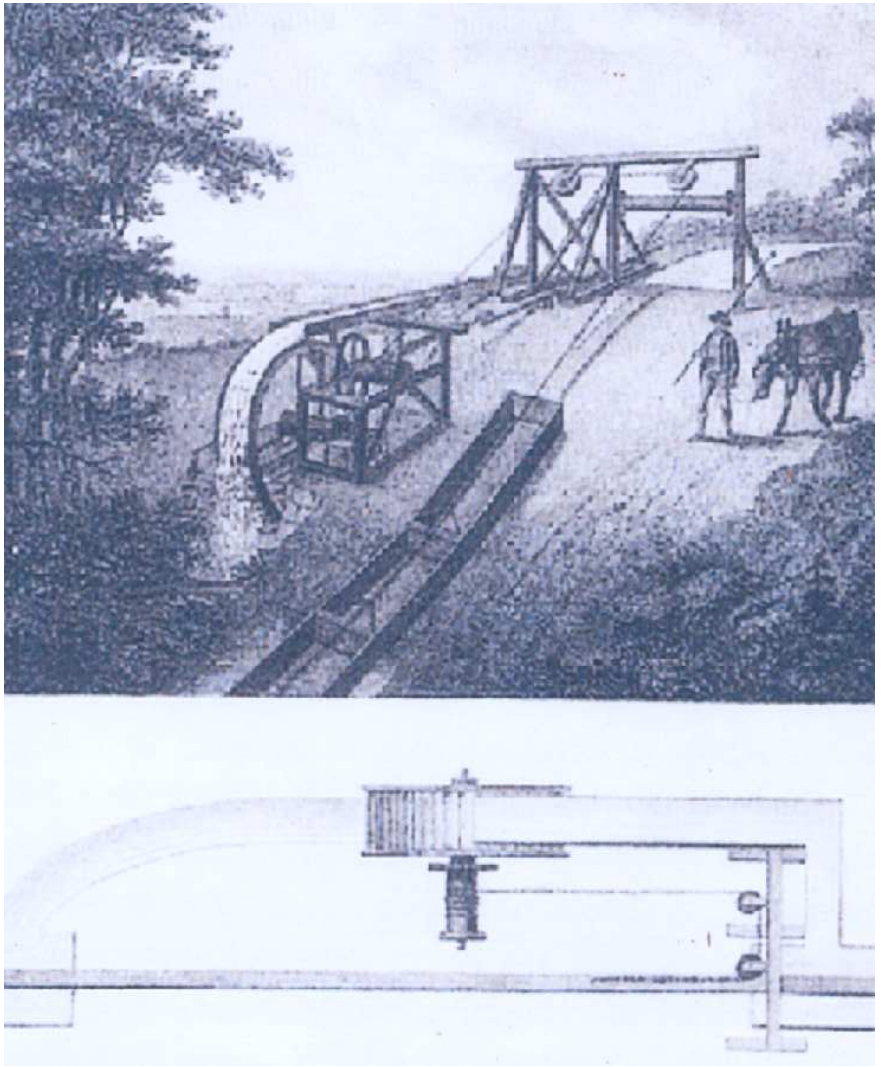
## *1794*

En Angleterre, Fulton prend un brevet le 8 mai 1794 pour une « Machine à transporter les bateaux d'un niveau à l'autre ». En 1796, Il publie son « Treatise on the improvement of canals navigation ».
En France, il prend un brevet dès le 13 novembre 1797. Son traité est publié en 1799 avec la traduction de Marie-François de Récicourt, un officier du Génie qui a joué aussi un rôle important, sur les canaux du Nord de la France. (1)
Le titre de l'ouvrage en français de Fulton est « Recherches sur les moyens de perfectionner les canaux de navigation et sur les nombreux avantages des petits canaux et des bateaux de 4 à 5 pieds de large (1 m 30 à 1 m 60) contenant 2 à 5 tonnes. Avec une description de la machine pour faciliter le passage par eau à travers les pays les plus montagneux, indépendamment des écluses et des aqueducs (7 planches).
Fulton préconise des plans inclinés jumelés permettant d'escalader une colline et de descendre de l'autre côté sans qu'il soit besoin de construire un pont-canal ni de forer un tunnel. Les bateaux monteront directement sur les rails, sans être sur un chariot. On leur mettra des roulettes. La force motrice sera fournie par des moulins à eau. Voire des cabestans.

(1) Récicourt a notamment, en 1802, envisagé, à l'échelle d'Etreux (F-02) sur le canal de la Sambre à l'Oise - tronçon du projet de canal Paris-Anvers - un plan incliné avec un caisson à 10 roues en bois ( ! ) contrebalancé par un truck à 6 roues plein de pierres et d'eau.



*Projet de Fulton pour un plan incliné mû par un baquet*



*Projet de Fulton pour un plan incliné mû par une roue de moulin*

Fulton présente lui-même son « Double plan incliné » :

Les figures 1, 2, 3, 4 représentent le bateau à roues proposé pour le transport ordinaire des marchandises par les petits canaux. Ce bateau a 20 pieds de long, 4 de large et 2 pieds ½ de tirant d'eau. Il peut contenir tous les objets qui s'expédient par le roulage. Un seul cheval peut conduire 10, 15 ou 20 de ces bateaux qu'on attache les uns aux autres et qui ont l'avantage de se plier à tous les détours du canal, comme les anneaux d'une chaîne.

Fig. 5 - profil du canal.

Fig. 6 représente l'axe, les roues en fer coulé et leur support.

Le plan incliné - Fig. 7 et 8 - doit être sous un angle de moins de 45°. On peut, par cette méthode, monter de 50 à 200 pieds. Le plan incliné à double coulisse sert pour le passage de deux bateaux dont l'un monte et l'autre descend en même temps. On peut, par cette machine, faire passer d'un bief du canal à l'autre 1920 tonneaux ou 420 bateaux à roues en 12 heures. Ce qui suffit pour le commerce le plus important et le plus continu.

La quantité d'eau nécessaire pour ce passage n'est que le cinquième de celle nécessaire au sas pour des bateaux de 40 tonneaux.

Fulton propose aussi une nouvelle force motrice : Considérant deux bateaux en balance sur un même plan incliné, l'un montant, l'autre descendant parallèlement il y a grande difficulté à faire décoller le bateau, au départ… Toujours ce fameux principe d'Archimède ! … Certains disent que le contre-poids doit être quatre fois plus lourd.

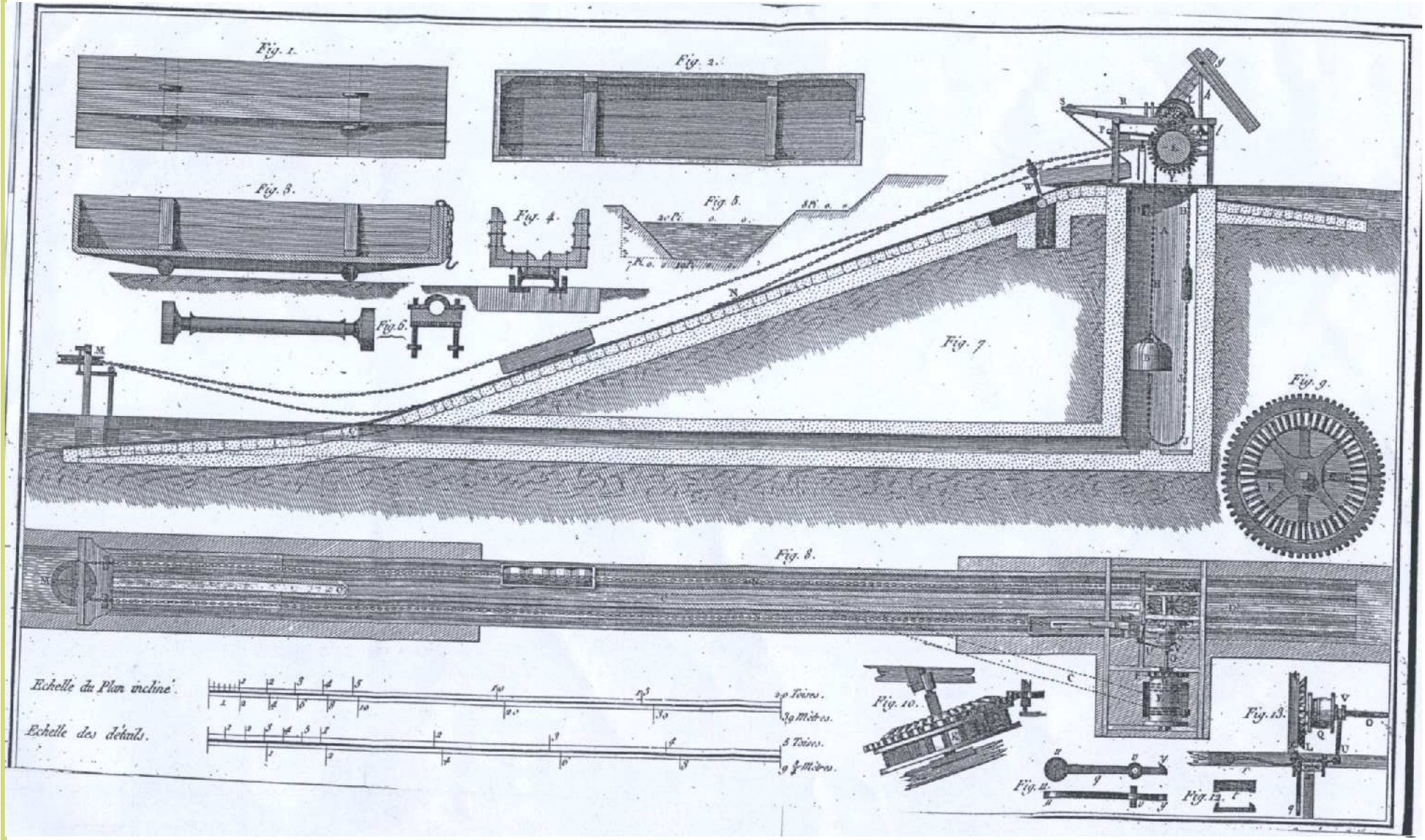
Fulton place le contre-poids dans un puits vertical. C'est un énorme baquet, une cuve que l'on emplit quand elle est en haut, en prenant l'eau dans le canal supérieur. Quand elle arrive en bas, elle déclenche une valve qui la vide. Sa force motrice est : la pesanteur.

