

Main à la pâte



Projet main à la pâte

Écluse
pédagogique

2008 -2009

Avant-propos

C'est dans le cadre d'une **sortie éducative** que **l'école primaire de Fontaines** propose chaque année à ses élèves une visite de **l'écluse de Crissey, située au nord de Chalon-sur-Saône**. Celle-ci a comme particularité d'être l'une des écluses présentant le plus haut dénivelé de France, atout majeur pour éveiller l'intérêt de ces enfants et ainsi paver la voie à la connaissance. Ils étudient en effet par la suite son fonctionnement, partie plus théorique qui pourrait rapidement s'avérer ennuyeuse pour eux.

C'est à partir de ce constat que leur professeur a décidé de réaliser une maquette schématisant une écluse, mais le résultat obtenu n'était pas assez réaliste pour faciliter la compréhension des élèves.

Concernant notre projet d'étude, dans le cadre du partenariat entre les écoles de la circonscription de Chalon 1 et l'IUT, **un projet main à la pâte a été proposé**. Il consistait à la base à réaliser plusieurs petites maquettes sur des thèmes en relation avec nos cours : électricité, électronique, magnétisme... Notre but était d'adapter ces connaissances à un niveau compréhensible pour une classe de primaire et de faire ressortir de nos maquettes un esprit ludique.

Ce n'est qu'au début de notre semaine de projet que le sujet de l'écluse a été porté à notre connaissance. Le **souhait de M. Stéphane Tank**, notre référent dans ce partenariat, était de nous faire exploiter les compétences acquises lors de nos années de formation en enseignement technique pour **réaliser une maquette d'écluse relativement réaliste**. Concernant le dimensionnement, le matériau ou encore le fonctionnement, il nous a été laissé carte blanche pour créer à partir de rien ce système.

C'est donc sur ces bases que nous nous sommes engagés dans la réalisation de notre « projet écluse ».

Sommaire

I. Découverte

A) Un peu d'histoire.....Page 1 & 2

B) Un peu de technique

Architecture d'une écluse.....Page 3 & 4

Fonctionnement d'une écluse.....Page 4

II. Création et choix techniques

A) Le dimensionnement.....Page 5 & 6

B) Fonctionnement

1) Système de maintien du niveau de l'eau.....Page 6 & 7

2) Circulation de l'eau entre les différentes parties.....Page 7

3) Système de porte.....Page 8

C) Matériau

III. Réalisation

A) Découpe.....Page 9,10,11&12

B) Rainurage.....Page 12 & 13

C) Perçage.....Page 13

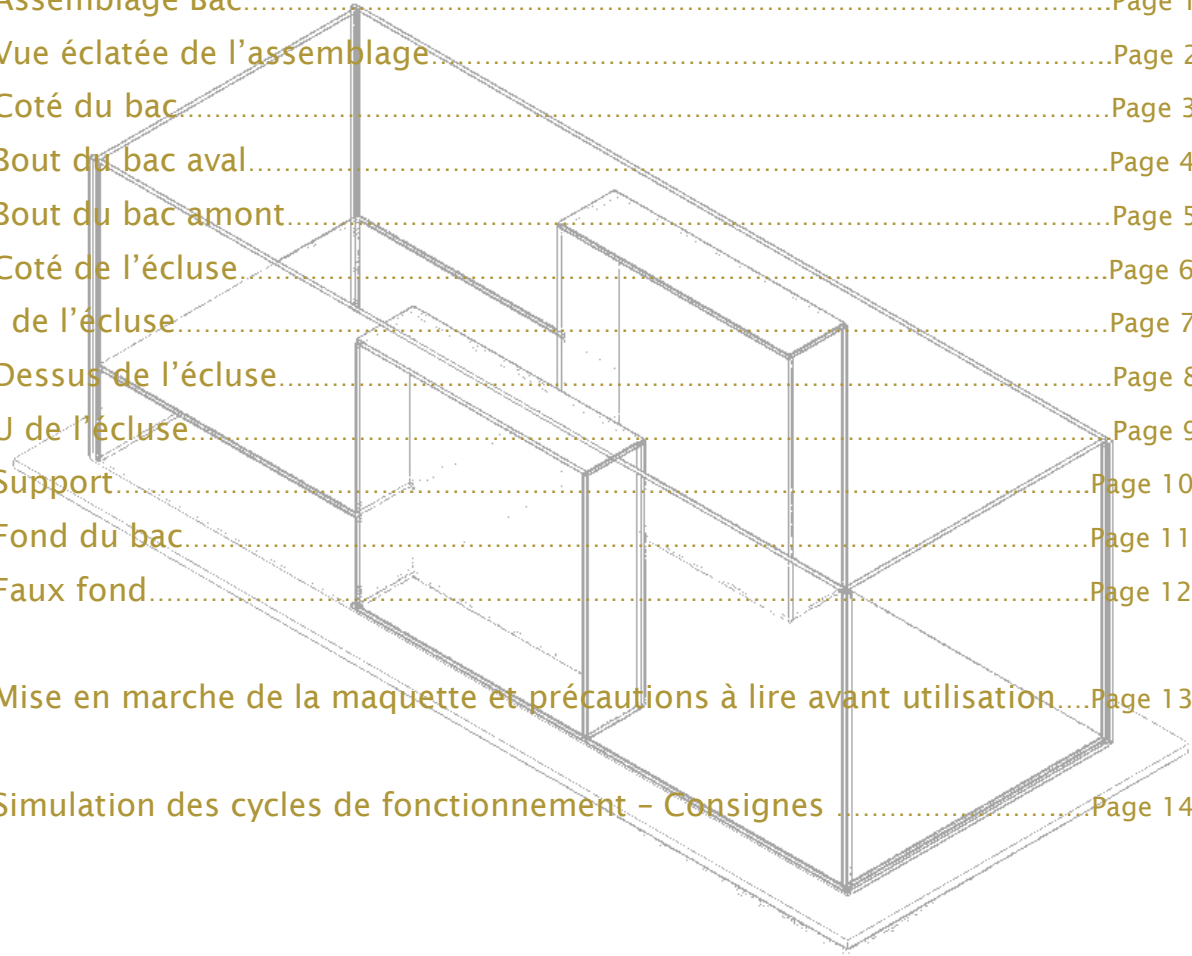
D) Assemblage.....Page 14 & 15

IV. Améliorations et Remerciement.....Page 16 à 23

V. Annexe

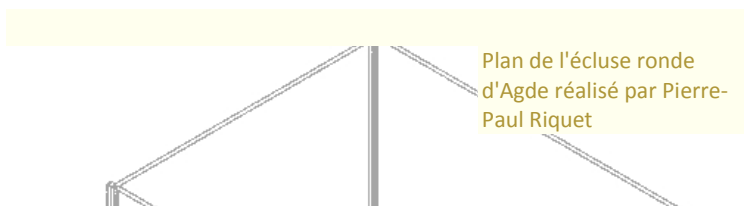
Pièce de construction

Assemblage Bac.....	Page 1
Vue éclatée de l'assemblage.....	Page 2
Coté du bac.....	Page 3
Bout du bac aval.....	Page 4
Bout du bac amont.....	Page 5
Coté de l'écluse.....	Page 6
i de l'écluse.....	Page 7
Dessus de l'écluse.....	Page 8
U de l'écluse.....	Page 9
Support.....	Page 10
Fond du bac.....	Page 11
Faux fond.....	Page 12
Mise en marche de la maquette et précautions à lire avant utilisation.....	Page 13
Simulation des cycles de fonctionnement - Consignes.....	Page 14

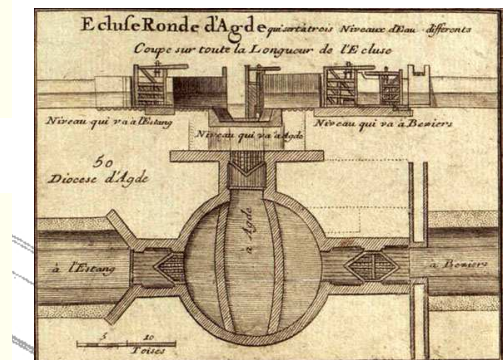


I) Découverte :

A) Un peu d'histoire...

