

STATION DE RELÈVEMENT DES EAUX USÉES

ÉTUDE (Questionnaire)



Toutes les questions posées concernent le projet de rénovation

(défini en page 3 du chapitre "Présentation de l'avant projet")

A : VALIDATION DU DIMENSIONNEMENT DE LA CHAÎNE D'ENTRAÎNEMENT D'UNE VIS

La pré-étude a conduit à prendre la décision d'installer une 3^{ème} vis, identique à celles actuellement en service. Pour confirmer ce choix, on vous demande par une étude mécanique, de valider les éléments de la chaîne d'entraînement d'une vis.

Dessin d'une vis et du système d'entraînement :

Voir cahier technique : document 3 et document 4 - Fig 1

Données :

• Vis :

- longueur de la vis : $L = 12,24$ m
- pas de la vis : $p = 640$ mm
- inclinaison de la vis : $\theta = 35^\circ$
- diamètre extérieur de la vis : $D_e = 1900$ mm
- diamètre intérieur de la vis : $D_i = 966$ mm
- débit max d'une vis : $Q_M = 680 \ell \cdot s^{-1}$
- volume élémentaire d'eau contenu dans un pas de la vis : $v_e = 0,868 \text{ m}^3$ (voir **cahier technique ; document 4 - Fig 1**)
- rendement de la vis (tenant compte des fuites entre la vis et son auge et des turbulences dues au brassage du fluide) : $\eta_V = 0,65$
- masse volumique des eaux usées : $\rho = 1 \text{ kg} \cdot \text{dm}^{-3}$

• Réducteur : (documentation technique : **D.T.1 cahier technique**)

- rapport : $k = 31,5$
- rendement réducteur : $\eta_r = 0,97$

• Poulies - courroies :

- diamètre des poulies motrice et réceptrice : $D_p = 450$ mm
- rendement poulies-courroie : $\eta_{pc} = 0,95$

• Moteur : (documentation technique : **D.T.2 cahier technique**)

- référence : **LS 280 MP**

CODE : EQAVP	QUESTIONNAIRE	BTS ÉLECTROTECHNIQUE - AVANT PROJET	SESSION 2000
--------------	---------------	-------------------------------------	--------------

Travail demandé : Utiliser la feuille réponse 1

QA-1 :

En considérant que chaque pas de la vis contient le même volume élémentaire v_e d'eau usée et que ce volume monte dans l'auge suivant l'axe de la vis sans perturbation (idéalisation du mouvement du fluide) :

QA-11 : Calculer la fréquence de rotation N_v de la vis (en tr. mn^{-1}).

QA-12 : Déterminer la vitesse \mathcal{V} (en $m.s^{-1}$) de déplacement de l'eau suivant l'axe de la vis.

QA-2 : Détermination de la puissance nécessaire, sur l'arbre de la vis

QA-21 : Déterminer le nombre de pas le long de l'hélice (n). En déduire le volume total V_t d'eau mise en mouvement par la vis dans son auge.

QA-22 : Calculer la puissance utile pour élever le volume d'eau considéré (P_u).

QA-23 : Déterminer la puissance P_v nécessaire sur l'arbre de la vis, en tenant compte des fuites entre vis et auge et de la turbulence de l'écoulement.

QA-3 : Validation du choix du réducteur

On donne la puissance que doit transmettre le réducteur : $P_c = 73,4$ kW.

Le choix d'un réducteur dépend de la nature de la machine réceptrice et des conditions de fonctionnement; d'après les données constructeur du réducteur, le fonctionnement des vis d'Archimède correspond à la classe U.

D'autre part, la durée moyenne de fonctionnement de chaque vis est estimé à 20 h par jour.

QA-31 : Vérifier la valeur du rapport de transmission k .

QA-32 : Déterminer le facteur de service K_B .

QA-33 : Calculer la puissance de sélection P_S (à partir de P_c et de K_B).

On choisit le réducteur de telle sorte que $P_A \geq P_S$; préciser sa référence.

QA-34 : Déterminer la puissance P_{re} nécessaire à l'entrée du réducteur.

QA-4 : Validation du choix du moteur

QA-41 : Déterminer la puissance mécanique sur l'arbre du moteur P_m .

