

MEMENTO

L'aqueduc romain de Nîmes et le Pont du Gard

Le chantier et les carrières

Fiches de préparation enseignant

Le chantier de l'ensemble de l'aqueduc a duré entre 10 et 15 ans.

Outre les maçons et tailleurs de pierre, d'autres corps de métiers participent à ce vaste chantier : les charpentiers, les bûcherons, les forgerons, les chauxfourniers qui produisent la chaux...

LA CARRIERE

La pierre extraite dite pierre de Vers est une pierre tendre à grain grossier et de couleur jaune. Le carrier creuse d'étroites tranchées autour d'un bloc pré-dessiné puis dispose à sa base des coins métalliques qu'il force à la masse. La poussée des coins désolidarise le bloc de la roche.

La carrière de l'Estel d'où a été extraite la pierre du Pont du Gard : de l'époque romaine à aujourd'hui

La carrière romaine de l'Estel est située à 600 mètres en aval du Pont du Gard. Les Romains ont privilégié un front très large divisé en plusieurs chantiers exploités à partir des berges du Gardon suivant une extraction en palier. Une fois le niveau inférieur atteint, le chantier est inondé et la progression se fait de 4 m en 5 m pour faciliter l'acheminement des blocs au moyen de barges.

Au XVIIIème siècle cette carrière est à nouveau utilisée lors de la construction du pont routier. La maison de l'appareilleur, petite habitation de 10 m² aménagée dans l'angle de deux fronts et en partie creusée dans la roche, date de cette époque.

Au XIXème siècle la carrière de l'Estel a été un peu élargie sans doute par des artisans locaux. Véritable monument historique, la carrière de l'Estel est aujourd'hui classée monument historique.

LES OUTILS DU TAILLEUR DE PIERRE

Marteau-taillant, smille (pic à deux pointes), polka (un tranchant de même axe que le manche et un tranchant perpendiculaire), massette, poinçon, ciseaux, gouge, équerre.

Fiches illustrant les différents outils et exercices (cf. page 31).

Instruments de mesure : règle graduée, compas, équerre, fil à plomb.

Le bardage : le transport au sol des blocs de grand appareil se faisait simplement en halant les pierres (ou en les basculant sur leurs faces longues), sur des rouleaux de bois, les roubles, à l'aide de cordes de traction ou de poussées de levier.

LES ENGINES DE CHANTIER

Les engins de chantier vont des outils élémentaires (leviers, pinces civières) jusqu'aux engins gigantesques que sont les grues, en passant par les machines à puiser l'eau, indispensables sur tous les chantiers de travaux publics.

Vitruve classe les engins en les distinguant d'abord par leur principe mécanique :

I Les engins de levage et de transport mis en œuvre par l'ouvrier. Ce sont les palans, les chèvres, les bigues, les grues. Nous retiendrons que le palan romain est différent de celui que nous utilisons. Ce palan a autant de cordages que de poulies. Cette particularité permet de faire un effort symétrique avec un risque plus faible de rupture. Seule la vitesse n'est plus exactement contrôlée. Il existe aussi des roues à échelons ("roues d'écureuil") sur lesquelles montent les manœuvres dans le sens inverse du mouvement circulaire qu'on désire obtenir.

I D'autres engins sont les appareils mis en mouvement par l'eau (roues à aubes, les moulins).

Vitruve décrit enfin des appareils qui mesurent les distances parcourues sur terre et sur mer.

I Les machines d'épuisement qui sont de trois sortes : les roues à augets, les chaînes à godets, la vis d'Archimède, sans oublier la pompe de Ctésibius, composée de deux cylindres dont les pistons sont mis en action par les ouvriers, au moyen de balanciers.

En bref

Au travers des activités élèves, il s'agit de démystifier, sans les sous-estimer, les difficultés techniques, qui nous semblent titanesques aujourd'hui, que sont principalement le transport et le levage des blocs de pierre parfois énormes (jusqu'à 6 tonnes pour le Pont du Gard).

