

SESSION 2010

**CAPLP
CONCOURS EXTERNE
ET CAFEP**

**Section : GÉNIE ÉLECTRIQUE
Option : ÉLECTROTECHNIQUE ET ÉNERGIE**

SCIENCES ET TECHNIQUES INDUSTRIELLES

Durée : 6 heures

Calculatrice électronique de poche - y compris calculatrice programmable, alphanumérique ou à écran graphique - à fonctionnement autonome, non imprimante, autorisée conformément à la circulaire n° 99-186 du 16 novembre 1999.

L'usage de tout ouvrage de référence, de tout dictionnaire et de tout autre matériel électronique est rigoureusement interdit.

Dans le cas où un(e) candidat(e) repère ce qui lui semble être une erreur d'énoncé, il (elle) le signale très lisiblement sur sa copie, propose la correction et poursuit l'épreuve en conséquence.

De même, si cela vous conduit à formuler une ou plusieurs hypothèses, il vous est demandé de la (ou les) mentionner explicitement.

NB : *Hormis l'en-tête détachable, la copie que vous rendrez ne devra, conformément au principe d'anonymat, comporter aucun signe distinctif, tel que nom, signature, origine, etc. Si le travail qui vous est demandé comporte notamment la rédaction d'un projet ou d'une note, vous devrez impérativement vous abstenir de signer ou de l'identifier.*

Tournez la page S.V.P.

A

RENOVATION D'UN PONT LEVANT

Composition du sujet : le sujet comporte trois dossiers

Dossier de présentation

Présentation du système : 3 pages numérotées de 1/4 à 4/4
Scénario du sujet : 1 page 1/1

Dossier travail demandé :

L'épreuve comporte 5 parties indépendantes :

- Partie A :** Dimensionnement du moteur de levée principal (pages A1/3 à A3/3).
- Partie B :** Etude de la motorisation de la levée du pont (pages B1/4 à B4/4).
- Partie C :** Perturbations harmoniques sur le réseau (pages C1/6 à C6/6)
- Partie D :** Compatibilité électromagnétique (pages D1/4 à D4/4)
- Partie E :** Communication et supervision (pages E1/6 à E6/6)

Dossier technique :

15 pages DT1 à DT15

Conseils aux candidats :

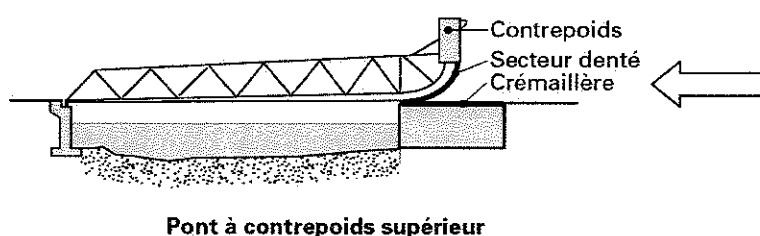
Les différentes parties du sujet sont indépendantes. De nombreuses questions sont elles mêmes indépendantes. Une lecture attentive de l'ensemble s'avère nécessaire avant de composer.
Il sera tenu compte de la cohérence avec laquelle les candidats traiteront chaque partie, le jury préférant une réflexion d'ensemble de la partie abordée à un éparpillement des réponses.
Il est demandé de présenter clairement les calculs, de dégager et d'encadrer les résultats relatifs à chaque question, d'utiliser les notations du sujet. La qualité des réponses (utilisation d'une forme adaptée pour présenter le résultat, justification du résultat, expression écrite...) sera prise en compte dans l'évaluation.

PONT LEVANT À CRÉMAILLÈRE DU PORT MARITIME DE DUNKERQUE



Le pont levant du port de Dunkerque a été construit en 1934 et 1935. Il a été réhabilité une première fois entre 1960 et 1963, une seconde fois en 1973. C'est un ouvrage de type «SCHERZER», dit « à contrepoids supérieur ». Sa portée est de 45 mètres. Il comprend une chaussée de 7 mètres de large et des trottoirs de chaque côté.

Principe de fonctionnement des ponts levants de type SCHERZER :



Le mouvement de bascule se fait par roulement d'un secteur denté circulaire sur une crémaillère fixée au sol.

L'ouvrage recule en même temps qu'il pivote.

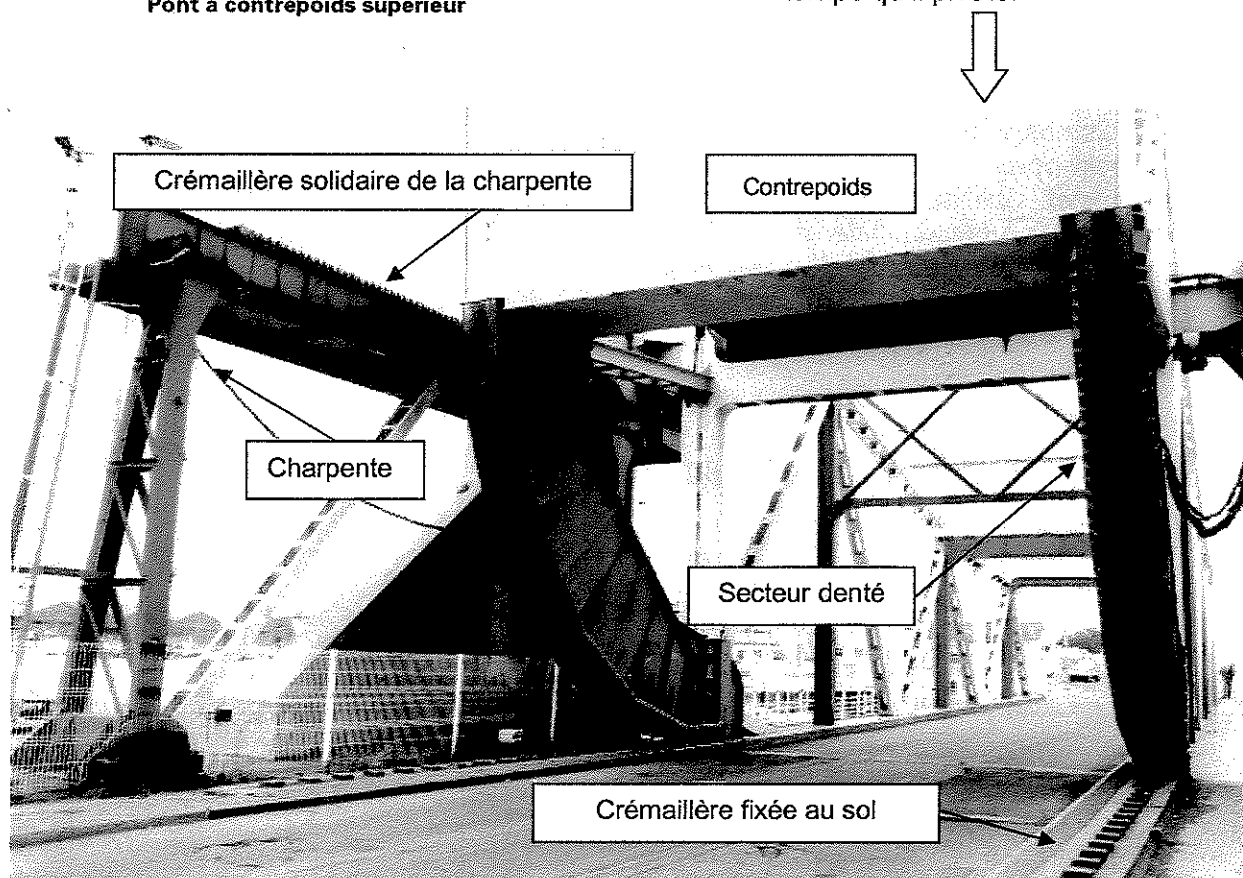


Figure 1

Le déplacement de l'ouvrage est obtenu par engrènement des pignons de sortie de l'ensemble motoréducteur, sur des crémaillères horizontales solidaires de la charpente (figure 1 et figure 3)

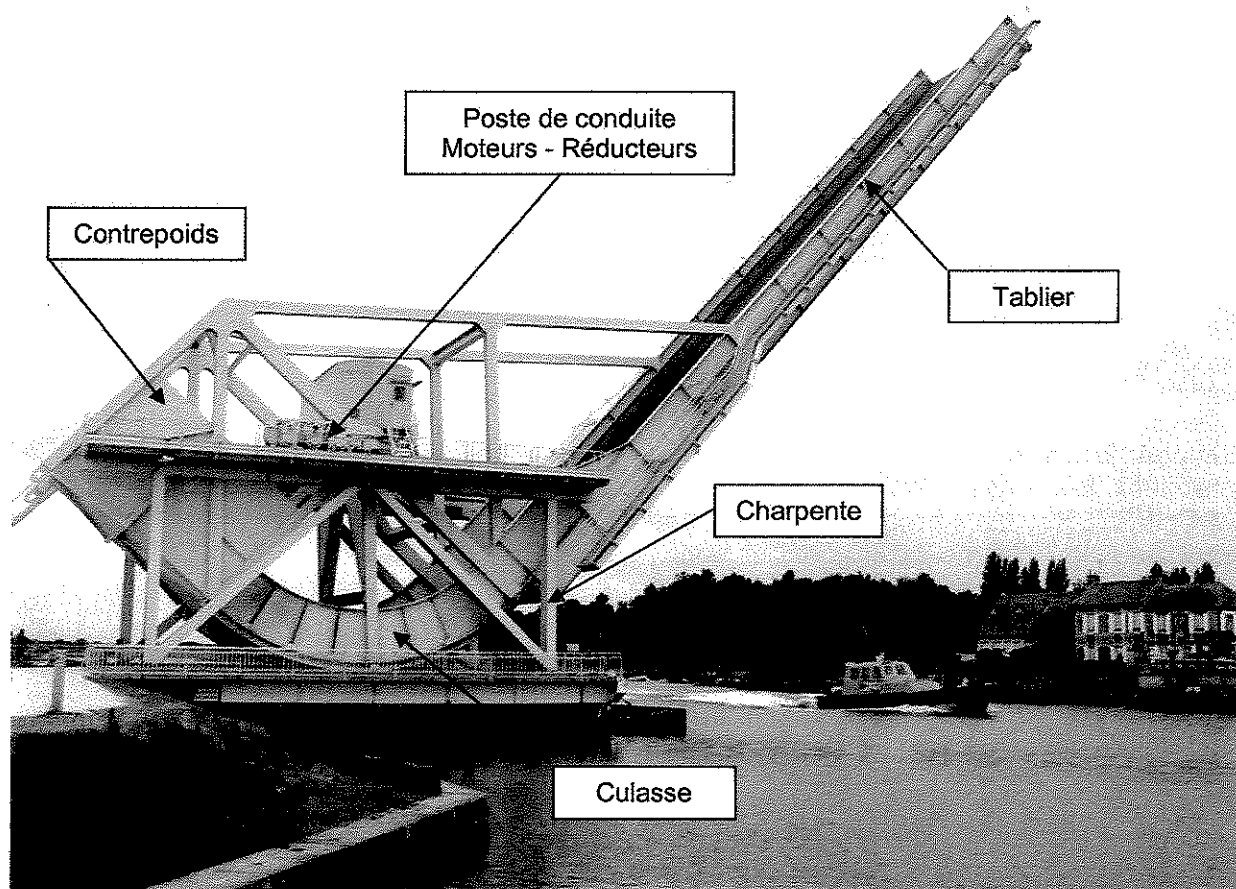


Figure 2

La chasse au poids est l'un des soucis permanents du concepteur de pont mobile. Tout gain de poids a un effet bénéfique évident sur la valeur du contrepoids, la dimension des mécanismes, la puissance motrice et les fondations.

