

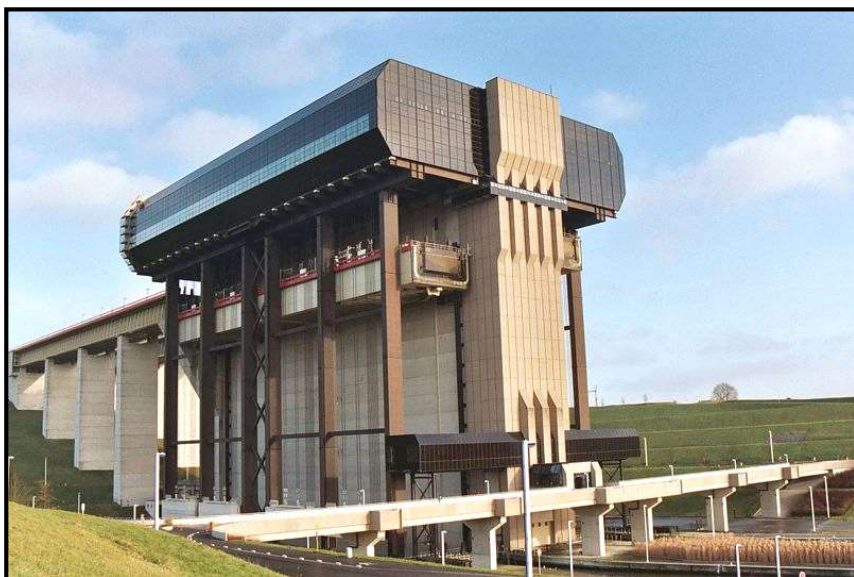
ASCENSEUR FLUVIAL FUNICULAIRE DE STREPY-THIEU

1. PRESENTATION DE L'ASCENSEUR

En vue de moderniser les voies d'eau navigables d'Europe, il fut décidé en 1954 de porter le gabarit du réseau d'intérêt international à celui des péniches de 1350 tonnes.

Les défis technologiques à relever sont de taille, notamment pour le franchissement des dénivelés. Le recours aux écluses classiques, grandes consommatrices de débit hydraulique, n'est pas toujours possible. C'est le cas pour le canal du centre en Belgique, pour lequel l'alimentation naturelle en eau est très limitée.

Le canal du Centre, maillon qui s'intègre dans les voies navigables d'intérêt européen, est situé sur la transversale qui relie Dunkerque à Liège en passant par Valenciennes, Mons, Charleroi et Namur.