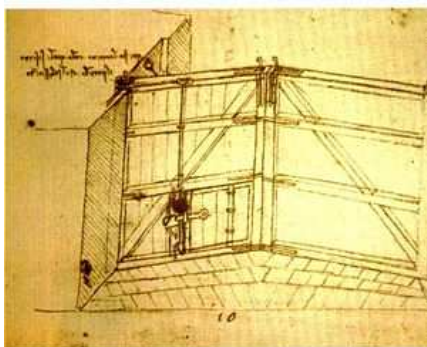


Plan de l'écluse ronde d'Agde réalisée par Pierre-Paul Riquet



À l'origine (Moyen-âge, Renaissance), le mot « **écluse** » désigne un vannage simple (**latin Aqua exclusa : eau séparée**). S'il s'agit d'un ouvrage de navigation, cela est alors précisé « **écluse de navigation** », c'est-à-dire en fait un pertuis. C'est en rapprochant progressivement deux pertuis encadrant un bassin qui deviendra le sas que l'on évoluera vers l'écluse, par l'étape intermédiaire du bassin à portes marinières. Ceci se passe pendant les XV^e et XVI^e siècles. Ce peut être l'œuvre empirique de meuniers futés cherchant un moyen d'économiser l'eau perdue à chaque passage de bateau dans une porte marinière (un pertuis) simple.

Contrairement à une idée largement répandue, **Léonard de Vinci n'est pas l'inventeur de l'écluse à sas**, même s'il a beaucoup travaillé sur la question et a même conçu des canaux. Le principe du sas à niveau variable existait avant lui, de même que vraisemblablement celui des portes dites « **busquées** » qui forment un angle pointé vers l'amont de manière à résister à la pression de l'eau selon un principe proche de celui de la voûte, mais appliqué à l'horizontale.



Dessin de Léonard de Vinci (portes busquées et ventelles)

On est passé graduellement du pertuis archaïque, dangereux et très consommateur d'eau à l'écluse « **moderne** » par l'étape intermédiaire du bassin à portes marinières ou « **paléo-écluse** » qui consiste en un vaste bassin servant de sas, encadré en amont et en aval par des pertuis. **Léonard de Vinci a vraisemblablement mis la touche finale à cet ouvrage en préconisant la forme rectangulaire que nous lui connaissons généralement.**

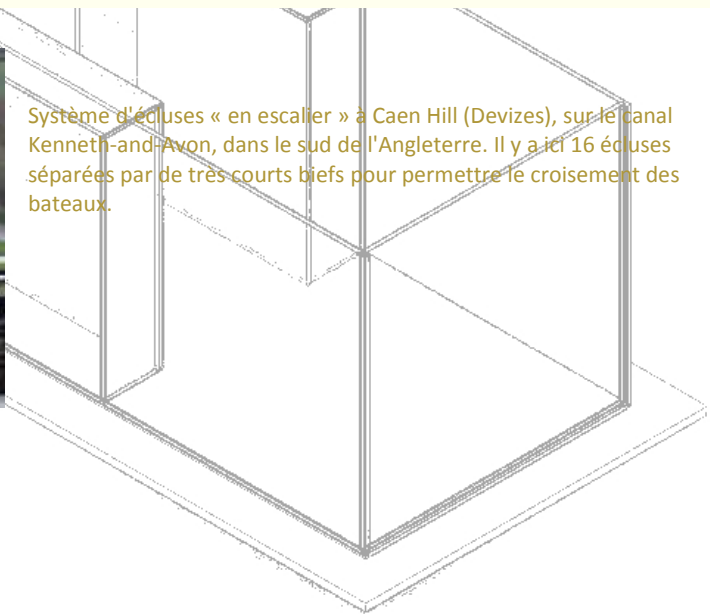
Les noms de nombreux **ingénieurs de la Renaissance**, surtout italiens, sont associés à cette invention progressive de l'écluse à sas : **Bertolo da Silva, Fiorivanti da Bolognese**, et bien sûr Léonard de Vinci qui, comme nous venons de le voir, s'il n'a pas inventé l'écluse au sens propre, lui a mis sa touche finale en y apportant les derniers perfectionnements, comme par exemple un petit volet placé au bas de la porte qui permet un flux d'eau suffisant pour équilibrer la pression sur les deux vantaux et en faciliter l'ouverture, préfigurant les futures « vannes papillon ». Les ingénieurs hollandais ne sont pas en reste non plus, mais leurs noms ne nous sont pas parvenus.

Par la suite, on ne cessera de perfectionner le système, mais le principe reste le même. On emploiera parfois, au lieu des portes busquées traditionnelles, des portes à guillotines ou des portes dites « secteur », ou encore des clapets plongeants.

Jusqu'à la fin du XIX^e siècle, la chute maximale des écluses ne dépasse guère 4 m, car le système de vannes plates ne fonctionne plus sous une pression trop forte. C'est l'invention de **la vanne cylindrique par l'ingénieur Morillon à la fin de ce XIX^e siècle** qui va permettre la construction **d'écluses de haute chute dépassant 5 m** : sur un cylindre vertical, les pressions s'annulent, et l'on n'a aucun mal à lever une telle vanne.



Système d'écluses « en escalier » à Caen Hill (Devizes), sur le canal Kennet-and-Avon, dans le sud de l'Angleterre. Il y a ici 16 écluses séparées par de très courts biefs pour permettre le croisement des bateaux.

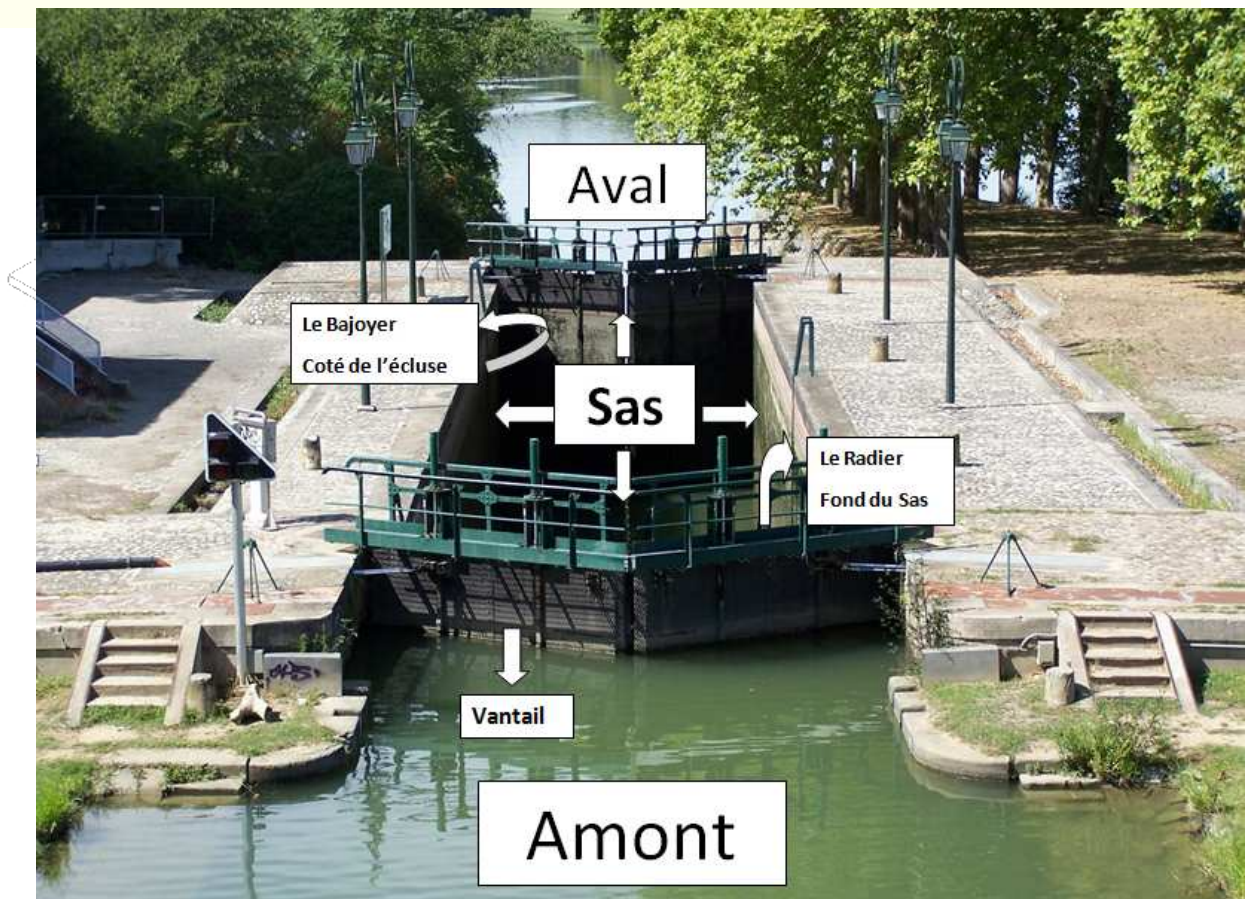


B) Un peu de technique...