Le contrepoids a sa masse fixée par l'équilibre statique. Pour réduire son impact sur le volume des « caisses à lest », on met en œuvre des lests à haute densité.

Le vent est un facteur déterminant dans l'étude de la stabilité du pont et la détermination de la puissance utile lors des manœuvres de basculement.

Les dispositifs de verrouillage sont nombreux : des verrous de blocage du tablier pour les positions « en service » et « fermée » stabilisent l'ouvrage respectivement sous les effets de surcharges et de vent.

Caractéristiques techniques du pont de Dunkerque (extraits) :

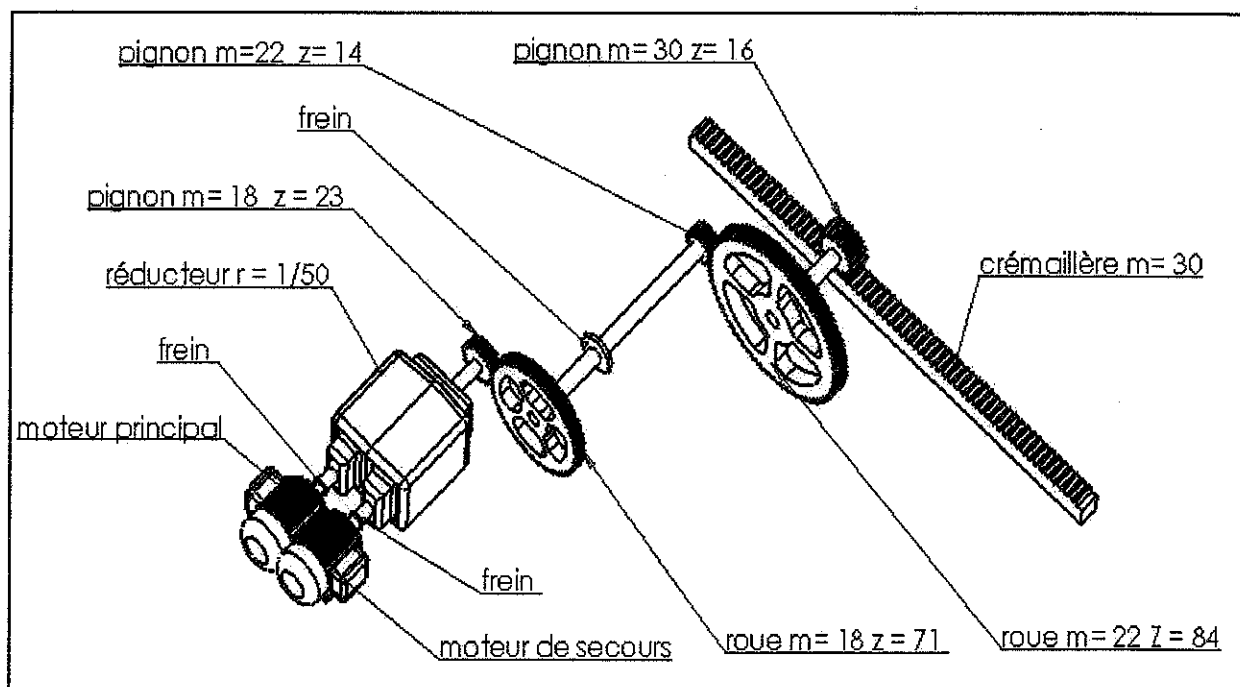
▪ Largeur totale :	10,896 m
▪ Largeur de chaussée :	7 m
▪ Largeur des trottoirs :	2 x 1,20 m
▪ Largeur entre axe de roulement :	8,2 m
▪ Rayon de roulement du secteur denté circulaire :	8 m
▪ Hauteur totale du pont en position relevée (par rapport à la chaussée) :	53 m
▪ Angle de relevage maximum de la travée :	85°
▪ masse du tablier :	190 T
▪ Masse de la culasse :	62 T

MECANISME DE BASCULEMENT :

- Le basculement de l'ensemble mobile est assuré par un motoréducteur de puissance 132 kW à 1500 tr.min^{-1}
- En cas de défaillance du moteur principal, un moteur de secours (Puissance 15 kW à 1500 tr.min^{-1}) assure la manœuvre du pont.
- Un dispositif d'accouplement débrayable permet d'assurer manuellement la commutation entre le moteur principal et le moteur de secours.
- Chaque moteur est équipé de son propre dispositif de freinage (frein de service)
- Deux freins de secours agissent directement sur les arbres de transmission, entre le réducteur et les crémaillères d'entraînement.

SCHEMA DE LA TRANSMISSION DE PUISSANCE (pour une crémaillère horizontale)

Figure 3



Extrait du cahier des clauses techniques particulières (CCTP) :

PERFORMANCES :

- Temps de manœuvre : 120 s au total
 - 7s pour l'accélération,
 - 106 s pour le régime établi,
 - 7 s pour la décélération.
- Nombre de cycle : 4000 par an (ouverture et fermeture)
- Durée de vie : 30 ans
- Freinage mécanique : $t < 1,1 \text{ s}$ correspondant à débattement de 400 mm en bout de volée

LIMITES DE FONCTIONNEMENT :

Le pont doit être manœuvrable sous l'action d'un vent maximum de 100 km.h⁻¹

L'effort maximum agissant sur le mécanisme est variable suivant la force du vent et l'angle de positionnement de la volée. Cet effort est calculé suivant les prescriptions des règles « Neige et Vent 1965 » (NV65), édition 1997.

La sûreté de fonctionnement (verrouillage du pont) est assurée par l'intermédiaire de deux vérins électriques.

Les enjeux de la rénovation :

La vétusté du matériel entraînant des dysfonctionnements répétés, le trafic fluvial est de plus en plus fréquemment perturbé.

Les matériels sont anciens, les opérations de maintenance deviennent de plus en plus onéreuses et le département d'exploitation des ouvrages a décidé de moderniser le pont levant.

2 enjeux majeurs ont été fixés :

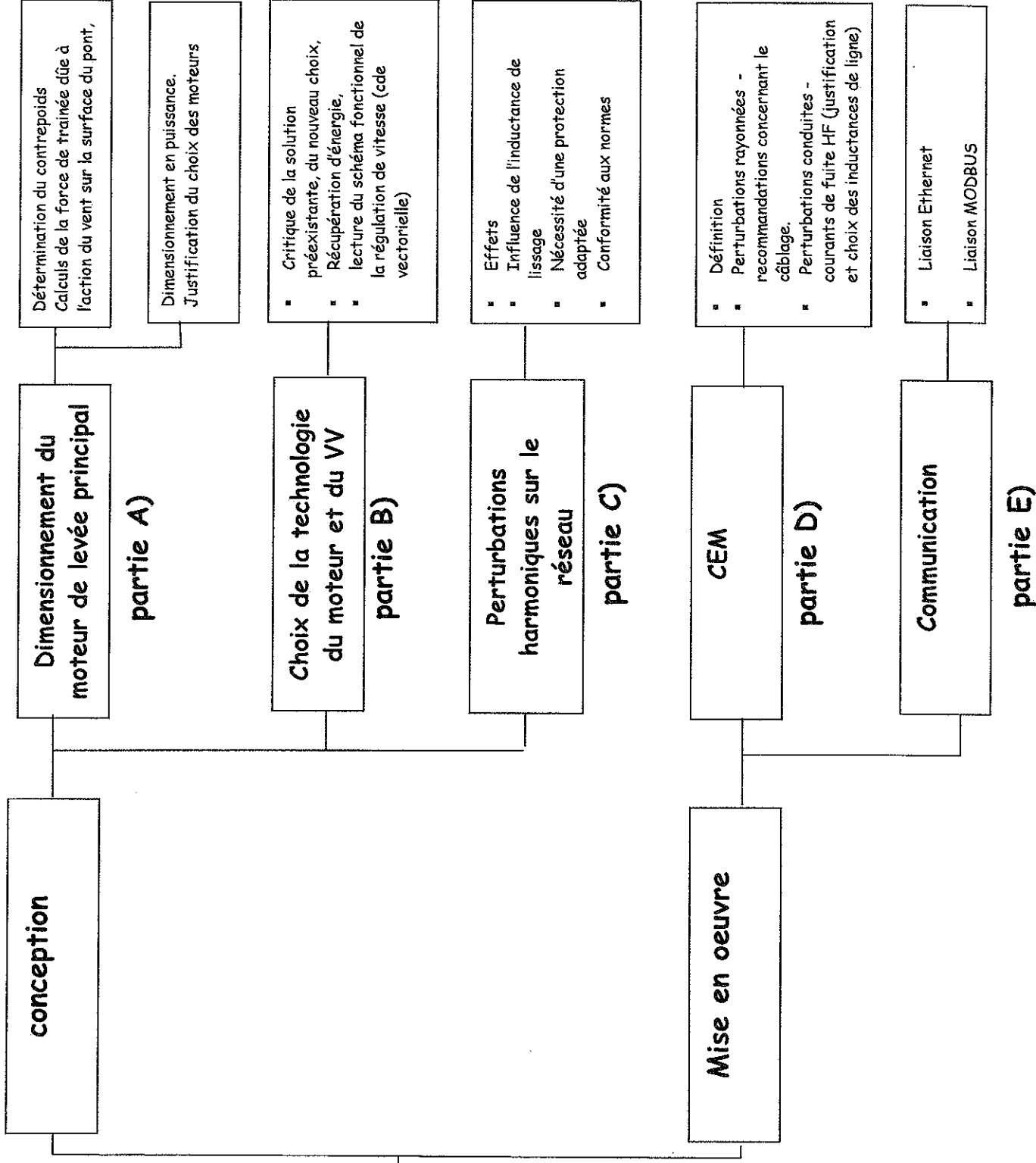
- L'amélioration de la sécurité, de la fiabilité du système et de la fluidité du trafic portuaire.
- La diminution du nombre d'opérations de maintenance et l'ajout de nouvelles fonctionnalités en communication et supervision.