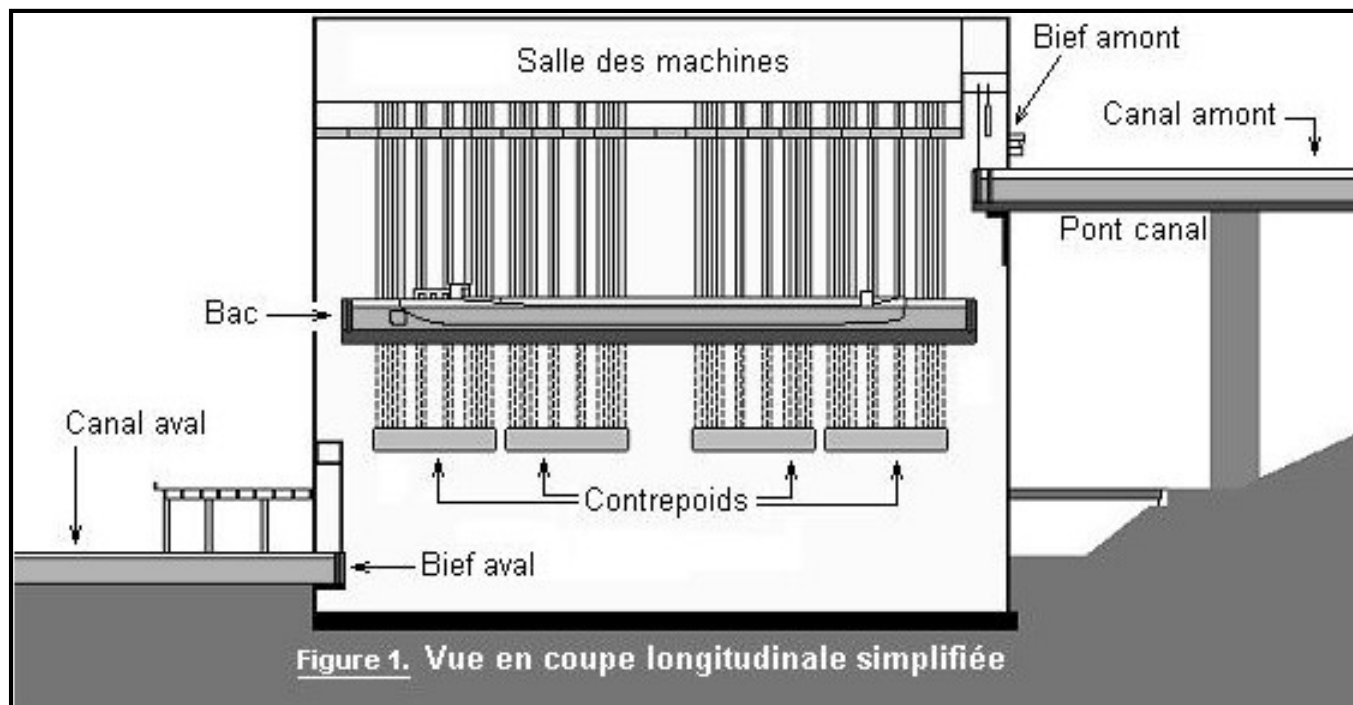


Pour combler le dénivelé de 88,15 mètres, l'ancien dispositif, utilisait quatre ascenseurs hydrauliques successifs sur 12 kilomètres, mais était limité à des péniches de 300 tonnes. Il fût donc décidé de moderniser ce maillon délicat. La construction des écluses d'Obourg-Warton et de Havré permettant de gagner respectivement 5 mètres et 10 mètres, il reste à franchir une chute de 73,15 mètres. Après étude des différentes solutions possibles, celle d'un unique ascenseur est finalement retenue. L'ascenseur fluvial funiculaire de STREPY-THIEU voit donc le jour et fonctionne pour la première fois en 2002.

On s'intéresse ici à une utilisation en montée de cet ascenseur, assurée par la fonction de service :

« Transborder une péniche du canal aval au canal amont »

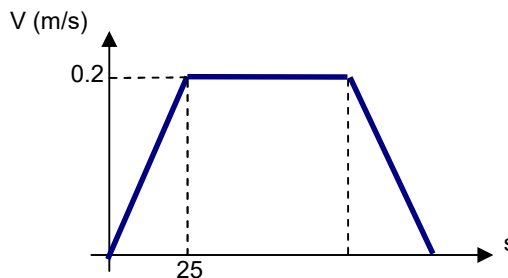
2. DESCRIPTION ELEMENTAIRE D'UN CYCLE D'ASCENSION



3. ETUDE DE LA FONCTION FT12 : « Déplacer le bac de la position aval à la position amont ».

La montée proprement dite comprend trois phases :

1. **Accélération constante pendant 25 secondes.**
2. **Vitesse constante (de 0,2 m.s⁻¹).**
3. **Décélération constante pendant 25 secondes.**

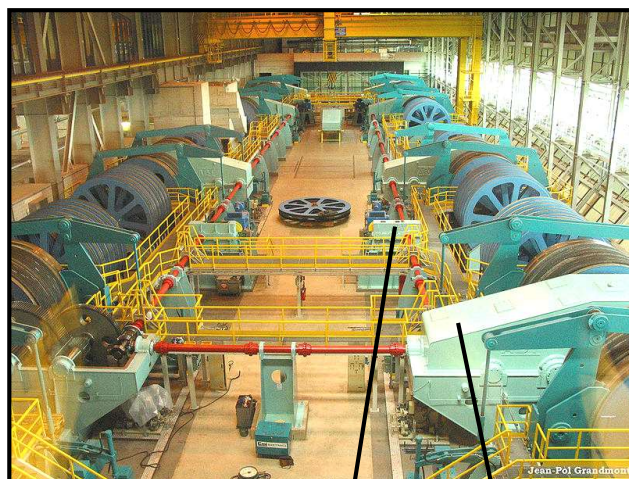


En fin de translation, le bac est maintenu à l'arrêt (vitesse nulle) avec la charge toujours suspendue aux câbles, ceci afin de permettre les diverses manoeuvres d'accostage (application des freins mécaniques, mise en place des dispositifs de calage).

