

TPE 2011 – 2012 1°S1

Pont levant à mouvement rectiligne vertical



Un pont levant est un type de pont mobile dont le tablier monte verticalement et parallèlement à lui-même.

Sommaire :

Cahier des charges
p.3

Introduction avec présentation des ponts levants
p.4

Analyse fonctionnelle du pont levant p.6

I. Construction de la maquette

1° Partie : Solutions envisagées
p.8

2° Partie : Comment construire cette maquette ?
p.11

3° Partie : Résultat final
p.18

II. Analyse de la maquette

1° Partie : L' API p.20

2° Partie : Le pont en H et relais
p.21

3° Partie : Le transformateur

p.22

4° Partie : la barrière photo-électrique

p.23

Grande photographie du projet

p.27

Cahier des Charges du TPE

Le sujet du TPE est la construction d'une maquette à petite échelle d'un pont levant à mouvement vertical. Le tablier doit rester parallèlement à lui-même et nous disposons d'un automate pour réaliser d'un cycle automatique.

La maquette ne doit pas être trop grande (1m² max) et comporte un certain nombre de contraintes:

- Sécurité : il doit être possible de stopper les différents utilisateurs du pont.
- Autonomie : la maquette doit pouvoir fonctionner sans intervention humaine avec un cycle automatique.
- Esthétisme : la maquette doit avoir un bel aspect.
- Cout : la maquette doit avoir un coup inférieur à 20€ et il s'agit de privilégier l'utilisation de composant déjà en possession ou le recyclage.

Nous pouvons utiliser les solutions techniques de notre choix pour mettre le pont en mouvement.

Notre professeur nous a fourni un API, deux relais et une barrière photo-électrique.



Pont de Recouvrance à Brest

Introduction : Pont levant à mouvement rectiligne vertical

Présentation :

Un pont levant est un pont dont le tablier se lève pour permettre le passage de bateaux imposants.

Ces ponts verticaux à mouvement rectiligne offrent plusieurs avantages par rapport aux autres ponts mobiles comme le contrepoids qui doit seulement avoir la même masse que le tablier contrairement aux autres sortes de ponts mobiles.

Il coûte aussi généralement moins cher pour de long pont mobile.

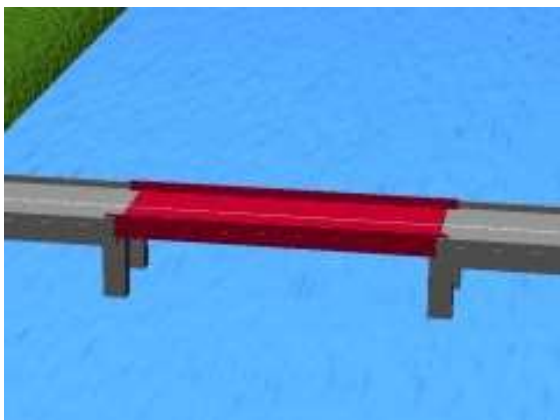
Les différentes techniques de mouvement vertical :

- A contrepoids situés dans les tours qui entraînent le tablier.
- A verins hydrauliques ou ciseaux situés sous le pont.
- A poulies : Il y a des pont qui sont hissés à l'aide de poulies reliées à un moteur.

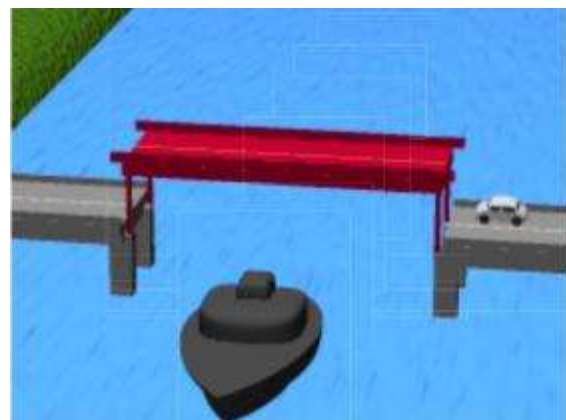
Le plus grand désavantage de ce type de pont est le fait qu'il reste toujours le tablier au-dessus de la voie d'eau donc ça peut gêner des très hauts navires ou des convois exceptionnels très hauts.

Mais ces ponts coûtent tout de même en moyenne bien plus cher que les autres, ils ne sont pas souvent utilisés, il en existe dans les ports ou sur les canaux.

Le pont se lève sur demande, un mécanicien commande l'ouverture. Des signaux s'allument ou une barrière s'abaisse pour prévenir les utilisateurs. Le pont peut aussi être équipé de capteur de bateau ou encore être commandé à distance.



Le tablier en position basse permet le passage de véhicules au-dessus du cours d'eau.



Le tablier en position haute permet le passage de bateaux sous le pont.

Sur ces photos on peut voir le tablier en position haute ainsi que les câbles de levage, c'est donc des ponts dont le tablier se met en mouvement grâce à un système de poulies en haut des pylones.



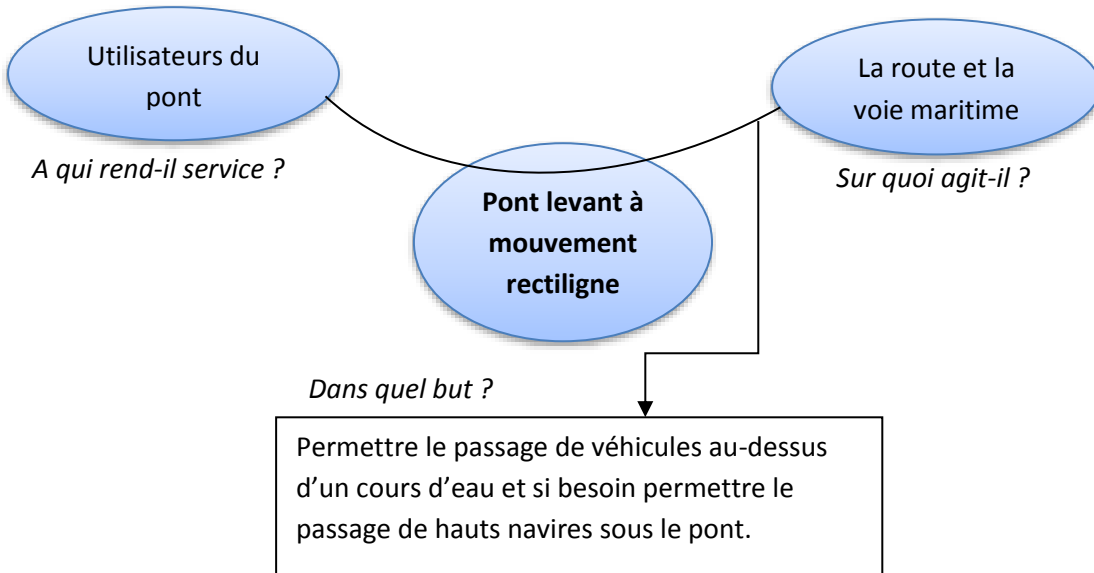
Avec ce grand navire, on voit l'utilité de ce type de pont.



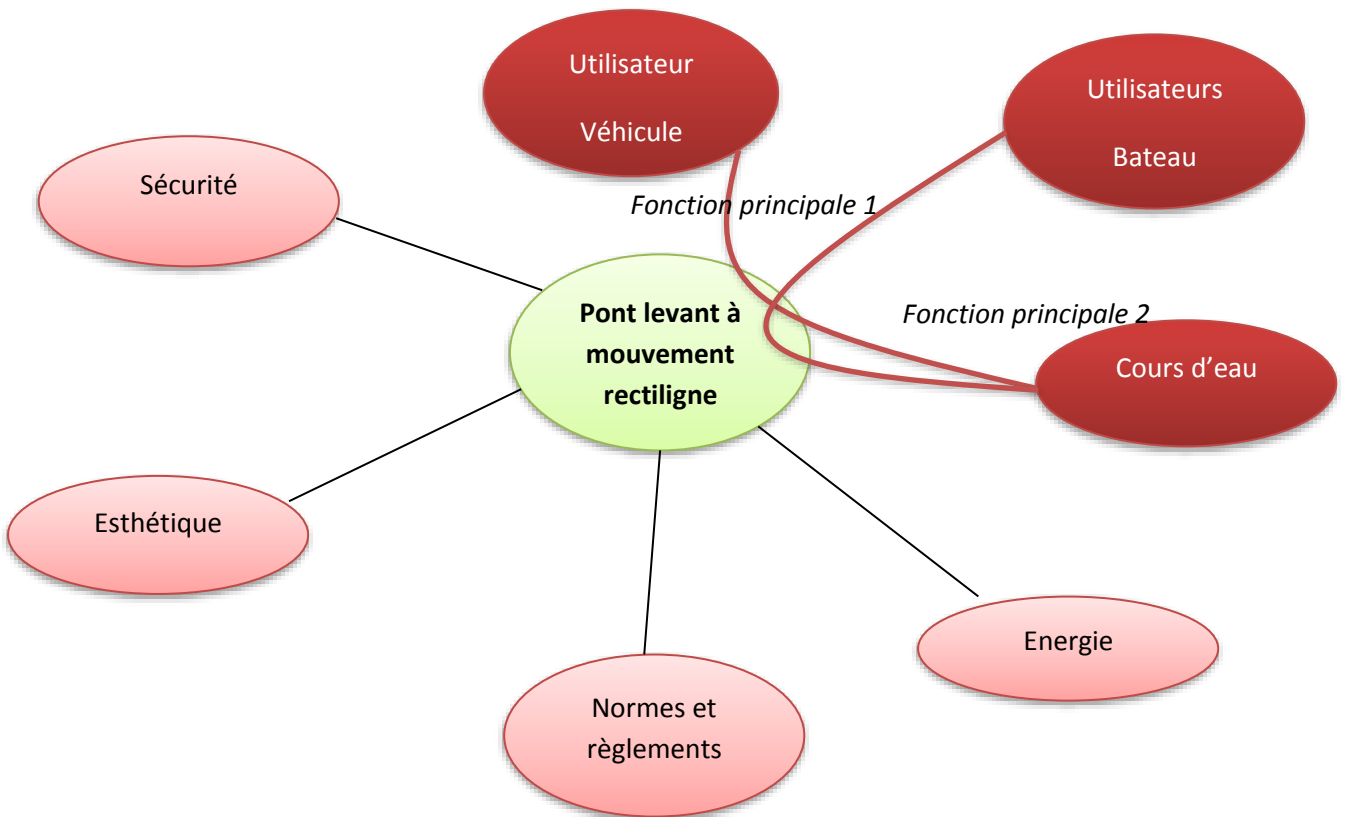
Ici le tablier est en position haute.