QA-42 : Valider la référence du moteur proposé.

B : CHOIX DE L'APPAREILLAGE BT

Voir cahier technique : documents 5 et 6

- Document 5 : Schéma de l'installation actuelle
- Document 6 : Schéma du projet de rénovation

Travail demandé :

QB-1 :

- Choisir l'appareillage d'un départ moteur direct , assurant les fonctions :
 - sectionnement ;
 - protection contre les surcharges ;
 - protection contre les courts-circuits ;
 - commande manuelle et automatique.

Données :

- Moteur d'entraînement de chaque vis : **Leroy Somer Type LS 280 MP 400V**
- Durée maximale du démarrage d'une vis, en direct : 3 s.
- Documentation technique utilisée : **D.T.2 à D.T.9 (cahier technique)**

Les réponses seront présentées, sous forme de tableau (comme ci-dessous).

Désignation appareil	Repère	Référence	Réglage éventuel
	Q1		
	KM1D		
	F1		

Notes :

- le pouvoir de coupure du disjoncteur sera précisé par la suite (§ QB-6) ;
- la commande est alimentée en 48 V alternatif ;
- selon le calibre, le relais thermique peut être monté sous le contacteur ou câblé séparément.

QB-2 :

- En fonction des données page suivante, calculer la puissance d'utilisation (active et réactive) pour chaque circuit terminal.
- En déduire le courant d'emploi dans le câble qui relie le poste de livraison à l'armoire de la salle des machines (câble A).

On présentera les résultats dans un tableau.

CODE : EQAVP	QUESTIONNAIRE	BTS ÉLECTROTECHNIQUE - AVANT PROJET	SESSION 2000
--------------	---------------	-------------------------------------	--------------

Données :

- **Moteurs 1, 2 et 3 : Leroy Somer Type LS 280 MP 400V**
 - coefficient d'utilisation : $k_u = 0,9$ (appliquer le coefficient d'utilisation à la puissance active et à la puissance réactive)
 - les 3 moteurs peuvent fonctionner simultanément (en marche manuelle forcée)
- **Pont roulant :**
 - puissance apparente totale : $S = 22$ kVA
 - coefficient d'utilisation : $k_u = 0,8$ (appliquer le coefficient d'utilisation à la puissance active et à la puissance réactive)
 - facteur de puissance global : $\cos \phi = 0,83$
- **Prises :**
 - 6 prises 2P+T – 230 V / 16 A – $\cos \phi$ estimé : 0,7
 - 2 prises 3P+T – 400 V / 32 A – $\cos \phi$ estimé : 0,8
 - coefficient de simultanéité : $K_s = 0,1 + (0,9/N)$, N : nombre de prises par circuit (1 circuit monophasé et 1 circuit triphasé)
- **Chauffage :**
 - puissance active totale : $P = 3$ kW
- **Éclairage fluoresecent :**
 - puissance apparente surfacique : $S = 18$ VA.m⁻²
 - superficie : $A = 100$ m²
 - facteur de puissance : $\cos \phi = 0,86$
- **Alimentation automatismes :**
 - puissance négligée
 - Les récepteurs monophasés sont répartis sur les 3 phases, de façon à équilibrer les puissances.

QB-3 :

- Choisir, en tenant compte des notes ci-dessous, le disjoncteur général B.T., repéré **QP** (*cahier technique : document 6*) et le déclencheur électronique associé assurant la protection du câble **A**.
- Donner la référence de chaque élément.
- Préciser le (ou les) réglage(s) du déclencheur.

Les réponses seront présentées sous forme de tableau (voir § QB-1)

Notes :

- Documentation technique utilisée : *D.T.3 à D.T.5 (cahier technique)* ;
- Le pouvoir de coupure sera précisé au § QB-6 ;
- Choisir un déclencheur à temporisation court retard fixe (ce choix sera validé ou modifié après vérification de la sélectivité au § QB-7) ;
- Le réglage court retard sera fixé au maximum.