- Architecture d'une écluse:

L'écluse moderne est constituée par un "sas" en maçonnerie. Le fond de ce sas est le "radier", les côtés sont les "bajoyers". Dans la partie amont du sas, le radier forme un ressaut, le "busc" qui permet de rattraper le niveau du fond du bief supérieur. Aux deux extrémités du sas, les portes en bois ou en acier, vont par paires, leurs deux vantaux buttent l'un contre l'autre avec un certain angle et forment ainsi une sorte de voûte à deux "claveaux" qui résiste bien à la pression des eaux, ces portes sont dites "busquées". Lorsqu'elles sont ouvertes, elles viennent se placer dans des enfoncements de la maçonnerie où elles s'effacent entièrement.

Illustration :



Ces portes sont manœuvrées à l'aide de systèmes mécaniques plus ou moins complexes logés dans l'épaisseur des bajoyers. Les vannes permettant le remplissage et le vidage du sas sont généralement installés sur les portes elles-mêmes et sont manœuvrées à l'aide de crémaillères à manivelles.

Dans les écluses modernes de grande taille le vannage est placé dans les bajoyers et disposé de telle sorte que les remous du remplissage gênent le moins possible les bateaux. **A chaque fois qu'il y a remplissage et vidage du sas, le fonctionnement de l'écluse entraîne une certaine consommation d'eau. Cette consommation est maxima dans le cas d'une "fausse bassinée", c'est-à-dire quand l'écluse est remplie ou vidée sans qu'il y ait "sassement" d'un bateau. Elle est minima lorsqu'il y a alternance, un bateau montant suivant un avalant.**

Dans notre cas, la quantité d'eau a été prépondérante pour la dimensionnement de notre écluse.

- Fonctionnement d'une écluse:

L'écluse à sas est la clef de la navigation intérieure artificielle moderne. Elle permet de faire monter ou descendre de plusieurs mètres n'importe quel bateau, sans aucun effort, par un simple déplacement d'eau.

Le canal est un système, une grande machine construite avec de l'eau et pour faire circuler de l'eau. Il s'agit de constituer **une succession de plans d'eau (biefs)** sans courant sur lesquels la navigation sera aisée dans les deux sens. **Le canal requiert donc des plans d'eau** dont le fond doit être presque horizontal, plans d'eau maintenue par des portes qui forment des barrages et qui ne sont ouvertes que pour faire passer les bateaux.



Ascenseur funiculaire de Strépy-Thieu, Hainaut, Belgique

L'écluse à sas (à deux portes) remplit ce double office : une porte fermée sert à retenir l'eau d'un côté pendant que l'autre, ouverte, fait passer celle qui est contenue dans l'écluse même avec le bateau qui flotte. Entre deux bajoyers (murs latéraux des

écluses), l'eau monte ou descend en se déversant par des vannes (intégrées dans les portes des écluses) pendant que les deux portes sont fermées. Or à chaque passage d'un bateau la quantité d'eau contenue dans l'écluse (éclusée) s'écoule, le canal consomme donc de l'eau. Pour un canal de dérivation, il suffit de faire écouler l'eau de la partie haute vers la partie basse.

Le franchissement d'une écluse est une opération dont la durée varie avec la conception de l'ouvrage, et pas seulement en fonction de sa hauteur ou de son volume d'eau nécessaire (la « bassinée »). Il faut équilibrer les niveaux d'eau avec un bief puis avec l'autre, en transférant à chaque fois une masse d'eau du bief amont vers le bief aval, correspondant au volume de la bassinée (soit un parallépipède rectangle (longueur du sas × largeur du sas × hauteur de chute). Cela suppose dans le cas d'un canal une alimentation en eau proportionnée à l'intensité de la navigation. La dénivellation franchissable par une écluse est limitée à 25 m environ. Au-delà il faut créer une série d'écluses en chaîne, ce qui complique encore le passage.

II) Création et choix techniques

Avant de penser à une quelconque réalisation, la première étape de notre projet était tout d'abord d'en définir les bases : le dimensionnement, le matériau, le fonctionnement et les solutions techniques associées. Ne disposant d'aucune base existante, nos choix se sont basés sur le fait que la maquette allait être présentée devant une classe, qu'elle devait être facilement transportable et dotée d'un certain esthétisme. Ces conditions étant posées, nous avons pu nous lancer concrètement dans notre projet.

A) Le dimensionnement

La contrainte qui a influencé notre choix en matière de dimensionnement est le fait que la maquette allait être présentée devant des groupes d'une dizaine d'élèves : il fallait donc qu'elle soit d'une taille assez conséquente. Cependant, une autre contrainte était la force exercée par l'eau. Pour cette raison, la taille ne devait pas être trop importante car elle aurait nécessité une épaisseur de paroi trop importante.

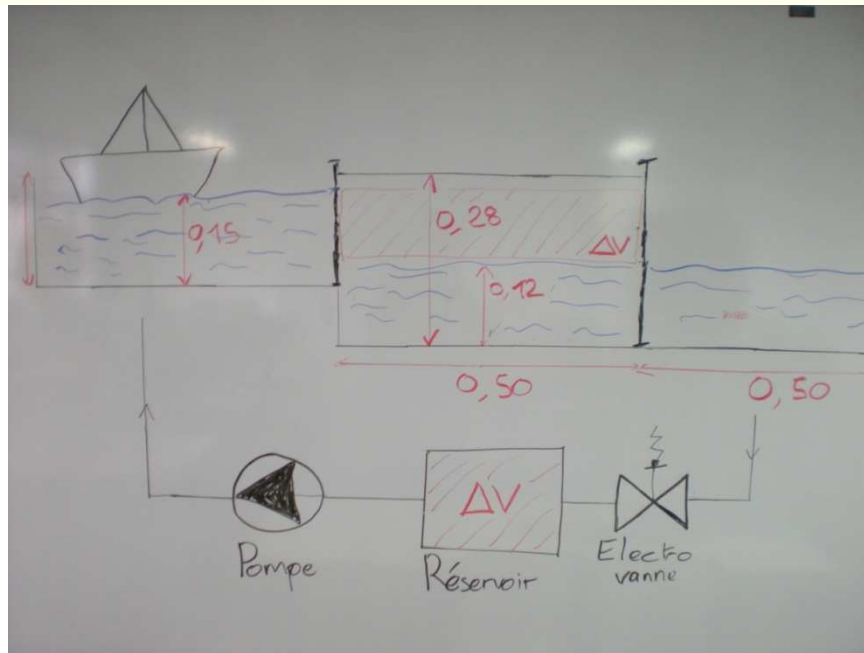
En fonction de ces deux paramètres, il a d'abord été décidé une longueur de 1,50m (chacune des trois parties mesurant 0,50m) et une largeur de 0,40m (avec un goulot de 0,20m au niveau de la partie centrale). Après calcul des calculs des volumes d'eau (voir tableau – les hauteurs d'eau sont définies sur le schéma suivant), nous nous sommes rendus compte qu'il était nécessaire d'en réduire les quantités tant du fait que le remplissage et la vidange auraient été relativement longues, que les forces exercées seraient importantes.

Il a donc été finalement choisi, après plusieurs réductions, les dimensions finales de notre bac (au niveau de la contenance du bac) : une longueur de 0,3375m et une largeur de 0,343m pour les parties haute et basse, et une longueur de 0,295m et une largeur de 0,19m pour l'écluse. Il a été effectué par ce redimensionnement un gain de volume d'environ 12L.

Tableaux de calcul des volumes :

	Anciennes dimensions			
	Longueur (m)	Largeur (m)	Hauteur d'eau (m)	Volume (L)
Partie haute	0,40	0,40	0,15	24,00
Ecluse	0,30	0,20	0,12	7,20
Partie basse	0,40	0,40	0,12	19,20
	Total			50,40

	Dimensions finales			
	Longueur (m)	Largeur (m)	Hauteur d'eau (m)	Volume (L)
Partie haute	0,3375	0,343	0,15	17,36
Ecluse	0,295	0,19	0,12	6,73
Partie basse	0,3375	0,343	0,12	13,89
	Total			37,98



Première ébauche de notre écluse ...

Concernant les dimensions extérieures du bac, elles sont données en annexe. Ces premiers calculs ne déterminent pas les dimensions finales car elles ne prennent en compte ni l'épaisseur du matériau, ni le système de rainurage mis par la suite.

B) Fonctionnement

Dans un souci de réalisme, nous avons cherché à nous rapprocher le plus possible du fonctionnement observé par les élèves lors de leur visite de l'écluse. De plus, nous avons fait en sorte que la maquette soit le plus facilement manipulable et compréhensible.