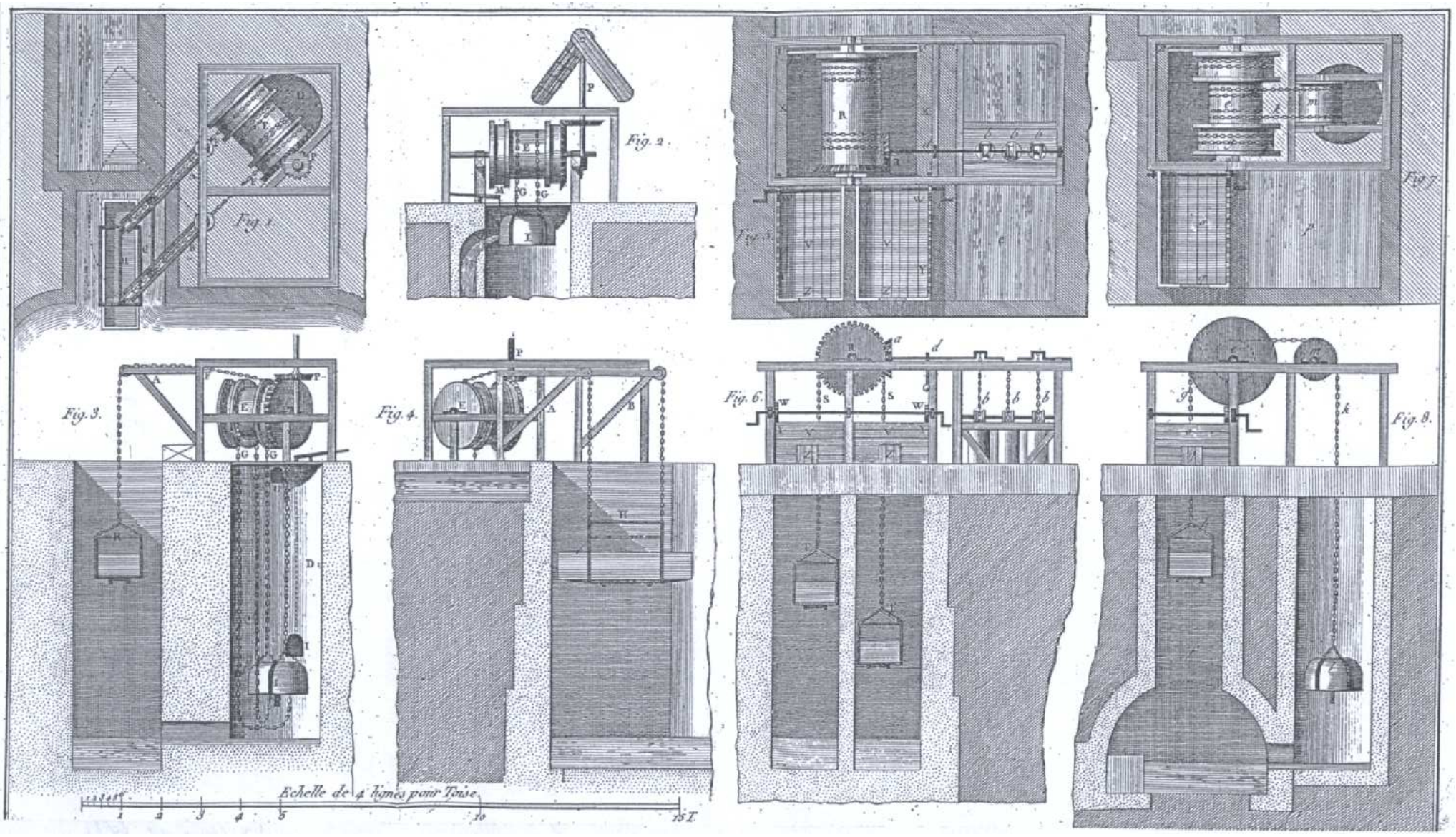
Puis, Fulton se demande si, après avoir placé le contre-pois dans un puits vertical, on ne pourrait pas monter ou descendre aussi les bateaux verticalement dans un autre puits, plus large, à coté du premier. Il passe de la technique du plan incliné à celle de l'ascenseur vertical.

Les figures 1, 2, 3, 4, indiquent le moyen de faire monter et descendre verticalement les bateaux d'un bief dans un autre. On construit dans la hauteur une coupure à ciel ouvert, ou un canal souterrain et un puits pour le passage des bateaux.

Au-dessus sont placées deux grues A et B de 15 pieds de haut, espacées de 12 pieds entre elles et fixées ensemble par un boulon à charnière C.

Derrière les grues est un puits D et au-dessus un tambour à roue E, de deux diamètres différents. Les chaînes F de la grue sont attachées au grand


Fig. 1.
Fig. 2.
Fig. 3.
Fig. 4.
Fig. 5.
Fig. 6.
Fig. 7.
Fig. 8.
Fig. 9.
Fig. 10.
Fig. 11.
Fig. 12.
Fig. 13.
Echelle du Plan incliné.
Echelle des détails.
20 Toises.
30 Mètres.
5 Toises.
9 ½ Mètres.


Fig. 1.
Fig. 2.
Fig. 3.
Fig. 4.
Fig. 6.
Fig. 7.
Fig. 8.
Echelle de 4 lignes pour Toise.

diamètre, et celles de G à la cuve L, au plus petit. Aux extrémités des chaînes des grues est une cage de fer H destinée à recevoir le bateau. Dès qu'il y est entré, on fait monter ou descendre la cage en faisant descendre ou monter la cuve. Cette machine peut faire passer 560 tonneaux en 12 heures.

Les figures 5 et 6 donnent une autre méthode pour faire passer des bateaux verticalement sans perte d'eau : A l'extrémité du bief supérieur, il y a deux vannes U. Derrière ces vannes sont deux bacs V qu'on fait mouvoir sur des bandes de fer X à l'aide d'un pignon W et d'une crémaillère Y au-dessus du puits destiné au passage de deux bateaux.

Ces radeaux ont une de leurs extrémités ouverte. Pour y faire entrer un bateau, on le place dans une coulisse contre la vanne U qu'on ouvre. L'eau s'y met de niveau avec le canal ; le bateau y entre et peut être reçu dans la cage T. On fait ensuite écouler l'eau en ouvrant la ventelle Z. On retire le bac V. Le bateau descend dans le puits et fait remonter par son poids un bateau vide.

## *1797*

On fait agir en même temps les pompes b pour remettre dans le bief supérieur l'eau écoulée des bacs. On peut, de cette manière, faire passer 360 bateaux en 12 heures.

Les fig. 7 et 8 représentent un troisième moyen pour la descente verticale d'un bateau. On s'y sert d'un radeau O dont l'eau reçue dans un bassin remplit ensuite la cuve de manière qu'il n'y ait point de perte d'eau.

En France, bien avant l'arrivée de Fulton, on étudie les élévateurs à bateaux : Dès février 1795 (10 mois après le brevet anglais de Fulton) l'ingénieur des ponts et chaussées Jean-Pierre Brullée étudiant un projet de canal entre Paris et Chartres, rédige un

## *BRULLEE*

Mémoire sur le moyen de rendre les petites rivières navigables et de construire des canaux avec économie sans nuire aux moulins.

Il remplace les écluses « par un agent infiniment moins dispendieux au moyen duquel deux hommes feront la manœuvre du bateau pour le passer d'un canal dans l'autre sans le secours de l'eau »

Les détails se précisent dans un projet d' « écluse sèche » adressé au Conseil des Cinq cents, l'an VI (1797) repris en mars 1803 et finalement abandonné.

Cependant, l'ingénieur Louis Cordier, dans son « Histoire de la Navigation Intérieure et particulièrement celle de l'Angleterre », parue en 1819, signale qu'en 1798, « on fait des « doubles plans inclinés » sur 25 kms, près de Dreux… Personne n'a, jusqu'ici, trouvé trace de ces travaux. Ont-ils été commencés ou seulement projetés ?
L'ingénieur Brullée est connu pour ses études, de 1785 à 1799, sur le canal de l'Ourcq ou plutôt pour un vaste projet, allant de l'Ourcq jusqu'à… la Manche. Il laisse sa concession à deux associés - Solages et Bossu - qui échouent, sur l'Ourcq, pour des raisons à la fois techniques et financières.
Il ne faut pas confondre l'ingénieur-en-chef François Bossu avec le mathématicien Charles Bossut. L'ingénieur a travaillé, de 1785 à 1790, sur le canal du Nivernais. Il s'est associé avec l'ingénieur Solages, beaucoup moins connu, qui est peut-être le financier de la société.

Brullée diffuse, en 1803, un « Examen du système des canaux de petite navigation avec des plans inclinés proposé par l'ingénieur Fulton ou avec des sas mobiles proposés par l'ingénieur Le Bossu et leur comparaison avec les grands canaux de France ».

A la différence de Fulton, Brullée monte ses bateaux sur un chariot. Il craint que les roues, embarrassées de végétation, n'opposent une inertie importante.

Les bateaux seront transportés sur un chariot sans les incliner. Ils conserveront leur position parallèle à l'horizon (…) pourront être montés au sommet d'une montagne et descendre de l'autre côté avec facilité (…) On aura les mêmes avantages pour traverser un vallon.
Avec ce procédé qui ne dépensera point d'eau, on ne gênera en rien le service des moulins ni d'autres usines, alors on n'aura point d'indemnité à payer à celui qui en sera propriétaire ou fermier.
Pour faire passer le chariot, on creusera dans les terres un fossé à environ 12 à 15 pieds de distance du courant d'eau qui alimentera une usine ; ce fossé sera en deux parties formant deux plans inclinés sur un angle de 20°, à sens opposés dans leur direction et de hauteur proportionnée à la hauteur que l'on aura à franchir.
Les deux côtés du fossé seront revêtus de mur en maçonnerie ou en bois de charpente dans lesquels on pratiquera des coulisses destinées au passage des roulettes du chariot.
Pour faire passer le bateau, on se servira d'une roue de 24 pieds, ayant un treuil au centre, sur lequel sera fixée une corde qui correspondra avec le chariot. Quatre hommes ou un cheval suffiront pour faire le service dans l'espace de quelques minutes.
En rivière, les bateaux pourront être accouplés sur deux lignes et tel qu'on voudra en longueur.

En 1799, Bossu propose - pour un canal de Paris à Tours - de superposer dans un seul puits le bateau dans son bac et un flotteur. Le bac est fixé au-dessus du flotteur. Ce flotteur est la force motrice. Si on l'emplit, il descend jusqu'au fond du puits. Et le bateau qui flotte dans son bac descend avec lui jusqu'au niveau du bief inférieur. Si on vide le flotteur, il remonte dans le puits jusqu'au bief supérieur.

### *1797*

Dans une variante, proposée en 1802, le plongeur est remplacé par 4 flotteurs cylindriques glissant dans des rainures.

### *SOLAGES et BOSSU*

Solages et Bossu étudient également plusieurs types de plans inclinés, variante de celui de Fulton. Leurs études seront concrétisées au canal du Creusot, mais l'architecte ingénieur Emiland Gauthey, le grand patron du canal de Charolais, n'a jamais cru à ce type d'élévateur.

> Il n'est guère probable, dit-il, qu'ils soient jamais mis en usage parce qu'il y a des moyens très simples de faire monter les bateaux perpendiculairement sans ajouter à leur poids un poids presque double de cette charge et que si ces derniers pouvaient être mis en usage ce devrait être probablement pour franchir de grandes chutes dans des rivières très rapides telles que le Rhône plutôt que pour des canaux.

Il ajoute que le sas mobile vertical coûte à peine plus cher que le plan incliné.

Le « sas mobile » est considéré, en son temps, comme une invention géniale. Il est question de le construire sur l'Ourcq, sur le canal Sambre et Oise, sur le canal de Paris à Tours, Solages et Bossu présentent en septembre 1800, à l'institut, un premier projet d'hydrostat, élévateur vertical. La machine est jugée « très ingénieuse…trop compliquée…trop délicate ».

