

BREVET DE TECHNICIEN SUPÉRIEUR
ÉLECTROTECHNIQUE

SESSION 2008

ÉPREUVE E4.2

Les fontaines du château de Versailles



DOSSIER QUESTIONNEMENT

- Ce dossier est à rendre agrafé au bas d'une copie.
- Le questionnement comporte 5 parties :
 - Partie A : Choix des nouveaux équipements hydrauliques
 - Partie B : Mise en œuvre de la vanne de régulation
 - Partie C : Positionnement de la vanne de régulation
 - Partie D : Régulation de niveau
 - Partie E : Exploitation de l'installation
- Il est conseillé de traiter les 5 parties dans l'ordre.
- Il est indispensable de lire au préalable le chapitre 1 du dossier technique.

PARTIE A : CHOIX DES NOUVEAUX ÉQUIPEMENTS HYDRAULIQUES

A1. ANALYSE DE L'INSTALLATION EXISTANTE

Le réseau hydraulique initial est représenté au chapitre 2 du dossier technique. Les altitudes des équipements sont données en mètres NGF, c'est-à-dire par rapport au Nivellement Général Français (niveau de la mer).

A1.1 Comment peut-on remplir le réservoir sous terre nord ? Indiquer les équipements concernés (réservoir, électrovannes...).

.....
.....
.....
.....

*Le réservoir étant rempli, les fontaines des différents bassins se trouvant à une altitude inférieure peuvent être alimentées.
Lors d'une journée de spectacle, le niveau du réservoir sous terre nord évolue selon la courbe donnée au chapitre 3 du dossier technique.*

A1.2 Pendant les grandes eaux, les vannes (10) et (32) restent ouvertes. Malgré cela, le niveau du réservoir sous terre nord diminue. Expliquer ce phénomène.

.....
.....
.....
.....

A1.3 Calculer le volume d'eau V_P perdu pendant les grandes eaux du matin (donc de 11H à 12H). En déduire la valeur Q_{VR} du débit supplémentaire (en m^3/h) qu'il faudrait amener pour maintenir le niveau constant.

.....
.....
.....
.....
.....
.....
.....
.....
.....
.....

A1.4 Vérifier que le débit calculé précédemment permettrait également de maintenir le niveau constant pendant les grandes eaux de l'après-midi (15H30 à 17H).

.....

.....

.....

.....

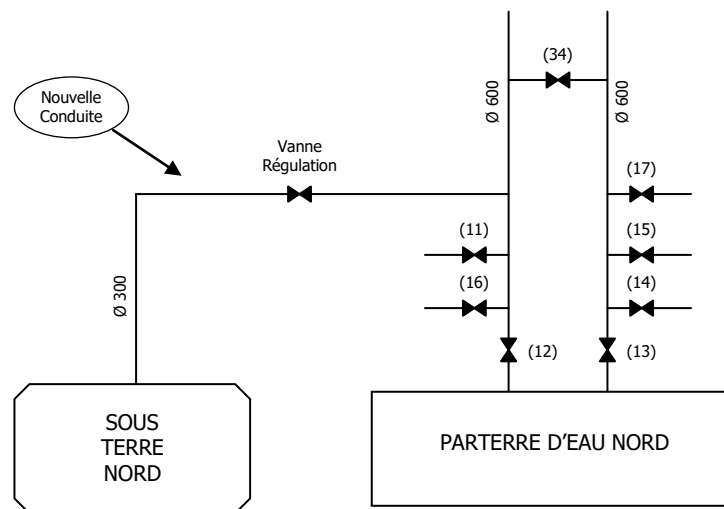
.....

.....

.....

A2. MODIFICATIONS APPORTÉES

Afin de maintenir le niveau constant dans le réservoir sous terre nord, la solution technique retenue consiste à réaliser une alimentation supplémentaire à partir du réservoir principal de Montbauron. Le débit dans cette nouvelle conduite sera réglable grâce à une vanne proportionnelle appelée vanne régulation. La position optimale de cette liaison est représentée ci-dessous :



A2.1 Calculer la durée d'utilisation T_u de la vanne régulation sur une journée de spectacle.

.....

.....

.....

.....

.....

Une étude hydraulique a montré que pour obtenir le débit voulu, il est nécessaire de choisir une conduite de diamètre nominal 0,3 m. La pression au niveau de la vanne ne dépasse pas 3 bars.

A2.2 Vérifier que les caractéristiques techniques et les conditions limites d'utilisation des vannes SAPAG MONOVAR® sont compatibles avec l'application (documents ressources pages 2 et 4).

.....
.....
.....
.....
.....
.....
.....
.....

Le débit de fuite correspond à l'écoulement résiduel lorsque la vanne est fermée.

A2.3 Calculer le débit de fuite Q_F de la vanne de régulation.