1) Système de maintien du niveau de l'eau.

La première difficulté consistait à maintenir constants les niveaux d'eau des parties haute et basse de l'écluse, toujours pour garder un certain réalisme vis-à-vis d'une véritable écluse, bien que le bief amont voit son niveau d'eau diminuer sensiblement au fur et à mesure du passage des bateaux.

Cette régulation de niveau est possible grâce à la mise en place d'un réservoir intermédiaire dans lequel vient puiser la pompe lors de l'ouverture des vannes de la partie haute de l'écluse. En imposant un débit à la pompe égal au débit des vannes, nous arrivons à maintenir le niveau d'eau constant. Ceci a donc nécessité d'effectuer différents tests de débit en fonction du diamètre du trou. Ces tests ont été réalisés à l'aide un réservoir percé : le robinet maintenant le niveau d'eau constant, nous avons mesuré le volume d'eau écoulé dans l'évier au bout d'un temps donné. Le débit souhaité étant de 7,9L, le diamètre correspondant déterminé est de 15mm.



Essai expérimentaux pour dimensionner le diamètre des tuyaux en fonction du débit souhaité.

En ce qui concerne la partie basse, nous avons limité nos choix techniques par souci financier ainsi que pour des raisons de temps. Nous avons donc opté pour un système de trop-plein, car peu onéreux et simple à mettre en place. Ainsi, un simple trou relié au réservoir par l'intermédiaire d'un tuyau, nous suffira à maintenir le niveau d'eau du bief aval constant.

2) Circulation de l'eau entre les différentes parties.

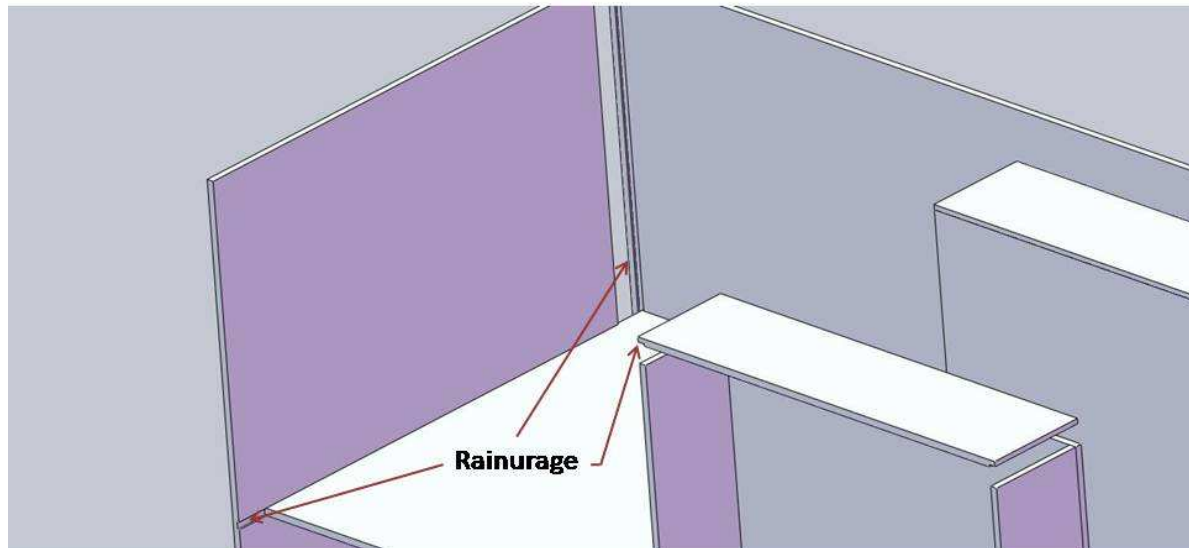
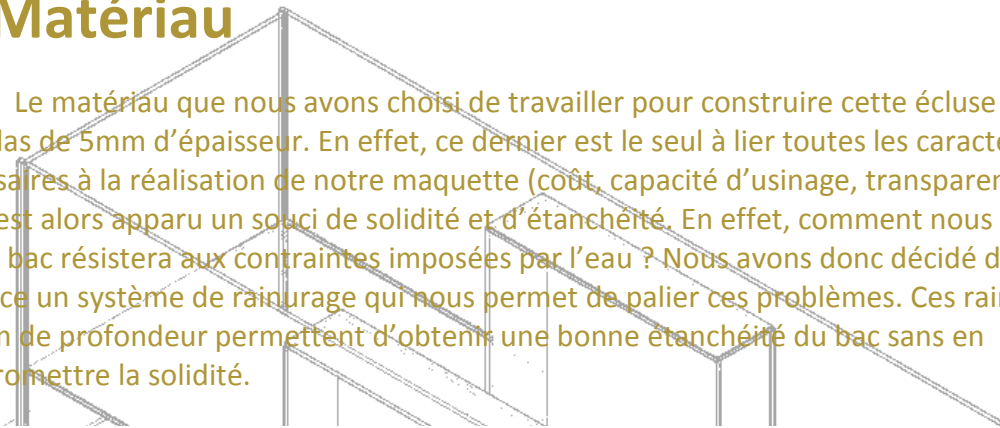
Pour ce qui est de la circulation de l'eau entre les différentes parties, nous avons choisi d'utiliser des vannes "quart de tour" manuelles. Elles seront donc au nombre de deux, l'une permettant de contrôler le passage de l'eau entre la partie haute et l'écluse, l'autre entre l'écluse et la partie basse. Celles-ci pourront être facilement manipulées par les élèves, cette implication favorisant leur compréhension.

3) Système de portes.

Dans une perspective de réalisme, la solution de mettre en place des portes à battants avait d'abord été envisagée. Finalement, les difficultés rencontrées face aux choix techniques possibles et au manque de temps (voir partie IV) nous ont fait opter pour une solution moins réaliste mais plus facilement réalisable : un simple système de portes coulissantes verticales ouvrables manuellement à été mis en place.

C) Matériau

Le matériau que nous avons choisi de travailler pour construire cette écluse est du plexiglas de 5mm d'épaisseur. En effet, ce dernier est le seul à lier toutes les caractéristiques nécessaires à la réalisation de notre maquette (coût, capacité d'usinage, transparence...). Nous est alors apparu un souci de solidité et d'étanchéité. En effet, comment nous assurer que le bac résistera aux contraintes imposées par l'eau ? Nous avons donc décidé de mettre en place un système de rainurage qui nous permet de palier ces problèmes. Ces rainures de 1,5mm de profondeur permettent d'obtenir une bonne étanchéité du bac sans en compromettre la solidité.



III) Réalisation

Une fois la phase de création achevée et les choix techniques validés, nous nous sommes consacrés à la réalisation de la maquette. Pour cela, il a fallu effectuer un travail de recherche important, concernant l'outillage, les vitesses de coupe et les moyens à mettre en œuvre afin d'assurer un usinage correct du plexiglas. Le manque d'information concernant le travail de ce matériau nous a obligés à effectuer différents tests, dans le cas de la découpe et du fraisage.