Scénario du sujet :

(page 1/1)

- Enjeux :**
- amélioration de la fiabilité et de la maintenabilité
 - nouvelles fonctions de communication et de supervision

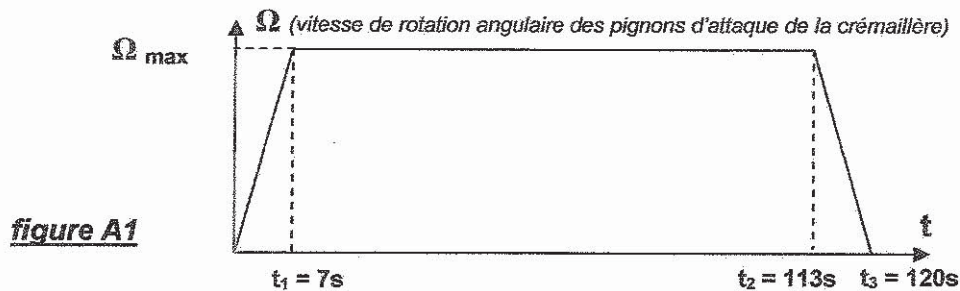
Rénovation du pont levant



Partie A : Dimensionnement de la motoristaion

Rappel : Le cahier des clauses techniques particulières impose :

1. La manoeuvrabilité du pont sous l'action d'un vent de 100 km.h^{-1} .
2. Un temps de manoeuvre maximal (ouverture ou fermeture) fixé à 120 s au total, dont :
 - 7s pour l'accélération (mouvement uniformément accéléré)
 - 106 s pour le régime établi,
 - 7s pour la décélération (mouvement uniformément décéléré)



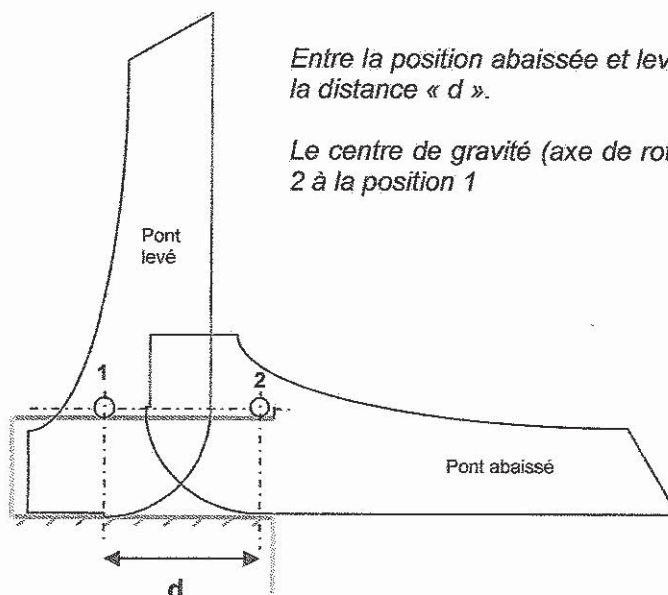
L'objectif de cette première partie sera, à partir de l'étude de la structure du pont, de l'action du vent et des caractéristiques de la chaîne cinématique :

- de déterminer la masse du contrepoids à installer sur la culasse.
- de calculer la force de trainée.
- de déterminer l'effort exercé sur les crémaillères fixées au sol.
- de justifier la puissance retenue pour le moteur principal et le moteur de secours

A.1. Détermination de la masse du contrepoids à installer sur la culasse :

Le principe de fonctionnement du pont levant SCHERZER repose sur l'équilibre exact des masses en mouvement. L'équilibre est obtenu à l'aide du contrepoids installé sur la culasse mobile du pont. Cette conception permet de réduire au plus juste la puissance du moteur d'entraînement.

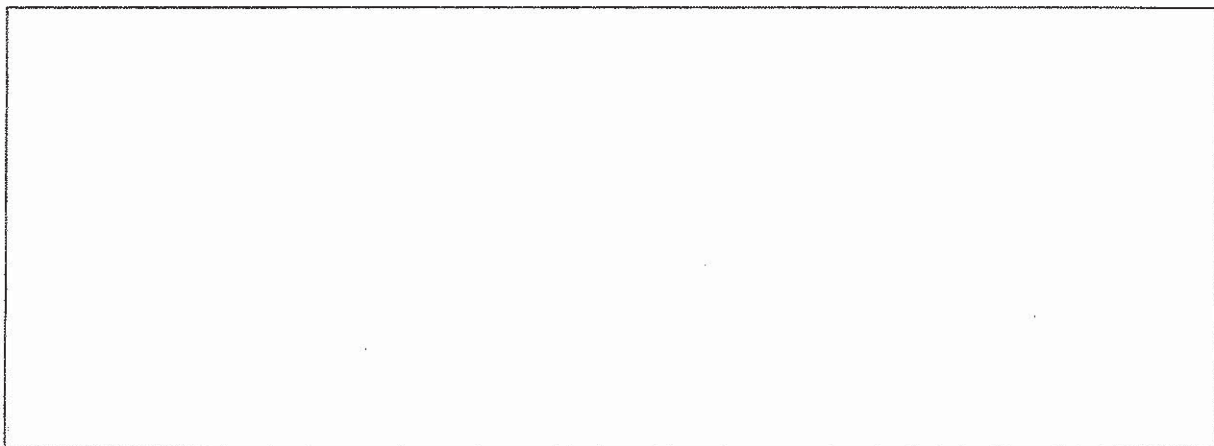
On admettra que durant toute la manoeuvre, le centre de gravité de la structure mobile reste exactement confondu avec son axe de rotation (voir ci-dessous)



Entre la position abaissée et levée, la structure mobile a reculé de la distance « d ».

Le centre de gravité (axe de rotation) s'est déplacé de la position 2 à la position 1

Estimer la masse du contrepoids permettant de réaliser la condition d'équilibre énoncée ci-dessus (les hypothèses géométriques nécessaires seront précisées par le candidat) .



A.1. Détermination de l'action du vent sur le pont (calcul de la force de trainée) :

L'action du vent sur le pont peut être définie comme étant la résultante des effets ponctuels produits lorsqu'il rencontre un obstacle. Ces effets dépendent étroitement de paramètres liés aux caractéristiques de l'air (masse volumique, pression atmosphérique, température, etc.), et de l'obstacle (forme, dimensions, état de surface, rugosité, etc.).

La connaissance de cette action et plus particulièrement de sa composante horizontale appelée « force de trainée », est prépondérante pour le dimensionnement de la motorisation.

La force de trainée, exprimée en Newton, est donnée par l'expression :

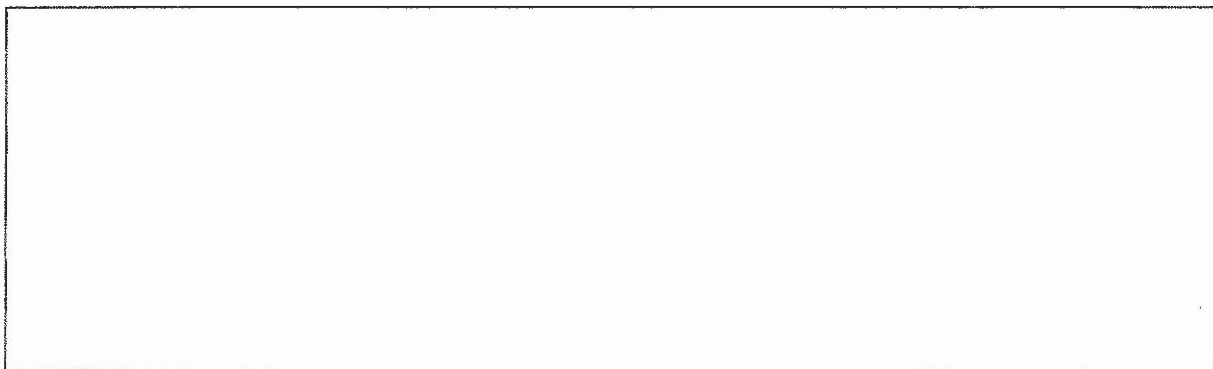
$$F_t = \frac{1}{2} \rho \cdot S \cdot v^2 \cdot C_t$$

- ρ est la masse volumique de l'air en kg/m^3 , on prendra $\rho = 1,3 \text{ kg.m}^{-3}$
- S est la surface nette, c'est à dire la surface, en m^2 , de la projection de la surface considérée sur un plan perpendiculaire à la direction du vent.
- v est la vitesse du vent en m.s^{-1}
- C_t est le coefficient de trainée (coefficient aérodynamique spécifique à la surface), sans unité

Pour le calcul de la surface nette, on appliquera un coefficient global de 0,45 afin de tenir compte des caractéristiques spécifiques aux composants de la structure (chaussée en caillebotis, trottoirs en panneaux pleins, structure supérieure en treillis profilés, etc.)

Le C_t du pont étudié est estimé à 1,3.

- Calculer la surface nette.
- Calculer la force de trainée maximale (pour un vent de 100 km.h^{-1})



A.2. Justification de la puissance des moteurs :

La rotation de la travée mobile est limitée à 85° pour un rayon de roulement égal à 8 mètres. Le profil de vitesse est défini figure A1.

A.2.1. Calculer, avec la force de trainée maximale, le couple exercé sur chacune des crémaillères fixées au sol.

A.2.2. Déterminer la vitesse de rotation du secteur denté sur la crémaillère fixée au sol.

A.2.3. Déterminer le rapport de réduction global entre l'arbre de sortie moteur et la roue dentée.

A.2.4. Dédire des calculs précédents la puissance mécanique nécessaire à la manœuvre du pont dans les conditions les plus défavorables. On considérera que le rendement de l'ensemble de la chaîne réducteur-pignons-crémaillères est égal à 90 %

A.2.5. En déduire le coefficient de sécurité k_s appliqué par le constructeur au dimensionnement de la motorisation.

Le moteur de secours, utilisé par vent nul en cas de défaillance du moteur principal, a une puissance de 15 Kw.

A.2.6 Justifier la puissance de ce moteur. Argumenter votre réponse.