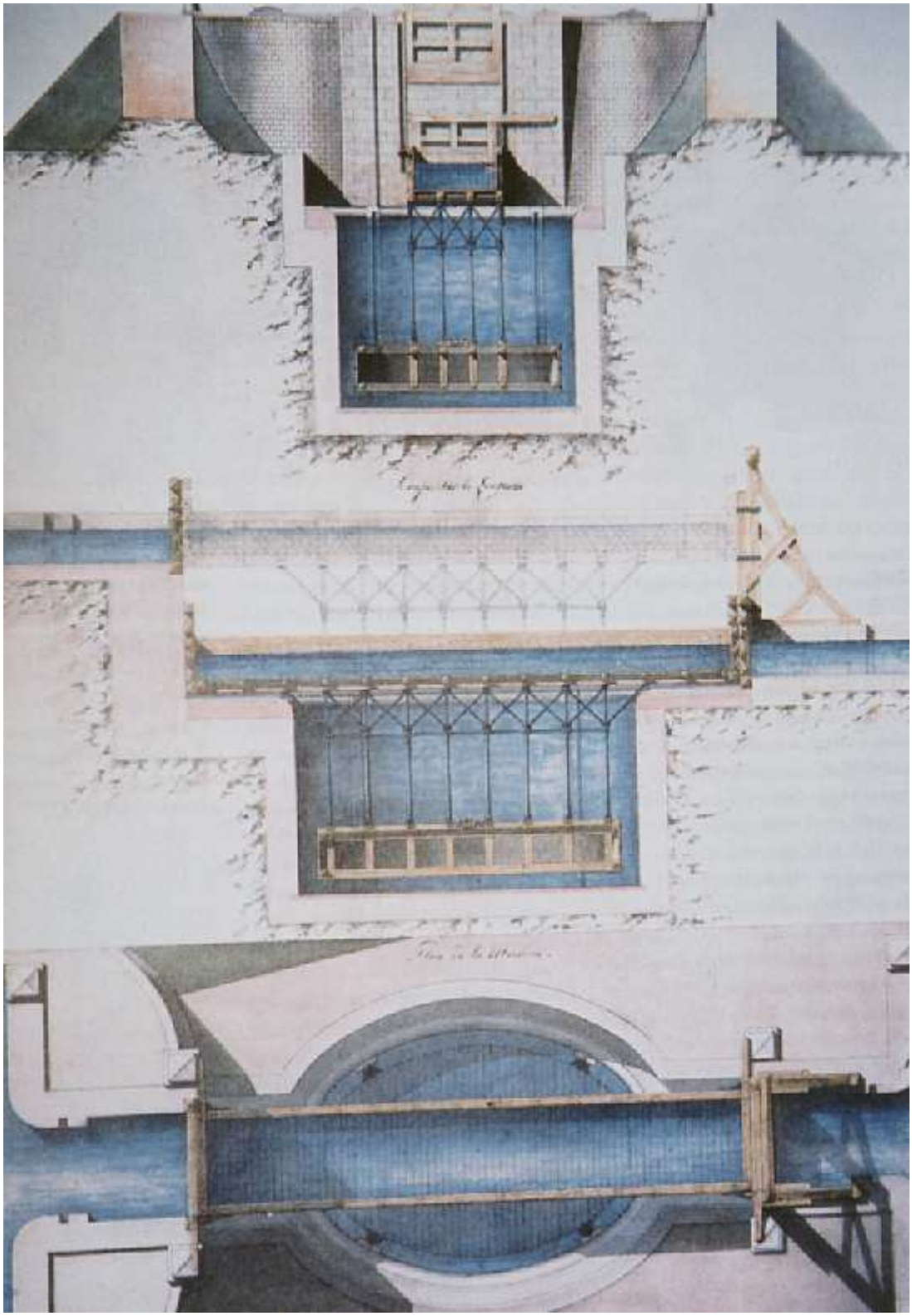
Les ingénieurs la présentent à nouveau le 26 mai 1801, devant une commission de membres de l'Institut et des Ponts et Chaussées qui jugent

> Le nouveau système, aussi ingénieux que l'ancien, n'en a pas les défauts… Il devrait avoir tous les succès que les auteurs s'en promettaient.

Lors de l' « Exposition des produits de l'industrie française », fin 1801, la machine obtient la première médaille d'or. Une nouvelle commission étudie en 1811 les améliorations apportées par Solages après la mort de Bossu. Il a fait exécuter une maquette au 1/10 pour sa démonstration :

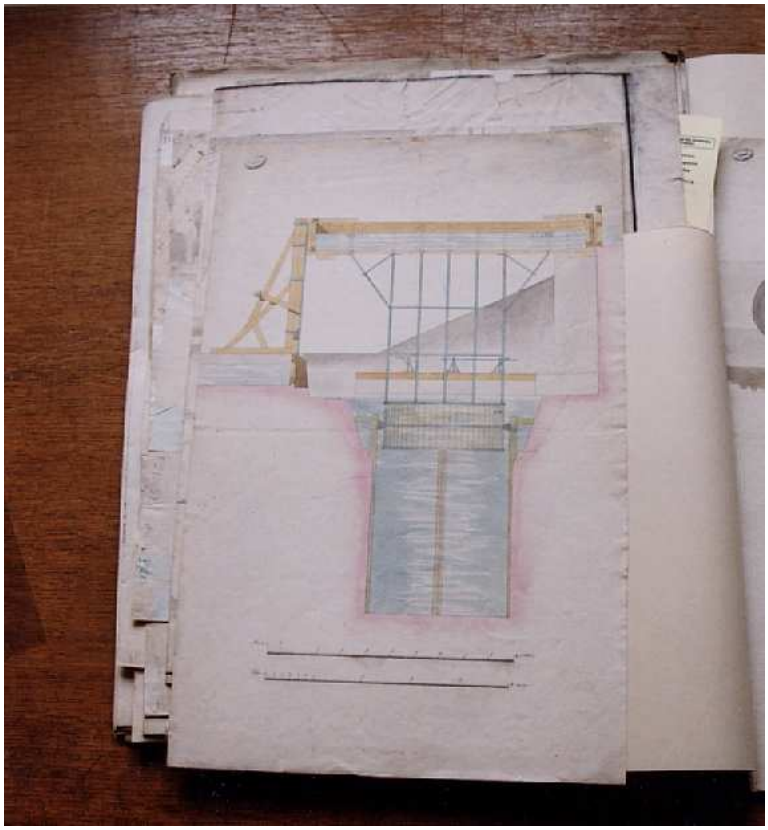
Il s'agit de faire passer des bateaux de 16 m x 2,60 sur une hauteur de 7 m. Le sas a donc 17 m x 3,10 et 1 m de tirant d'eau.

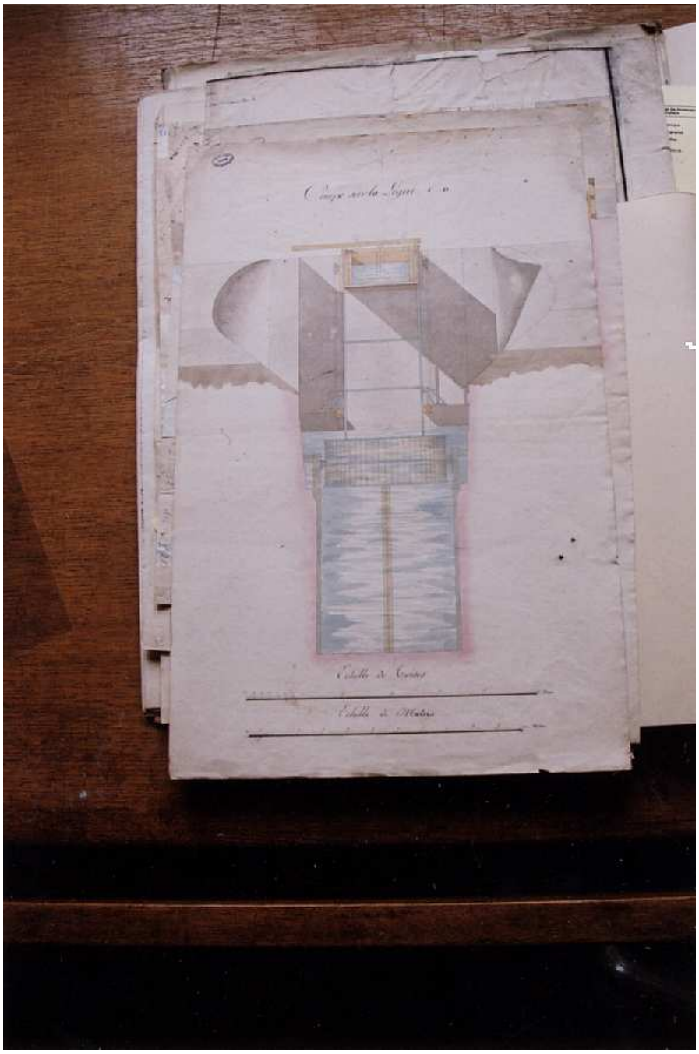
Dans un puits elliptique qui descend bien en-dessous du



*1800 – Ecluse à sas mobile de Solages*

*Coupes d'un ascenseur à sas mobile de Solages et Bossu*





bief inférieur nage une cuve vide, étanche : le flotteur. Solages dit, plus joliment : « le plongeur ».
C'est un coffre, de même plan elliptique que le puits. Diamètre : 10,75 et 7,80. Epaisseur : 2 m 20. Ce coffre clos est composé d'une charpente armée de montants de fonte, revêtue de madriers.

***1811***

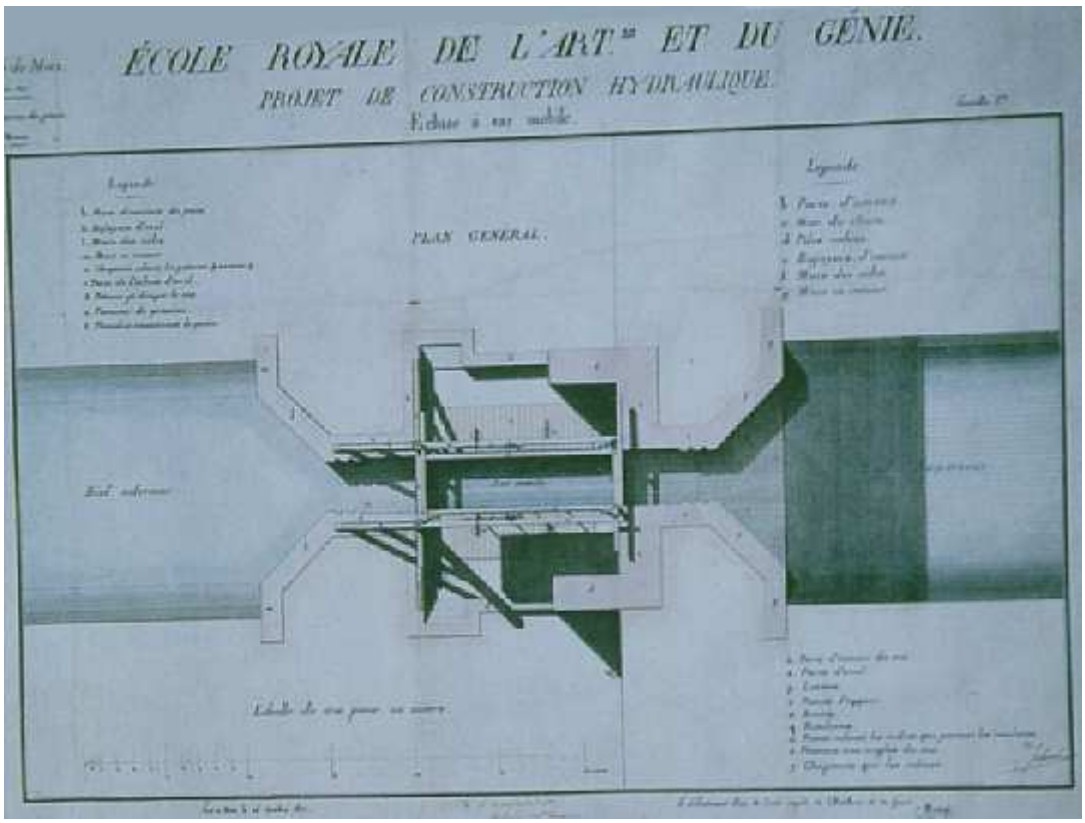
Le plongeur porte 4 roulettes coulissant de haut en bas dans le puits. Le sas mobile est solidaire du plongeur. Ils sont réunis par un portique de fonte que Solages nomme « l'équipage supérieur ».
L'ensemble monte et descend entre quatre piliers de maçonnerie garnis de bandes de cuivre. Le sas peut s'amarrer à la porte du bief inférieur. Si on le libère, l'ensemble sas et plongeur remonte, comme une bulle d'air dans un vase. Quand il est en position haute - le sas à la hauteur du bief supérieur - il suffit, pour le faire descendre, d'introduire une tranche d'eau dans le sas. Ou de tarer le plongeur.