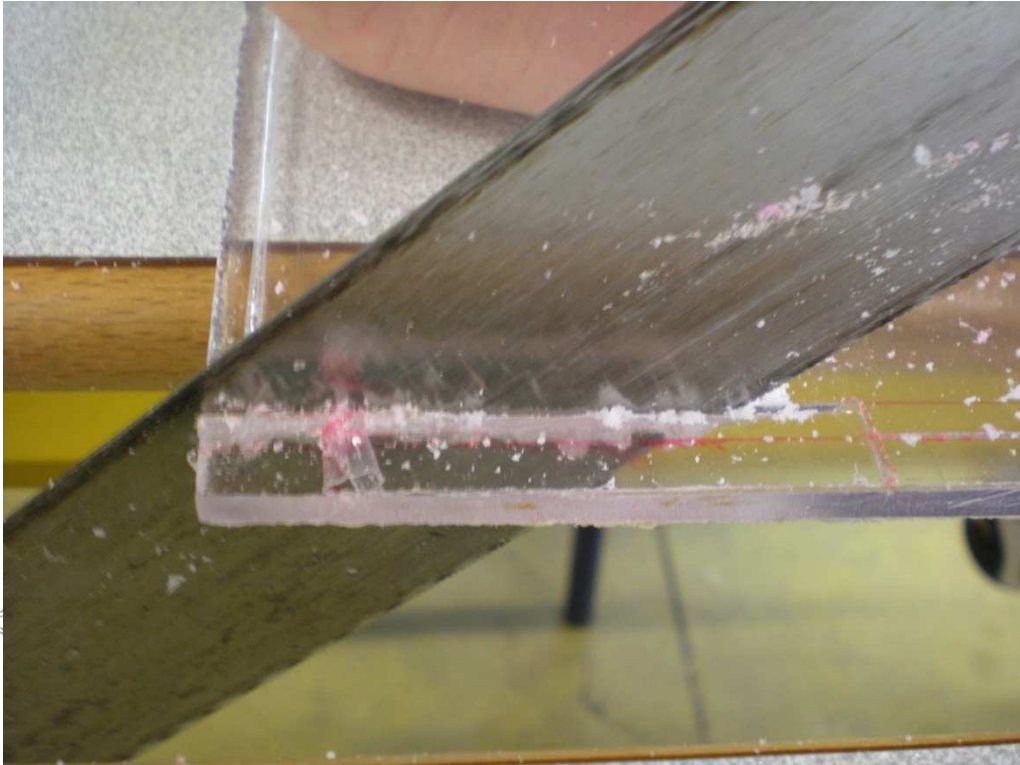
A) Découpe

Nous avons rencontré des difficultés en ce qui concerne la découpe et le rainurage du plexiglas. Pour la découpe des grandes dimensions, nous avons fait appel au magasin Castorama. Pour les pièces plus petites, nous avons tout d'abord effectué des tests à l'aide d'une scie sauteuse. Comme nous pouvons le voir sur l'image suivante, la découpe est mauvaise. De plus, on constate la formation d'une boule de plastique fondu, dû à l'échauffement excessif créé par la scie. Nous n'avons donc pas retenu cette solution.



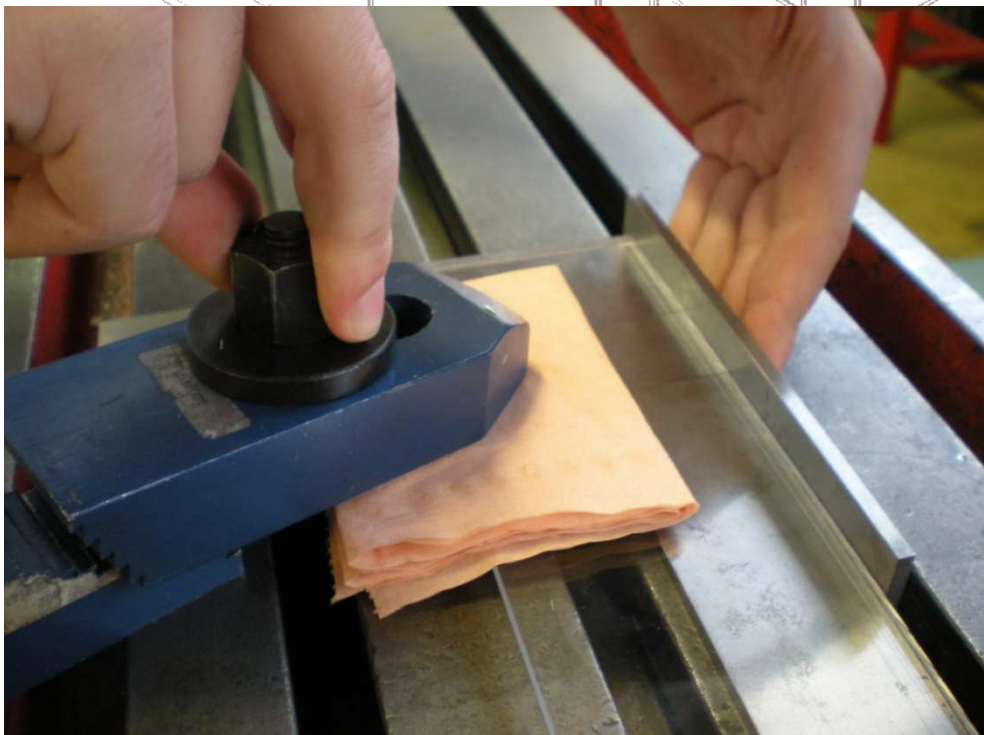
Ensuite, nous avons essayé une découpe à l'aide d'une scie à métaux. Cet essai s'étant avéré concluant, nous avons décidé d'utiliser cet outil pour effectuer les premières coupes. Bien que fastidieuse, cette méthode nous a permis d'obtenir des coupes propres et précises.

Main à la pâte



Une fois notre grande plaque de plexiglas débitée en morceaux de plus petites tailles, nous avons pu utiliser la fraiseuse, équipée d'une broche de diamètre 3mm.

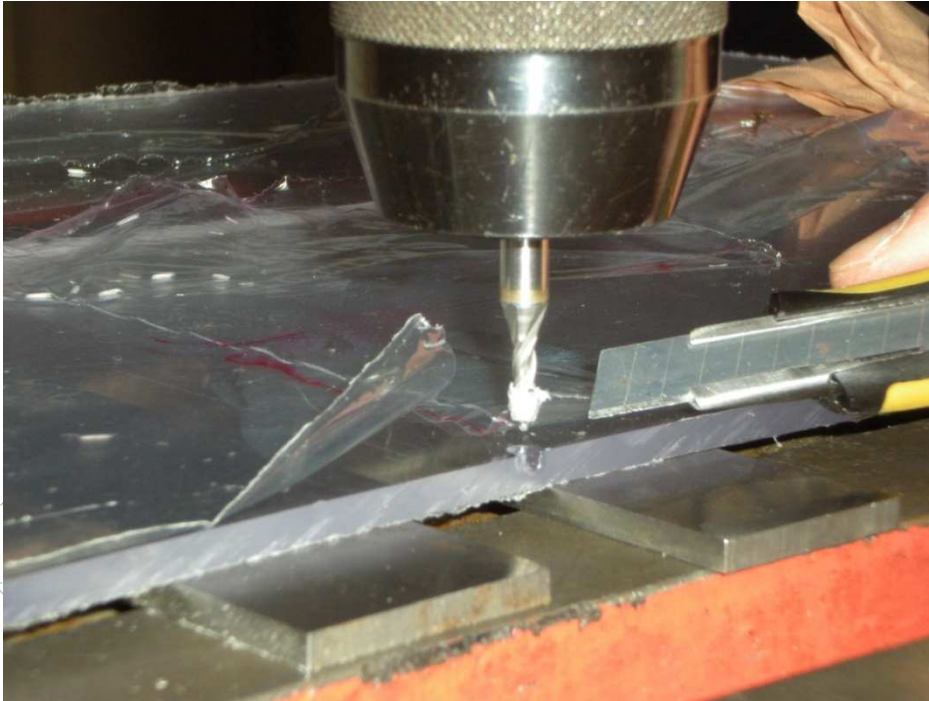
Pour réaliser l'usinage, nous avons utilisé un système ingénieux de calage constitué de lardons et de cales, le tout fixé à la table de la fraiseuse par un système vis-écrou.



Main à la pâte

On remarque que pour des raisons de fragilité, l'écrou de fixation est serré à la main, limitant ainsi le risque de fissuration de la plaque. Il faut ensuite assurer le parallélisme entre les arêtes de la pièce et l'axe transversal de la broche. Pour cela, on utilise les rainures de la table et une cale étalon que l'on met en liaison appuie plan avec la face latérale de la pièce et la surface verticale des rainures du bâti.

Lors de notre premier usinage, nous avons constaté la formation d'un amas de copeaux à l'extrémité de la fraise.



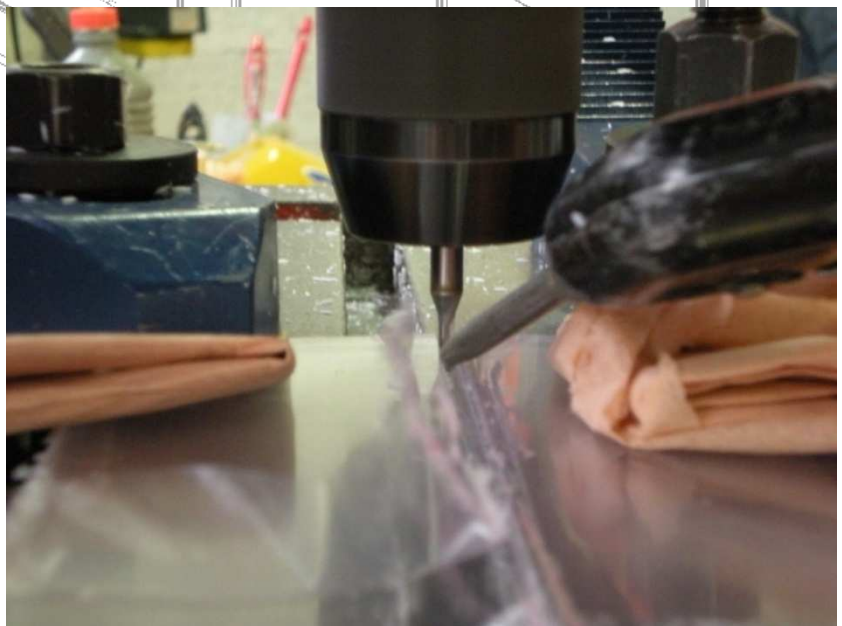
En effet, le plexiglas supportant mal les températures trop élevées, nous avons dû refroidir continuellement la broche afin d'empêcher que celui-ci ne fonde et forme une boule de plastique fondu à l'extrémité de cette dernière. En choisissant une vitesse d'avance plutôt lente (50mm/min), déterminée lors de différents essais, nous avons pu effectuer des passes de 2.5mm, ce qui nous a permis de faire nos coupes en deux passes.