CODE : EQAVP	QUESTIONNAIRE	BTS ÉLECTROTECHNIQUE - AVANT PROJET	SESSION 2000
--------------	---------------	-------------------------------------	--------------

QB-4 : Protection des personnes contre les contacts indirects

Données :

- Schéma des liaisons à la terre : TT
- Résistance de la prise de terre du neutre : $R_n = 1 \Omega$
- Résistance de la prise de terre des masses : $R_A = 14 \Omega$
- Tension de contact non dangereuse max. : $U_L = 25 \text{ V}$ (local mouillé)
- Protection des personnes par un **DDR** associé à **QP**
- Sensibilité $I_{\Delta n}$ standard : 30 mA, 300 mA, 1 A, 3 A

- Calculer la valeur maximale du seuil de sensibilité du Dispositif à courant Différentiel Résiduel (**DDR**) associé au disjoncteur **QP** pour laquelle la protection des personnes contre les contacts indirects est assurée.
- Choisir la valeur du seuil de sensibilité $I_{\Delta n}$ du **DDR** associé à **QP**, dans les valeurs standard proposées.

QB-5 :

- Déterminer la section minimale des conducteurs de phase du câble **A**, en prenant en compte les données suivantes :

- Constitution : 4 câbles unipolaires (3 phases + neutre), cuivre
- Type de câble : monoconducteur U 1000 R2V (isolant : PR)
- Rapport section neutre- section phase : $S_N / S_{ph} = 0,5$
- Mode de pose : chemin de câbles perforé (1 seul circuit triphasé)
- Température ambiante max : 40°C
- Documentation technique utilisée : **D.T.10, D.T.11 (cahier technique)**

CODE : EQAVP	QUESTIONNAIRE	BTS ÉLECTROTECHNIQUE - AVANT PROJET	SESSION 2000
--------------	---------------	-------------------------------------	--------------

QB-6 :

Après vérification de la chute de tension (non demandée), on adopte la section de câble calculée en **QB-5**.

- Calculer le courant de court-circuit triphasé présumé :
 - sur les bornes aval du disjoncteur repéré **QP** ;
 - au niveau du jeu de barres de l'armoire de la salle des machines.
- Préciser le pouvoir de coupure minimal des disjoncteurs **QP** et **Q1**.
- Compléter la référence de ces disjoncteurs.

Données :

• Réseau amont :

- impédance ramenée au secondaire du transformateur :
R_a négligeable, **X_a** = 0,7 mΩ

• Transformateur :

- type : immergé
- puissance assignée : **S** = 400 kVA
- caractéristiques électriques : voir document **D.T.12 (cahier technique)**
- impédance ramenée au secondaire :

$$R_{TR} = P_{cu} / (3 \times I_N^2) ; Z_{TR} = U_{20}^2 \times U_{cc}(\%) / (100 \times S)$$

• Câble A :

- Résistivité : $\rho = 22,5 \text{ m}\Omega \cdot \text{mm}^2 \cdot \text{m}^{-1}$
- Réactance linéique : **X_c** = 0,13 mΩ . m⁻¹
- Longueur : **L** = 25 m, section : **S** = 240 mm²

QB-7 :

- Vérifier la sélectivité des protections entre le disjoncteur **QP** et les disjoncteurs protégeant les départs directs moteurs (**Q1** par exemple).
- Pour assurer la meilleure continuité de service, la sélectivité entre **QP** et **Q1, 2, ...** doit être totale. Si ce n'est pas le cas, modifier les choix effectués (concernant **QP** ou **Q1**).
- Documentation technique utilisée : **D.T.6 (cahier technique)**

CODE : EQAVP	QUESTIONNAIRE	BTS ÉLECTROTECHNIQUE - AVANT PROJET	SESSION 2000
--------------	---------------	-------------------------------------	--------------

C : CHOIX DES CELLULES HTA ET SCHÉMA DU POSTE DE LIVRAISON

L'installation d'une troisième vis conduit à redimensionner les éléments du poste de livraison :

- la structure du réseau EDF amont n'est pas modifiée ;
- on prévoit le remplacement des cellules HTA de technologie ancienne (coupure dans l'air) par des cellules de technologie actuelle (coupure dans le SF6) ;
- le transformateur est également remplacé.

Les données ci-dessous résultent des choix effectués dans la pré-étude du projet de rénovation.