☞ Rappel : 1 bar = 10,193 mCE (mètres de colonne d'eau).

.....
.....
.....
.....
.....

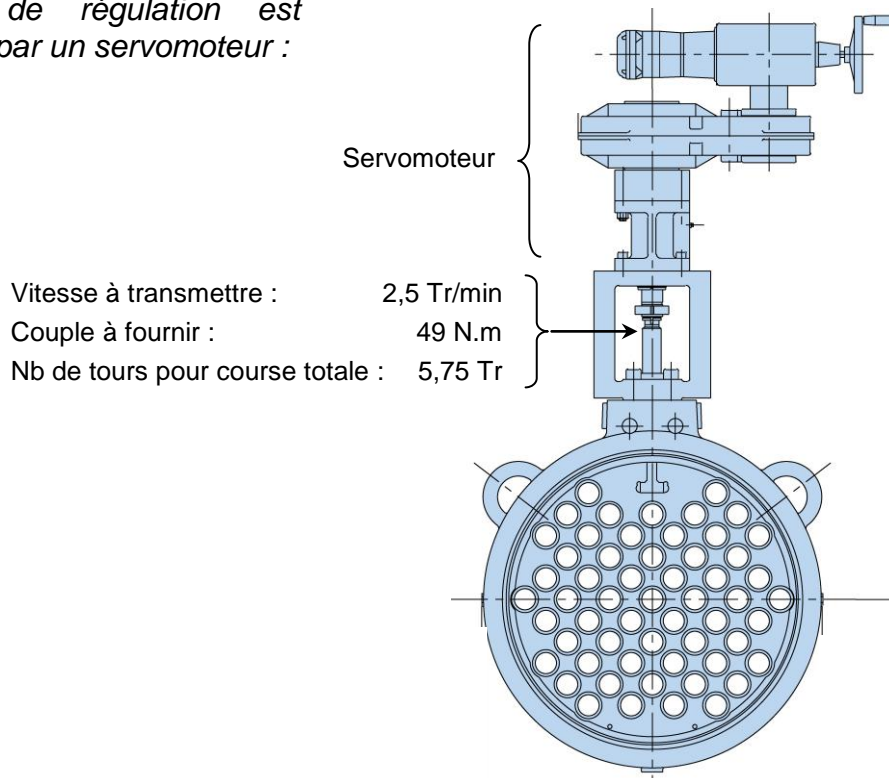
En amont de la vanne de régulation, on envisage de placer une vanne à commande tout ou rien (seulement deux positions : ouverte ou fermée), appelée vanne d'arrêt.

A2.4 Le choix de placer cette vanne est-il justifié ? Expliquer.

.....
.....
.....
.....
.....
.....

PARTIE B : MISE EN ŒUVRE DE LA VANNE DE RÉGULATION

La vanne de régulation est commandée par un servomoteur :



B1. CHOIX DU SERVOMOTEUR

B1.1 On impose au servomoteur de permettre d'atteindre au moins 100 positions différentes sur toute la course de la vanne. Selon la documentation BERNARD, déterminer la classe de régulation et justifier la réponse.

.....

.....

.....

.....

.....

B1.2 Déterminer le type de service (selon norme CEI 34-1) et le nombre de démarrages par heures que doit pouvoir supporter le moteur dans cette classe de régulation.

.....

.....

.....

.....

.....

B1.3 Choisir le type de servomoteur répondant au besoin. Justifier la réponse.

- ✍ Tableaux de choix dans le dossier ressources (servomoteurs BERNARD).
- ✍ Les principales données du problème ont été rappelées sur la figure de la page précédente.

.....

.....

.....

.....

.....

B2. CHOIX DE L'APPAREILLAGE ÉLECTRIQUE DE COMMANDE DU SERVOMOTEUR

Pour la commande du servomoteur, deux solutions sont envisagées :

- *Solution 1 : Commande par relais statiques CARLO GAVAZZI (solution préconisée dans la documentation BERNARD).*
- *Solution 2 : Commande par démarreur TeSys de SCHNEIDER (association disjoncteur-contacteur achetée montée).*

Dans les deux cas, la tension de commande devra être de 24 V continu.

Rappel : Le moteur absorbe 0,3 A en régime permanent (alimentation 3PH 400 V 50 Hz).

B2.1 Pour les deux solutions, choisir et donner les références complètes des matériels nécessaires à la commande et à la protection du servomoteur.

Solution 1 :

Solution 2 :

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

B2.2 Calculer le prix de revient de chaque solution, en utilisant les données suivantes :

☞ Pour la solution 1, le fournisseur consent une remise de 15%.