Exemple de test à vitesse élevée (80 mm/min)

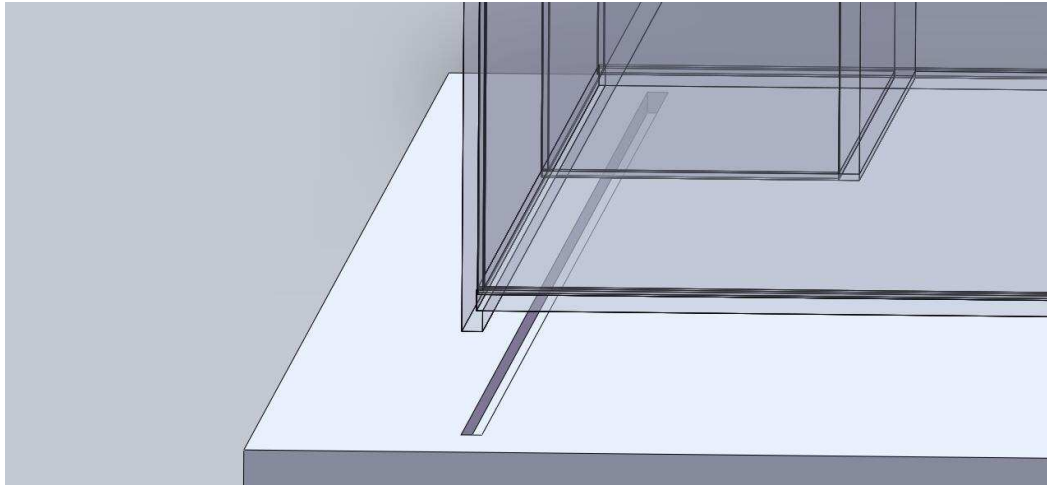


B) Rainurage

Pour cette opération, nous avons utilisé une broche de diamètre 6mm pour toute la phase de rainurage afin de nous faciliter la tâche lors de l'assemblage. Nous disposons ainsi d'une marge de 1mm entre l'épaisseur du plexiglas et la largeur des rainures, ce qui nous a permis d'effectuer un assemblage avec jeu, compensé par la colle et les joints de silicone.



Afin d'assurer un meilleur maintien à notre maquette mais également pour en faciliter le transport, nous avons décidé d'ajouter un support dans lequel viendrait se glisser les grands côtés du bac.



C) Perçage

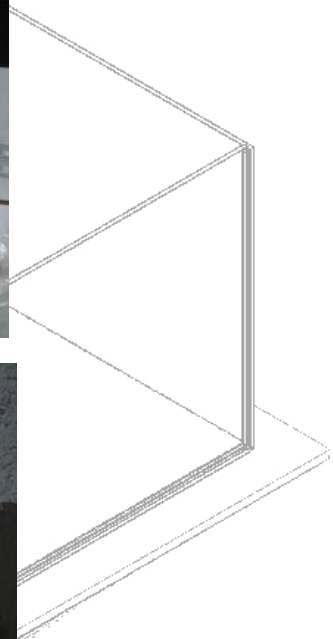
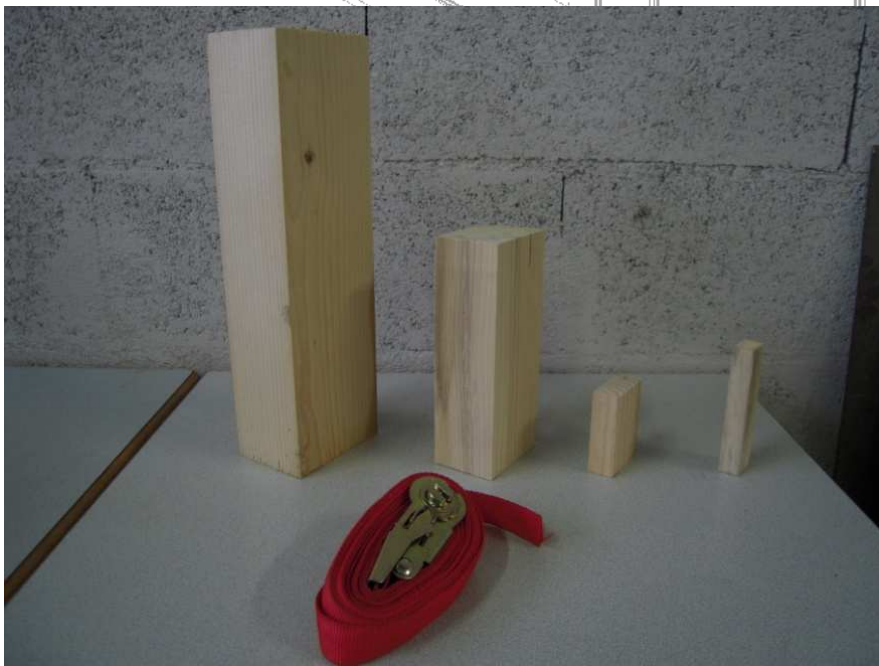
Pour mettre en place notre réseau de circulation d'eau, nous avons dû effectuer des perçages. Pour ce faire, il nous a été conseillé par M. Girard une perceuse équipée d'un forêt conique.



Compte tenu des diamètres extérieurs des presse-étoupe, il était nécessaire de percer des trous de 23mm de diamètre.

D) Assemblage

Une fois les différentes pièces de notre maquette usinées, nous avons pu procéder à l'assemblage. Nous avons utilisé pour cela une colle pour tous types de matériaux. Afin de faciliter l'assemblage, nous avons fait reposer l'écluse sur l'un de ses côtés pour mettre en pression les pièces sous l'effet de leur poids. Pour soutenir l'ensemble et éviter que l'écluse ne se déforme, nous avons utilisé des cales découpées sur mesure et disposées transversalement dans la maquette.

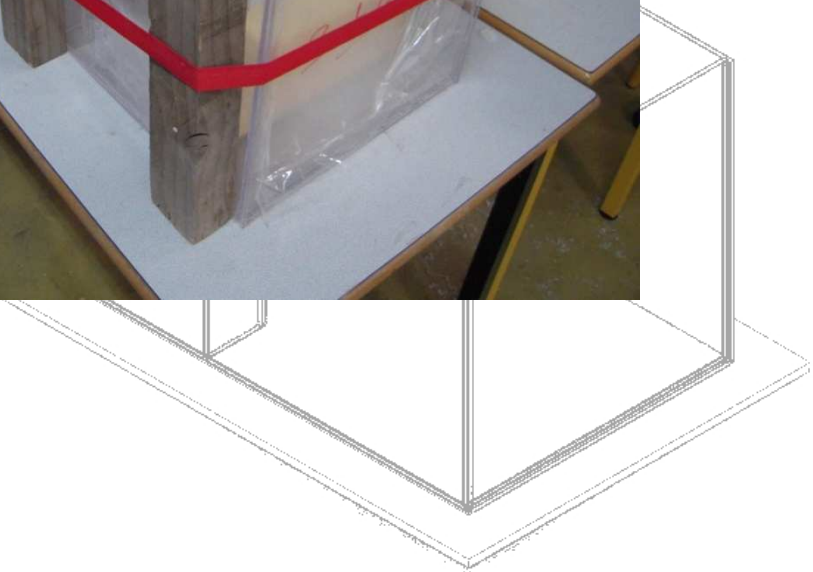


Main à la pâte

Une fois l'assemblage effectué, nous avons pu retourner l'écluse tout en conservant les cales.

Nous avons ensuite mis en place une sangle entourant la maquette, permettant ainsi de maintenir la force nécessaire entre les pièces durant le séchage de la colle.