<p>Données :</p> <ul style="list-style-type: none"> • Poste de livraison : HTA/BT privé (20 kV/400 V) <ul style="list-style-type: none"> - poste d'intérieur • Distribution 20 kV EDF : <ul style="list-style-type: none"> - réseau souterrain, en coupure d'artère (ou boucle ouverte) • Transformateur HTA/BT : voir <i>cahier technique</i> : document D.T.12 <ul style="list-style-type: none"> - puissance assignée : S = 400 kVA - type : immergé dans l'huile minérale - muni d'un relais DGPT2 (protections : dégagement gazeux, surpression, température) • Cellules HTA : <ul style="list-style-type: none"> - préfabriquées, coupure dans le SF6 - situées à proximité du transformateur

Travail demandé : Utiliser la feuille réponse 2

QC-1 :

- Choisir le type de cellule de raccordement au réseau EDF en fonction de la structure du réseau de distribution 20 kV.
- Choisir le type de cellule de protection du transformateur HTA/BT, en utilisant le logigramme fourni (*cahier technique* : **document D.T.13**).
- Documentation technique utilisée : **D.T.12 à D.T.14 (cahier technique)**

QC-2 :

- Représenter le schéma unifilaire du poste HTA/BT.

D : ÉTUDE DU DÉMARRAGE D'UN MOTEUR D'ENTRAÎNEMENT D'UNE VIS

D1 : Évaluation du temps de démarrage en direct

- Moteur d'entraînement d'une vis : Leroy Somer Type LS 280 MP

Travail demandé : Utiliser la feuille réponse 3

QD1-1 : Moment d'inertie sur l'arbre moteur

Le moment d'inertie de la vis, par rapport à son axe, est évalué à : $J_v = 3000 \text{ kg.m}^2$.
On néglige les inerties du réducteur et des poulies.

- Calculer le moment d'inertie ramené sur l'arbre moteur (J_{tot} : dû à la vis et au moteur).

QD1-2 : Couple moteur moyen pendant le démarrage

QD1-2a : Calculer le couple nominal M_N du moteur d'entraînement d'une vis.

QD1-2b : Préciser les valeurs :

- du couple de démarrage (pour $N = 0$) : M_D ;
- du couple maximal : M_M ;
- du couple minimal : M_m (on précise : $M_m/M_N = 2,1$).

QD1-2c : Calculer le couple moyen de démarrage M_{dmoy} délivré par le moteur, en utilisant la relation approchée :

$$M_{\text{dmoy}} = (M_D + 2 M_m + 2 M_M + M_N) / 6$$

QD1-3 : Durée du démarrage

On donne le couple résistant de la charge sur l'arbre moteur : $M_R = 520 \text{ Nm}$; M_R est considéré constant pendant tout le démarrage.

QD1-3a : Déterminer le couple accélérateur moyen M_{acc} , pendant le démarrage.

QD1-3b : Déterminer le temps de démarrage à partir de la relation :

$$M_{\text{acc}} = J_{\text{tot}} \cdot \frac{\Delta\Omega}{\Delta t} \quad \text{avec : } \Omega \text{ (rd.s}^{-1}\text{)} : \text{ vitesse angulaire}$$

D2 : Choix et mise en œuvre d'un démarreur ralentisseur progressif

Le démarrage en direct du moteur d'entraînement d'une vis est trop brusque (l'étude mécanique précédente (§ D1) permet de le confirmer). Pour réduire les contraintes mécaniques occasionnées par une accélération trop élevée, le bureau d'étude a choisi de mettre en œuvre un démarreur ralentisseur progressif.

Travail demandé :

QD2-1 : Utiliser la feuille réponse 4

Le produit choisi est de marque Leroy Somer.

- Documentation technique : **D.T.15 à D.T.19 (cahier technique)**
- Proposer la référence complète du produit choisi.

QD2-2 : Utiliser la feuille réponse 4

Afin de préparer le paramétrage du démarreur, on élabore un document précisant les adresses et les codes de chaque paramètre programme.

- Il vous est demandé de rédiger tout ce document , en prenant en compte les données ci-dessous.