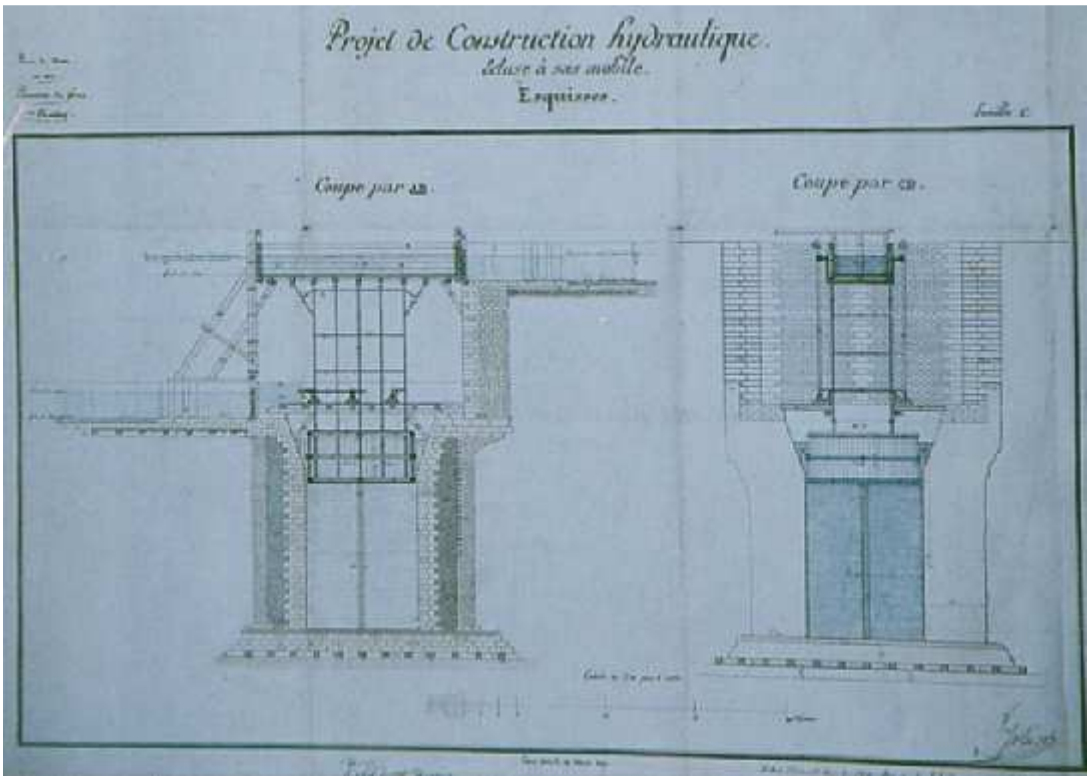
On équilibre la force ascensionnelle du plongeur et le poids qui lui permet de descendre. Lorsque l'équilibre est bien établi, l'ensemble reste stationnaire dans toutes les positions. Il monte et descend, constamment en équilibre, dans ses coulisses. Du moins, sans qu'il soit besoin d'ajouter un grand effort mécanique.

Les membres de la commission se sont amusés à faire manœuvrer, à plusieurs reprises, la maquette d'écluse à sas mobile.

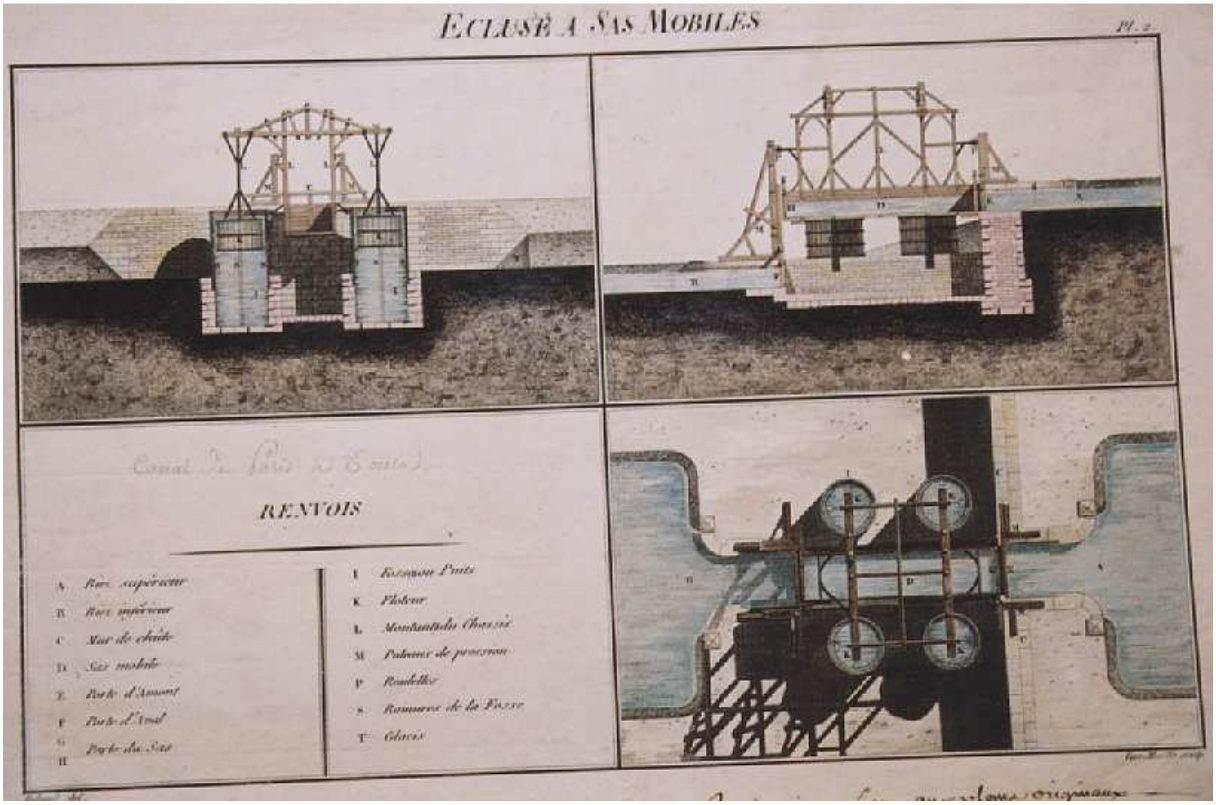
Ils ont remarqué beaucoup de précision et de célérité dans l'exécution… L'exécution en grand ne laisse donc aux membres de la commission aucun doute de réussite. Ils concluent que M. de Solages devait être autorisé à construire cette écluse A SES FRAIS.

Mais ce rapport n'a été publié qu'en septembre 1812. A cette date le sas mobile - comme le plan incliné - avait bien été mis en chantier, mais ils étaient déjà abandonnés depuis 3 ans !
On n'a pas conservé la maquette de M. de Solages. On a, par contre, plusieurs jolis plans en couleurs. Le dernier date de 1815.