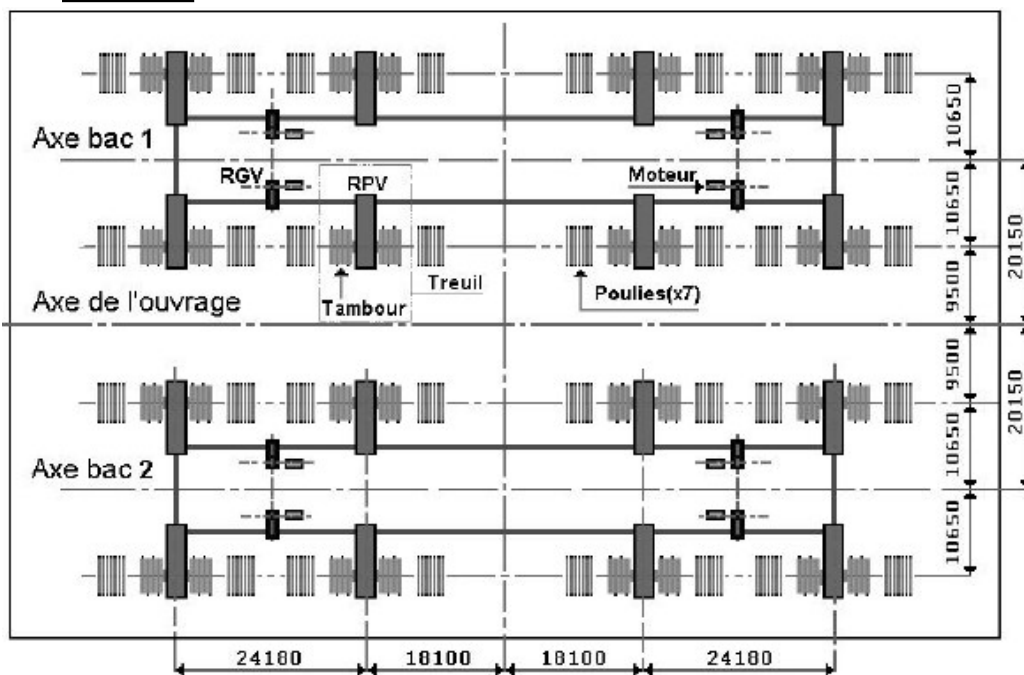
3.A. Etude de la fonction technique FT122 : « Assurer le déplacement du bac du bas vers le haut ».

3.A.1. Sous-fonction : « Transmettre le mouvement vertical au bac »

Le coeur du système de levage se trouve dans la salle des machines (ci-contre) dont la disposition des composants de transmission est représentée Figure 4.



Tambour RGV Treuil RGV RPV

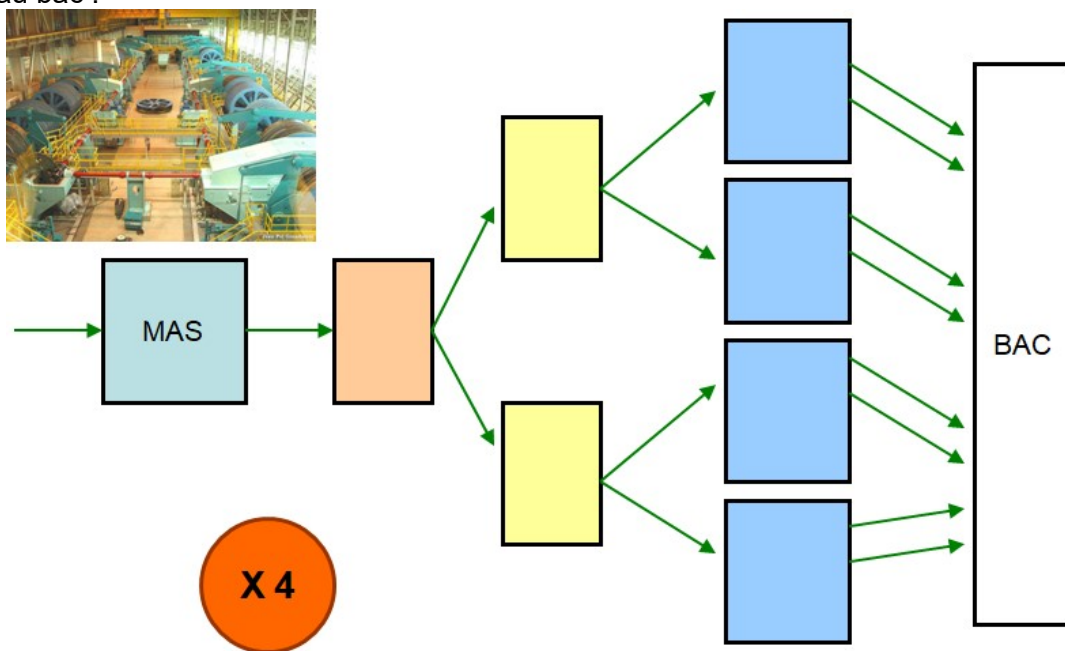


On y trouve, pour chaque bac :

- 4 moteurs asynchrones, chacun entraînant un réducteur grande vitesse RGV (rapport de réduction $r_1=0.1$) ;
- chaque RGV entraîne à son tour deux treuils ;
- chaque treuil est constitué d'un réducteur petite vitesse RPV (rapport de réduction $r_2=0.008$) entraînant deux tambours ;
- chaque tambour agit sur deux câbles liés d'un côté au bac, et de l'autre aux contrepoids ;
- de chaque côté des treuils, on trouve un groupe de sept poulies libres dites de suspension chargées du renvoi des câbles liant directement le bac aux contrepoids ;
- on notera la présence d'arbres dits de « synchronisation » reliant tous les treuils entre eux.