Analyse fonctionnelle du pont levant

La bête à cornes est un outil de représentation des questions fondamentales sur un produit.



Voici la pieuvre du pont levant à mouvement rectiligne :



FP1 : Permettre aux automobilistes de traverser le cours d'eau.

FP2 : Permettre le passage des hauts navires sur le cours d'eau.

FC1 : Assurer la sécurité de tous les utilisateurs.

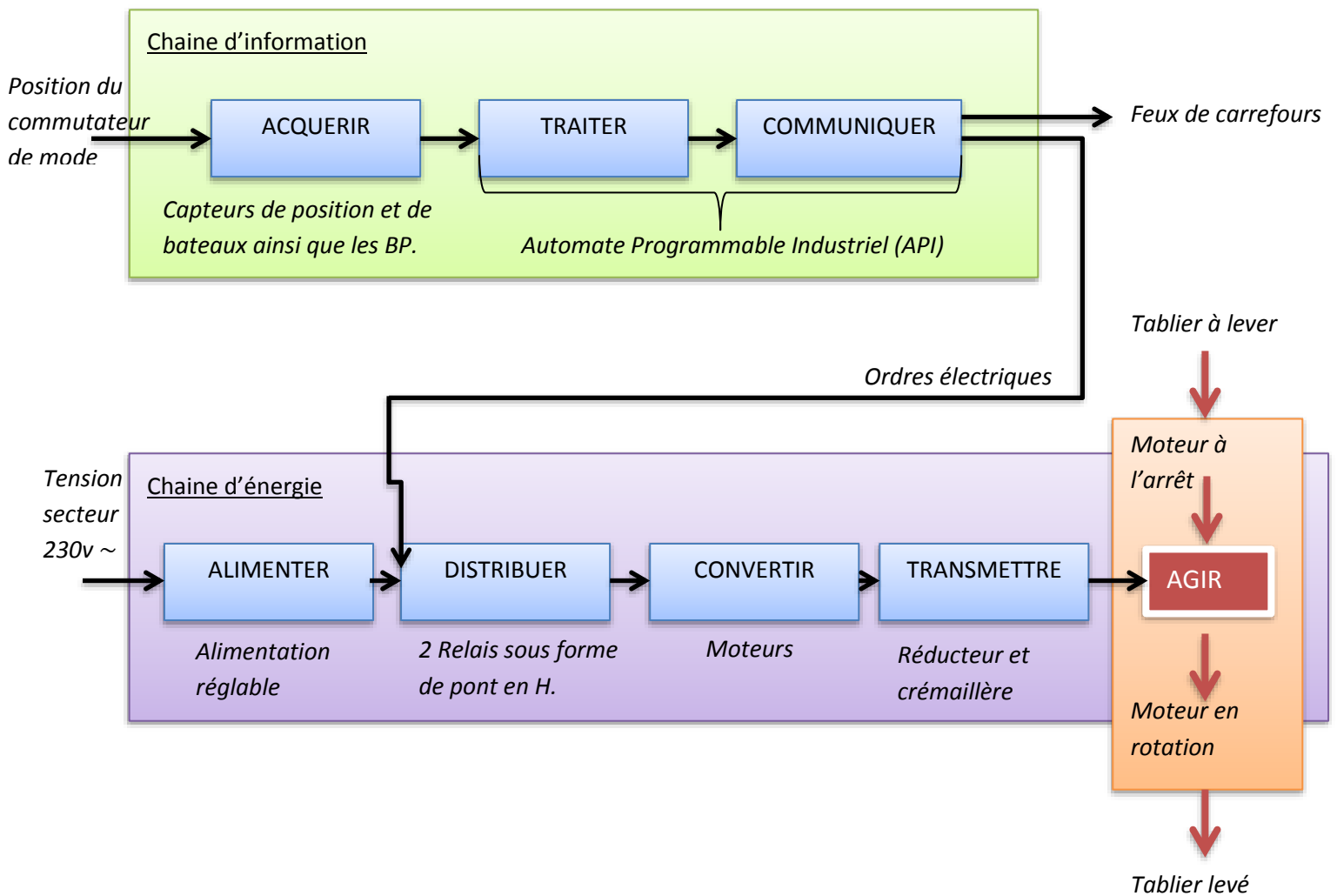
FC2 : Le pont doit respecter l'esthétique du paysage.

FC3 : Le pont doit respecter un certains nombres de normes.

FC4 : La consommation d'énergie doit être modérée.

Chaîne d'énergie de la maquette de pont levant :

Sur cette chaîne d'énergie nous étudions la phase de monté du tablier. Le commutateur de mode nous permet de sélectionner le cycle automatique ou le mode manuel.



I. Construction de la maquette

1° Partie : Solutions envisagées

Pour la maquette, nous avons imaginé différentes possibilités pour mettre en mouvement le tablier, pour les quatre possibilités, un croquis est disponible page suivante :

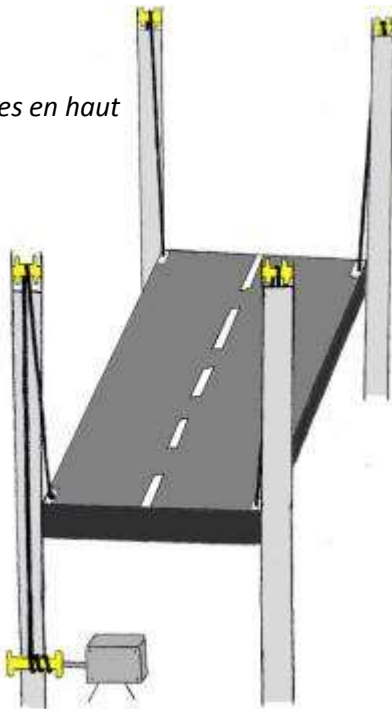
- Soulever le pont comme une grue avec des poulies en haut de pylones aux quatre coins du pont (fig. 1). C'est une solution très utilisée à grande échelle et encore construite aujourd'hui.
- Fixer des écrous aux quatre coins du pont et faire tourner des vis à l'intérieur pour faire monter le tablier (fig. 2). Solution qui nous a paru difficile à mettre en œuvre donc abandonnée.
- Une crémaillère fixée au tablier avec un engrenage pour la faire monter (fig. 3). Cette idée nous a intéressé, il nous fallait trouver la bonne crémaillère et donc nous avons pensé au lecteur optique d'ordinateur ; il a une bonne largeur pour un pont et le moteur d'ouverture/fermeture de la platine est simple à démonter et à alimenter et surtout le lycée en possède des anciens en stock.

Nous avons donc la solution technique pour faire monter et descendre le tablier : **deux lecteurs optiques de chaque côté de la longueur du tablier** (fig. 4).

Ce qui s'apparente à la solution réellement existante des vérins hydrauliques ou des ciseaux sous le tablier (faire monter le pont en le soulevant).

Figure 1 :

Quatre poulies en haut des piliers.



Moteur électrique avec treuille.

Figure 2 :

Quatre vis tournant dans des écrous fixés au tablier.

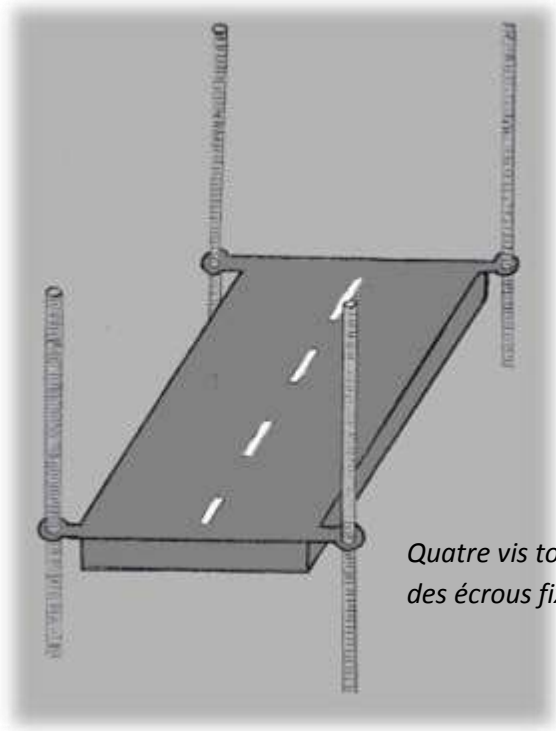


Figure 3 :

Système de crémaillère dans les pylônes.