Partie B : Etude de la motorisation de la levée du pont:

B.1. Choix de la technologie moteur :

L'un des enjeux fixés pour cette rénovation est l'amélioration de la fiabilité du système ainsi que la diminution du nombre des opérations de maintenance.

Concernant le moteur principal de levée le choix s'est porté sur un moteur asynchrone triphasé de 132 kW, associé à un variateur de vitesse à commande vectorielle de flux avec capteur.

La solution retenue permet de répondre à l'enjeu fixé ?

Justifier votre réponse. Argumenter au regard des critères (liste non exhaustive) proposés ci-dessous.

- La robustesse,
- la maintenance,
- le refroidissement,
- les puissances massique et volumique,
- le coût du moteur,
- la complexité, le coût du variateur associé,
- la nécessité d'un capteur de position,
- les performances dynamiques,
- la précision,
- la maîtrise du couple à basse vitesse et à l'arrêt,
- la possibilité de récupération d'énergie,
- ...

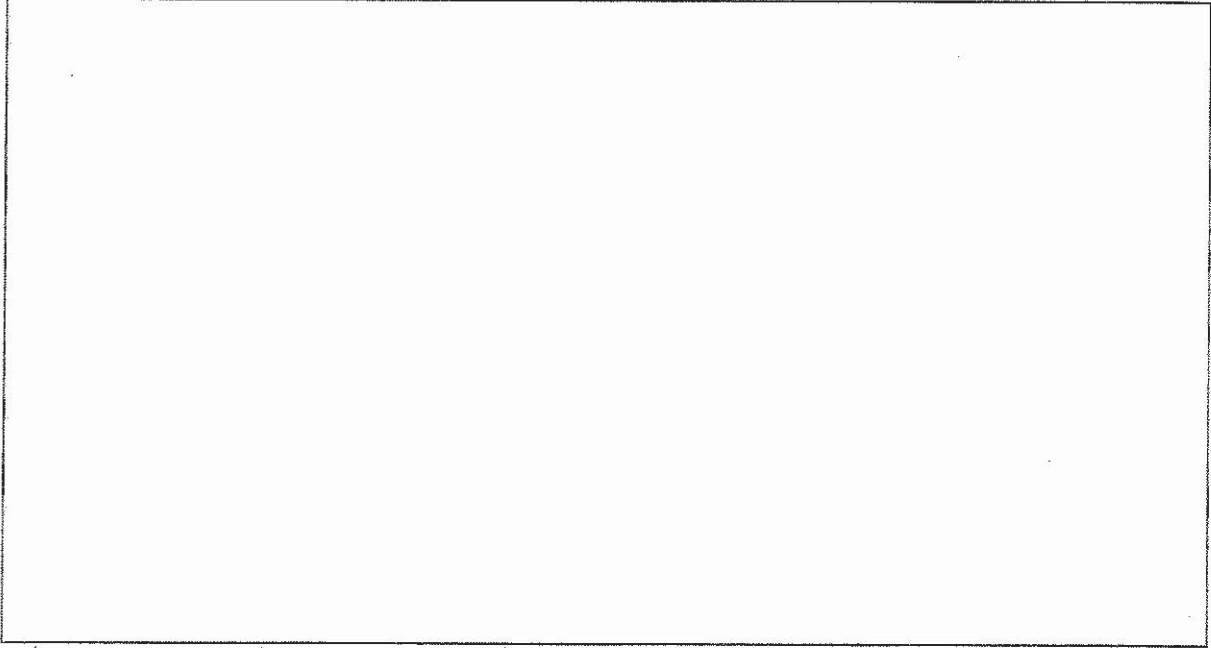
B.2. Récupération d'énergie :

Le schéma développé de puissance (alimentation du moteur) est donné document n°1 page DT1

La structure du variateur permet-elle la récupération d'énergie de freinage sur le réseau ? Justifier votre réponse.

Préciser les éléments permettant de rendre ce freinage possible et modulable.

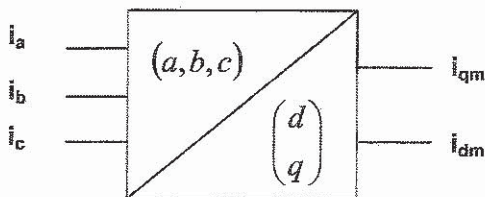
Réaliser un schéma structurel mettant en évidence ces éléments.



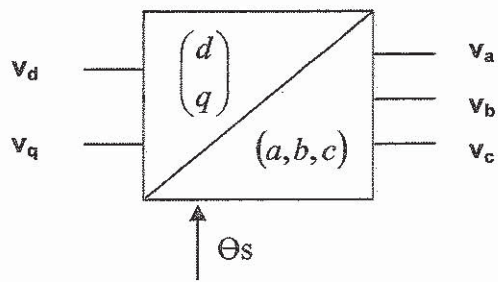
B.3. Régulation de vitesse de la machine asynchrone :

Le document n°3 page DT4 propose un schéma simplifié de la régulation de vitesse de la machine asynchrone.

Ce schéma comporte une transformation triphasé - diphasé sur la mesure des courants de ligne i_a , i_b et i_c . Celle-ci permet de calculer les courants i_{dm} et i_{qm} dans le référentiel « champs tournants ».



Une seconde transformation champs tournant – triphasé permet, à partir des tensions V_d et V_q de calculer les tensions triphasées V_a , V_b et V_c à appliquer aux bornes de la machine asynchrone via un onduleur autonome triphasé MLI.



Ces transformations constituent l'un des fondements du contrôle vectoriel de flux.

Le questionnement vise à analyser le schéma fonctionnel de régulation et d'en déduire quelques éléments de fonctionnement de cette commande de la machine asynchrone.

B.3.1.

Quelles sont les grandeurs régulées par cette commande ?

B.3.2.

Comment obtient-on l'image de la vitesse de rotation ?

B.3.3.

A partir du schéma fonctionnel, déterminer l'expression du flux rotorique ϕ_r . En déduire la grandeur de réglage du flux dans la machine.

B.3.4.

Une stratégie consiste à imposer un flux nominal dans la machine en laissant la commande ϕ_r constante :

Déterminer, à partir du schéma fonctionnel, l'expression du couple T_e , en déduire la grandeur permettant de contrôler le couple électromagnétique.

B.3.5.

En déduire l'intérêt de cette commande basée sur les transformations triphasé – champs tournant d, q. du point de vue du pilotage et de la vitesse.

B.3.6.

Un élément de réglage permet de limiter la valeur maximale du courant i_q (« limiteur »),

Quelle conséquence présente la limitation de ce courant sur les performances dynamiques de la machine ? Justifier votre réponse.

Partie C : Perturbations harmoniques sur le réseau

Le variateur de vitesse alimentant le moteur de levée est constitué d'un redresseur triphasé à diodes associé à un filtre LC formant une source de tension continue, et d'un pont onduleur à transistors IGBT.
Le schéma structurel est présenté document n°2 page DT3 .

Le pont redresseur associé au condensateur de filtrage prélève au réseau un courant non sinusoïdal, son spectre harmonique est représenté par le document n°5 page DT5.

C.1. Effets des courants harmoniques :

C.1.1. Enumérer les effets des courants harmoniques sur les différents éléments du réseau (compléter le tableau) :

Eléments du réseau :	Effets des courants harmoniques
Transformateur :	
Câbles :	
Condensateurs :	
Moteurs :	
Equipements sensibles :	

C.1.2. Justifier l'absence d'harmoniques de rang 3.

--

C.1.3 Dans d'autres réseaux, les harmoniques de courants de rang 3 ont-ils une influence sur la section du neutre ?

--

C.2. Influence de l'inductance de lissage :

C.2.1. A partir des documents n° 4 et 5 de la page DT5, déterminer la fonction prépondérante de l'inductance de lissage intégrée au bus continu du variateur de vitesse.

C.2.2. On souhaite améliorer le filtrage des harmoniques de courant de rang élevé. Proposer une solution complémentaire de la solution proposée.

C.3. Nécessité d'une protection adaptée – choix et réglage du disjoncteur BT :

Le calibre du disjoncteur et son réglage sont déterminés en fonction de la valeur efficace de l'intensité du courant en ligne absorbé par le variateur.

C.3.1.

Le fondamental du courant absorbé par le variateur de vitesse I_1 est pratiquement en phase avec la tension, la valeur efficace de ce fondamental est donc, aux rendements près (moteur et variateur), proportionnelle à la puissance mécanique fournie par le moteur.

Calculer ce courant I_1 pour une puissance mécanique nominale.

C.3.2.

Le spectre harmonique du courant absorbé par le variateur de vitesse est donné par le document n°5 de la page DT5

- Calculer le taux global de distorsion harmonique en courant THDi (on se limite au rang 19).

On précise :
$$THD = \frac{\sqrt{\sum_{k=2}^{\infty} Xk^2}}{X1} \times 100$$
 exprimé en %.

- Exprimer I_{eff} , valeur efficace de l'intensité du courant, en fonction du taux global de distorsion harmonique en courant THDi et de la valeur efficace du fondamental du courant I_1 .

- Calculer la valeur efficace de l'intensité du courant absorbé par le variateur de vitesse.

C.3. 3.

Une surcharge permanente de $1,1 T_n$ est admise,

Le disjoncteur choisi a pour référence : NS400N. Le déclencheur associé est de type STR 23 SE (documents techniques page 8). Ces matériels sont-ils adaptés ?

C.4. conformité du variateur aux normes :

C.4.1. Courants harmoniques :

Pour les variateurs de vitesse la norme IEC 61800-3 s'applique, elle fait référence à plusieurs normes de base en fonction de la puissance du variateur de vitesse.

- IEC 61000 3-2 pour les appareils consommant moins de 16 A par phase.
- IEC 61000 3-4 rapport technique (future norme 61000 3-12 en préparation) pour les appareils consommant plus de 16 A par phase.

Les limites normatives du taux global de distorsion harmonique en courant THDi ainsi que les courants individuels harmoniques prennent en compte la puissance de l'équipement générateur d'harmoniques relativement à la puissance de court-circuit au point de raccordement de cet équipement.

$$S_{cc} = \frac{U_n^2}{Z_c}; \quad z_c \text{ est l'impédance du circuit au point de raccordement de l'équipement}$$

(voir Document DT2)

Ces limites sont fonction d'un rapport de court-circuit

tableau n°6 page DT9.

$$Rsce = \frac{S_{cc}}{S_{\text{équipement}}} \text{ et précisées par le}$$

Vérifier la conformité du variateur de vitesse en fonction des recommandations du rapport technique 61000 3-4.

C.4.2. Influence sur la tension :

On néglige les résistances des éléments en amont du point de raccordement de l'équipement. Dans ce cas l'impédance $Z_c = L_c \omega$.