En effet, les Romains possédaient la technique de leurs ambitions, une technologie fondée sur le principe des machines simples (conservation du travail) que sont les leviers, les poulies, les treuils... abondamment en vigueur de nos jours. Ce qui force l'admiration, c'est justement l'origine de la force motrice, parfois animale pour le transport, humaine pour le levage, en tous les cas, toujours musculaire. Même si les engins en question ont le pouvoir de démultiplier à volonté les forces mises en jeu, il ne faut pas négliger pour autant les forces de frottement considérables (fer, bois et cordes étant les seuls matériaux utilisables), la nécessité d'une main d'œuvre nombreuse, et par conséquent, une sécurité précaire sur le chantier, assortie probablement d'accidents du travail nombreux.

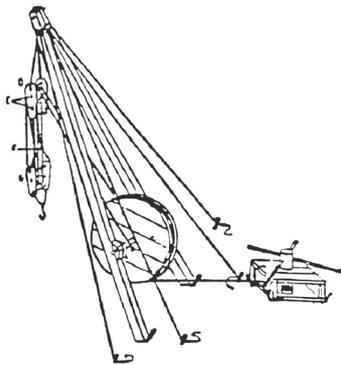
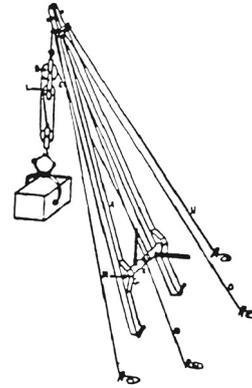
LES ENGINS DE LEVAGE

La chèvre

Pour construire l'aqueduc de Nîmes et ses divers ponts (notamment le Pont du Gard), les Romains ont utilisé des techniques avancées.

Parmi les engins de levage, le plus représentatif est la chèvre ou "tripastos" décrit dans l'ouvrage de Vitruve.

Des engins de ce type ont servi pendant très longtemps (jusqu'au début du XX^e siècle).



La chèvre est constituée d'un bâti en poutres de bois (une ou deux suivant le modèle).

Elle est inclinable mais pas orientable.

Elle est retenue par des haubans de chanvre ancrés au sol.

Elle est dressée grâce à son propre système de levage.

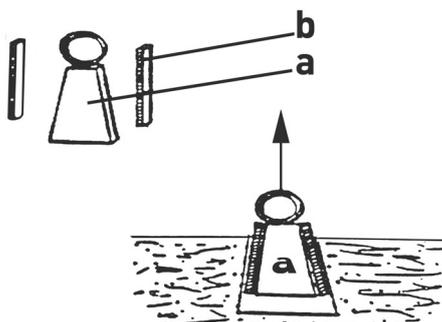
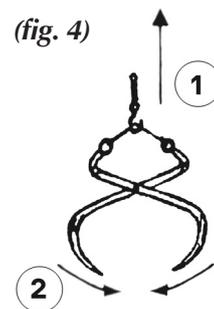
La transmission du mouvement se fait par l'intermédiaire d'un treuil (**fig. 1**) ou d'un cabestan (**fig. 2**). Des hommes assurent la force motrice.

La démultiplication est assurée par un palan.

Pince auto-serrante

Pour accrocher les blocs de pierre au cordage, les Romains utilisaient une louve auto-serrante (**fig. 3**) ou des pinces (**fig. 4**).

Ils utilisaient une gaffe (**fig. 5**) pour positionner le bloc au bon endroit.

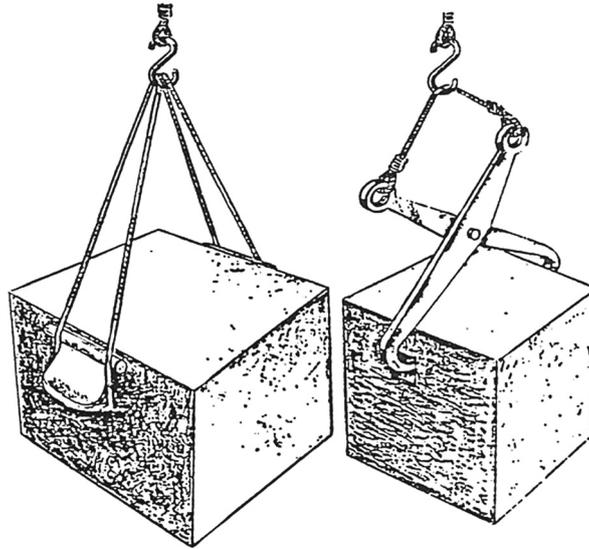


(Fig. 3)