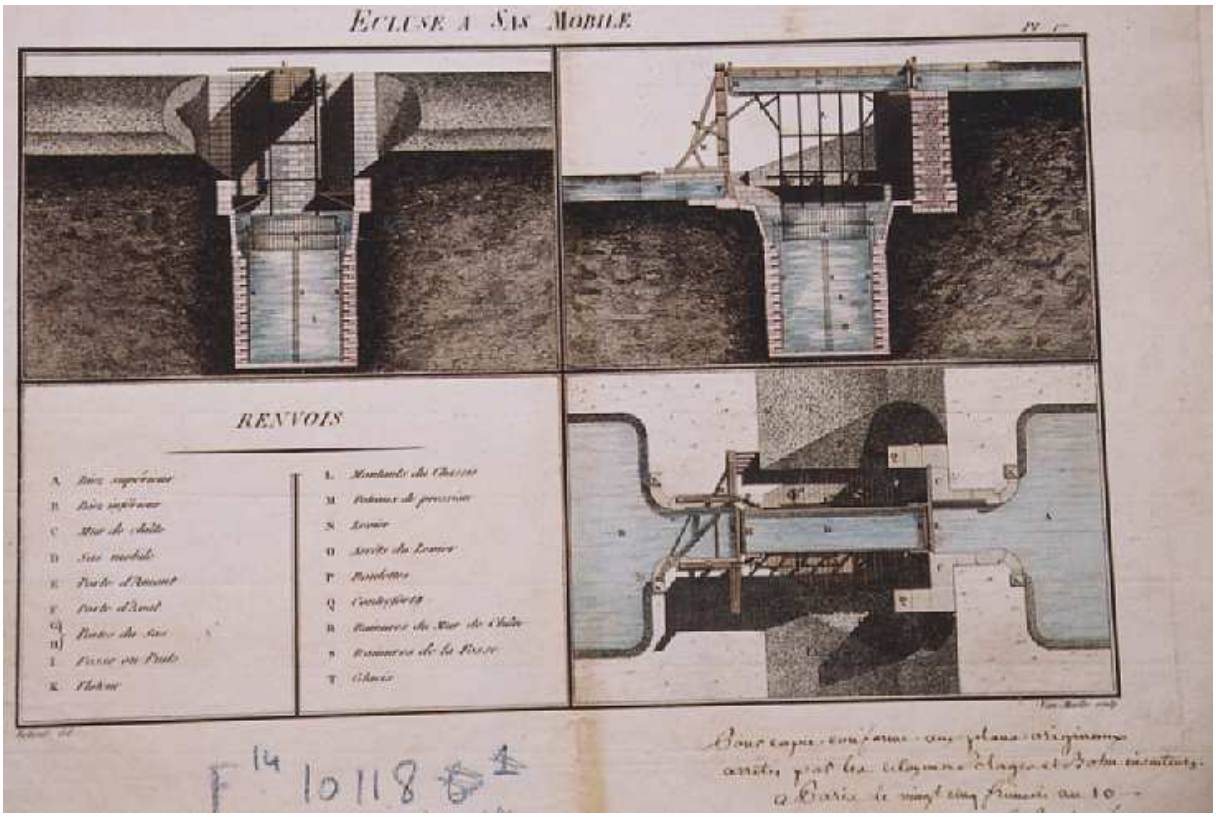


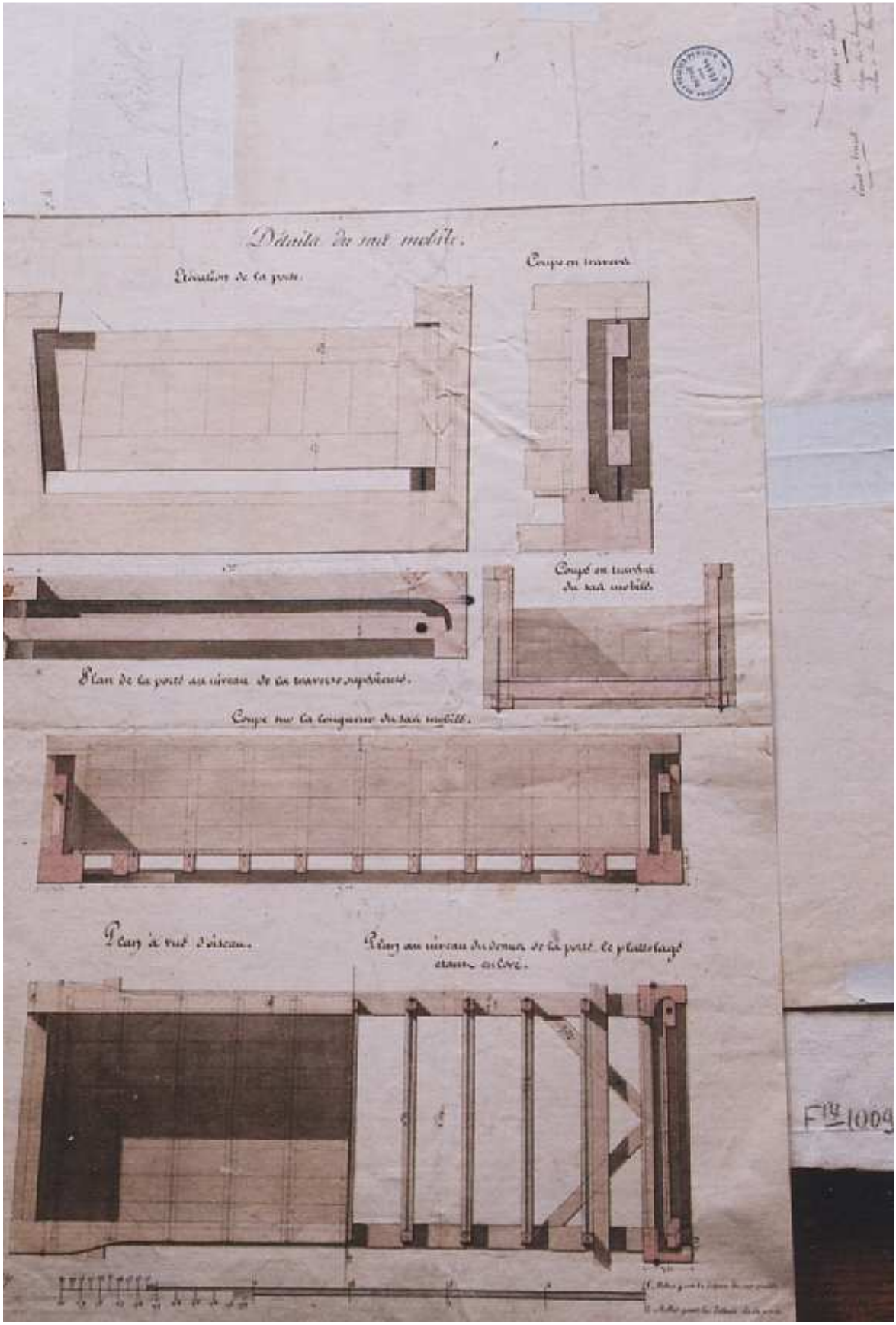




*En 1817, une Ecole du Génie étudie encore les sas mobiles*

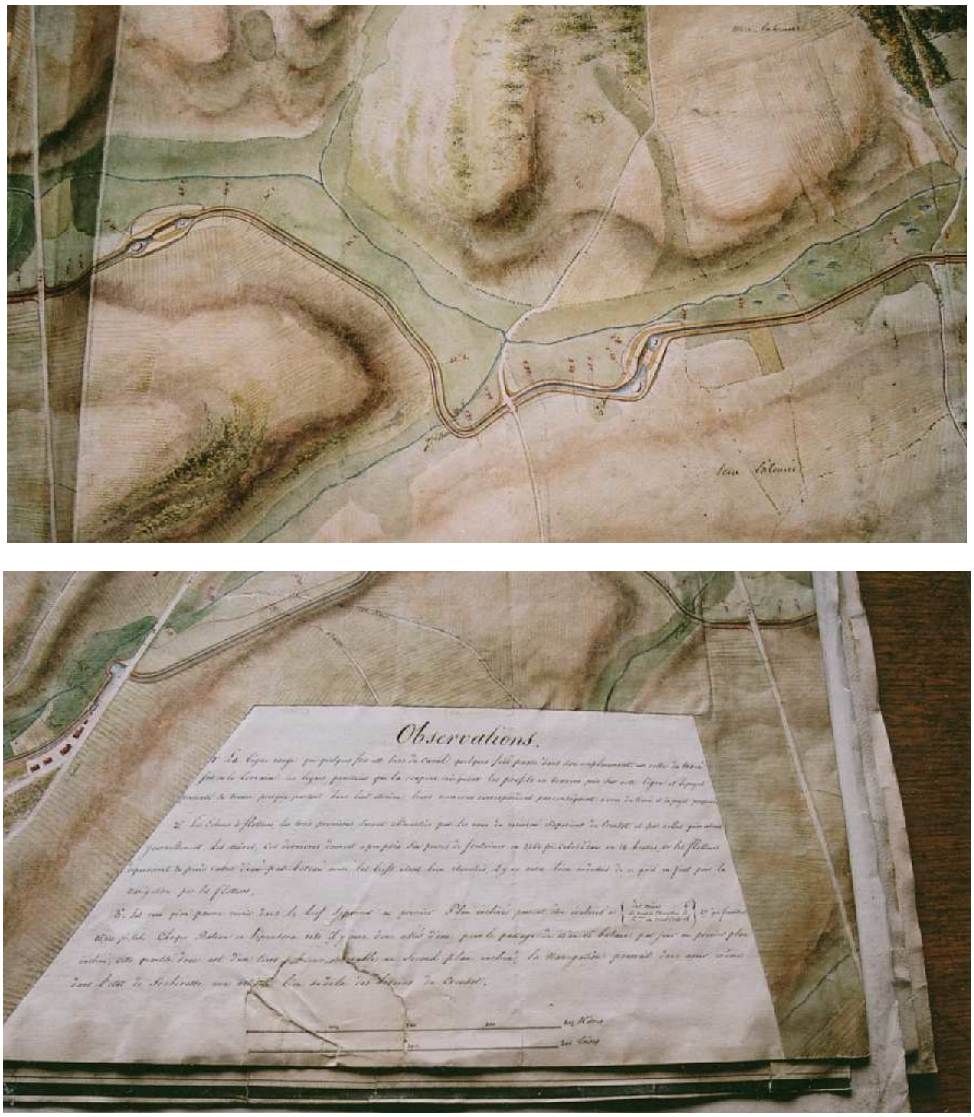



*Projet d'ascenseur à sas mobile, par Solages et Bossu, pour un projet de canal Paris-Tours (an X – 1802). Le plongeur est remplacé par 4 flotteurs cylindriques, glissant dans des rainures.*