On propose 2 schémas équivalents : le premier à la fréquence du fondamental, le second à la fréquence harmonique f_k .

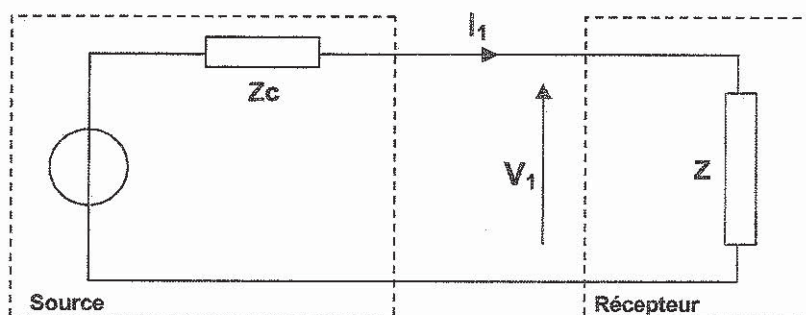


Schéma équivalent à la fréquence du fondamental

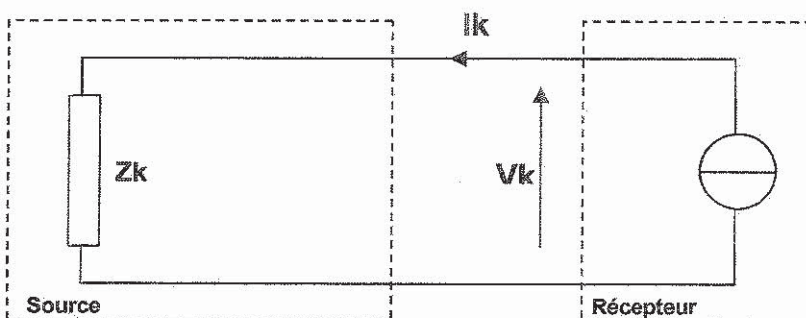


Schéma équivalent à la fréquence harmonique f_k

C.4.2.1. Calculer les impédances Z_k , l'intensité du courant harmonique I_k , les tensions V_k correspondantes ainsi que le taux harmonique $\frac{V_k}{V_1} \times 100$ exprimé en %.

NB : A partir de cette question, la valeur de l'intensité du courant fondamental $I_1 = 250$ A

Rang harmonique k	1	3	5	7	9	11	13	15	17	19
Fréquence (Hz)	50									
Z_k (Ω)										
I_k (A)	250 A									
V_k (V)	230 V									
$\frac{V_k}{V_1} \times 100$	100%									

C.4.2.2. Calculer le taux global de distorsion harmonique en tension THDu (on se limite au rang 19)

C.4.2.3.

- Comparer les taux harmoniques $\frac{V_k}{V_1} \times 100$ en % aux taux maxima définis par la norme CEI 61000 2-4 (installation industrielle basse tension, matériel de classe C2 : standard) ainsi que le taux global de distorsion harmonique en tension THDu.

Ces limites sont définies dans le tableau n°7 page DT9.

- Conclure sur la conformité du variateur de vitesse à la norme CEI 61000 2-4.

Partie D : Compatibilité électromagnétique

On s'intéresse aux perturbations hautes fréquences créées par les équipements électriques de puissance, et notamment le variateur de vitesse.

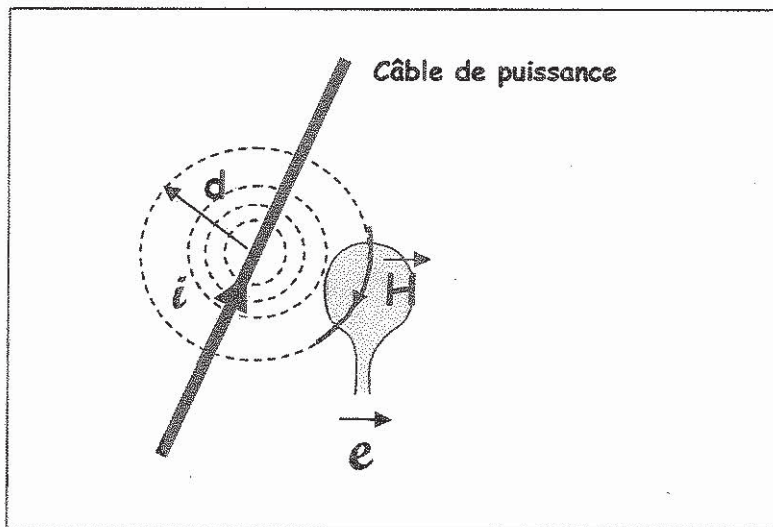
(Les fronts brutaux générés par les commutations des composants de l'électronique de puissance sont de véritables générateurs de perturbations hautes fréquences).

D.1. Définition :

Donner une définition de la compatibilité électromagnétique entre deux équipements.

D.2. Couplage magnétique – Perturbations rayonnées :

D.2.1. Effet d'un champ magnétique sur une boucle :

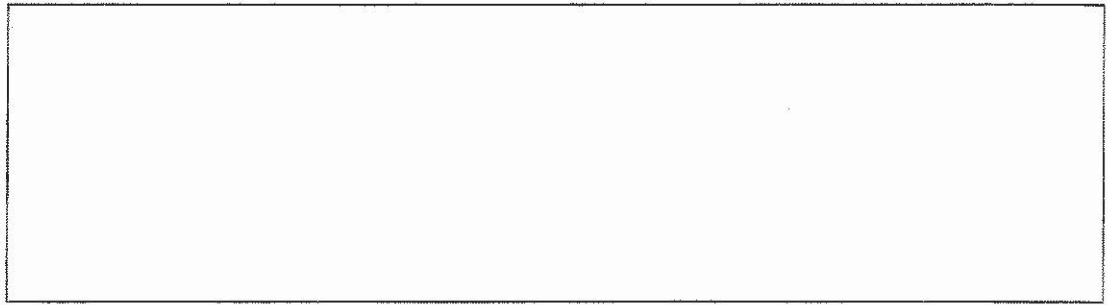


Effet d'un champ magnétique sur une boucle

- Exprimer, en appliquant le théorème d'ampère, le champ d'excitation magnétique H à une distance d du conducteur de puissance, source de perturbations.

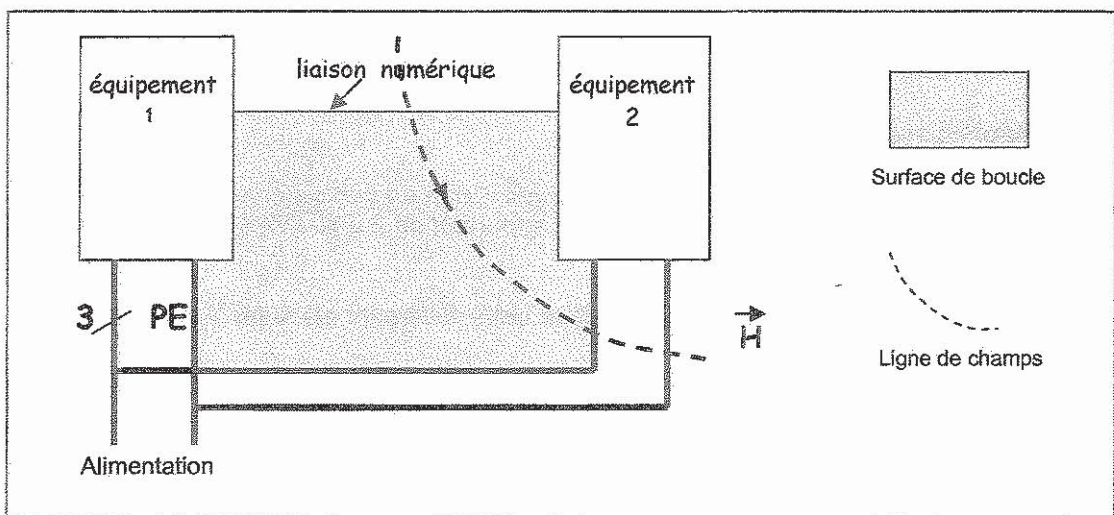
- On note μ_0 la perméabilité de l'air, rappeler l'expression du champ magnétique B fonction de H . Préciser les unités.

- On suppose un fil de forme circulaire centré sur le câble de puissance de rayon d et de surface S , déduire la tension e induite conclure sur l'influence de la surface de la boucle sur cette tension induite.



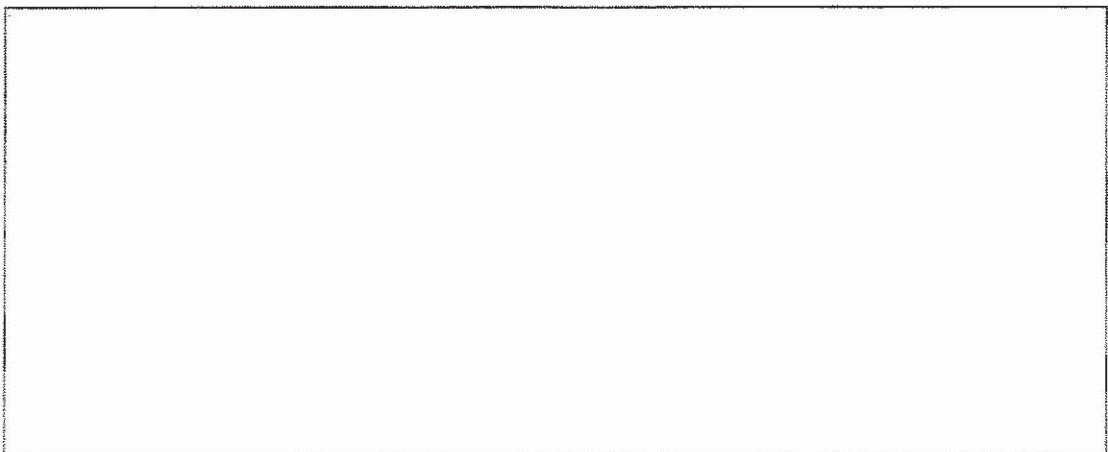
D.2.2. Conséquence de l'effet de boucle :

Exemple de deux équipements :