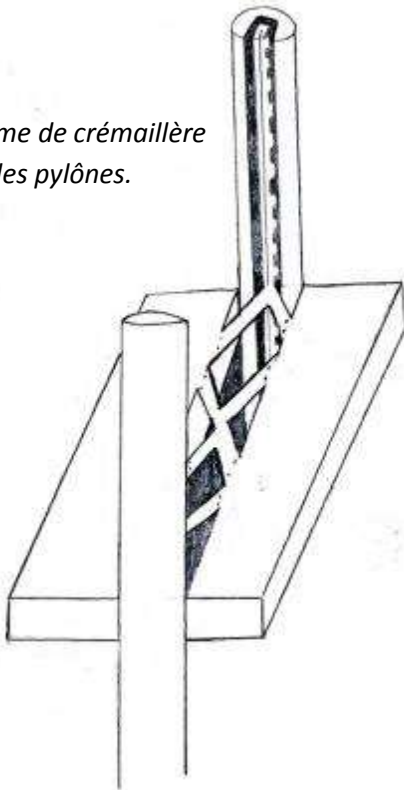
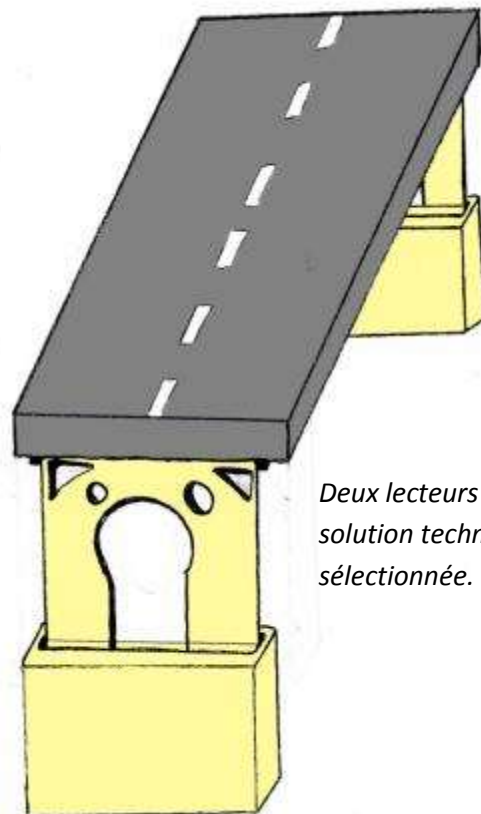


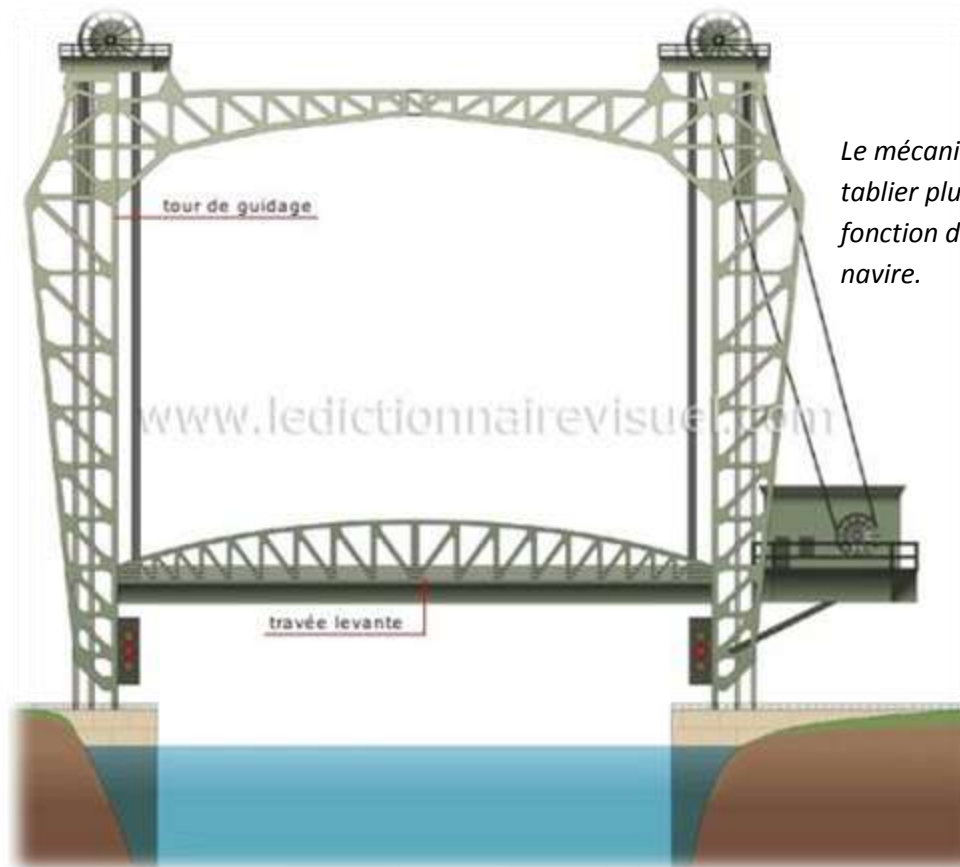
Figure 4 :

Deux lecteurs optiques : solution technique sélectionnée.



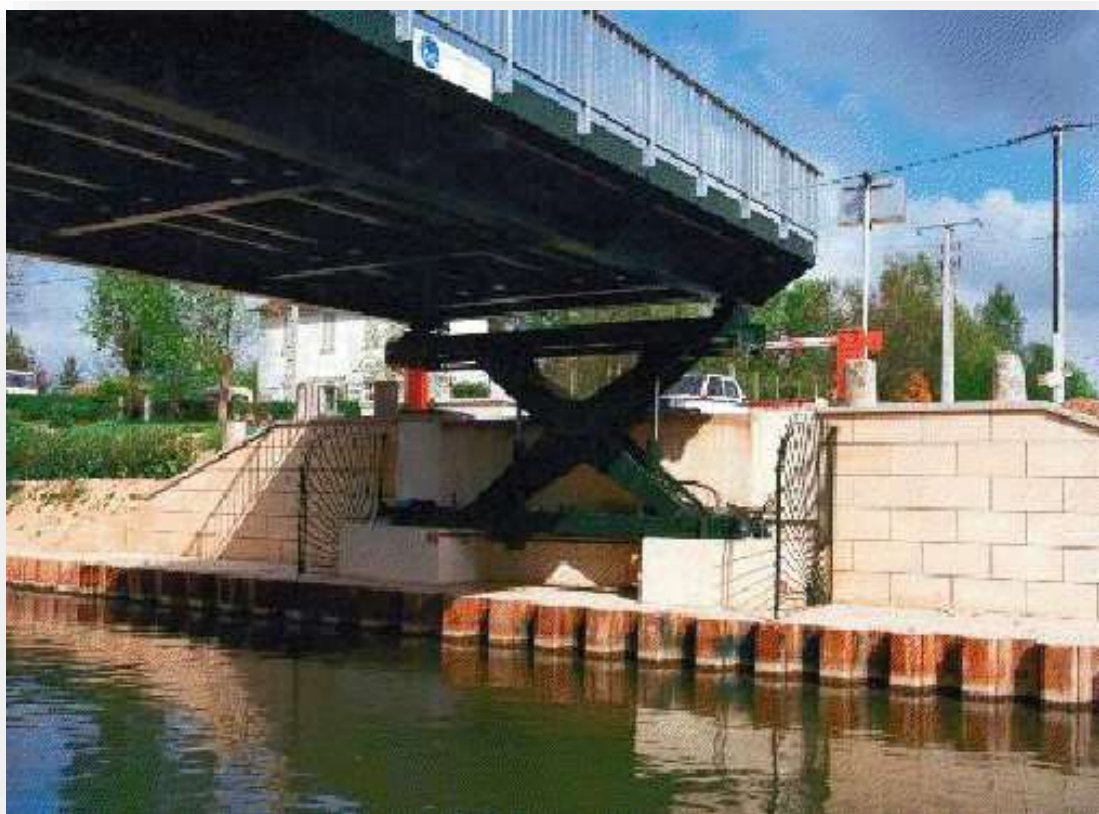
Certaines solutions que nous avons envisagées existent réellement.

Comme la solution technique des pylônes équipés de poulies et de câbles permettant de hisser le tablier.



Le mécanicien peut faire lever le tablier plus ou moins haut en fonction de la hauteur du navire.