*Détails de l'écluse à sas mobile de Solages et Bossu*

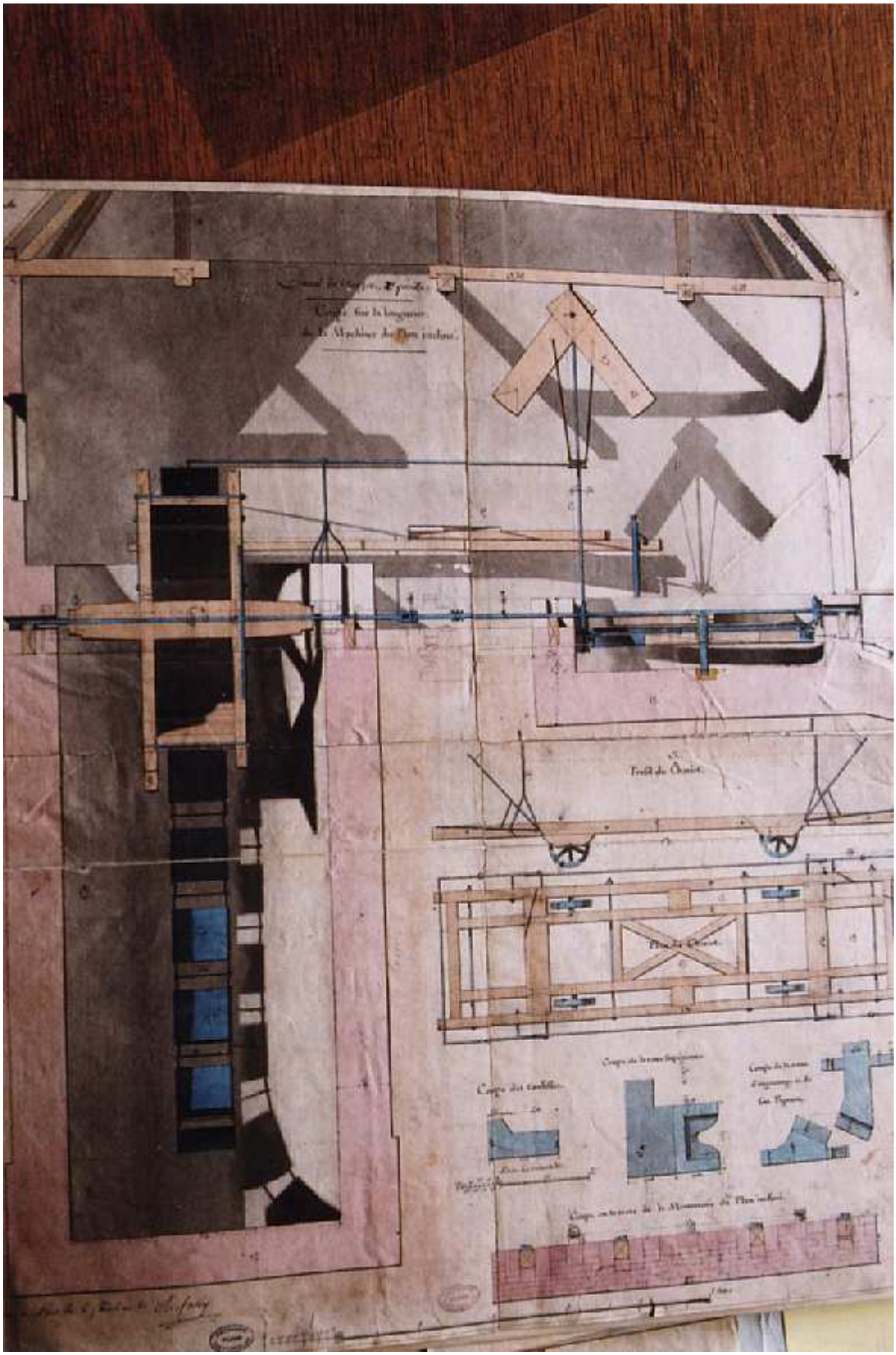



*Figuration de deux plans inclinés sur la rigole de Torcy, au Creusot (71)*

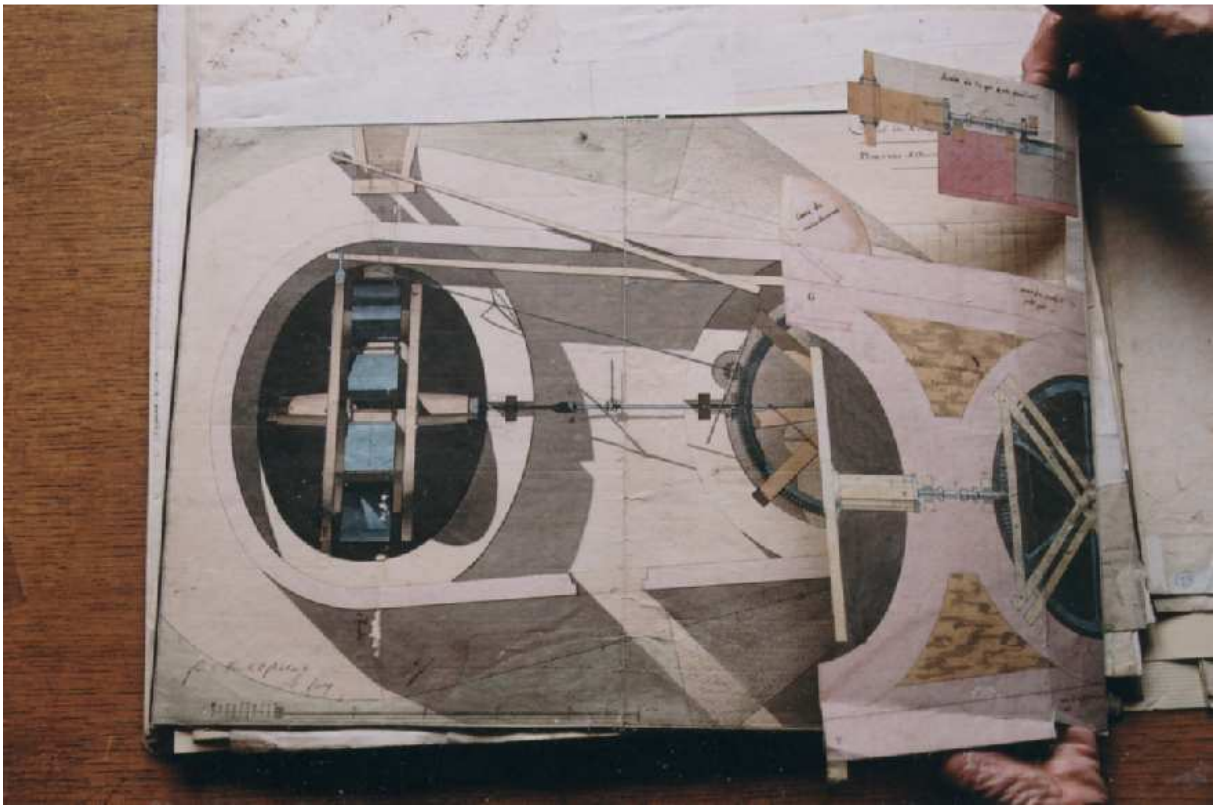
1 -La ligne rouge qui quelquefois est hors du canal, quelquefois passe dans son emplacement est celle du tracé fait sur le terrain. Les lignes ponctuées qui la coupent indiquent les profils en travers pris dans cette ligne et le projet présenté se trouve presque partout dans leur étendue. Leurs numéros correspondent par conséquent à ceux en tracé et au projet proposé.

2 -Les écluses à flotteurs. Les trois premières seront alimentées par les eaux du réservoir supérieur du Creusot et par celles qui sortent journellement des mines. Ces dernières donnent à peu près six pieds de fontainiers ou 33,60 pieds cubes d'eau par bassin. Ainsi les biefs étant bien étanches il y en aura bien au-dessus de ce qu'il en faut pour la navigation par les flotteurs.

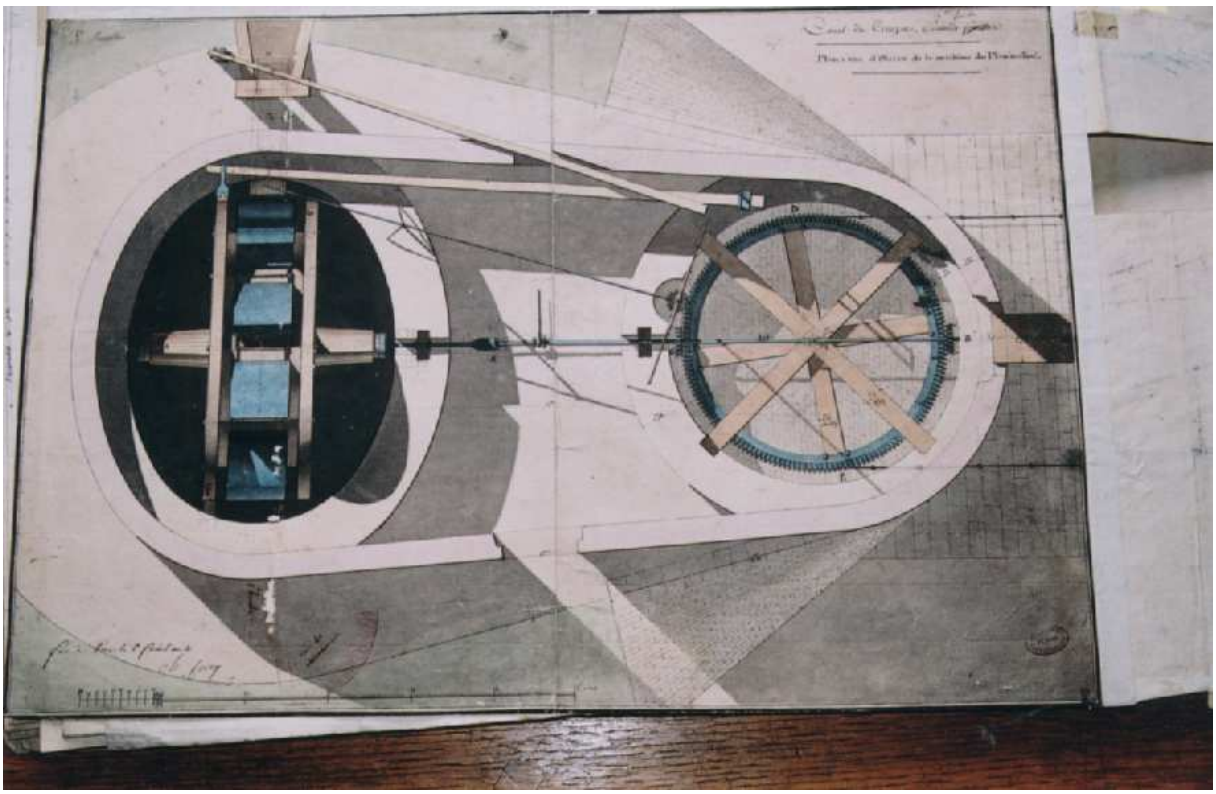
3 -Les eaux qu'on pourra réunir dans le bief supérieur du premier plan incliné peuvent être évaluées à… 27' qui fournissent 15,120 pieds cubes. Chaque bateau en dépensera 1080. Il y aura donc assez d'eau pour le passage de 12 à 15 bateaux par jour au premier plan incliné. Cette quantité d'eau est d'1/3 récupérable au second plan incliné. La navigation pourrait donc avoir, même dans l'état de sécheresse, une activité bien au-delà des besoins du Creusot.

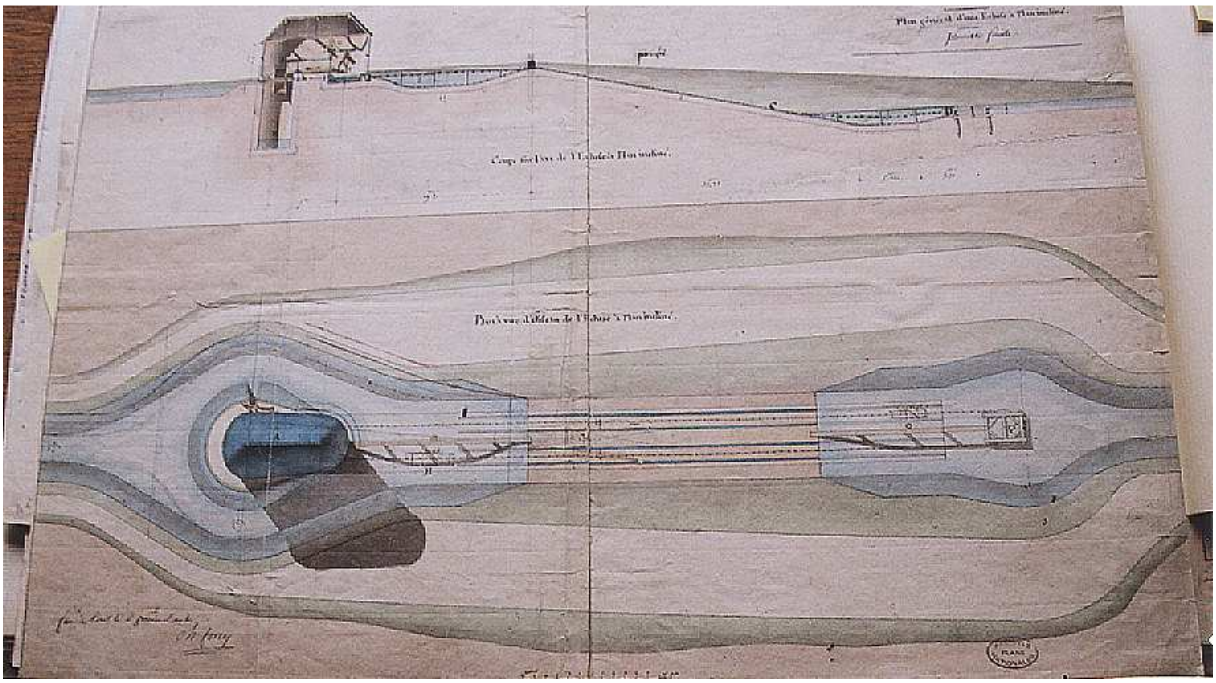


*Projet de plan incliné du Creusot (F71), par Forey - 1802. Détails de la machine de traction.*