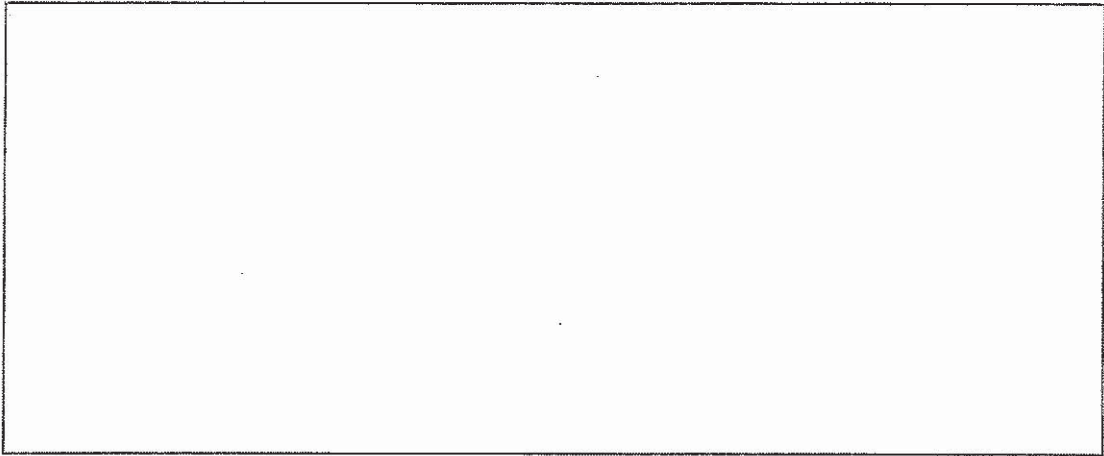
Boucle réalisée par les câbles d'alimentation et une liaison numérique

- Proposer un cheminement différent des câbles évitant l'effet de boucle (réaliser un rapide croquis)



Une liaison numérique chemine sur le même chemin de câble que des câbles de puissance :

- Proposer une répartition de ces câbles sur la tablette (Réaliser un dessin où vous ferez apparaître les câbles de nature différente)
- Justifier la mise en place éventuelle d'un couvercle est-elle judicieuse.



D.3. Courants de fuite Hautes Fréquences – perturbation conduite :

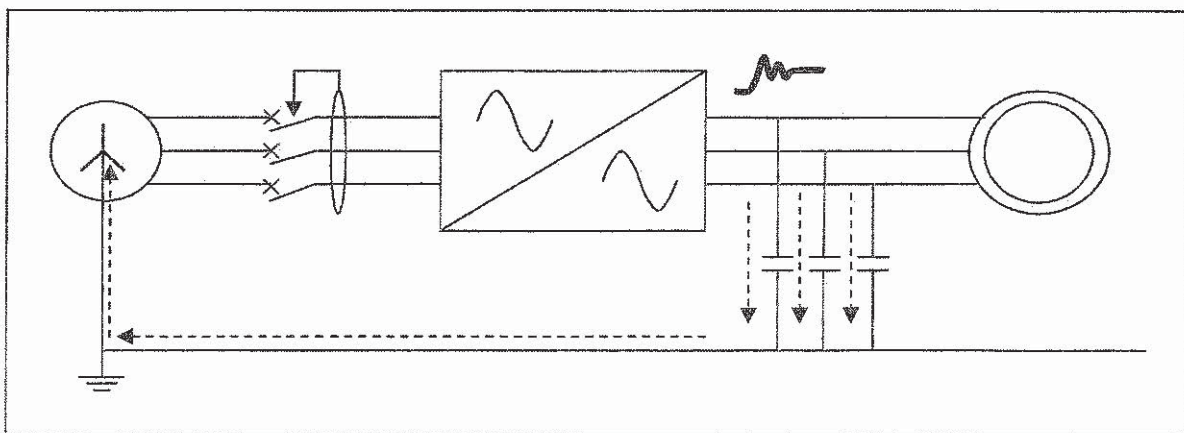
Origine du phénomène :

La forme de la tension délivrée par l'onduleur de tension et en particulier les fronts de tension générés par la commutation des transistors IGBT (dV/dt important de 2 à 10 kV/ μ s) est à l'origine de courants de fuite hautes fréquences.

Ces courants circulent par les capacités de fuite entre différents éléments (transistor, câble moteur, enroulement moteur) et la terre.

La réactance d'un condensateur est inversement proportionnelle à la fréquence et tend vers zéro en hautes fréquences, il se comporte alors comme un court-circuit.

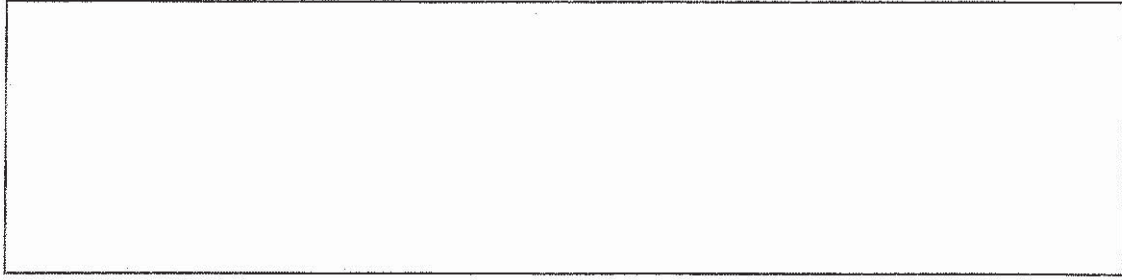
La longueur du câble entre l'onduleur et le moteur rend prépondérant celui-ci pour l'étude de ces courants de fuite.



Courants de fuite HF au travers des capacités du câble moteur

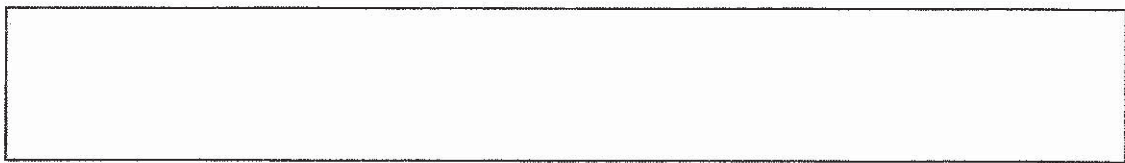
D.3.1.

Proposer des solutions permettant de limiter les courants de fuite HF.



D.3.2.

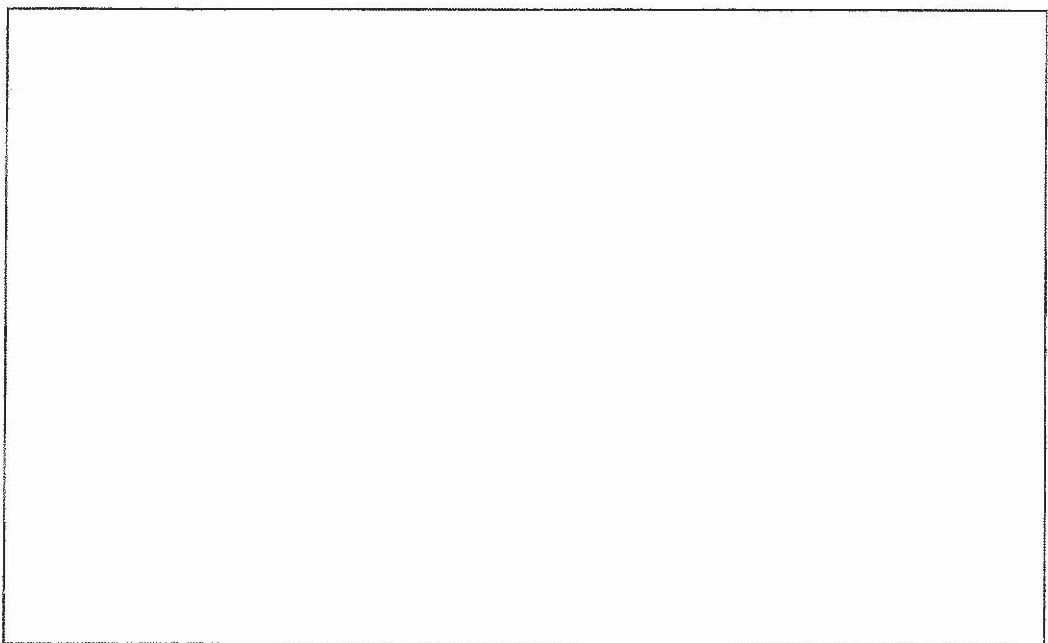
Préciser le risque encouru par le DDR placé en aval du variateur. Indiquer comment s'en prévenir.



D.3.3.

A partir de la documentation constructeur (tableau n°2 et 3, page DT6 et DT7) :

- Préciser les solutions proposées par le constructeur pour limiter les courants de fuite HF.
- Choisir l'inductance moteur placée en aval du variateur (voir schéma développé de puissance), sachant que ce câble blindé (avec blindage relié à la masse sur 360° aux deux extrémités) a une longueur de 90 mètres.
- Préciser en quoi la reprise sur 360° est importante en haute fréquence.



Partie E : Communication et supervision

A l'occasion de la rénovation du pont on prévoit une refonte de la gestion de l'automatisme. L'exploitant de l'ouvrage désire installer une supervision dans le poste de commande de l'écluse.

Ce projet devra intégrer deux contraintes majeures :

- *un fonctionnement continu 24 heures sur 24 et 7 jours sur 7.*
- *une continuité de service.*

Communication vers le monde extérieur :

Les nouvelles fonctions sont les suivantes :

- *Télésurveillance du pont, via Internet, à partir d'un navigateur embarqué sur ordinateur, évitant ainsi les déplacements sur place. Il sera possible de prévenir par téléphone le personnel d'astreinte en cas de dysfonctionnement du système.*
- *supervision à distance du fonctionnement du pont via un serveur WEB en TCP / IP (module ETZ 510 et automate programmable TSX 37)*
- *contrôle visuel de la circulation sur le pont et inspection visuelle par caméras IP.*

Communication intra système :

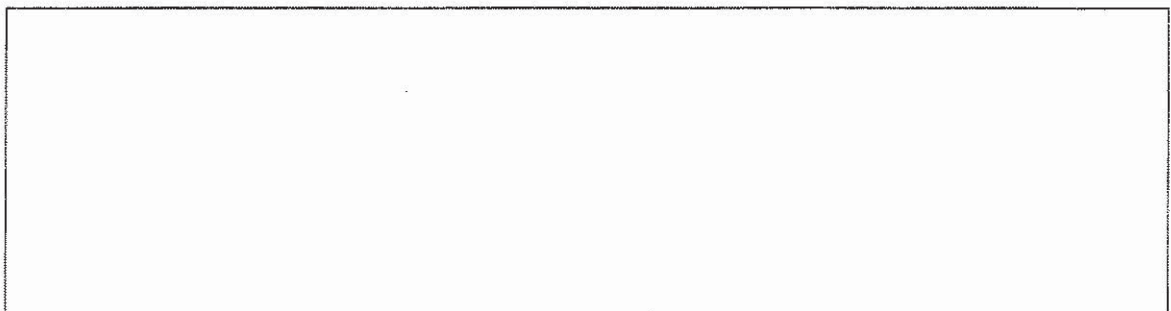
L'automate, le variateur et la centrale de mesure seront choisis afin de dialoguer selon le protocole MODBUS, ainsi il sera possible d'obtenir les fonctions suivantes :

- *Gestion du variateur de fréquence (écriture et lecture de paramètres)*
- *Gestion des informations de la centrale de mesures (lecture de mesures)*
- *Génération d'un historique du fonctionnement du système : temps de fonctionnement nombre de manœuvres, mesure de puissance, facteur de puissance, mesure de la vitesse du vent.*

Ces statistiques sont intéressantes pour la maintenance préventive du pont.