Ou encore la solution qui consiste à soulever le pont par le dessous avec des verins ou des ciseaux :

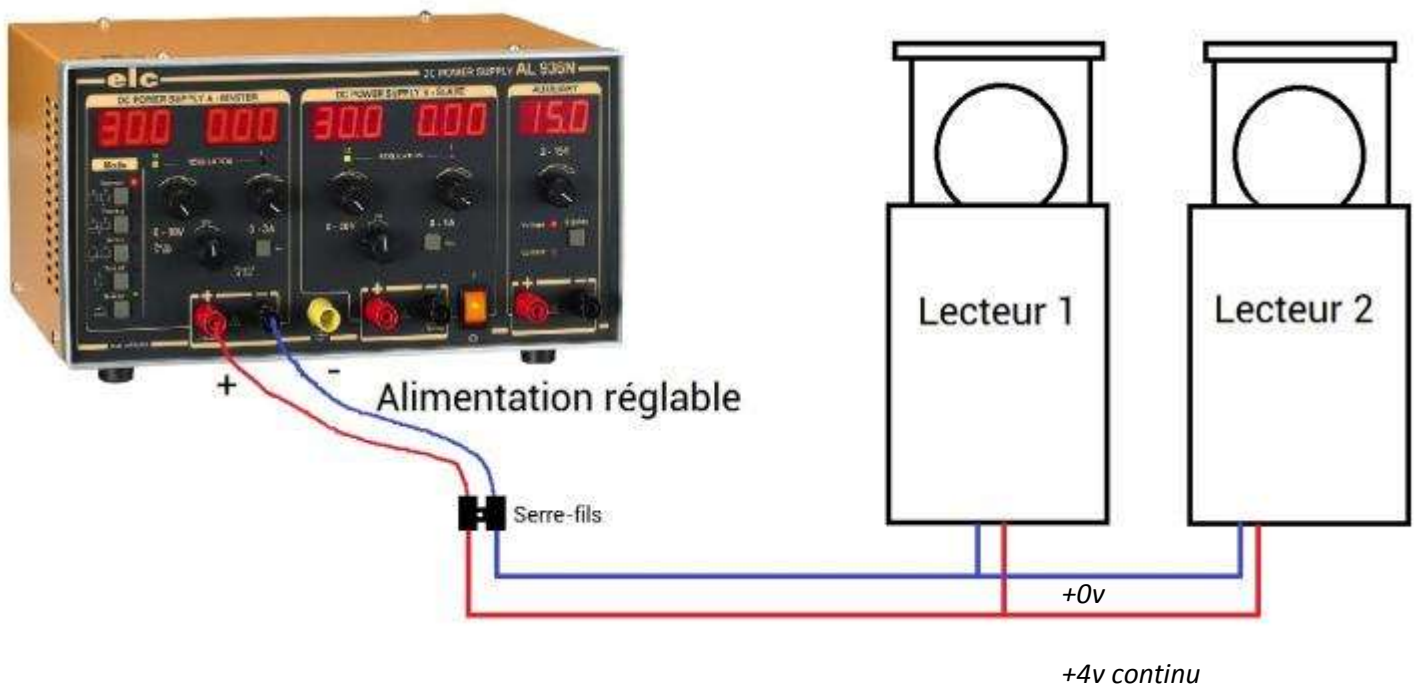


2° Partie : Comment construire cette maquette ?

La solution sélectionnée consiste à récupérer deux lecteurs optiques pour mettre en mouvement le tablier, nous avons donc démonté deux lecteurs que le lycée avait en réserve puis nous les avons testés à l'aide d'une alimentation réglable pour voir s'ils avaient la même vitesse d'ouverture ; le test fut concluant.

Les deux lecteurs ont donc une vitesse d'éjection de la platine à peu près identique

Nous les avons branchés en dérivation sur une alimentation modulable après les avoir démontés et après avoir retiré toute l'électronique utile à la lecture d'un disque ; **il ne restait que le squelette du lecteur.**

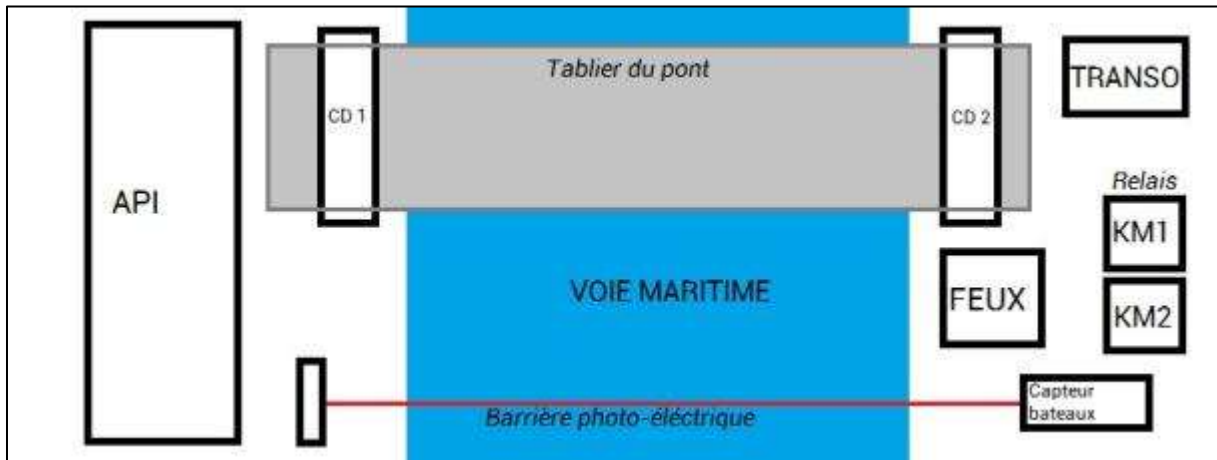


Les lecteurs optiques sont conçus pour fonctionner avec une tension de 5v mais nous avons réglé l'alimentation sur 4v pour que le tablier se lève plus lentement à une vitesse réaliste.

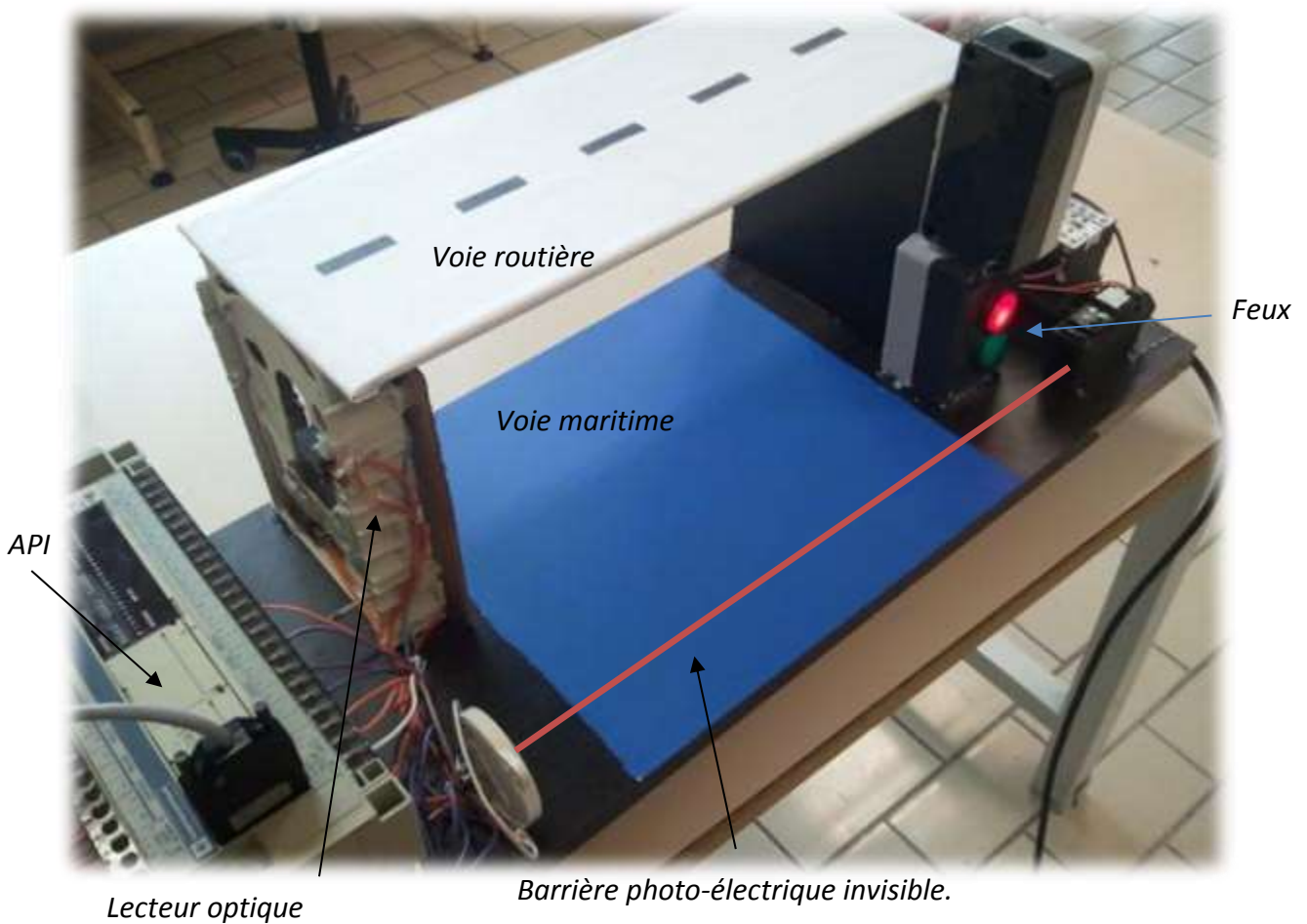
Nous utilisons également des feux pour gérer le trafic routier et maritime ; deux voyants pour la voie d'eau et un feu tricolore pour la route.