Q1. Pour chaque bac, combien y a-t-il de câbles dits 'moteurs' (actionnés par les treuils) ?

Q2. En vous aidant des données, compléter le schéma ci-dessous décrivant la transmission de puissance d'un moteur jusqu'au bac :



On fait l'hypothèse que les câbles roulent sans glisser sur les tambours. Le diamètre d'enroulement des câbles sur les tambours est de $D_t = 4800$ mm, et la vitesse de rotation des moteurs asynchrones en charge est voisine de $N_{mot} = 985$ tr.min⁻¹.

Q3. Quelle est la vitesse ascensionnelle V_{bac} du bac ?

On choisit, afin d'effectuer une première étude du comportement dynamique de ce système, d'adopter la modélisation simplifiée en annexe 2 et de faire une mise en équation en appliquant le théorème de l'énergie cinétique dans le repère $R_0 = (O, \vec{u}_0, \vec{v}_0, \vec{w}_0)$ supposé galiléen.

Données et hypothèses : voir ANNEXE

- le bac est assimilé à un solide B de masse m_B et de centre de gravité G_B ;
- les câbles s'enroulent et se déroulent sans glisser sur le tambour de rayon $R = 2,4 \text{ m}$;
- on néglige la masse des câbles ;
- l'ensemble des pertes dues aux câbles et aux imperfections dans les diverses liaisons peut-être modélisé par un couple résiduel négatif constant appliqué au tambour, de valeur : $\left\| \overline{C_{rsd}}(Ext \rightarrow T) \right\| = C_{rsd} = 624000 \text{ N.m}$;
- l'ensemble des contrepoids est représenté par un seul 'méga contrepoids' P de masse m_P et de centre de gravité G_P ;
- le tambour T de centre de gravité G_T , sera d'inertie J_T par rapport à son axe de rotation (G_T, \vec{u}_0) de valeur $J_T = 500.10^6 \text{ kg.m}^2$;
Cette inertie est la somme des inerties des éléments en rotation suivants : **poulies – réducteurs – arbres de synchronisation – poulies de renvoi, ramenées sur l'axe de rotation du tambour** ;
- on donne la valeur de l'**inertie du rotor d'un moteur électrique** par rapport à son axe de rotation : $J_M = 57,88 \text{ kg.m}^2$;
- on note $D = x_{\max}$: la course maximum du déplacement vertical du bac.

On considère pour l'instant que le rotor du moteur asynchrone.

Q4. Déterminer l'énergie cinétique du rotor du moteur dans son mouvement par rapport à R_0 .

Q5. Exprimer le résultat en fonction de la variable $\dot{\theta}$ et des rapports de réduction r_1 et r_2 .

Q6. En déduire l'expression littérale de l'inertie équivalente du rotor du moteur **ramenée à l'axe de rotation du tambour**, en fonction de l'inertie de rotation propre du rotor autour de son axe, et des différents rapports de réduction.

Q7. Faire l'application numérique et comparer à J_T . Qu'en pensez-vous ?

On considère maintenant le système Σ composé des éléments (Bac, Tambour+RGV+RPV, Rotor moteur, Contrepoids) : $\Sigma = \{B+T+R+P\}$.

Q8. Écrire l'énergie cinétique galiléenne de l'ensemble Σ dans son mouvement par rapport à R_0 .

Q9. En déduire l'inertie équivalente J_{eq} de tous les solides en mouvement **ramenée sur l'axe du tambour**.

Notation :

Le torseur d'efforts de l'action mécanique de l'élément **i** sur l'élément **j** au point **N** dans la base $B_0 = (\vec{u}_0, \vec{v}_0, \vec{w}_0)$

sera noté : $\{F(i \rightarrow j)\}_N = \left\{ \begin{array}{c|c} X_{ij} & L_{ij} \\ Y_{ij} & M_{ij} \\ Z_{ij} & N_{ij} \end{array} \right\}_{B_0}$, où la colonne de gauche précise les coordonnées de la résultante du torseur et celle de droite les coordonnées du moment du torseur au point **N**.

Q10. Donner l'expression des torseurs d'efforts suivants dans la base B_0 :

- a) action de pesanteur agissant sur le bac ;
- b) action de pesanteur agissant sur le méga-contrepoids ;
- c) couple résiduel appliqué par l'extérieur sur le tambour ;
- d) couple extérieur appliqué sur le tambour (représentera le couple moteur dans le cas de la montée) ;

Q11. Exprimer la puissance des actions mécaniques précédentes.

Q12. Appliquer le théorème de l'énergie cinétique au système Σ .

Q13. Le système étant à un degré de mobilité, on explicitera l'expression du couple moteur à fournir en fonction de la variable θ (position angulaire du tambour), de ses dérivées successives et des données du problème.

ANNEXE