La pièce (a) est placée dans le logement trapézoïdal taillé dans le bloc de pierre, les plaquettes (b) sont positionnées de part et d'autre, le levage peut débuter, la pièce (a) ne pouvant plus sortir du bloc.

Le levage des blocs de pierre

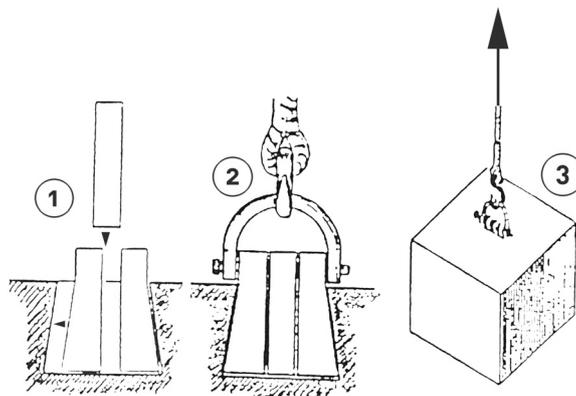
C'est le tailleur de pierre qui a la responsabilité de permettre le levage des blocs, en taillant la pierre en fonction du système d'accrochage envisagé, selon des critères dictés par la qualité du matériau, sa taille, son poids, et les impératifs techniques du matériel, du lieu, du moment...



La louve clavée à pièces multiples

On fait une entaille géométrique dans la pierre, le fond étant plus large que l'ouverture de la partie supérieure.

La partie de levage est composée de trois soins : deux épousent la forme de la partie creusée, le troisième étant rentré en force, bloquant le tout. On passe une tringle de métal et un anneau dans les trous des trois parties faits pour cela.

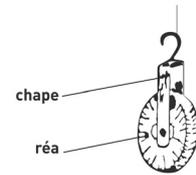


L'étude des engins de levage à travers les âges montre des invariants et des évolutions.

La poulie

Elle réduit les frottements.

Dans le cas idéal (théorique), sans frottement, elle transmet intégralement le poids.



Le palan

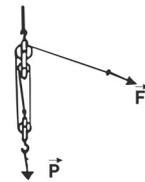
Système utilisant plusieurs poulies servant à démultiplier la force de traction.

La force de traction est divisée par le nombre de poulies du système.

Exemple : $F = P/3$

En contre-partie, quand on tire L mètres de corde, on ne monte la charge que de L/3 mètres.

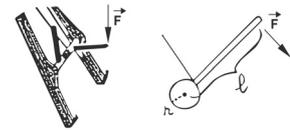
Exemple : le tripastos (palan à trois poulies)



Le treuil

Le tambour d'axe est horizontal.

La force exercée pour enrouler la corde sur le tambour est inversement proportionnelle au rapport l/r d'où la roue d'écureuil pour s'éloigner de l'axe.



Le cabestan

Le tambour d'axe est vertical.

Le principe est le même que celui du treuil mais l'axe vertical permet d'allonger les leviers et le cabestan peut être manœuvré par plusieurs ouvriers en même temps, profitant ainsi des effets de couple.



Les évolutions

Les évolutions principales tiennent à une meilleure connaissance des matériaux et à une meilleure maîtrise de l'énergie.

Les contrôles de résistances passives : les frottements (importants chez les Romains) sont diminués grâce aux roulements à billes et aux lubrifiants...

La solidité du bâti : elle est améliorée grâce aux matériaux ainsi qu'aux moyens d'assemblage plus performants...

Les sources d'énergie : l'utilisation de l'énergie fossile et l'invention des moteurs ont grandement amélioré les performances des machines utilisées par les Romains.

