

Initiation à l'ingénierie antique

10 Hypo- quoi ?

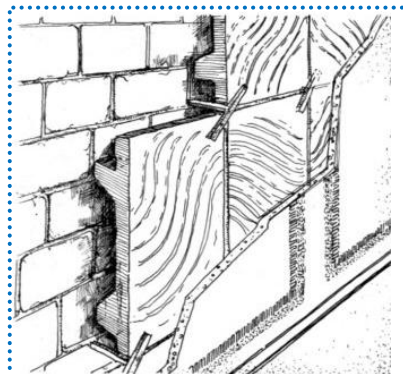
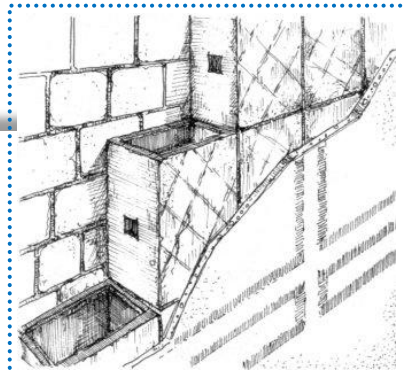
La situation s'améliora déjà lorsqu'au début du I^{er} siècle avant J.-C., le génial homme d'affaires campanien Caius Sergius Orata, auquel on doit aussi la technique de l'élevage des huîtres en parc, importa d'Asie Mineure le système de chauffage par le sol.

En suspendant le « plancher », qui reçoit de ce fait le nom de *suspensura*, sur des *pilettes* [petites colonnes] de briques érigées régulièrement, on crée sous la pièce à chauffer un sous-sol d'environ 60 cm de hauteur, qui servira de chambre de chaleur et qu'on appelle hypocauste. Dans la paroi extérieure, et au niveau de l'hypocauste, on installe ensuite un ensemble à feu, dont la dimension varie avec la surface des pièces à desservir. Nommé hypocauste, il se compose essentiellement d'un *four* voûté, souvent fait de lave poreuse et dallé de briques ; d'un côté, le four donne sur une chambre ou un couloir de service où se trouve une aire destinée à recevoir les cendres et à ranger le combustible ; de l'autre, son arc de cercle ouvre sur l'hypocauste, et la chaleur, en rayonnant autour des *pilettes*, est transmise à toute la pièce à travers le sol qu'elles soutiennent. Le tirage et l'évacuation des fumées se font le long du mur intérieur sur lequel on a placé des briques spéciales : munies de tétons saillants, d'où leur nom de *tegulae mammatae*, elles ménagent un espace de quelques centimètres entre la paroi principale et la cloison qu'elles construisent. Reposant sur une assise de briques larges et constituée pour l'essentiel par une couche de *tuileau* [fragments de tuile] que recouvre en surface un parement de mosaïque ou de marbre, la *suspensura*, dont l'épaisseur atteint le plus souvent 80 cm, s'échauffe avec lenteur et se refroidit moins vite encore : elle maintient donc la température de la salle, même quand les fours sont éteints ou ralentis.

Le système des briques à tétons saillants présentait cependant l'inconvénient de favoriser fréquemment les refoulements de la fumée vers le four et de laisser perdre une partie de la chaleur qu'on aurait pu mieux utiliser. Plus d'un siècle après l'introduction des hypocaustes, on imagina donc de remplacer les *tegulae mammatae* par des *tubuli*, c'est-à-dire par des tuyaux de poterie dans lesquels chaleur et fumée circulaient plus commodément ; au lieu de les installer d'un seul côté, on en tapissa tous les murs, et les salles se trouvèrent ainsi placées comme au cœur d'une vaste chambre de chaleur. La température put dès lors s'élever dans certains cas jusqu'à 40 ou 50 degrés centigrades, et l'on eut du coup les moyens de construire des pièces à la fois plus chaudes et plus vastes. En les orientant vers le sud et en utilisant le verre à vitre qu'on venait aussi de découvrir, il devint en outre possible de les rendre plus claires : les trous à mites d'autrefois devinrent de grandes et belles salles que dominaient « d'immenses fenêtres et de larges châssis vitrés »* par lesquels le soleil entraînait toute la journée.

Alain Malissard, *Les Romains et l'eau* (2002), © Les Belles Lettres

*(Sénèque, *Lettres à Lucilius*) Ces immenses fenêtres sont parfois pourvues de doubles vitrages qui en assurent l'isolation thermique.