Une fois la colle sèche, c'est au tour du silicone d'être mis en place, afin d'assurer l'étanchéité de la maquette. Le lissage de ce dernier a été effectué au doigt, procédé le plus simple, propre et efficace.



IV) Améliorations

Les premières réflexions sur le projet nous avaient amené à imaginer une écluse plus pour ne pas dire totalement automatisée, ce qui aurait impliqué une partie électrique, électronique et mécanique. En effet, un de nos objectifs était de simplifier au maximum l'utilisation de la maquette pour permettre une meilleure manipulation de la part des enseignants.

Pour cela, il était prévu plusieurs systèmes qui, faute de temps, de moyens ou de solutions technologiques, n'ont pas pu être conçus. Il avait donc été prévu, lors de nos deux premiers jours de projet consacrés à la réflexion technique, des systèmes :

- d'autorégulation électrique et électronique du niveau de l'eau,
- de commande électrique permettant d'enclencher les cycles d'écluse,
- d'ouverture mécanique ou électrique des portes de l'écluse.

A noter que ces premières solutions proposées sont le fruit d'une réflexion basique et uniquement qualitative et sont donc en conséquence à vérifier et à étudier si les systèmes correspondants veulent être mis en place.

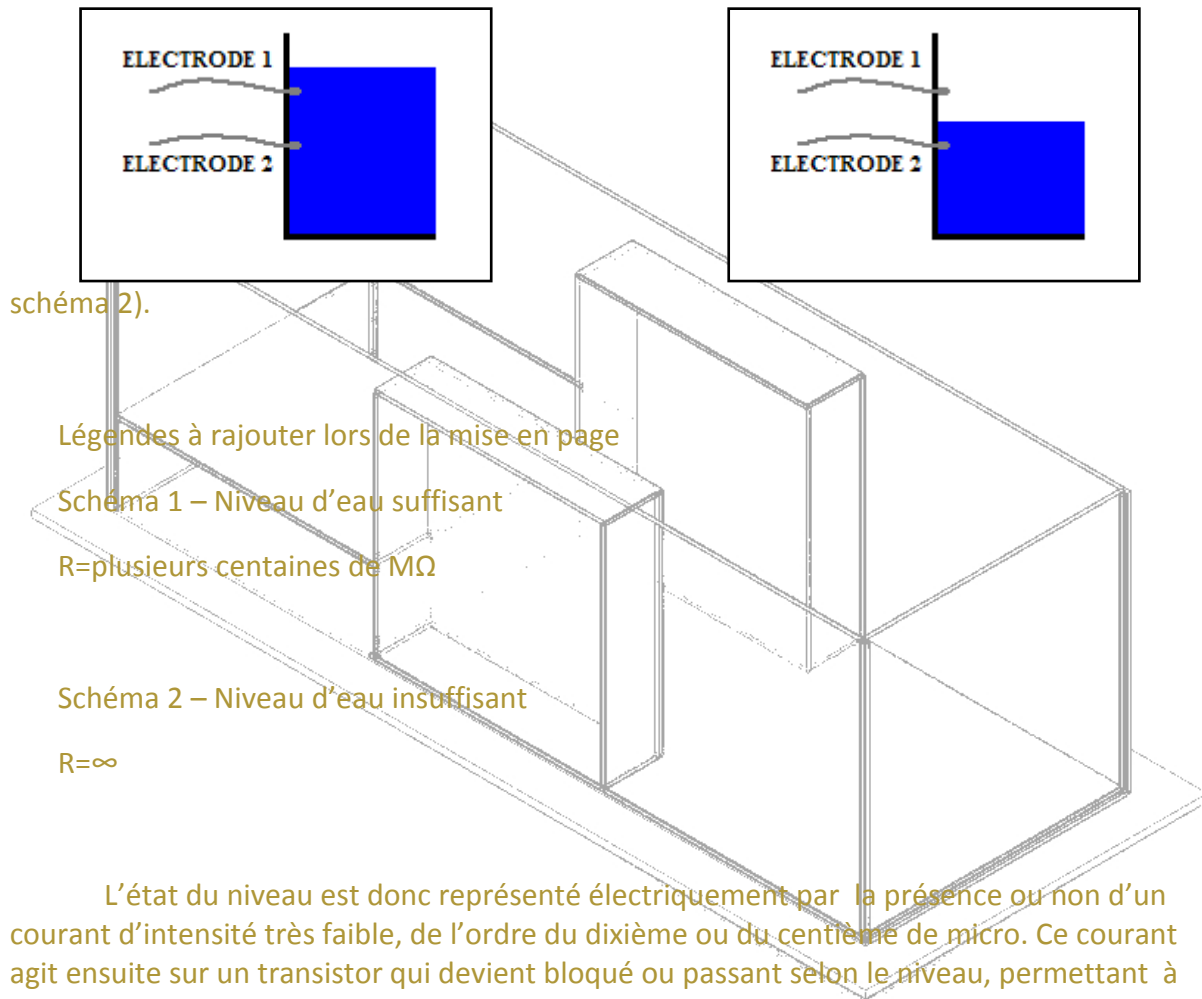
I) Autorégulation électrique et électronique du niveau de l'eau.

Dans le système mis en place, la régulation du niveau de l'eau n'est prise en charge par l'utilisateur : pour la partie haute de la maquette, c'est la pompe connectée au réservoir actionnée par l'utilisateur lors de l'ouverture ou la fermeture de la vanne de remplissage de l'écluse qui permettra au niveau de l'eau de rester constant ; concernant la partie basse, un simple système de trop-plein mis à hauteur du niveau voulu et connecté au réservoir permet de réguler le niveau avec une solution technologique simple et peu coûteuse.

Le projet premier voulait une régulation automatique du niveau : il aurait été prévu un circuit électronique pour détecter un niveau trop bas ou trop haut dans les parties haute et basse de la maquette et un système électrique commandé par ce précédent circuit actionnant au besoin une pompe pour remplir ou vider à niveau les parties haute ou basse.

1) Détection du niveau de l'eau.

La méthode de détection du niveau de l'eau est inspirée d'une étude portée sur un pluviomètre électronique effectuée par deux des membres du groupe en 1^{ère} année de BAC STI GE. Elle consiste en la détection ou non d'une résistance infinie entre deux électrodes : le niveau d'eau étant suffisant, les deux électrodes sont immergées et il y a donc une résistance quantifiable de l'ordre de plusieurs centaines de $M\Omega$ (à mesurer lors d'une expérience – voir schéma 1) ; au contraire lorsque le niveau devient trop bas, une électrode n'est plus immergée et la résistance devient infinie, du à la mauvaise conduction de l'air (voir



L'état du niveau est donc représenté électriquement par la présence ou non d'un courant d'intensité très faible, de l'ordre du dixième ou du centième de micro. Ce courant agit ensuite sur un transistor qui devient bloqué ou passant selon le niveau, permettant à une tension prédéfinie de simuler un état haut ou bas du signal. Ce signal est finalement transmis à certains actionneurs commandant le remplissage ou la vidange des différents bacs.

2) Cas de la partie haute.

La partie haute se vide lors du remplissage de l'écluse : il est donc nécessaire de la remplir pour maintenir le niveau d'eau constant ; donc lorsque ce niveau devient trop bas, l'actionneur que le signal électrique doit déclencher est la pompe transvasant l'eau du réservoir jusqu'à la partie haute.

3) Cas de la partie basse.

La partie basse se remplit lors de la vidange de l'écluse : il est donc nécessaire de la vidanger pour maintenir le niveau d'eau constant ; donc lorsque ce niveau devient trop haut, l'actionneur que le signal électrique doit déclencher est l'électrovanne qui, en s'ouvrant vers le réservoir, maintiendra le niveau constant.

Contrairement au montage du niveau haut, celui-ci ne présente qu'un intérêt limité car le système de trop-plein finalement adopté permet d'obtenir le même résultat sans aucune solution électrique ou électronique. A réserver donc seulement si l'on veut étudier ce système ou si l'on souhaite que la bouche de sortie du réservoir ne se trouve pas au niveau de la surface de l'eau.

4) Système de temporisation pour la pompe.

Lors du remplissage ou de la vidange du bac haut, il est possible qu'à certain moment le niveau de l'eau oscille entre l'état suffisant et l'état insuffisant, c'est-à-dire que la valeur de la résistance passe de l'infini à quelques centaines de $M\Omega$. Dans ce cas, la pompe s'enclencherait et s'arrêterait assez rapidement pendant un court laps de temps. Pour éviter que ce phénomène dégrade la pompe, il est donc nécessaire de le supprimer, ou tout du moins d'en atténuer l'effet.