E.1. Etude de la liaison Ethernet :

E.1.1. Préciser la topologie de réseau qui est retenue lors de l'emploi du protocole ethernet. Etablir un schéma simple mettant en évidence l'intérêt de cette topologie. Rappeler ses avantages au regard des objectifs fixés dans le cahier des charges.



E.1.2. Citer deux autres topologies de réseau. Préciser leurs avantages par rapport à la solution précédente

	AVANTAGES	INCONVENIENTS
Topologie A		
Topologie B		

Les cartes coupleurs ETZ possèdent à sa sortie d'usine : Une adresse IP par défaut : **85.16.x.y**. Les 2 derniers chiffres se déduisent de l'adresse MAC qui est inscrite sur la face avant du module pour connaître l'adresse IP, il suffit de convertir en décimal les 2 valeurs hexadécimales en partant de la droite :

L'adresse MAC relevée en face avant est : 00.80.F4.01.**5F.42**

E.1.3. Donner l'adresse IP de l'ETZ 510 en sortie d'usine :

valeur de l'adresse IP	85	16		
------------------------	----	----	--	--

E.1.4. Détermination de la nouvelle adresse IP du serveur WEB :

On désire vérifier la compatibilité de la carte ETZ 510, livrée avec une adresse IP (déterminée à la question E.1.3 85.16.x.y (modifiable), avec le réseau TCP/IP du poste de commande et du réseau dont l'adresse est 192.168.0.0. Le masque réseau est 255.255.0.0. En réalisant une fonction ET entre le masque et l'adresse du récepteur on doit avoir un résultat identique sur les deux premières valeurs pour communiquer sur ce réseau.

E.1.4.1. Indiquer la classe du réseau. Préciser le nombre de machines adressables.

--

E.1.4.2. L'adresse initiale de la carte ETZ 510 est-elle compatible avec le réseau existant ? Justifier votre réponse.

On décide d'uniformiser l'adresse IP de l'ETZ 510 en respectant le plan d'adressage défini par le document ressource « Plan d'adressage » en prenant la première adresse non utilisée :

E.1.4.3. En déduire la valeur de l'adresse IP (décimale)

valeur de l'adresse IP				
------------------------	--	--	--	--

Donnez la plage des adresses disponibles sur ce réseau

E.1.4.4 Définir le masque de sous réseau permettant d'assurer la compatibilité avec un réseau de classe C.

E.1.5.

La communication entre le serveur Web ETZ 510 et l'ordinateur du poste de contrôle de l'écluse fait l'objet de défaillances régulières, cette liaison doit être contrôlée :

La communication Ethernet entre ces deux systèmes passe par 3 trois liens CAT 5 on décide donc de contrôler ceux-ci les résultats de ces trois tests sont résumés ci-dessous :

✓ correct

× défaut

Paire	continuité	longueur	Paire	continuité	longueur	Paire	continuité	longueur
7,8	✓	3	7,8	✓	93	7,8	✓	3
3,6	✓	2.5	3,6	✓	92.5	3,6	✓	2.5
5,4	✓	2.5	5,4	✓	92.5	5,4	×	XX
1,2	✓	3	1,2	✓	92	1,2	✓	3
CORDON RELIE A L'ORDINATEUR SUPERVISEUR A			CANAL DE COMMUNICATION PRINCIPAL B			CORDON DE BRASSAGE C		

E.1.5.1 Interpréter ces tests. Identifier la liaison de communication Ethernet en situation de dysfonctionnement.

E.1.5.2 Préciser les différences entre une caméra IP et une Web Cam.

E.1.6. Indiquer le rôle du « switch ». Préciser les différences avec un hub.

E.2. Etude de la liaison MODBUS

La centrale de mesure DIRIS et le variateur de vitesse ATV71 communiquent avec l'automate programmable grâce au protocole MODBUS, comme le montre le document technique DT n°11

E.2.1. Etude d'une trame MODBUS :

E.2.1.1. Le variateur de vitesse communique à l'aide du protocole modbus. Préciser comment ces informations transitent sur le bus.

E.2.1.2. *La transmission des informations du variateur utilise une liaison de type « série, asynchrone et half duplex ».*

Définir chacun de ces termes.

E.2.1.3. La liaison utilisée dans notre application est une liaison série RS 485.

A partir du document ressources DT14 compléter le tableau ci-dessous pour les liaisons RS 232 , RS 422 et RS 485

	Distance maximale	Vitesse de transmission	communication	Nombre de fils	Nombres de points de connexions
RS 232					
RS 422					
RS 485			Half duplex		

E.2.1.4. Préciser les deux critères déterminants pour notre application.

--

E.2.1.5.

On veut calculer le temps de transmission d'un message (demande réponse) entre le maître et l'esclave. Le maître envoie un mot à une vitesse de 19200 bits/seconde. Le mode de transmission choisi (RTU), la séquence pour transmettre un octet est la suivante :

Start	B0	B1	B2	B3	B4	B5	B6	B7	parité	Stop
-------	----	----	----	----	----	----	----	----	--------	------

Calculer :

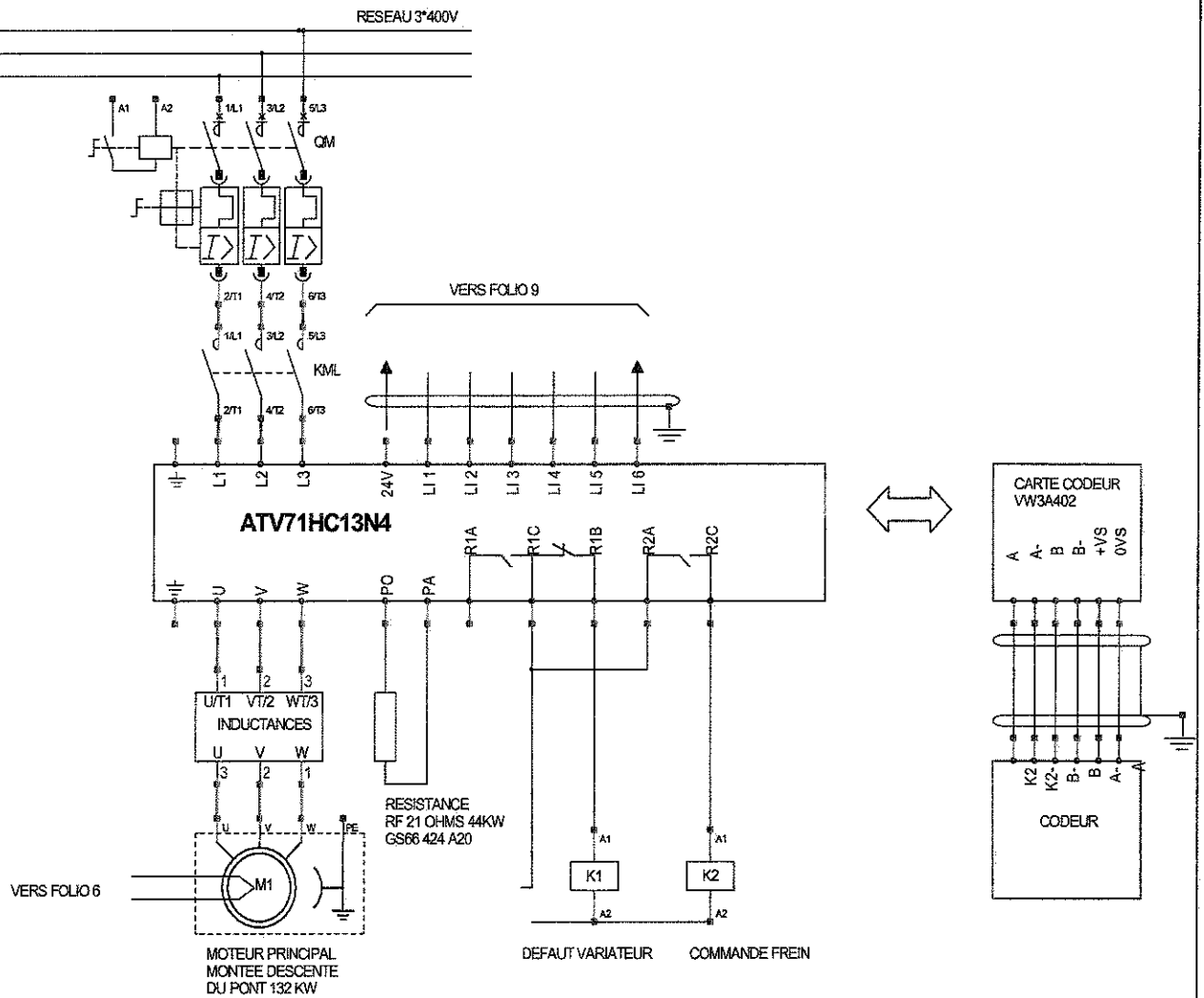
- Le temps de transmission d'un bit,
- Le temps de transmission des 8 bits de données + parité + stop + start,
- Le temps de transmission de demande d'un mot,
- Le temps de transmission de réponse d'un mot,
- Le temps de transmission total du message si le temps de traitement du variateur vaut 10ms.