☞ Tarifs actuellement en vigueur :

Référence	Prix de l'U.D.V.	U.D.V. (Unité De Vente)
RR2 I 4005 •••	284,01 €	1
RR2 I 4015 •••	301,69 €	1
RR2 I 4030 •••	317,28 €	1
Fusible Ferraz Protistor 660 gRB •• (10×38)	3,49 €	1
Porte fusible unipolaire 10×38	3,75 €	1
Porte fusible bipolaire 10×38	7,24 €	1
Porte fusible tripolaire 10×38	10,33 €	1
GV2ME •• (de 02 à 10)	45,72 €	1
LC1D09 B7	26,77 €	1
LC1D09 BD	53,14 €	1
LC2D09 B7	77,44 €	1
LC2D09 BD	133,20 €	1
GV2 AF3	3,10 €	1
GV2 DM1 •• B7 (de 02 à 10)	75,26 €	1
GV2 DM1 •• BD (de 02 à 10)	102,68 €	1
GV2 DM2 •• B7 (de 02 à 10)	134,38 €	1
GV2 DM2 •• BD (de 02 à 10)	189,28 €	1

Solution 1 :

.....

Solution 2 :

.....

B2.3 Déterminer la durée de vie (en années) de chaque solution.

☞ Le spectacle des grandes eaux a lieu en moyenne 70 jours par an. Pendant une journée le servomoteur fonctionne pendant 2 H 30 min.

☞ Le nombre maximum de démarrages par heure du moteur est défini par la classe de régulation du dispositif.

☞ Les relais CARLO GAVAZZI peuvent assurer 90 millions de « manœuvres ».

☞ Le nombre maximal de manœuvres pour un contacteur LC2D09 est de 30 millions dans les conditions d'emploi de l'application.

.....

Solution 1 :

Solution 2 :

B2.4 Pour la suite, la solution 2 sera adoptée. Commenter ce choix en fonction des réponses données aux deux questions précédentes.

.....

.....

.....

.....

.....

.....

B3. RACCORDEMENT DU SERVOMOTEUR AU RÉSEAU ÉLECTRIQUE

Le chapitre 4 du dossier technique montre le schéma de l'installation dans sa version préliminaire. L'objectif des questions suivantes est de compléter ce schéma en réalisant les folios 12 et 13 du dossier questionnement. Ces folios seront réalisés en fonction des choix effectués précédemment, tout en respectant la cohérence globale du schéma (renvois de folios, repérage équipotentiel...).

Les servomoteurs régulation BERNARD sont livrés avec un boîtier de raccordement « S50000 ». Le modèle choisi comporte les options suivantes :

- *Limiteur d'effort.*
- *Résistance de chauffage (protection contre le gel), alimentation 230 VAC.*
- *Sécurité débrayage volant (en standard sur MA...).*
- *Transmetteur électronique de position 4-20 mA / 2 fils.*

B3.1 Sur le schéma donné page suivante, représenter le circuit de puissance de l'alimentation du moteur.

☞ La protection par disjoncteur-sectionneur magnéto-thermique sera identifiée par le code-repère 12Q01.

B3.2 Ajouter le code-repère du ou des contacteur(s), en cohérence avec le folio 21 (page 10 du dossier ressources) du schéma préliminaire.

B3.3 Toujours sur le schéma donné page suivante, représenter le raccordement de tous les contacts et indiquer le numéro de chaque fil.