L'agencement de la maquette

Nous utilisons une planche de bois de 80*30 cm pour fixer tout les éléments dessus et pour former la voie maritime que nous avons peint en bleu. Pour automatiser la maquette, nous utilisons un API que nous plaçons à gauche du pont.



Sous la planche, il y a deux pieds pour surélever la maquette et permettre le passage des câbles pour relier la zone droite et la zone gauche de la maquette.



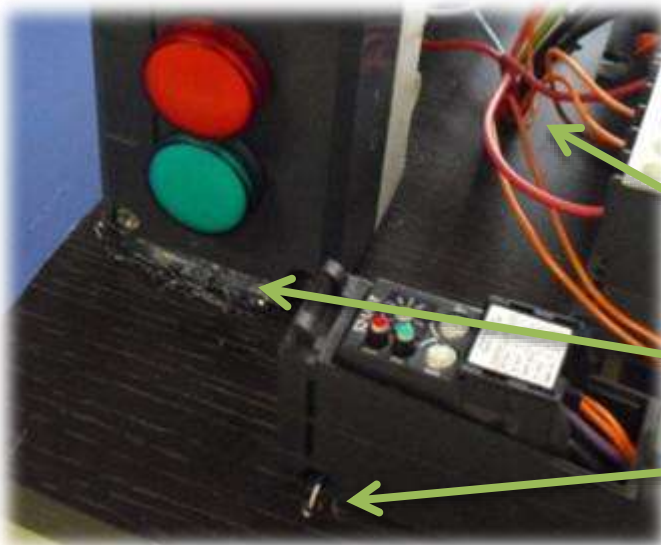
A droite du pont, il y a les deux feux superposés, les deux relais, la barrière photo-électrique et le transformateur. A gauche il y a l'API et le réflecteur de la barrière photo-électrique.

Comment avons-nous fixé les éléments sur la planche de bois ?

Une grande partie des éléments comme l'API, le transformateur pour alimenter les feux et les relais qui sont sur rails sont fixés par vis sur la planche de bois.

Nous avons percé la planche à pour y faire passer des câbles en dessous et pour fixer des éléments grâce à des vis. Le reste est collé grâce à un pistolet à colle chaude.

Le capteur de bateau quant à lui, devant être réutiliser n'a pas était collé, nous l'avons fixé grâce à des fils de fer.



Sur cette photo, on voit le feu collé à la planche, le capteur de bateau fixé grâce à un fil de fer et le trou dans la planche pour faire passer des câbles en dessous.

Trou de passage de câbles.

Colle chaude

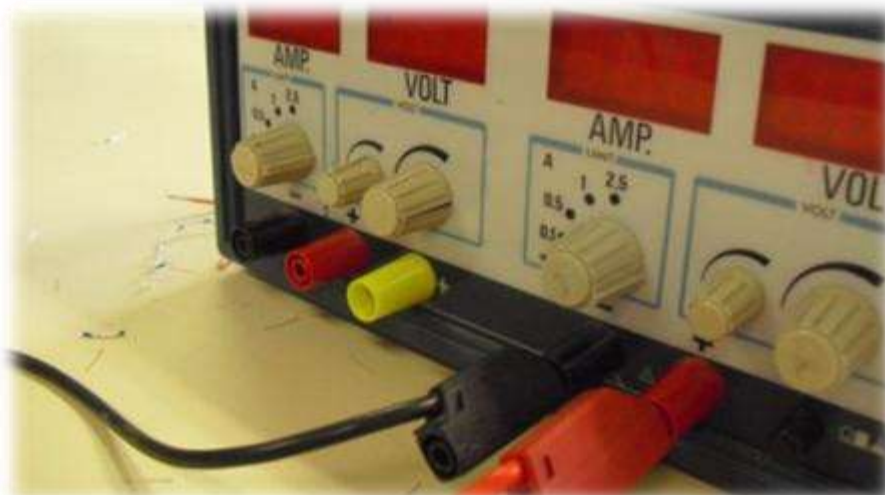
Fil de fer

Les deux relais sont fixés sur un seul rail et sont côte à côte à droite du pont.

L'alimentation réglable, étant assez imposante et lourde, n'est pas sur la planche de bois mais à côté, nous branchons les moteurs dessus grâce à des fiches bananes.



KM2 KM1



Fiches bananes vers les relais commandant les moteurs.

Comment automatiser la maquette ? Le Grafcet

L'Automate Programmable Industriel (API) nous permet de contrôler l'allumage des feux de circulation ainsi que gérer les boutons poussoirs et les capteurs de position haute et basse du tablier.

Le Grafcet est un mode de représentation et d'analyse d'un automatisme, particulièrement bien adapté aux systèmes à évolution séquentielle comme dans un API.

Le Grafcet sert à programmer l'API ce qui rend la maquette totalement autonome.

Le Grafcet est donc un langage graphique représentant le fonctionnement d'un automatisme par un ensemble :

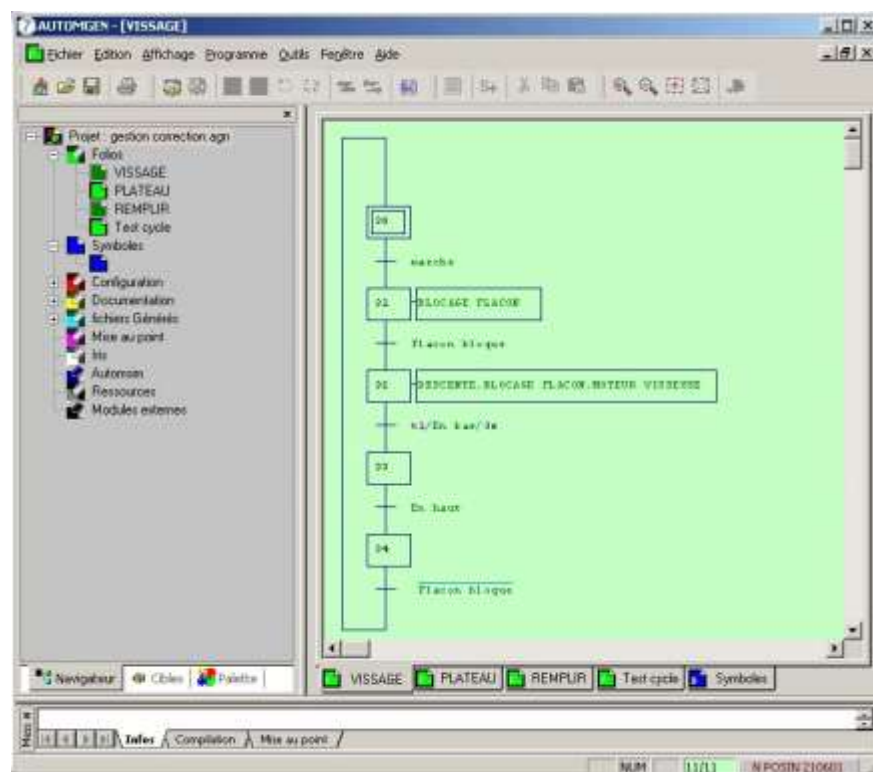
- d'étapes auxquelles sont associées des actions ;
- de transitions entre étapes auxquelles sont associées des conditions de transition (réceptivités) ;
- des liaisons orientées entre les étapes et les transitions.

Nous avons programmé le Grafcet du pont levant grâce au logiciel Automgen sur PC, puis nous avons transféré le programme sur l'API grâce à un câble série. Un fois le programme chargé dans l'API, le cycle s'enclenche directement.

Nous avons choisi deux modes possibles : un cycle automatique qui n'a pas besoin

d'intervention humaine et qui est autonome et un mode manuel qui permet à l'utilisateur de faire monter ou descendre le pont à volonté sans avoir forcément de bateau devant le pont.

Capture d'écran du logiciel Automgen.





Pour changer de mode, l'utilisateur doit actionner un commutateur deux positions sur la commande filaire.

Sur cette commande, il y a aussi deux boutons poussoir qui actionnent la montée et la descente du pont (avec à chaque fois les feux qui passent au rouge ainsi qu'un temps d'attente pour laisser le temps aux utilisateurs de voir le changement de feu).

Les différents cycles :

Quelles sont les étapes du cycle automatique ?

Lorsque le cycle automatique commence, le pont est en bas et le feu des bateaux est rouge. Si le capteur photosensible détecte un bateau dans sa ligne de champs alors le feu de la route passe au rouge puis le tablier est soulevé et le feu des bateaux passe au vert. L'API patiente quelques secondes le temps que

le bateau passe puis le tablier redescende et le feu des voitures repasse au vert et celui des bateaux au rouge.

Comment fonctionne le mode manuel ?

Lorsque le mode manuel est enclenché, l'utilisateur de la commande peut décider quand il le souhaite de fait monter ou descendre le tablier.