ILLUD SCRIPTUM LEGE ET IMAGINES PERSPICE.

1. Légende chacune des quatre illustrations avec les termes appropriés, parmi ceux qui sont surlignés dans le texte.
2. Illustre le texte en réalisant le dessin d'un caldarium (comprenant un bassin) dont l'air et l'eau sont chauffés par un hypocauste ; ensuite, légende ce dessin (avec les mots surlignés) et flèche la circulation de l'air chaud.



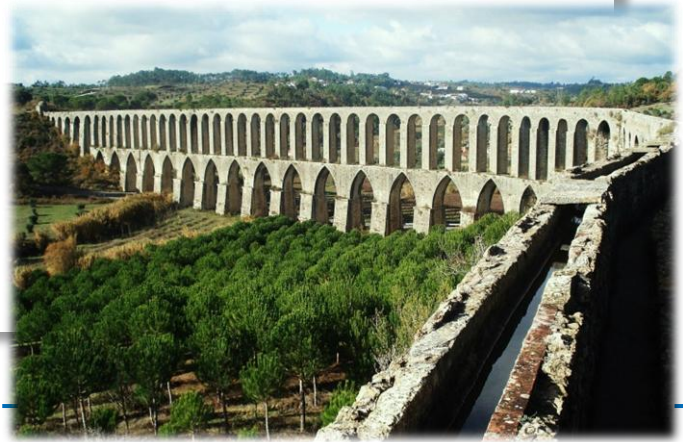
2° Une Technologie avancée

DOCUMENT 1 : *Plinie l'Ancien, un encyclopédiste, a rédigé toute une série de chapitres sur les aqueducs. Il évoque notamment l'un de ceux qui alimentaient Rome : l'aqua Appia, construit en 312, qui faisait près de 17 km de longueur.*

Q. Marcius Rex, iussus a senatu aquarum Appiae, Anienis, Tepulae ductus reficere, novam a nomine suo appellatam cuniculis per montes actis intra praeturae suae tempus adduxit. Agrippa vero in aedilitate adjecta Virgine aqua ceterisque conrivatis atque emendatis lacus DCC fecit, praeterea salientes D, castella CXXX, complura et cultu magnifica, operibus iis signa CCC aerea aut marmorea inposuit, columnas e marmore CCCC, eaque omnia annuo spatio. Adicit ipse aedilitatis suae commemoratione et ludos diebus undesexaginta factos et gratuita praebita balinea CLXX, quae nunc Romae ad infinitum auxere numerum.

Plinie l'Ancien, *Histoire naturelle*, XXXVI

Quintus Marcius Rex reçut mission du sénat de **réparer** les **canaux** des **aqueducs** Appia, Anio et Tepula ; il en **construisit** un nouveau, qui fut désigné par son nom, en perçant des tunnels sous les montagnes, durant le temps de sa préture. Agrippa, pour sa part, durant son édilité, ajouta **l'aqueduc** de la Vierge, fit réparer et nettoyer les canaux des autres aqueducs, construisit 700 **réservoirs**, sans parler de 500 fontaines, 130 **châteaux d'eau** ; la plupart de ces édifices étaient richement décorés : il fit ériger sur ces ouvrages 300 statues de bronze et de marbre, 400 colonnes de marbre, le tout fut achevé en l'espace d'un an. Il ajouta lui-même dans le compte-rendu de son édilité que cinquante-neuf jours de jeux furent organisés et que les 170 **établissements de bains** de Rome furent ouverts gratuitement au public (de nos jours leur nombre s'est accru à l'infini !).



Aqua Appia →

DOCUMENT 2 : *Dès la fondation de Lutèce, au début du premier siècle de notre ère (à la fin du règne d'Auguste), les Romains se mettent en quête de sources pour l'alimenter. C'est à une vingtaine de kilomètres au sud (vers Chilly-Mazarin, Morangis...) qu'ils en trouvent. Ils construisent alors l'aqueduc d'Arcueil que décrit le texte suivant.*