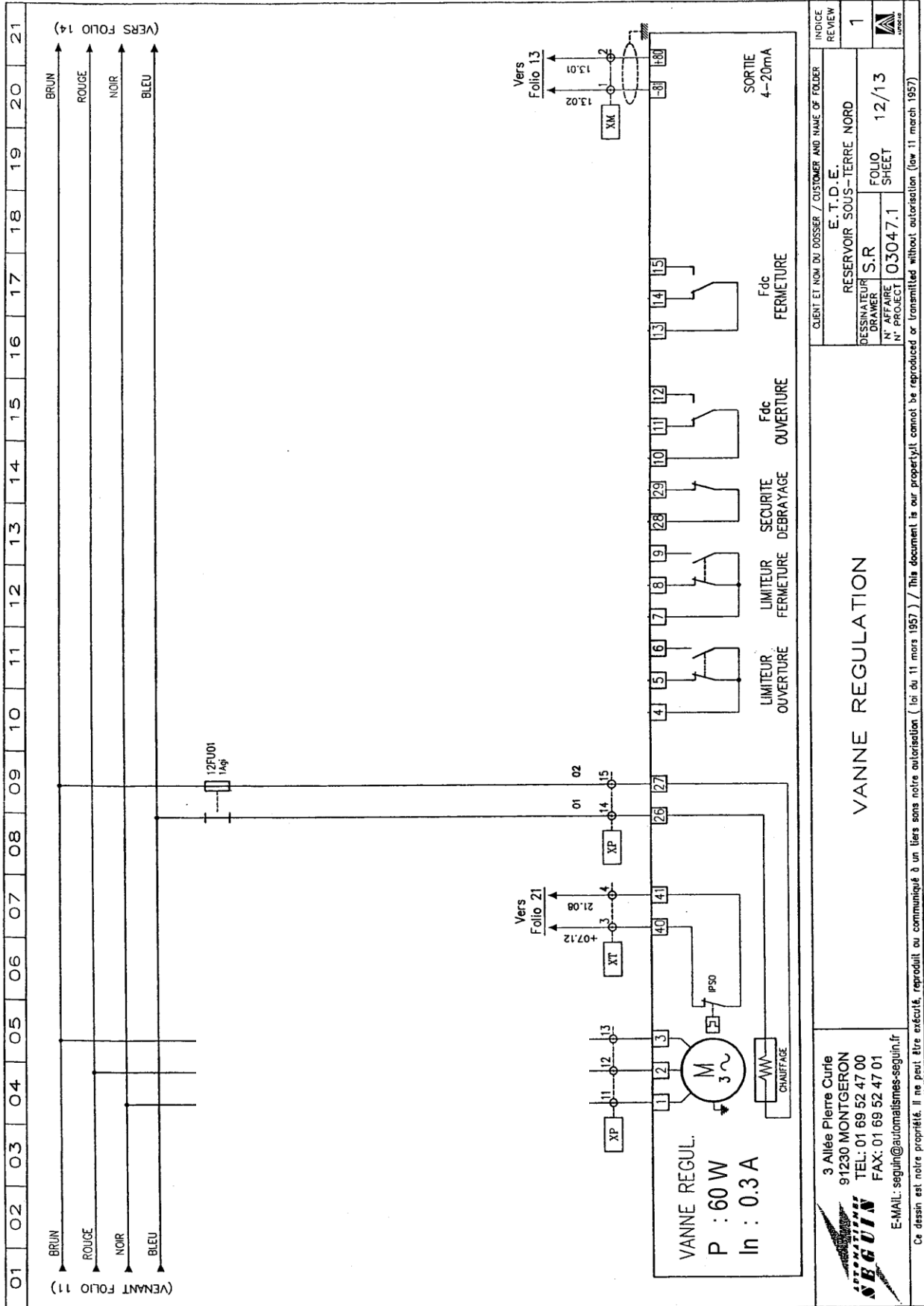
☞ Les règles de repérage des fils sont rappelées en début de schéma, folio 4 (page 8 du dossier ressources). Le repérage de IPS0 est déjà représenté.

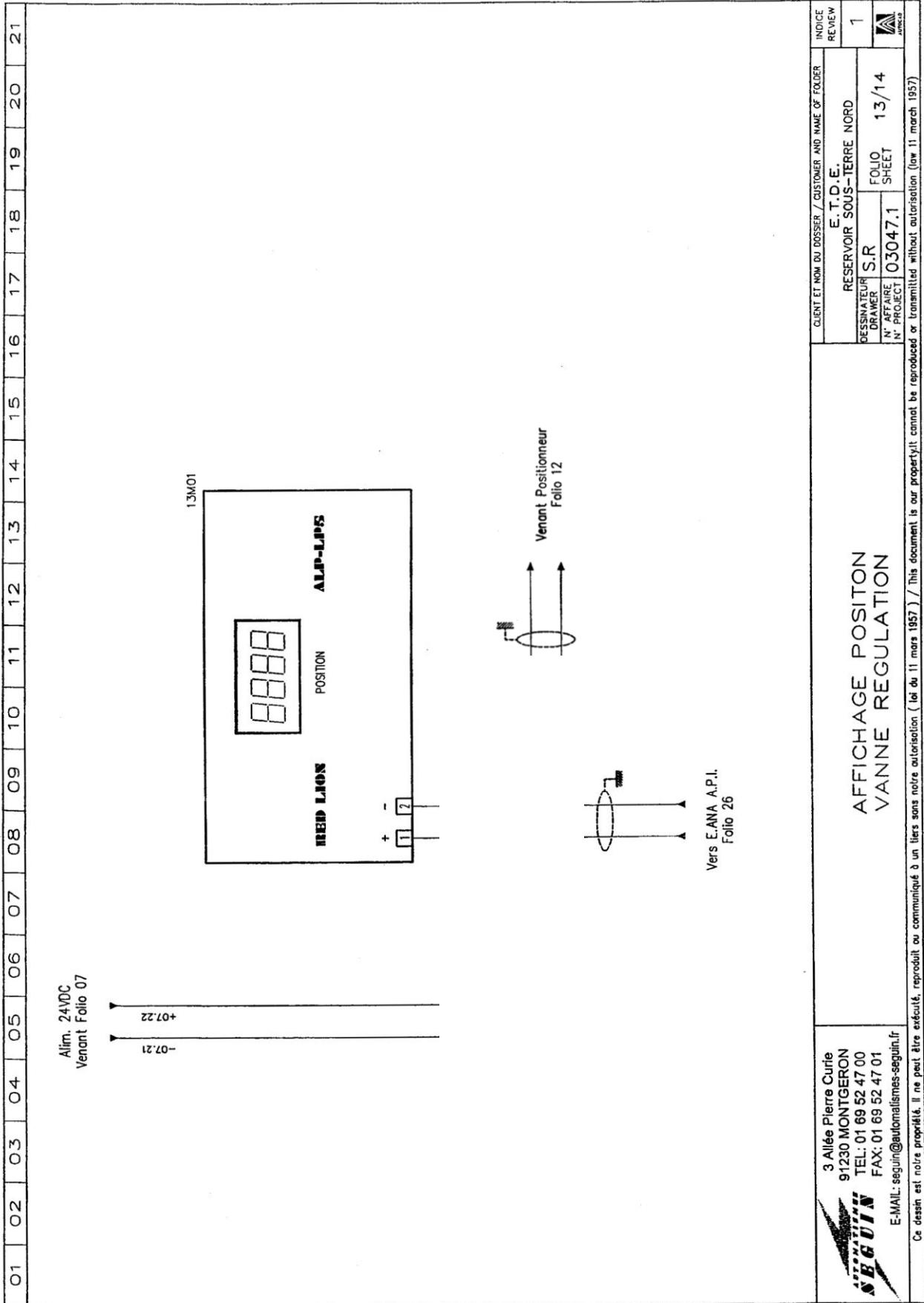
B3.4 Sur le schéma donné page 10 de ce dossier (folio 13), représenter le raccordement du transmetteur de position (boucle de courant 4-20 mA).