Dans chacun des modes, il y a des temporisations de sécurité qui servent à laisser le temps aux usagers de comprendre ce qui va se passer ou pour laisser le temps au navire de quitter la zone sous le tablier. L'API sais ou pas si le pont est en haut ou en grâce à deux boutons poussoirs fixé le long d'un des lecteurs optiques :



Capteur de position haute



Capteur de position basse

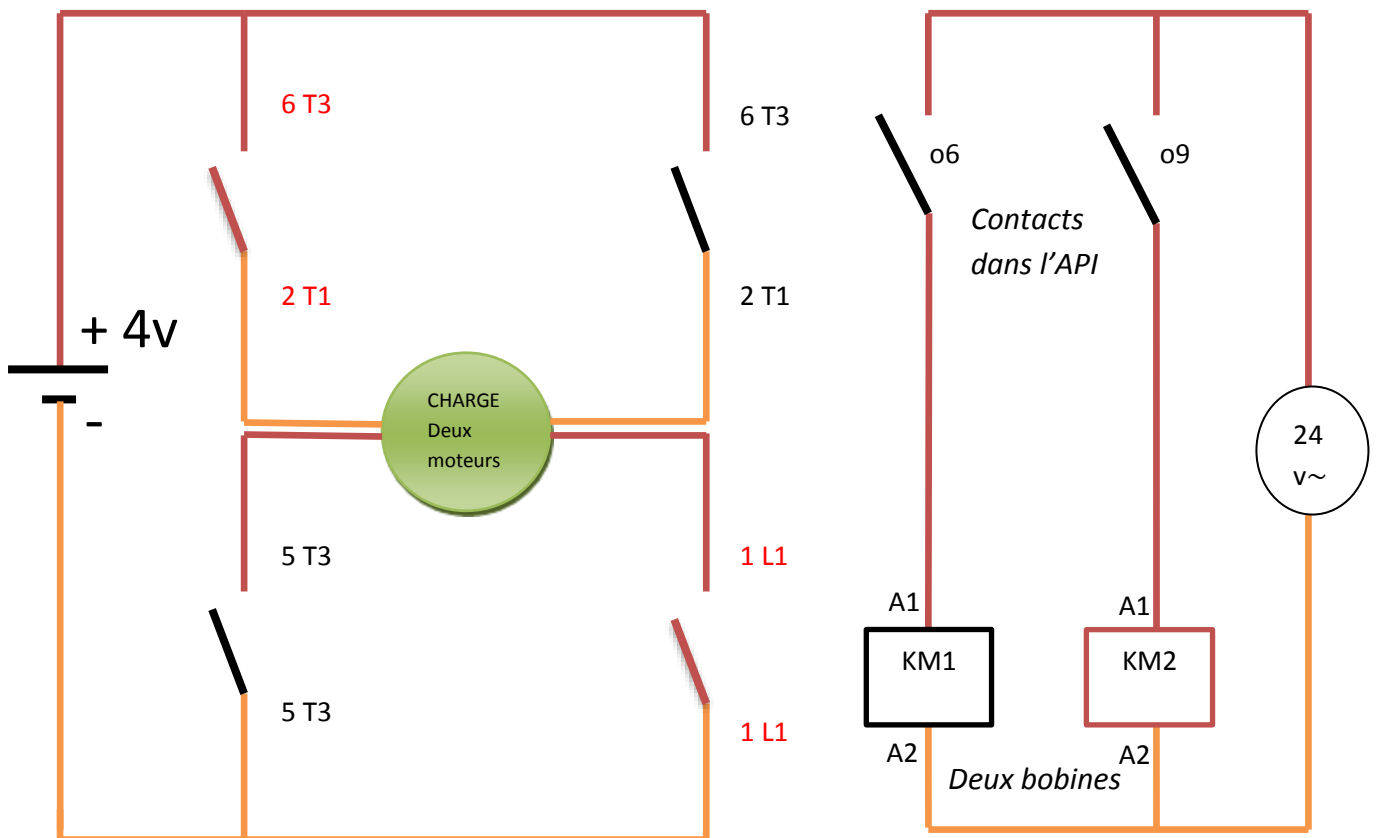
Comment faire fonctionner les moteurs ?

Le moteur du lecteur optique fonctionne à une tension de 4volts, nous utilisons donc une alimentation réglable qui nous permet de sélectionner précisément une tension.

Pour pouvoir inverser le sens de rotation des deux moteurs qui lèvent le tablier –et donc de pouvoir le faire monter puis descendre - , nous avons utilisé deux relais sous la forme d'un « pont en H » : le pont en H permet de contrôler la polarité de la tension aux bornes du moteur, ou de ne le soumettre à aucune tension et donc de lever le pont ou le descendre sans intervention manuel.

Voici le schéma de notre pont en H :

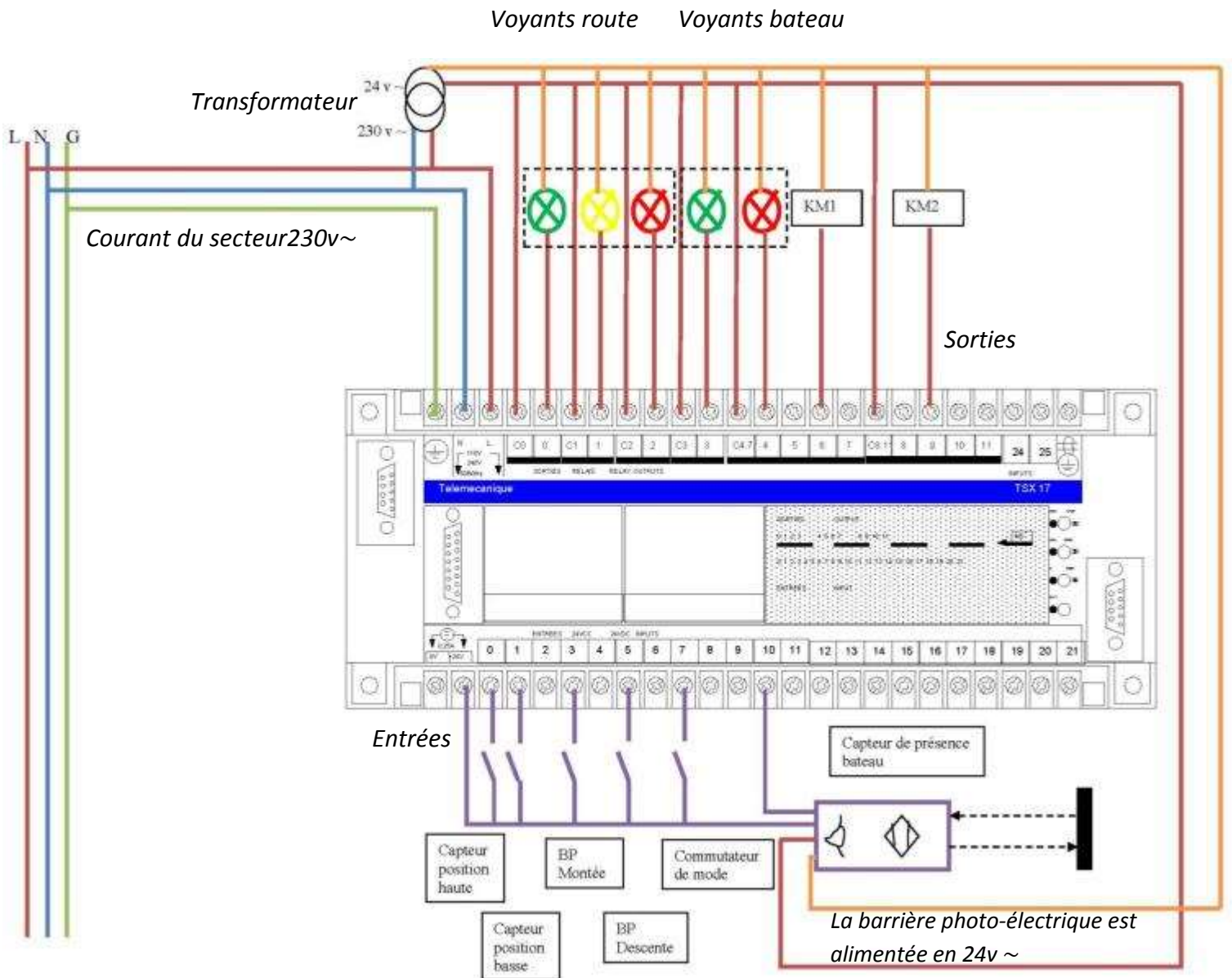
Le moteur tourne dans le sens des aiguilles d'une montre avec KM1 et dans le sens inverse avec KM2.



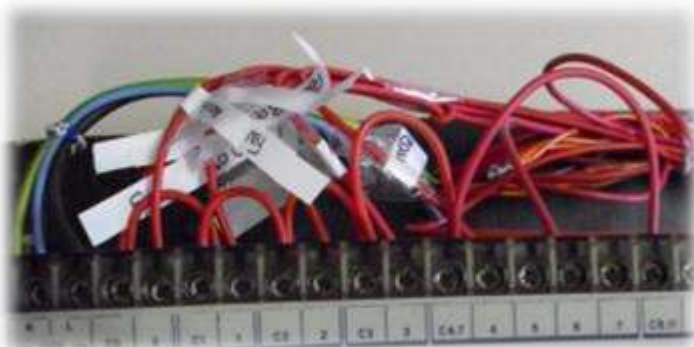
Les tensions des moteurs et des bobines sont différentes, les relais fonctionnent avec 24v alternatif tandis que les moteurs utilisent du 4v continu.