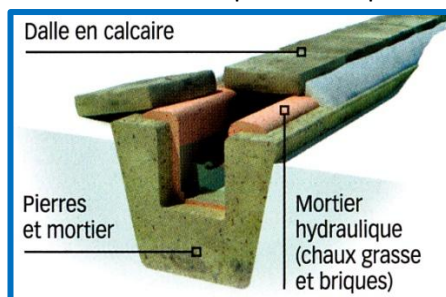
À Lutèce, comme dans toute ville romaine, l'eau coule à flots dans les fontaines, les thermes et les latrines. L'on en fait probablement usage sans modération : à Rome, cité pour laquelle on dispose de nombreux écrits, les historiens pensent que chaque personne bénéficiait au I^{er} siècle apr. J.-C. d'environ 1000 litres d'eau par jour, soit sept fois la consommation actuelle d'un Français ! Or cela implique bien évidemment de mettre en place un système d'approvisionnement et de distribution conséquent. [...]

Afin de transporter l'eau, l'aqueduc d'Arcueil doit en permanence suivre une légère pente.

Et pour diminuer son coût, les Romains lui font épouser le relief, en suivant les courbes de niveau. L'eau y circule dans des conduits maçonnés, à même le sol. Le plus souvent, il s'agit de simples rigoles de 40 à 50 cm de large et de 50 à 70 cm de profondeur. Elles sont fabriquées avec des petites pierres et du mortier, et sont hermétiquement fermées par des dalles en calcaire : cela permet de proté-

ger l'eau du soleil, afin qu'elle reste fraîche et limpide.

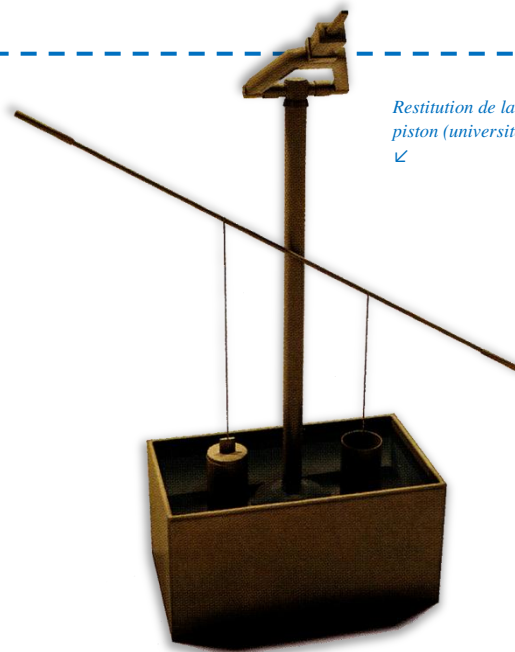
Enfin, le conduit maçonné n'étant pas étanche, on le recouvre sur le fond et les côtés d'une double couche de mortier hydraulique, composé de chaux grasse et de débris de briques concassés. Reste qu'à deux endroits au moins sur son parcours l'aqueduc doit être porté en hauteur : une première fois pour franchir le vallon d'Arcueil-Cachan, autrement dit la vallée de la Bièvre ; une seconde, lorsqu'il parvient aux abords de l'immense nécropole Saint-Jacques, dans le sud de Lutèce. [...]



DOCUMENT 3 : Les machines élévatrices d'eau

Il existe plusieurs types de machines pour élever l'eau dans l'Antiquité : roue à augets, chaîne à godets, vis d'Archimède, etc. Parmi elles, l'appareil appelé *machina Ctesibica* par Vitruve [auteur latin du I^{er} siècle], *sipho/siphôn* ailleurs, a un statut particulier : il est le seul à pouvoir produire un jet d'eau, c'est-à-dire à projeter l'eau sous pression. Il s'agit d'une pompe à piston foulante, fonctionnant en immersion. En tant que machine pour élever l'eau, elle servait dans les puits (d'après Pliny l'Ancien et des restes archéologiques) ou dans la cale des navires. En tant que « machine à pression », elle servait pour la lutte contre les incendies (Pliny de Jeune) ou pour les brumisations d'eau parfumée et/ou colorée dans les édifices de spectacle appelées *sparsiones* (Sénèque, Martial, Lucrèce...). Son principe a survécu à l'Antiquité : la pompe à incendie encore utilisée jusqu'au début du XX^e siècle est exactement le modèle décrit par Vitruve, et les pompes de puits manuelles utilisaient le même principe. Son invention paraît se situer dans le contexte des travaux du mécanicien Ctésibios à Alexandrie, au III^e siècle avant J.-C.