Pour cela, nous avons proposé d'intégrer au circuit électronique commandant à la pompe un temporisateur. Celui-ci bloquerait le changement d'état de la pompe sur une période de quelques secondes pour permettre un fonctionnement plus régulier de la pompe lors de la vidange de la partie haute.

II) Commande électrique permettant d'enclencher les cycles d'écluse.

Dans la maquette en place, les cycles d'écluse sont simulés de manière entièrement manuelle (voir partie correspondante). Il avait été prévu à la base d'automatiser le fonctionnement de ces cycles pour permettre une manipulation simplifiée au maximum, sachant que les enseignants présentant le projet ont juste la note explicative de fonctionnement pour faire fonctionner l'écluse.

La commande des cycles se serait présentée sous la forme d'un boîtier simple, comprenant seulement deux boutons : un commandant le cycle « haut vers bas » et un second « bas vers haut ». Par rapport au système en place, il faudrait pour des raisons expliquées ultérieurement, placer un système similaire à celui utilisé pour détecter les niveaux d'eau dans les parties haute et basse. Ce système aurait pour fonction de détecter le niveau d'eau dans la partie centrale (niveau égal à la partie haute ou basse).

1) Cycle « haut vers bas ».

Pour ce cycle, le bateau arrive donc de la partie haute et veut donc passer vers la partie basse. Il y a alors deux situations possibles :

-l'écluse est au niveau bas : il est donc nécessaire de la remplir avant d'ouvrir la porte.

-l'écluse est au niveau haut : la porte peut être ouverte directement.

Donc lors du lancement du cycle par appui sur la commande, la première à vérifier par le système est l'état du niveau de l'eau : c'est ici qu'intervient le système de détection cité précédemment. Il va permettre d'envoyer un signal permettant au circuit électronique de définir la marche à suivre :

-si le niveau est haut, l'ouverture de la porte (voir paragraphe III à ce sujet) sera immédiatement commandée par le système.

-si le niveau est bas, la première chose commandée sera l'ouverture de l'électrovanne faisant la connexion entre la partie haute et la partie centrale. Lorsque l'écluse sera remplie, le signal de détection du niveau haut sera alors envoyé au circuit pour fermer l'électrovanne précédemment ouverte et permettre l'ouverture de la porte.

2) Cycle « bas vers haut ».

Pour ce cycle, le bateau arrive donc de la partie basse et veut donc passer vers la partie haute. Il y a alors deux situations possibles :

-l'écluse est au niveau haut : il est donc nécessaire de la remplir avant d'ouvrir la porte.

-l'écluse est au niveau bas : la porte peut être ouverte directement.

Comme précédemment, lors du lancement du cycle, le système va procéder à la vérification du niveau :

-si le niveau est bas, l'ouverture de la porte sera immédiatement commandée par le système.

-si le niveau est haut, la première chose commandée sera l'ouverture de l'électrovanne faisant la connexion entre la partie centrale et la partie basse. Lorsque l'écluse sera remplie, le signal de détection du niveau haut sera alors envoyé au circuit pour fermer l'électrovanne précédemment ouverte et permettre l'ouverture de la porte.

3) Réalisation du système.

Ce système est relativement simple à produire, il serait composé d'un circuit électronique gérant les signaux de détection (productible à l'IUT), d'un transformateur pour permettre une commande de la carte aux actionneurs et d'un boîtier de commande (tous les deux facilement abordables).

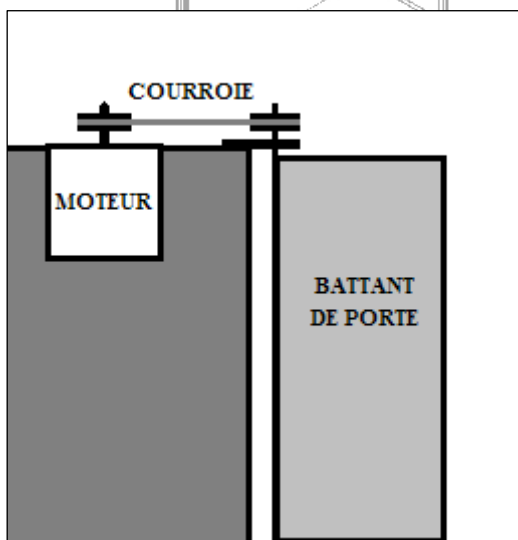
Cette partie du système pourrait donc être un objet d'étude et de réalisation intéressant et diversifié, comprenant d'une part une partie théorique pouvant traiter de quantifications de composants, du tracé d'un circuit, de programmation informatique et de réalisation d'un schéma technique ; d'une autre part la réalisation du système avec production du circuit imprimé, soudage de composants et intégration finale à la maquette.

III) Ouverture mécanique ou électrique des portes de l'écluse.

Cette partie est celle qui, théoriquement, nous a donné le plus de problèmes. En effet, toujours faute de temps et aussi ici faute de solutions techniques satisfaisantes, il a été choisi de mettre une simple porte coulissante verticalement pour simuler une porte d'écluse ; cette solution a été adoptée car facile à réaliser. Cependant, les effets esthétique et réaliste sont assez pauvres.

Deux solutions techniques ont été avancées, l'une électrique, l'autre mécanique, mais rapidement abandonnées lorsqu'il a été remarqué la somme de temps considérable pour leur mise en place. Elles prenaient toutes les deux comme principe d'ouverture les portes à battant installées sur la plupart des écluses.

1) Ouverture électrique.



Cette solution a été envisagée avant que nous abandonnions l'idée d'une partie électrique. Elle consistait à placer un moteur à tension continue entraînant une courroie. Cette courroie entraînerait à son tour une poulie placée sur l'axe d'ouverture de la porte (voir schéma).

Pour ouvrir le battant sur un angle correct, une étude théorique aurait été nécessaire pour connaître le temps d'alimentation nécessaire du moteur en fonction du rapport poulie moteur/poulie axe de la porte, de l'angle d'ouverture souhaité, de sa vitesse et de la vitesse de rotation du moteur. Une partie électronique aurait donc été nécessaire pour traiter le temps

d'alimentation du moteur.

Cette solution convenait particulièrement dans le cadre premièrement réfléchi du système. Si le projet est repris, il est conseillé de mettre cette solution en place pour permettre l'automatisation du système, en résolvant le problème lié à l'étanchéité (voir paragraphe III-2).

2) Ouverture mécanique.

Cette solution a été envisagée suite à l'abandon de la solution électrique. Elle a été très peu étudiée car nous l'avons abordée dans la phase de réalisation du projet, ce qui nécessitait un travail à plein temps de la part de l'équipe.

La solution trouvée nous a été apportée par M. Tank sous la forme de petites pièces d'engrenages et de poulies en plastique, destinées à un usage pédagogique dans les écoles primaires. Ces pièces étaient tout de même d'une relative solidité et aurait sans doute pu résister aux forces exercées.

L'ouverture des portes se serait donc faite d'une manière manuelle, par simple rotation d'une commande de la part de l'utilisateur. Cependant, le système d'entraînement poserait des problèmes à l'installation et à l'assemblage, car difficile à fixer aux parois de plexiglas.

Cette solution a rapidement été remplacée par la solution en place, à savoir les portes coulissantes manuelles, pour pallier à la difficulté de sa réalisation et au manque de temps associé. Pour un projet futur, il serait préférable d'adopter la solution précédente.

3) Problèmes d'étanchéité.

Le défi de la solution des portes à battant serait de réaliser une étanchéité, certes toute relative (pareillement au cas réel), mais qui permettrait des fuites très limitées d'eau. Les problèmes se posent au niveau de la jointure de la porte avec le mur de l'écluse et à l'écart laissé entre les deux battants d'une même porte lors de la fermeture. Des solutions techniques sont donc ici à trouver pour un projet futur.

L'intérêt de cette partie dans ce rapport repose donc sur la possibilité qu'une équipe reprenne dans les années à venir ce projet à l'aide des différentes solutions proposées. La fabrication du bâti de l'écluse étant déjà réalisée, l'étude se porterait sur un travail plus théorique qui permettrait une mise en application de connaissances du domaine de l'électrique, de l'électronique et de la mécanique.

Nous pensons donc que pour cette raison, un projet d'automatisation de l'écluse peut être proposé l'année prochaine pour parachever notre travail et mettre en application nos idées laissées pour compte faute de temps.

Remerciements

**Damien Paillot
Pascal Figuière
Annick Jault**

**Et notre tuteur de projet
Christophe Guillet**

**Et notre référent pour les classes Rivières
Mr Stéphane TANK**