☞ L'afficheur et l'automate doivent tous les deux recevoir l'information de position de la vanne.

☞ L'entrée de l'afficheur RED LION est directement compatible 4-20 mA.

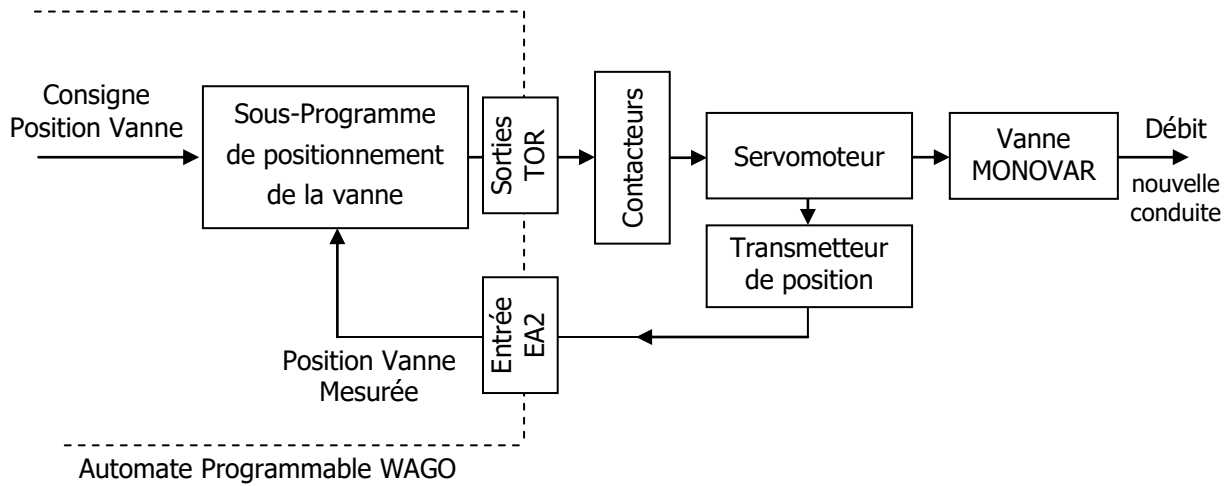
☞ L'entrée analogique de l'automate EA2 est directement compatible 4-20 mA.





PARTIE C : POSITIONNEMENT DE LA VANNE

La commande de positionnement est réalisée en boucle fermée. Ce système bouclé peut être représenté par :



L'étude de la chaîne cinématique du dispositif permet de trouver les deux relations :

$$X(t) = \frac{100}{138} \times t + X_0 \quad \text{Si le servomoteur tourne en sens direct (ouverture vanne)}$$

$$X(t) = -\frac{100}{138} \times t + X_0 \quad \text{Si le servomoteur tourne en sens inverse (fermeture vanne)}$$

X représente le pourcentage d'ouverture de la vanne.

X_0 correspond au pourcentage initial d'ouverture de la vanne.

t représente le temps exprimé en secondes.