Nous avons la chance de bien connaître cette machine car elle est décrite dans trois textes, qui s'échelonnent du III^e siècle av. J.-C. au I^{er} siècle ap. J.-C. : ceux de Philon de Byzance, de Vitruve et d'Héron d'Alexandrie. Les sources archéologiques nous



Restitution de la pompe à piston (université de Caen).

révèlent des pompes différentes les unes des autres, mais reposant toutes sur le même principe : piston et cylindre, soupapes d'admission et de refoulement. Le mouvement des pompes géminées est alternatif : lorsque le piston d'un des deux cylindres monte, l'autre descend. En montant, le cylindre aspire l'eau du réservoir ou du puits ; en descendant, il la pousse vers le tuyau de sortie. Un système de clapets empêche l'eau de redescendre vers son point de départ quand le piston descend, de revenir du tuyau de sortie vers le cylindre quand il monte.

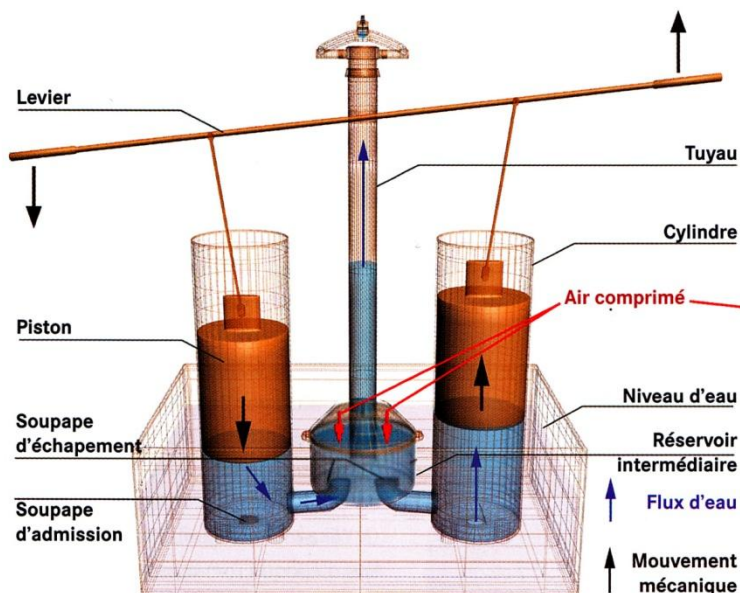
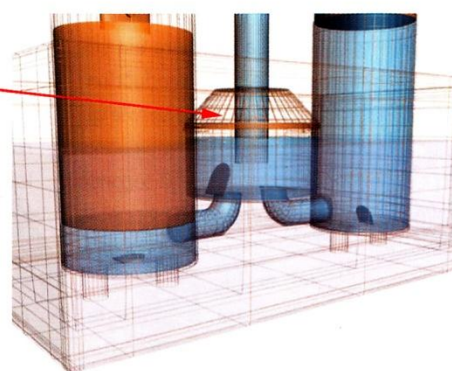


Schéma de fonctionnement de la pompe à pistons décrite par Vitruve. Université de Caen Basse-Normandie, équipe « Plan de Rome ».



Philippe Fleury, « La Pompe à pistons » (Archéothéma n°28, 2013)

ILLA SCRIPTA LEGE ET IMAGINES PERSPICE.

3. Souligne les mots latins du texte de Pliny l'Ancien dont la traduction est en gras.
4. En utilisant les différents documents à ta disposition, réponds aux questions suivantes :
 - a) Qu'est-ce qu'un aqueduc ? De quelles parties différentes se compose-t-il ? Avec quelle fréquence rencontre-t-on ces différents éléments, et pourquoi ?
 - b) Dessert-il directement les thermes ? Pourquoi, d'après toi ?
 - c) Dessert-il seulement les thermes ? Sois précis(e).
 - d) Quels problèmes peuvent se poser au niveau des aqueducs ? (Pourquoi, d'après toi, faut-il « nettoyer les canaux » d'un aqueduc ? ou les « réparer » ? – texte 1)
 - e) L'aqueduc est-il le seul moyen d'acheminer de l'eau jusqu'à des bains ? Justifie ta réponse.

30 Étymologie

EXERCICE 1 : AUTOUR DE *BALINEUM*, I, N.