Fiche ressource

"Il convient que je parle des carrières d'où l'on tire, pour bâtir, les pierres de taille ainsi que le moellon. Toutes les pierres ne sont pas d'une même espèce, car il y en a de tendres... d'autres sont un peu plus dures... d'autres sont dures comme du caillou [...]. Les pierres qui ne sont pas dures ont cela de commode qu'elles se taillent aisément et sont d'un bon usage quand on les emploie en des lieux couverts ; mais placées en dehors, la gelée et les pluies les font tomber en poussière, et si elles sont employées dans des bâtiments proches de la mer, le salure les ronge, et la grande chaleur les détériore [...]. Mais quand les carrières sont très proches, on préfère encore s'en servir, en prenant toutefois certaines précautions, afin qu'elles soient moins sujettes à se détériorer. Ces précautions sont de les tirer de la carrière en été et non pas en hiver, et de les exposer à l'air en un lieu découvert deux ans avant de les mettre en œuvre, afin que celles que le mauvais temps aura endommagées soient jetées... les autres, éprouvées par la nature, se trouveront être bonnes à la maçonnerie qui sera faite hors de terre".

Vitruve, livre deuxième chapitre VIII.

Pour extraire et tailler les pierres, les artisans romains se servent d'outils dont les formes sont toujours d'actualité.

Ciseau à manche de bois



Ciseau grain d'orge



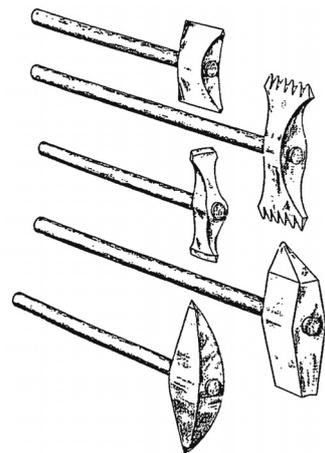
Gouge



Poinçon ou broche



Ciseau métallique



Marteau taillant
Marteau grain d'orge
Polka (pioche)
Marteau têtù
Pic

Prolongements possibles

1. Généralisation du principe de la machine simple

Extension aux problèmes de...

■ Production d'énergie mécanique :

- comment utiliser la force de l'eau, du vent... ?
- comment utiliser la puissance d'un moteur ?

■ Transmission de la puissance mécanique :

- comment transmettre le mouvement de rotation ? (poulie + courroie, engrenages)
- comment modifier la vitesse du mouvement (ralentir, accélérer) ?

■ Commande des appareils :

- de l'habileté manuelle à la programmation de l'action...

2. Etude historique

On étudiera les engins de levage à travers les âges : on abordera à cette occasion les invariants technologiques (principes techniques qui ont peu évolué) et les améliorations ou évolutions technologiques.

3. Etude des engins de levage actuels

On pourra, à travers une enquête, étudier les engins de levage de nos jours. Les élèves devront être capables d'organiser des connaissances portant sur les sources d'énergie mécanique, sur la transmission du mouvement de rotation, la commande des machines simples... Ils constitueront ainsi une banque de données qui les aidera à résoudre les problèmes technologiques posés.

LEXIQUE

Bati : partie solide de la chèvre maintenant en position les parties mobiles.

Cabestan : système d'entraînement du cordage qui s'enroule sur un tambour d'axe vertical.

Gaffe : perche munie d'un crochet en bout pour guider la pierre soulevée par la chèvre vers sa bonne position.

Hauban : cordage fixé au sol pour maintenir la chèvre à la bonne inclinaison.

Louve : dispositif permettant par auto-blocage, de soulever une charge.

Moufle : assemblage de plusieurs poulies, dans un même chape, pour démultiplier la force de traction.

Palan : assemblage de plusieurs poulies, sur des axes différents, pour démultiplier le force de traction.

Pince : instrument auto-serrant pour soulever une charge.

Poulie : roue à gorge dans laquelle passe le cordage.

Tambour : partie du treuil ou du cabestan sur laquelle s'enroule le cordage.

Treuil : système d'entraînement du cordage qui s'enroule sur un tambour d'axe horizontal.