Le sous-programme de positionnement est donné ci-dessous :

```

si ( Position_mesurée < ( Consigne_position - Bande_morte ) )
    alors Commande_ouverture := 1 ;
    sinon Commande_ouverture := 0 ;
fin du si ;

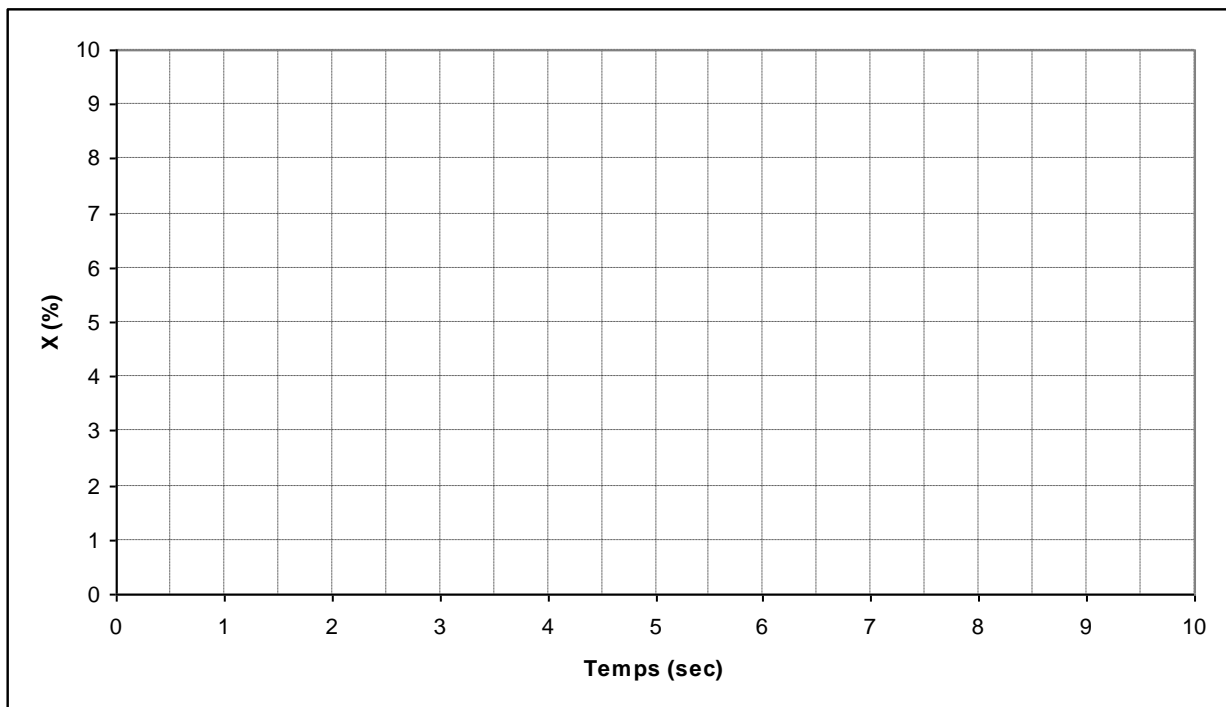
si ( Position_mesurée > ( Consigne_position + Bande_morte ) )
    alors Commande_fermeture := 1 ;
    sinon Commande_fermeture := 0 ;
fin du si ;

```

La valeur de la variable *Bande_morte* est fixée à 1 (donc 1%).

C.1 Représenter ci-dessous l'évolution de la position de la vanne lorsque l'on applique une consigne fixe de 5% à partir d'une position initiale de 0%.

☞ On admettra que la vanne garde sa position si le servomoteur ne tourne pas (lorsque l'on ne commande ni l'ouverture ni la fermeture).



C.2 Déterminer l'écart ΔX entre la consigne et la position réellement obtenue.

.....

.....

.....

.....

C.3 Tracer sur le graphe question C.1 l'évolution de la position de la vanne lorsque l'on applique une consigne fixe de 5% à partir d'une position initiale de 10%. En déduire l'écart $\Delta X'$ entre la consigne et la position réellement obtenue.

.....

.....

.....

C.4 Quelle est l'influence de la valeur de la variable Bande_morte sur la précision du positionnement ?

.....