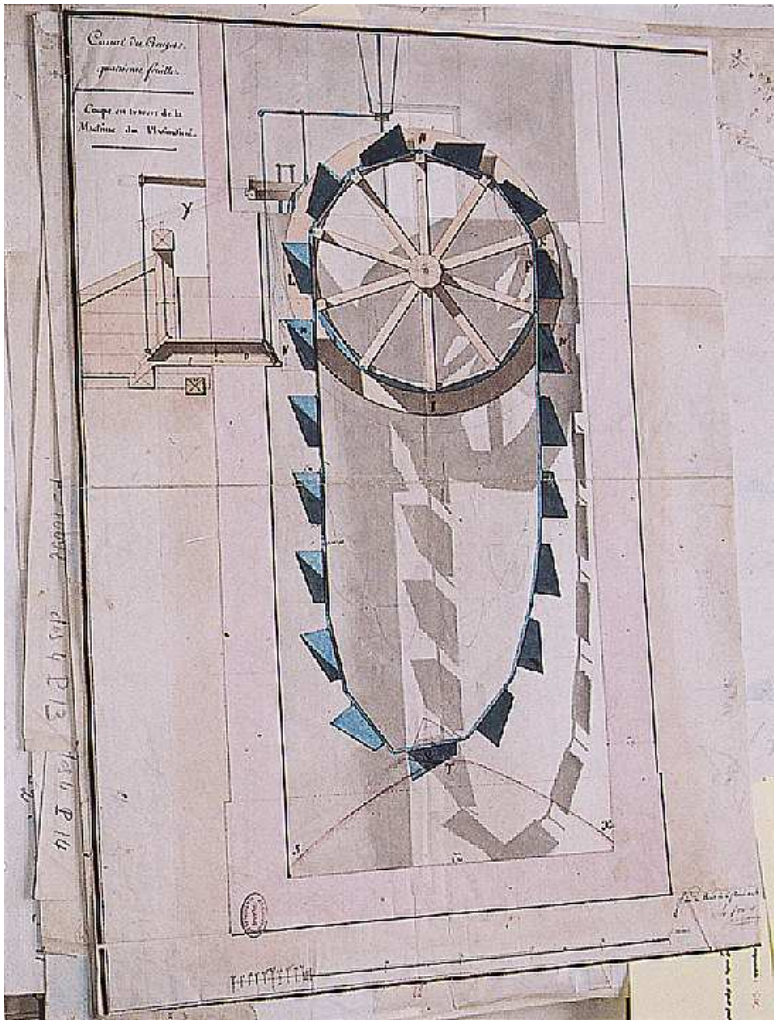


*1800 – Machine de traction du plan incliné du Creusot (F71) par Forey*
*Présentation en deux volets : la partie découpée, à droite, figure du bas, se soulève, laissant apparaître la figure du haut. AN F14 100 92*

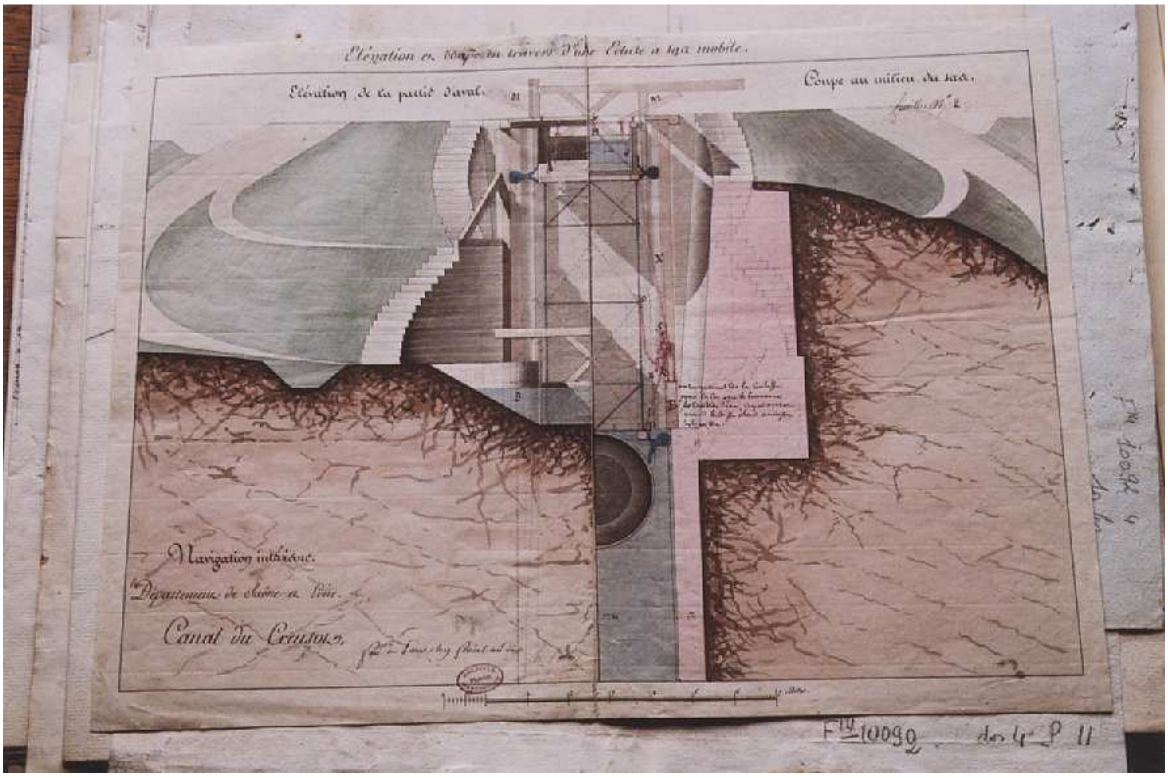




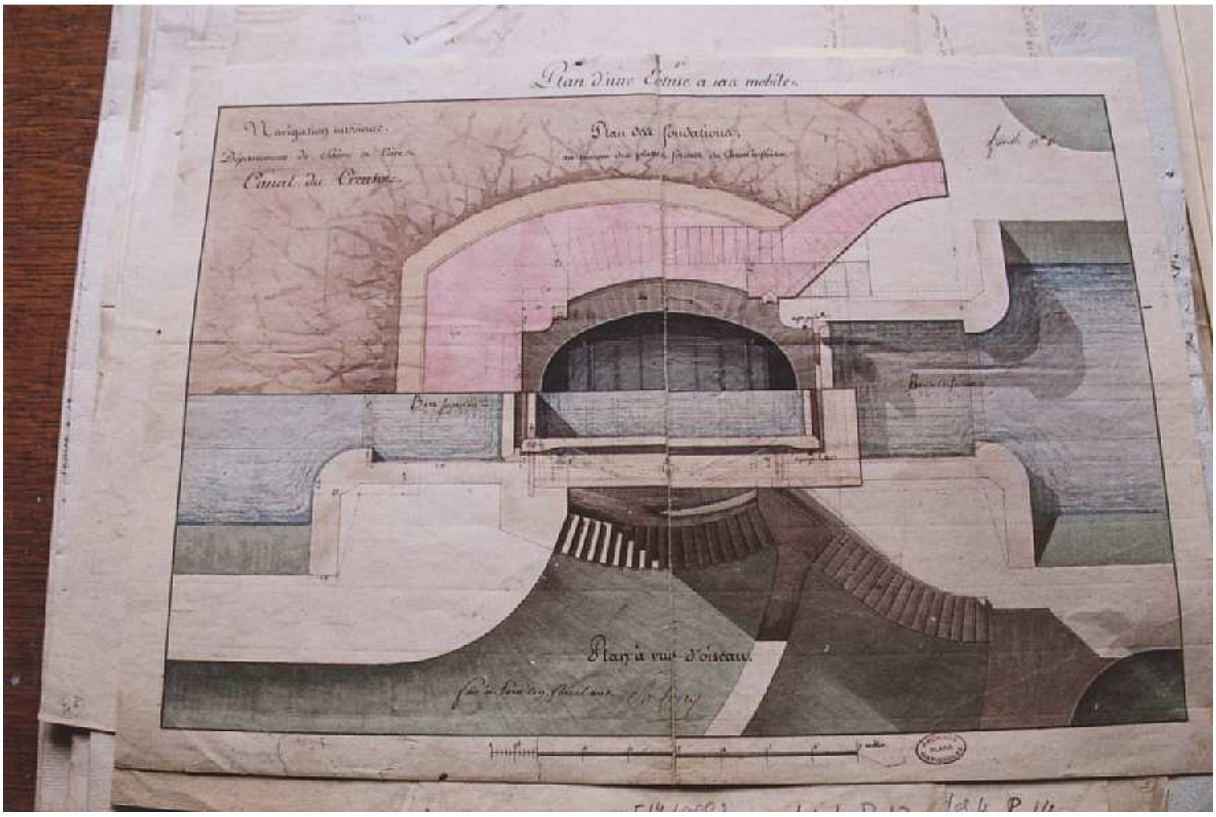
*Plan général du plan incliné prévu au Creusot par Forey – 1802*



*Coupe en travers de la machine du plan incliné du Creusot – Forey 1802*




*Le tonneau de Forey, à Torcy – 1802. Coupe au milieu du sas mobile*



## *1802*

Pour l'industrie naissante, il parait nécessaire de relier les forges du Creusot au canal projeté distant de 10 Kms.
Gauthey a trouvé là un relief difficile, à travers des roches de grès mal agglomérées. Un tunnel, long de 1200 mètres, a été percé, en 1787, aux frais de la Province. Puis, les travaux ont été suspendus en 1791.

En 1801, un arrêté des Consuls ordonne de livrer à l'usine du Creusot 100.000 kilos de cuivre, dont le produit servira à la création du canal. Les plans sont prêts en mars 1802.

Près de Torcy, on doit faire trois écluses à plan incliné, système Fulton, modifié par Charles Forey, ingénieur des Ponts et chaussées, qui travaille au canal de Charolais depuis 1792.

## *FOREY*

Les chariots portant les bateaux sont tirés sur le plan incliné par une chaîne sans fin mue par un moulin à eau. Le seul appareil construit connaît des essais difficiles : il demande plus d'eau que la région ne peut en fournir. Fulton prévoyait des bateaux de 5 tonnes au maximum. Ceux du Creusot pèsent 8 tonnes… Il ne reste aujourd'hui que de très beaux plans, aux Archives Nationales.
Trois écluses à sas mobile vertical, du système Solages et Bossu sont également prévues. Forey perfectionne les portes qui viennent s'appliquer plus exactement contre leurs feuillures. Il donne au plongeur la forme d'un tonneau.
Une machine se construit, lentement, à Chanliau, aux portes même de l'usine du Creusot. Les travaux se poursuivent jusqu'en 1809 où l'on constate que

« Le succès des écluses de cette espèce est désormais aussi infaillible que celui des écluses à sas ordinaire » (Mémoires de Gauthey, publiés par Navier)

La seule réalisation entreprise était sur le canal du Creusot. C'est-à-dire sur une déviation du Canal de Charolais creusé par Emiland Gauthey entre 1783 et 1793 pour relier la Loire à la Saone.
On peut alors se demander pourquoi le seul sas mobile construit en France a été abandonné : Forey a toujours été gêné par des querelles d'ingénieurs… Son protecteur, Gauthey, est mort en 1807… Fulton n'était plus à la mode… En tout cas, personne n'est assez dynamique pour reprendre l'ouvrage… De ce vaste projet, à la pointe du progrès, il ne reste que le tunnel de 1200 m.

Les ingénieurs anglais ont connu la même évolution - du plan incliné à l'ascenseur vertical - dans le même temps. Et toujours avec une certaine avance sur les inventeurs du continent.