Le câblage de l'API

L'API est alimenté par une tension secteur de 230v ~ et ses sorties (feux et relais) par le transformateur qui fournit une tension de 24v~.



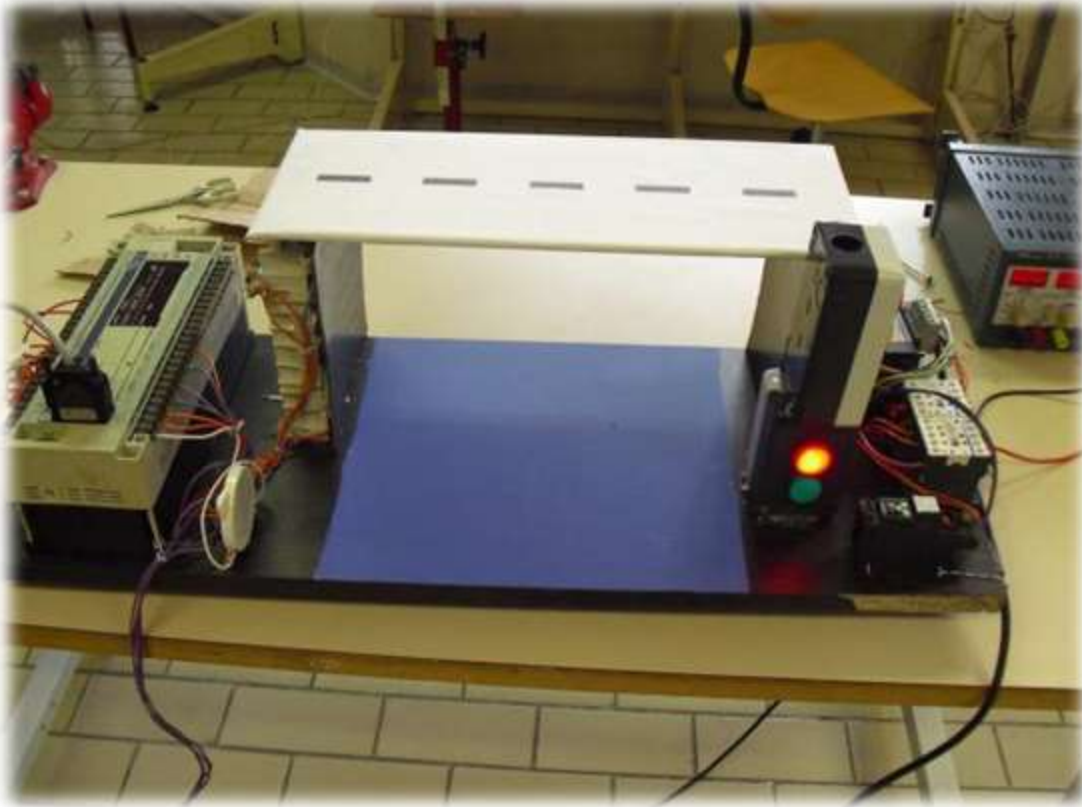
Nous avons étiqueté tous les câbles des feux pour savoir à quels voyants ils correspondent et pour savoir où les brancher sur l'API.



Câbles de sorties avec étiquetage.

3°Partie : Le Résultat final

Ici nous avons une vue d'ensemble de la maquette sans les boitiers de cache avec le tablier en position basse :

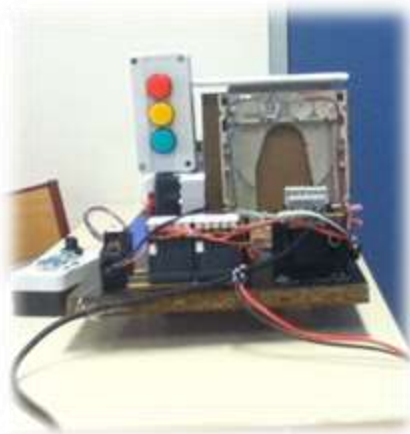


Et ici nous pouvons voir les routes de part et d'autre du tablier ainsi que les caches en carton peints en noir que nous avons fabriqués :



On voit bien la commande filaire ainsi que la route sur les côtés du tablier.

Voici quelques photographies sous différents angles de notre maquette :



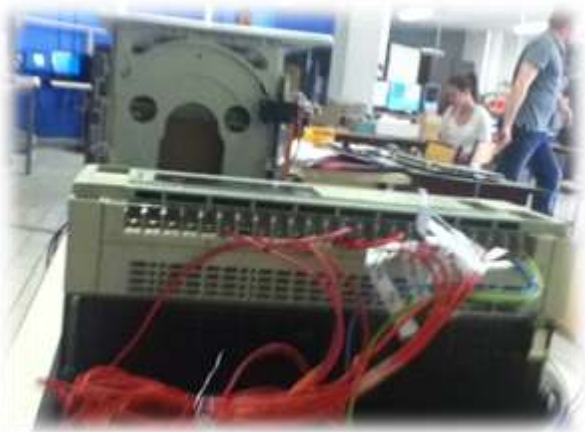
Côté droit sans les caches.



Vue de face avec les caches et le tablier en position haute.



Vue de face sans les caches



Côté gauche sans les caches avec une vue sur l'API.



Vue de derrière sans les caches

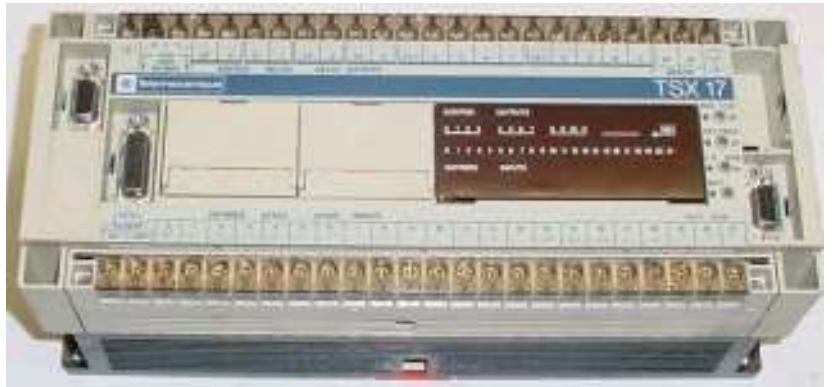


Vue de devant avec les feux allumés

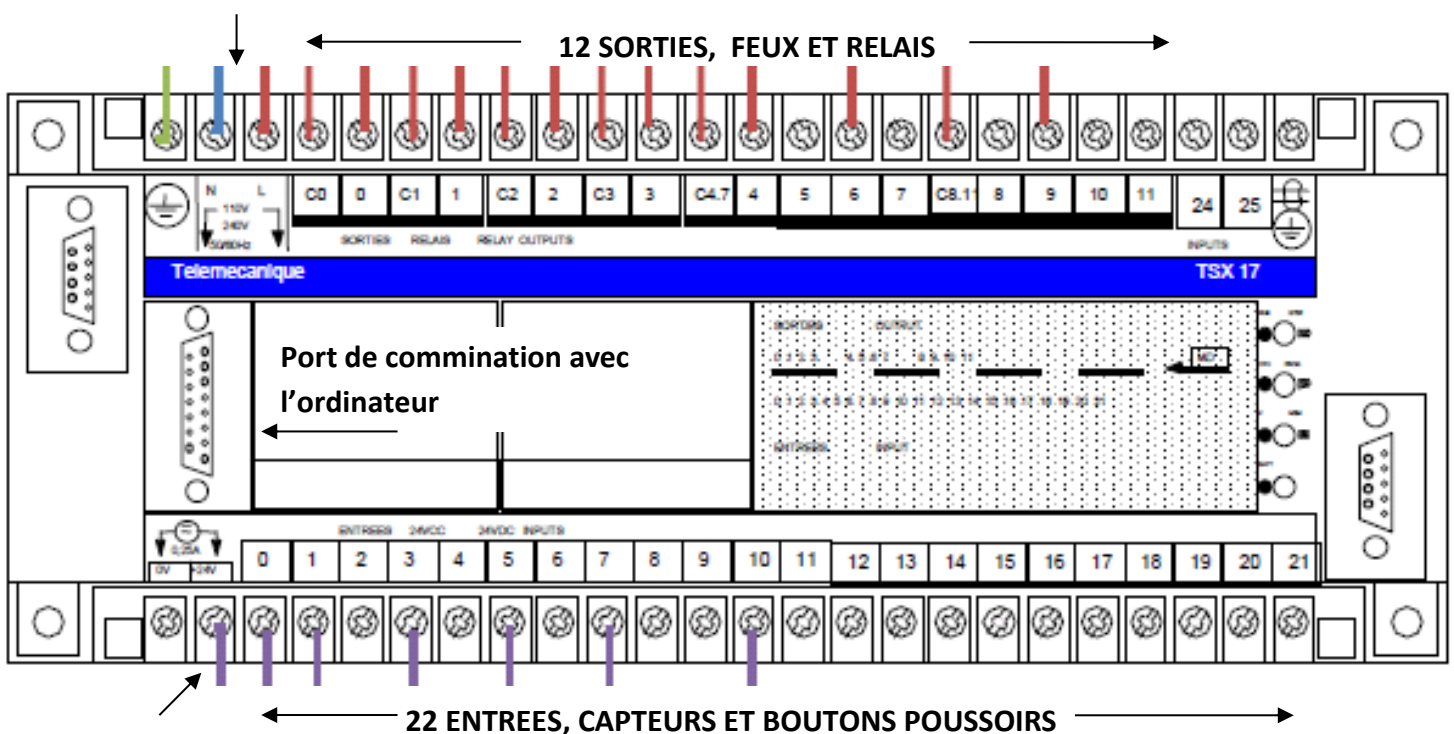
II. Analyse de la maquette et étude des composants

1° Partie : L'automate programmable industriel (API)

Un API est un dispositif électronique programmable destiné à la commande de processus industriels. Il contient un processeur qui envoie des ordres vers les actionneurs à partir des données d'entrées, et d'un programme informatique contenu dans une mémoire.