Le mot latin *balneum* s'écrivait également *balineum* ; le plus souvent, au singulier, il désignait la salle de bains ou le bain privé et au pluriel, les bains publics. Il est à rapprocher du mot grec *balanéion* (βαλανεῖον). Cette racine se retrouve en français, mais également en anglais et en allemand :

a) Comment dit-on *bain* dans ces deux langues ?

b) Quel est le mot en espagnol ?

c) Trouve les mots français dérivés de *balneum* :

- J'ai passé mes vacances au bord de la mer dans une agréable station _____.
- Hier, il a pris un bon _____ bien chaud dans sa _____.
- Jean Valjean, dans *Les Misérables*, a été puni aux travaux forcés pour avoir volé un pain : il est donc allé au _____.
- Son médecin lui a prescrit d'aller en thalasso suivre une _____ afin de soigner ses rhumatismes.
- La sieste est terminée : profitons d'être sur une plage pour une petite _____.

EXERCICE 2 : AUTOUR DE *THERMAE*, *ARUM*, F. PL.

Le mot latin servant à désigner les *thermes* (distingue bien ces édifices publics – vastes et luxueux, où des activités nombreuses pouvaient être pratiquées – des simples bains privés, plus modestes, mais qui étaient les seuls à exister à l'origine) vient du grec *thermos* (θερμός), qui signifiait chaud.

→ Associe chacun des mots suivants à sa définition.

un thermostat	•	• Qui se caractérise par une température constante
un thermomètre	•	• Qui provient de la fusion (productrice de chaleur) de deux noyaux atomiques
thermonucléaire	•	• Qui produit de la chaleur.
thermique	•	• Cet instrument règle le niveau de chauffe d'un radiateur pour maintenir une température constante dans une pièce.
thermidor	•	• Ensemble des activités liées à l'utilisation d'eaux particulières dans le cadre de soins.
thermogène	•	• Cet instrument sert à mesurer la température.
thermos	•	• marque de bouteille isotherme
isotherme	•	• Qui concerne la chaleur ; pour un moteur : qui transforme la chaleur en énergie mécanique
le thermalisme	•	• mois du calendrier révolutionnaire (19 juillet-17 août)
thermal	•	• Lié à une eau de source chaude utilisée comme moyen de traitement

EXERCICE 3 : AUTOUR DE L'*HYPOCAUSTE*

Le mot grec *kaustikos* (καυστικός), signifiant qui brûle, se retrouve dans le français *caustique*. La soude caustique est une substance très mordante qui attaque les tissus animaux et végétaux.

→ Qu'est-ce qu'un *rire caustique*, d'après toi ? (Le mot est, bien sûr, employé au sens figuré.)

Lectionis VII memoranda verba.

mot latin (à retrouver)	traduction du mot latin	mots français qu'il a donnés
<i>balneum, i, n.</i>		→
<i>thermae, arum, f. pl.</i>		→
<i>aqua, ae, f.</i>	<i>ou</i>	→

Lectionis VII memoranda verba.

mot latin (à retrouver)	traduction du mot latin	mots français qu'il a donnés
<i>balneum, i, n.</i>		→
<i>thermae, arum, f. pl.</i>		→
<i>aqua, ae, f.</i>	<i>ou</i>	→

Lectionis VII memoranda verba.

mot latin (à retrouver)	traduction du mot latin	mots français qu'il a donnés
<i>balneum, i, n.</i>		→
<i>thermae, arum, f. pl.</i>		→
<i>aqua, ae, f.</i>	<i>ou</i>	→

Lectionis VII memoranda verba.

mot latin (à retrouver)	traduction du mot latin	mots français qu'il a donnés
<i>balneum, i, n.</i>		→
<i>thermae, arum, f. pl.</i>		→
<i>aqua, ae, f.</i>	<i>ou</i>	→

Lectionis VII memoranda verba.

mot latin (à retrouver)	traduction du mot latin	mots français qu'il a donnés
<i>balneum, i, n.</i>		→
<i>thermae, arum, f. pl.</i>		→
<i>aqua, ae, f.</i>	<i>ou</i>	→

Lectionis VII memoranda verba.

mot latin (à retrouver)	traduction du mot latin	mots français qu'il a donnés
<i>balneum, i, n.</i>		→
<i>thermae, arum, f. pl.</i>		→
<i>aqua, ae, f.</i>	<i>ou</i>	→