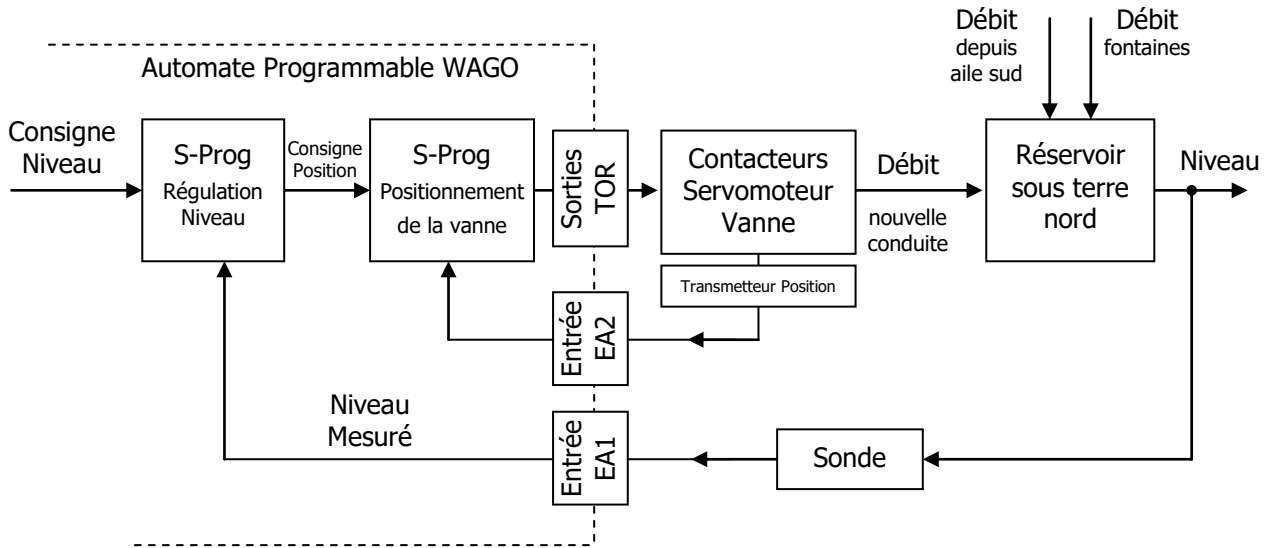
.....

.....

.....

PARTIE D : RÉGULATION DE NIVEAU

En mode automatique, le système doit réaliser une régulation de niveau. L'ensemble peut se représenter par :



Le niveau dans le réservoir sous terre nord sera mesuré à l'aide d'une sonde délivrant un courant I_s compris dans la plage 4-20 mA. Le calibrage de cette sonde permettra d'obtenir $I_s = 4 \text{ mA}$ pour un niveau $N_{MIN} = 0 \text{ m}$ et $I_s = 20 \text{ mA}$ pour un niveau $N_{MAX} = 2 \text{ m}$.

La sonde sera raccordée à un module automate Wago 750-454 (Entrée EA1). Voir documentation Wago dans le dossier ressources page 13.

D.1 Déterminer les valeurs du mot transféré à l'unité centrale pour N_{MAX} et N_{MIN} (Donner les valeurs en décimal).

.....

.....

D.2 Selon la documentation du module Wago 750-454, les 16 bits du mot ne sont pas tous utilisés pour quantifier la grandeur à mesurer. Combien de bits servent seulement à cette quantification ? Justifier.

.....

.....

.....

D.3 À partir du résultat de la question précédente, calculer la variation minimum détectable de niveau d'eau dans le réservoir (l'erreur de mesure de la sonde sera négligée).

.....

.....

.....

.....

En début du sous-programme de régulation on propose d'écrire la ligne suivante :

Niveau_mesuré := WORD_TO_REAL (Mot_Entrée_Ana_EA1) * INT_TO_REAL(2000) / INT_TO_REAL(32760) ;

Les définitions des types de données standard sont rappelées dans le dossier ressources (pages Wago).

D.4 Déterminer les valeurs de la variable Niveau_mesuré pour N_{MIN} et N_{MAX}. Justifier votre réponse et préciser l'unité de ces valeurs.

.....

.....

.....

.....

.....

La régulation de niveau est réalisée en utilisant un bloc régulateur de type PID (voir documentation Wago).

D.5 Sur quelles entrées du bloc doit-on placer les variables Consigne_niveau et Niveau_mesuré ?

.....

.....

.....

L'étude théorique des performances du système bouclé a montré la nécessité d'utiliser un correcteur ayant la fonction de transfert suivante :

$$C(p) = A \times \left[1 + \frac{1}{Ti \cdot p} + Td \cdot p \right]$$

D.6 A partir de la documentation constructeur, montrer que le bloc régulateur PID Wago peut réaliser la correction désirée. Sur quelles entrées doit-on affecter respectivement les grandeurs A, Ti et Td ?

.....

.....

.....

.....

.....

PARTIE E : EXPLOITATION DE L'INSTALLATION

Le programme assurant la gestion du fonctionnement automatique sera implanté dans la mémoire du module de base Wago (programmation avec WAGO-I/O-PRO).

Ce module devra également permettre la communication avec la supervision (voir dossier technique chapitre 5 page 13).