ALIMENTATION DE L'API 230v ~



ALIMENTATION DES CAPTEURS 24v ~

L'API nous permet de contrôler l'allumage des feux de la voie maritime et de la voie routière ainsi que gérer les boutons poussoirs et les interrupteurs de position haute et basse du tablier.

2° Partie : Le pont en H et les relais

Le pont en H permet de contrôler la polarité de la tension aux bornes des moteurs, ou de ne les soumettre à aucune tension. Il est composé de deux relais.

Le Relais :

Un relais électromécanique est un organe électrotechnique permettant la commutation de liaisons électriques.

Il est chargé de transmettre un ordre de la partie commande à la partie puissance d'un appareil électrique et permet, entre autres, un isolement galvanique (le courant ne peut circuler directement entre les deux circuits) entre la partie commande et la partie puissance.

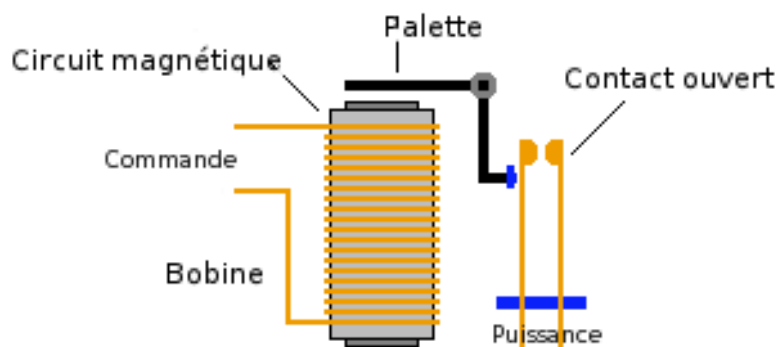


Sa fonction dans notre projet :

Pour notre projet, nous disposons de deux relais de marque « TELEMECANIQUE » alimentés par le transformateur en 24V ~ qui nous permettent de changer la polarité et de commander les deux moteurs des lecteurs optiques.

Description :

Un relais est composé principalement d'un électroaimant, qui lorsqu'il est alimenté, transmet une information à un système de commutation électrique : les contacts.

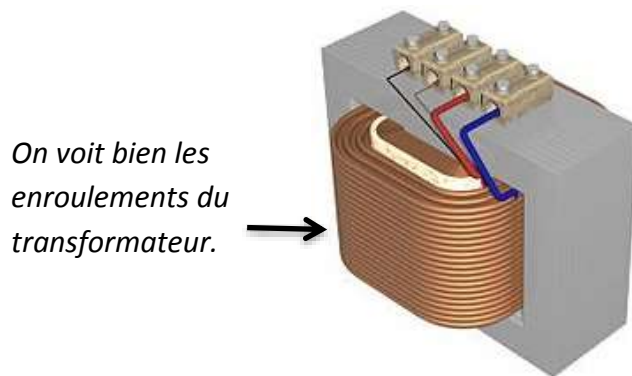


L'électroaimant peut être, suivant les spécifications et besoins, alimenté en TBT (12 V, 24 V, 48 V) continu ou alternatif ou en BT (220 V, 380 V). (TBT : très basse tension et BT : basse tension.)

Le système de commutation peut être composé d'un ou plusieurs interrupteurs simples effets appelés contacts normalement ouverts (NO) ou normalement fermés (NC).

Lorsque l'on alimente la bobine par les bornes A1 et A2 du bloc relais, tous les contacts change de sens (les NO se ferment et les NC s'ouvrent).

3° Partie : Le Transformateur



Présentation générale :

Un transformateur électrique est un convertisseur permettant de modifier les valeurs de tension et d'intensité du courant délivrées par une source d'énergie électrique alternative, mais de même fréquence et de même forme.

Un transformateur est construit à partir d'un circuit magnétique sur lequel sont bobinés deux enroulements :

- un enroulement primaire qui reçoit l'énergie électrique et la transforme en énergie magnétique par induction
- un enroulement secondaire qui, étant traversé par le champ magnétique produit par le primaire, fournit un courant alternatif de même fréquence mais de tension qui peut être supérieure ou inférieure à la tension primaire.

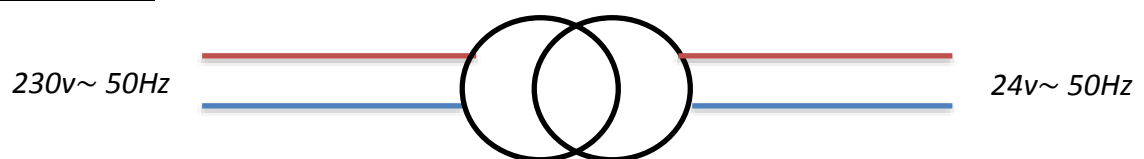
Un transformateur qui produit une tension plus grande est dit élévateur de tension, à l'inverse il est dit abaisseur de tension, ce qui est le cas pour le nôtre.

Sa fonction dans notre projet :

Pour notre projet, le transformateur utilisé est de marque «TELEMECANIQUE».

Il dispose d'une tension primaire de 230 V ~ 50Hz et d'une tension secondaire de 24 V ~ 50Hz. La tension secondaire sert à alimenter les voyants, la barrière photo-électrique et les deux relais.

Schéma électrique :

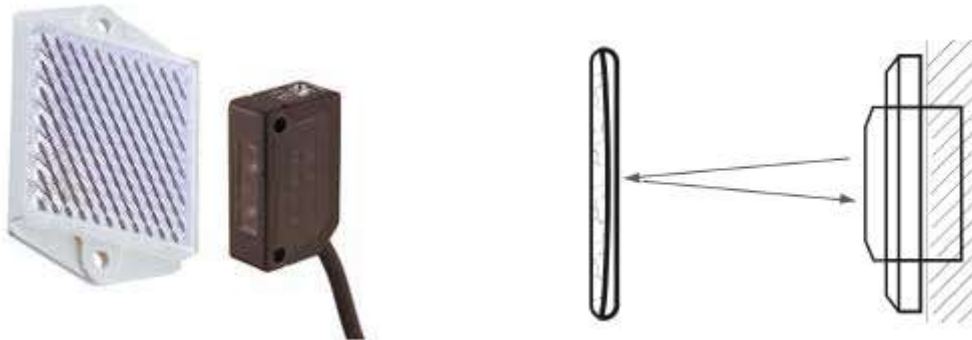


4° Partie : La barrière photo-électrique

Présentation générale :

Une cellule photo-électrique est constituée de deux éléments : l'émetteur et le récepteur.

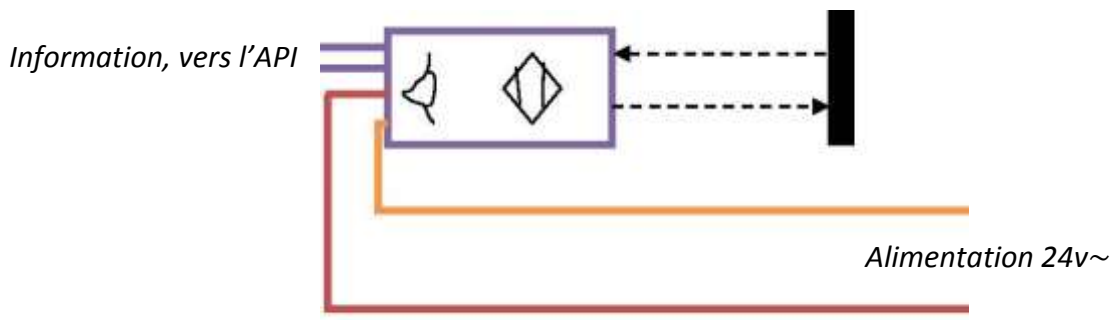
Un rayon est émis entre l'émetteur et le récepteur et constitue un faisceau. Lorsqu'il est interrompu, la cellule envoie un signal à un système (ici à l'automate).



Sa fonction dans notre projet :

Dans notre TPE, sa fonction est de détecter l'arrivée de bateau lors du mode automatique afin d'en alerter l'API qui est programmé pour ouvrir le pont lorsque le faisceau est coupé.

La barrière est alimentée en 24v~ par le transformateur.



Cette barrière agit exactement comme un interrupteur : quand un objet coupe le faisceau, alors elle ferme le circuit.