Données :

- Durée de rampe : 10 s
- Limitation du courant pendant le démarrage : 3 In
- Durée max de démarrage : 30 s
- Protection thermique du moteur validée
- Protection surpuissance : si $P > 1,1 \cdot P_n$
- Surveillance de la marche à vide de la vis : détection sous puissance si $P < 0,2 \cdot P_n$
- Affectation relais K2 : contact fermé pendant le démarrage, le fonctionnement nominal et le ralentissement
- Reprise à la volée sur micro coupure
- Arrêt progressif; temps d'arrêt : 10 s
- Contrôle du sens de rotation du moteur
- Les autres paramètres conserveront le réglage usine.

QD2-3 : Utiliser la feuille réponse 5

- Élaborer le schéma multifilaire du circuit de puissance complet du moteur **M1**.

Le schéma devra comprendre l'alimentation directe et l'alimentation par le démarreur électronique. Représenter l'appareillage et les déclencheurs associés ainsi que le démarreur.

E : PRÉPARATION DE LA PROGRAMMATION DE L'A.P.I.

Le bureau d'étude propose le cahier des charges ci-dessous :

Cahier des charges

Fonctionnement général de la station :

En exploitation normale, la station de relèvement fonctionne sans personnel permanent sur le site. Un système de télétransmission permet une surveillance à distance.

Tout défaut (détecté par les relais de défaut) active une alarme dans le local de surveillance situé à 10 kms de la station ; cela permet de déclencher l'intervention d'un opérateur de maintenance.

CODE : EQAVP	QUESTIONNAIRE	BTS ÉLECTROTECHNIQUE - AVANT PROJET	SESSION 2000
--------------	---------------	-------------------------------------	--------------

Description fonctionnelle :

La pré-étude du projet a conduit à modéliser la commande de l'installation (d'un point de vue système) par GRAFCET hiérarchisés, définis ci-dessous.

Les GRAFCET de sûreté, de modes de marches et de marche automatique de la Vis 1 (GRAFCET de spécifications fonctionnelles et d'un point de vue système) sont disponibles dans le **Cahier technique Doc 7**.

• GRAFCET de sûreté :

gestion des sécurités du système : arrêts d'urgences (**AU1** et **AU2**) et capteur de dépassement du niveau haut (**SPH**).

• GRAFCET de modes de marches :

choix du mode de marche (automatique ou manuel) :

- automatique, contrôlé par un A.P.I.;
- manuel (marche forcée), en logique câblée.

• GRAFCET de fonctionnement automatique de chaque vis (contrôlé par A.P.I.) :

En marche automatique, le fonctionnement des vis dépend :

- de la permutation journalière;
- du niveau d'eau dans le bassin d'arrivée;
- des défaillances éventuelles.

Conditions de fonctionnement de la Vis 1, en marche automatique :

• Jour pair : Vis 1 en fonctionnement normal, Vis 2 en secours

- la vis 1 est mise en marche si le niveau d'eau dépasse le seuil bas.
- Elle est arrêtée en fin de journée ou, pendant la journée, si le niveau d'eau descend au dessous du seuil bas et s'y maintient pendant au moins 10 mn.
- Le démarreur est en service et assure le démarrage progressif, le ralentissement quand l'arrêt est demandé et la protection du moteur pendant la marche.
- En cas de défaut, détecté par l'électronique du démarreur, la vis est arrêtée immédiatement.

• Jour impair : Vis 2 en fonctionnement normal, Vis 1 en secours

- La vis 2 assure le fonctionnement normal (identique à celui de la vis 1).
- Si un défaut se produit (sur la vis 2 ou le démarreur), la vis 1 est mise en marche en alimentation directe sur le réseau (sans le démarreur), après l'arrêt total de la vis 2. Elle assure le fonctionnement dans l'attente d'une intervention de l'opérateur chargé de la maintenance.
- Elle est arrêtée après acquittement du défaut survenu sur la vis 2 ou en fin de journée si le défaut n'a pas été acquitté.

Il vous sera demandé, dans cette partie, de préparer la programmation de l'API, uniquement pour la marche automatique de la Vis 1.

Pour information : Fonctionnement de la Vis 3 (à vitesse variable)

- Mise en fonctionnement de la vis et du variateur si le niveau est supérieur au seuil moyen.
- Si le niveau d'eau continue à monter (entre le niveau moyen et le niveau haut), la vis 3 fonctionne à vitesse variable.
- Si le niveau d'eau diminue, la vis 3 est mise à l'arrêt quand on atteint le seuil bas.