E.1 Donner la référence du module (N° de produit Wago page 16 du dossier ressources) réalisant les deux fonctions énoncées ci-dessus. Justifier la réponse.

.....
.....
.....
.....

La longueur de la galerie reliant le service des fontaines à l'armoire du réservoir sous terre nord-est de 270 m. La longueur de la galerie reliant cette armoire à celle des réservoirs de l'aile est de 260 m.

E.2 Avec ces données et les caractéristiques de l'automate, montrer que le choix de placer un switch dans l'armoire du réservoir sous terre nord-est judicieux.

.....
.....
.....
.....
.....

E.3 Selon l'architecture générale prévue, déterminer le nombre minimum de ports de ce switch. Justifier la réponse.

.....
.....
.....

Au château de Versailles, de nombreuses liaisons réseau sont réalisées en fibre optique de 62,5/125 µm.

E.4 Avec le switch utilisé, vérifier que cette fibre permet de réaliser des liaisons suffisamment longues pour l'application étudiée.

.....
.....
.....

Les connecteurs placés en bout de fibre optique seront de type MTRJ. Le switch sera monté sur un rail DIN dans l'armoire.

E.5 Déterminer la référence complète du switch (code commande).

.....
.....
.....

Les câbles du réseau de transmission seront posés sur des chemins de câble dans les galeries souterraines et seront constitués de 4 fibres optiques 62,5/125 μm (voir documentation ACOME dans le dossier ressources page 19 du dossier ressources). La grande majorité du parcours est humide et la présence de rongeurs n'est pas à exclure.

E.6 Déterminer la référence du câble et donner son coût au km.

.....
.....

E.7 Quelle partie du câble assure la protection IPA ?

.....
.....
.....

E.8 Si l'on plaçait les câbles dans des conduits (donc inaccessible aux rongeurs), quel type de câble pourrait-on utiliser ? Donner la référence et le coût au km.

.....
.....
.....

Grâce à la liaison avec la supervision on peut désormais observer à distance l'évolution du niveau d'eau du réservoir sous terre nord.

- E.9 Le graphe ci-dessous montre cette évolution pendant un spectacle des grandes eaux. Que peut-on dire de la qualité des jeux d'eau des fontaines du bassin de Latone ? Expliquer.

.....

.....

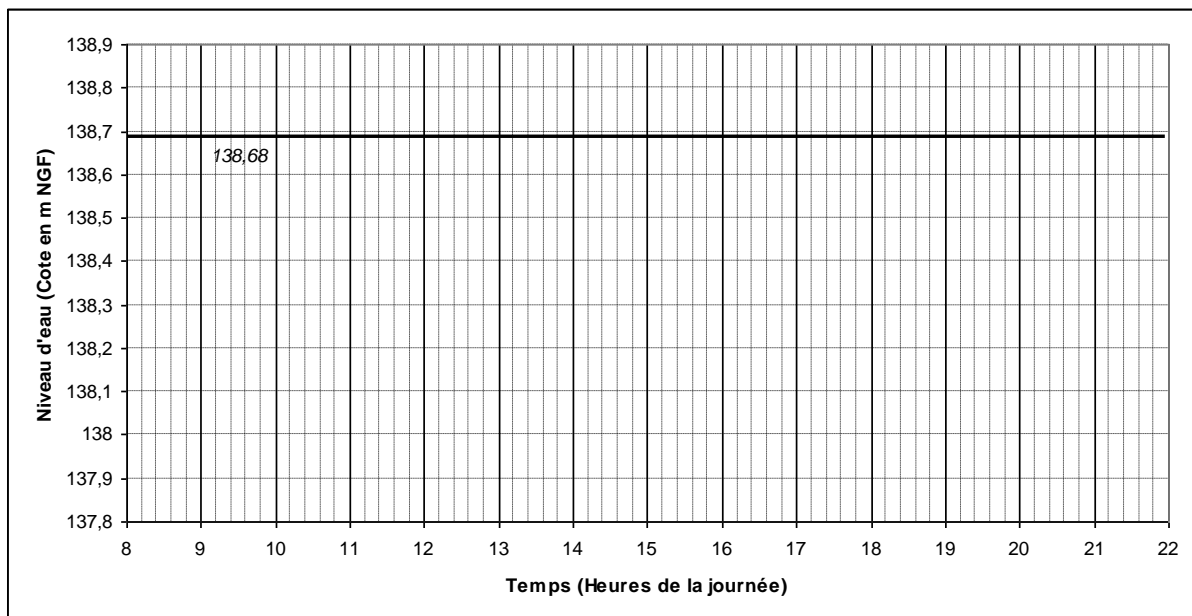
.....

.....

.....

.....

Niveau d'eau en fonction du temps sur l'installation après modifications :



- Fin du dossier questionnement -



Emplacement pour l'agrafage de ce dossier à la copie d'examen.