### *ROWLAND et PICKERING*

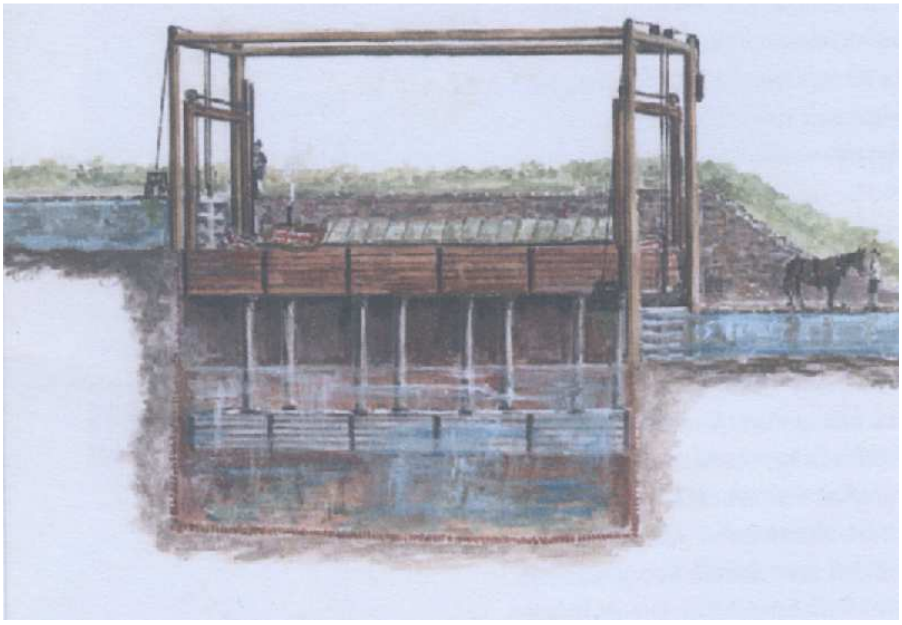
En 1794 - date de l'arrivée de Fulton en Angleterre - Edward Rowland et Exuperius Pickering prennent un brevet pour une écluse mobile verticale qu'ils semblent avoir réalisée, en 1796, sur le canal d'Ellesmere :

### *1796*

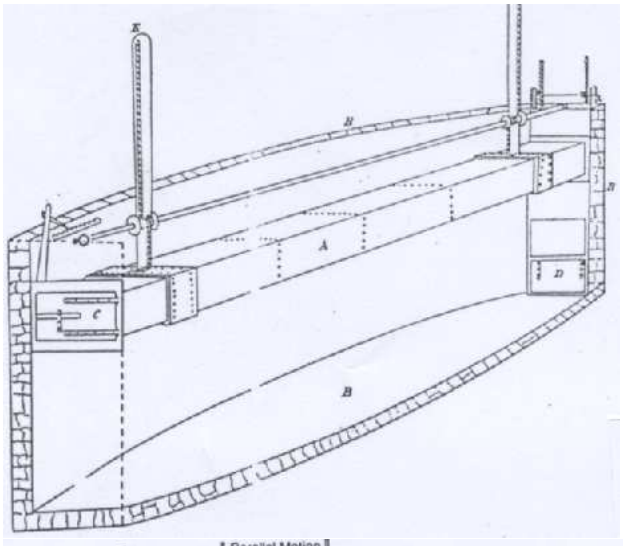
Ils plongent dans un sas profond, plein d'eau, un flotteur étanche et vide qui porte un bac où un bateau peut entrer d'un coté et sortir de l'autre. Le bac et son flotteur sont équilibrés dans le sas… suivant le principe d'Archimède. Ils peuvent monter ou descendre avec le secours de quelques manivelles et engrenages.
Non seulement cette machine est très proche de celles de Solages et Bossu ou de Forey, mais les deux histoires se ressemblent : On ne peut pas savoir jusqu'où l'expérience de Rowland et Pickering a été poussée ni pourquoi elle a été abandonnée vers 1800. On ignore complètement où elle a été construite. Par contre, on a conservé une maquette au musée de Gloucester et Monsieur Paget-Tomlinson en a fait une remarquable représentation.
En 1796, une expérience, très connue en Angleterre, marque l'histoire du Somerset coal canal : Robert Weldon essaye avec succès, à Comb Hay, près de Bath, son « écluse caisson » ou « écluse plongeante » ou « écluse hydropneumatique ».

### *WELDON - 1796*

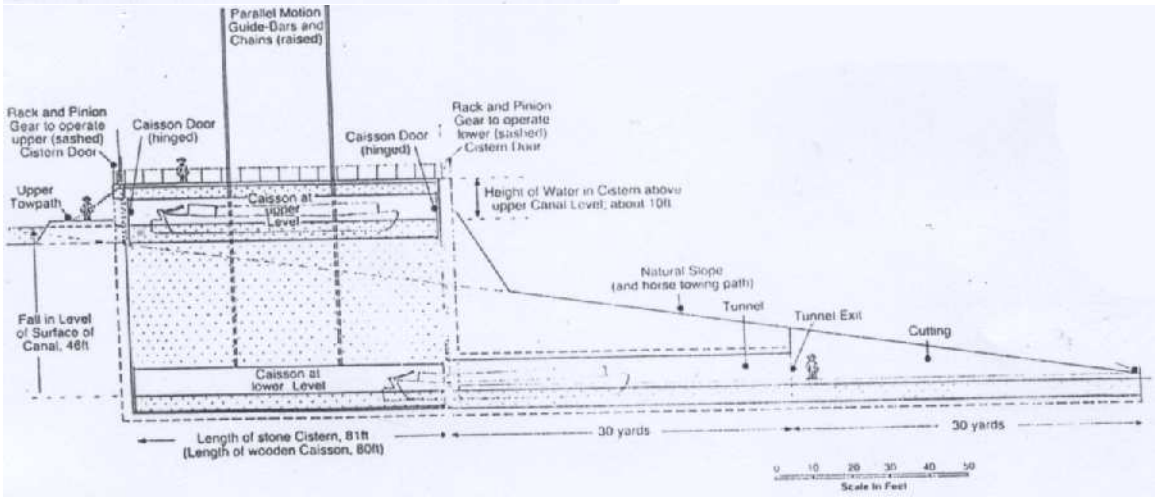
Le bateau entre dans un caisson de bois complètement fermé, accessible à chaque bout par une porte à guillotine. Le caisson se



*La machine de Rowland et Pickering, vue par Edward Paget-Tomlinson – 1796*



*Le sous-marin de Weldon 1796*



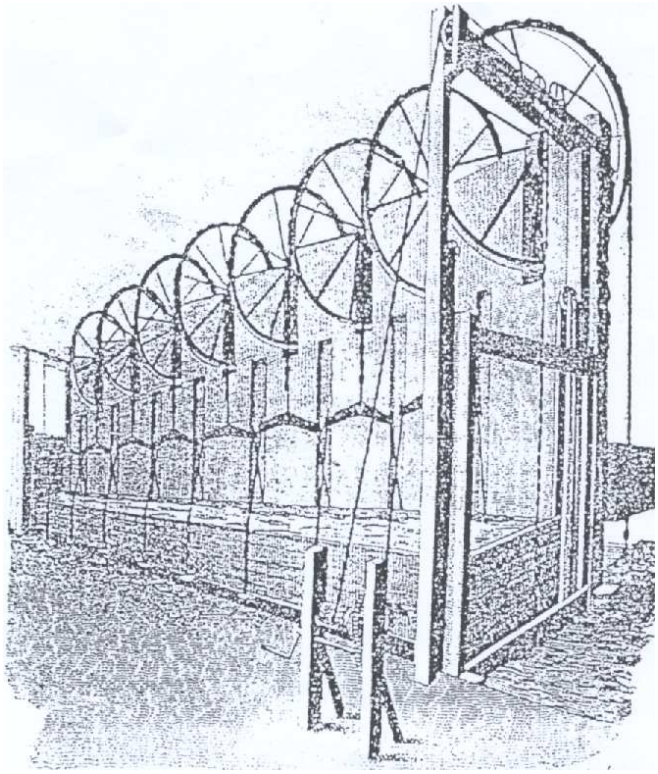
trouve immergé dans une écluse ovale, en maçonnerie. Il doit avoir à peu près la même densité que l'eau de l'écluse. Ce qu'on règle en ajoutant plus ou moins d'eau dans ses ballasts.
Le caisson se conduit alors comme un sous-marin. Il monte à mesure que l'on vide son eau. Il descend quand on le leste. Il est mû, verticalement, par des chaînes, guidé dans des coulisses.
Weldon embarque des passagers : Au début, ils s'affolent, dans le noir, au fond de l'eau. Puis, la réussite des essais se confirme. Le succès vient. Tous les gentlemen de la région s'amusent à monter et descendre dans le caisson aveugle.
La chance tourne. L'écluse s'écroule au bout de deux ans. Les propriétaires du canal regrettent les « énormes » sommes dépensées pour l'expérience et… commandent un plan incliné. Weldon meurt, désespéré, quatre ans plus tard.
Il ne reste rien de cette brillante invention. On ne peut même pas préciser où elle était située mais le dessin ci-joint en donne une idée assez complète. Il y a des anglais passionnés qui envisagent une prochaine reconstitution.

1808 : Autre invention que l'avenir a confirmé : l'ascenseur « perpendiculaire » de John Woodhouse sur le canal Worchester-Birmingham, à Tardebigg au-dessus de la Severn.

Son système prend appui sur un puissant mur - qu'il appelle « mur-levier » et qui porte huit poulies en ligne. D'un coté du mur, le bac qui contient le bateau. De l'autre, huit contre-poids. Les poulies portent de fortes chaînes reliant bac et contre-poids. Les deux sont en équilibre.

En principe, il suffit d'ajouter un peu d'eau dans le bac pour le faire descendre ou de suspendre quelques chaînes aux contrepoids pour le faire monter. En fait, les poulies sont mises en mouvement par deux cabestans. La course du bac est guidée, aux angles, par des roulettes. On voit, sur le dessin de l'époque, que le bateau entre et sort par une porte à guillotine.

## *WOODHOUSE - 1808*



*L'ascenseur « perpendiculaire »*

Dès le début, les essais sont excellents : on monte un bateau, sans heurt, en 20 minutes ½ . Le record est 110 bateaux en douze heures. Mais la Compagnie trouve le mécanisme trop fragile et les frais de maintenance trop élevés : il faut deux hommes à la manœuvre ! La philosophie de l'époque est aux « compressions de personnel ». L'ascenseur de Woodhouse est remplacé par une écluse.

1816 : Une autre écluse « hydropneumatique » est conçue pour le Regent's canal, au nord de Londres - qui a des difficultés d'approvisionnement en eau - C'est l' « écluse sans perte d'eau » de William Congreve. Le personnage est bien connu pour d'autres inventions. On le présente souvent comme un « foudre de guerre » : C'est lui qui a fait lancer contre les troupes de Napoléon des fusées qui n'ont guère détruit d'installations mais qui incommodaient fort les chevaux.

***CONGREVE***

Son écluse est composée de deux sas, l'un derrière l'autre, communiquant par une porte guillotine. Dans chaque sas, il y a un caisson sans fond qui s'adapte parfaitement aux parois. Il peut monter et descendre entre les quatre murs de l'écluse, mais les parties latérales doivent être rendues absolument hermétiques par un coussin d'eau.

***1816***

Les caissons portent à la fois l'eau du canal et le bateau. Ils sont pleins d'air et en équilibre entre eux. Une tuyauterie permet de faire passer l'air d'un caisson dans l'autre. Donc : quelques coups de pompe dans un caisson suffisent à le faire monter. Et l'autre descend. Les deux caissons, supportés par une « colonne d'air », arrivent à un niveau intermédiaire. On lève la porte à guillotine. Le bateau peut passer dans l'autre sas. On n'a pas dépensé d'eau.

L'historien Edward Paget-Tomlinson a expliqué par un dessin très précis cette machine compliquée qui a réellement été construite, sans cesse modifiée, jamais tout à fait au point. Le caisson - qui n'était pas guidé - se balançait, se coinçait. Et l'enceinte n'était jamais complètement hermétique. Les travaux d'ajustage n'étaient pas assez précis à l'époque. Cette machine - peut-être géniale - était en avance sur son temps. Elle dépassait les capacités des constructeurs.

Elle a provoqué des discussions byzantines avec les bailleurs de fonds, sur les dépenses comme sur les temps de passage des bateaux : 2 minutes ½ … 6 minutes … Faut-il compter le temps d'entrée et de sortie ? Finalement, après six années d'incertitudes, la machine a été vendue en pièces détachées.