Tableau des pré-actionneurs :

Repère	Fonction
KM1D, KM1C KM2D, KM2C KM3D, KM3C	Contacteurs moteur Vis 1 Contacteurs moteur Vis 2 Contacteurs moteur Vis 3
RUND	RUND = 1 : marche démarreur (doit être activé pour démarrer, désactivé pour obtenir l'arrêt) l'ordre de marche du démarreur doit être donné 1 s après la fermeture du contacteur aval associé
RUNV	RUNV = 1 : marche variateur (doit être activé pour démarrer, désactivé pour obtenir l'arrêt) l'ordre de marche du variateur doit être donné 1 s après la fermeture du contacteur aval associé

Tableau des capteurs et variables internes :

Repère	Fonction
BSB	BSB = 1 si le niveau d'eau dépasse le seuil bas
BSM	BSM = 1 si le niveau d'eau dépasse le seuil moyen
BSH	BSH = 1 si le niveau d'eau dépasse le seuil haut
SPH	Poire haute : SPH = 1 en cas de dépassement important du seuil haut (capteur de sécurité)
SMM	Commutateur de modes de marche : Auto / Manuel
SV1 SV2 SV3	Commutateur marche manuelle Vis 1 Commutateur marche manuelle Vis 2 Commutateur marche manuelle Vis 3
AU1, AU2	Boutons poussoirs d'arrêts d'urgence
KAD1 KAD2 KAD3	Relais défaut moteur M1 , en alimentation directe Relais défaut moteur M2 , en alimentation directe Relais défaut moteur M3 KAD1 (2 ou 3) = 1 signale un défaut
KADD	Relais défaut associé au démarreur KADD = 1 signale un défaut du moteur alimenté par le démarreur ou un défaut interne du démarreur.
ACQD	Bouton poussoir "Acquittement défaut démarreur" : remise à 0 de KADD . après traitement du défaut
KADV	Relais défaut variateur KADV = 1 signale un défaut interne du variateur
BVN1 BVN2	Détecteur de vitesse nulle (BVN1 = 0 : Vis 1 à l'arrêt) BVN2 = 0 : Vis 2 à l'arrêt
K2D	Relais K2 démarreur K2D = 1 pendant le démarrage, le fonctionnement nominal et le ralentissement
JO	Variable Jour pair, impair : JO = 1 : vis 1 fonctionnement normal vis 2 fonctionnement secours JO = 0 : vis 2 fonctionnement normal vis 1 fonctionnement secours

Travail demandé :

QE : Utiliser la feuille réponse 6

Pour préparer la programmation de l'automate, on vous demande de représenter le GRAFCET de spécifications technologiques et d'un point de vue partie commande, correspondant au fonctionnement automatique de la Vis 1. On tiendra compte des données définies dans le cahier des charges, en respectant les repères des capteurs et pré-actionneurs proposés.

On rappelle que la structure d'un GRAFCET peut subir des modifications en fonction du niveau de détail représenté et du point de vue.

F : ÉLABORATION DU SCHEMA DES CIRCUITS DE COMMANDE DES CONTACTEURS

Données :

- Chaque vis doit pouvoir fonctionner :
 - en mode automatique commandé par des sorties T.O.R. de l'A.P.I. ;
 - en mode manuel commandé à partir du pupitre par des commutateurs rotatifs.
- La marche manuelle doit pouvoir être utilisée en cas de défaillance de la marche automatique. Dans ce mode de marche, chaque moteur est commandé directement à partir du pupitre et fonctionne en alimentation directe sur le réseau. Les sorties API sont rendues inopérantes par un verrouillage électrique.
- Tout défaut sur un départ moteur, détecté par un relais de défaut (**KAD1, 2, 3** ou **KADD**) doit être traité par une sécurité câblée sur l'alimentation de la bobine du contacteur correspondant.
- Prévoir une sécurité "chien de garde" en mode automatique.
(sortie automate : **O1,0**).
- Prévoir, si nécessaire, le verrouillage électrique des contacteurs.

QF : Utiliser la feuille réponse 7

- Élaborer le schéma complet du circuit de commande des contacteurs en fonction des données ci-dessus.