--

E.2.1.6. Etablir la trame MODBUS pour configurer le primaire transformateur de courant TC 10 A pour la centrale DIRIS (le code CRC16 n'est pas demandé)

ESCLAVE	FONCTION	ADRESSE		NOMBRE DE MOTS		CRC16
		POIDS FORT	POIDS FAIBLE	POIDS FORT	POIDS FAIBLE	

Schéma développé (partiel) de puissance :



Document n°1 : schéma développé de puissance (partiel)

Caractéristiques du moteur principal de levée

Moteur en fonte SERMES SM 315 M4 4 pôles ; service S1 ; classe F ; IP55

$P = 132 \text{ kW}$

Courant nominal :

$U_n = 380 \text{ V}$	$I_n = 245 \text{ A}$
$U_n = 400 \text{ V}$	$I_n = 233 \text{ A}$
$U_n = 420 \text{ V}$	$I_n = 227 \text{ A}$

$N_n = 1485 \text{ tr/min}$

$\eta = 94,8 \text{ à } 100 \% \text{ de la charge ; } 94,2 \% \text{ au } \frac{3}{4} \text{ de la charge}$

$\cos \varphi = 0,88 \text{ à } 100 \% \text{ de la charge}$

Masse = 1048 kg

Caractéristiques de l'alimentation

Transformateur :

20 kV / 410 V ; $U_{2n} = 400 \text{ V}$

$S = 400 \text{ kVA}$

$U_{cc\%} = 4 \%$

Circuit moteur principal de levée :

Câble : $3 \times 95 \text{ mm}^2 + 1 \times 50 \text{ mm}^2 \text{ (PE)}$,

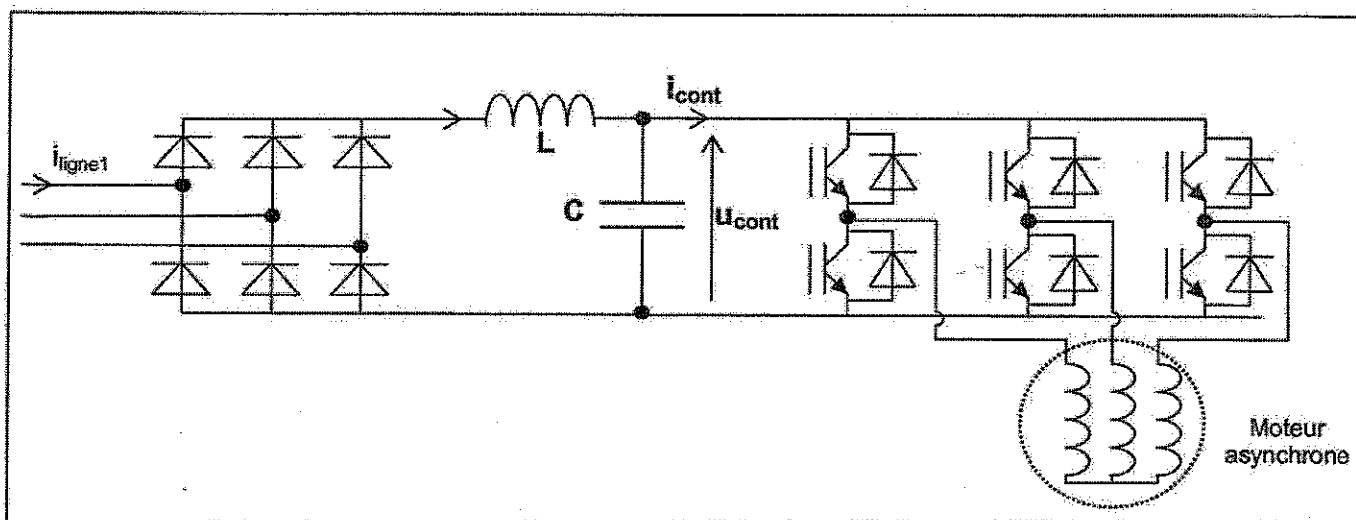
Longueur 50 mètres,

Courant admissible dans la canalisation : $I_z = 320 \text{ A}$

Impédance par phase du circuit amont au point de
raccordement :

$Z_c = 14 \text{ m}\Omega$

Caractéristiques du variateur associé au moteur principal
(Référence : ATV71HC13N4)

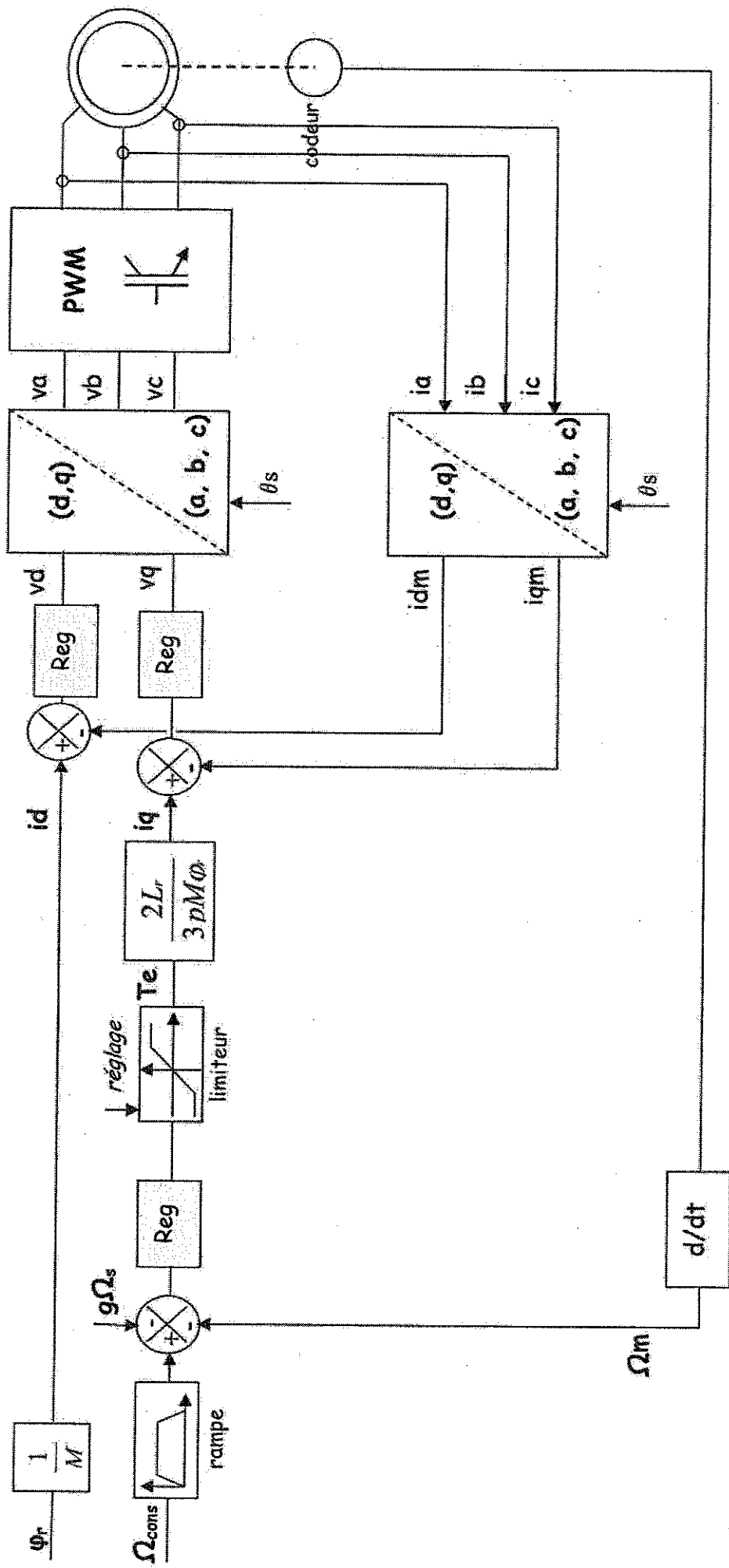


Document n°2 : schéma structurel du variateur de vitesse

Tension de sortie maximale disponible	Egale à la tension d'alimentation
Fréquence de sortie disponible	de 0 à 500Hz
Facteur de puissance du fondamental	0,965
Facteur de puissance global	0,91
Taux maximum d'harmoniques produit: THD	< = 48 % avec inductance sur le bus continu
Rendement	0,98
Nombre de quadrants de fonctionnement	1 à 4

Puissance nominale	Courant de sortie (valeur efficace)	Courant de courte durée (valeur efficace)		Courant d'entrée (valeur efficace)	Référence du variateur	Puissance apparente
P_n	I_{lign}	$I_{max\ 2s}$	$I_{max\ 60s}$	I_e (380 à 480 V)		S
KW	A	A	A	A		KVA
90	179	295	268	166 / 134	ATV71HD90N4	109
110	215	354	322	202 / 163	ATV71HC11N4	133
132	239	427	388	239 / 192	ATV71HC13N4	157
160	314	518	471	289 / 233	ATV71HC16N4	190
200	387	638	580	357 / 286	ATV71HC20N4	235
220	427	704	640	396 / 320	ATV71HC25N4	260
250	481	793	721	444 / 357		292
280	550	907	825	494 / 396	ATV71HC28N4	325
315	616	1016	924	555 / 444	ATV71HC31N4	365
355	671	1107	1006	637 / 512	ATV71HC40N4	419
400	759	1252	1138	709 / 568		467
500	941	1552	1411	876 / 699	ATV71HC50N4	577

Tableau n°1 : caractéristiques du variateur de vitesse



Φ_r = flux de référence

Ω_{cons} = vitesse de consigne

Ω_m = vitesse mesurée

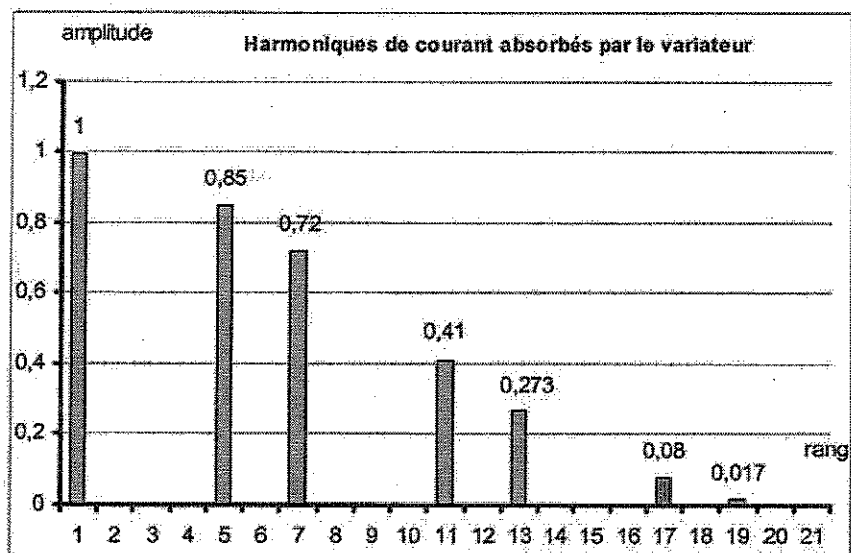
T_e = couple électromagnétique

θ_s = angle statorique de transformation nécessaire à la transformation triphasé/diphase

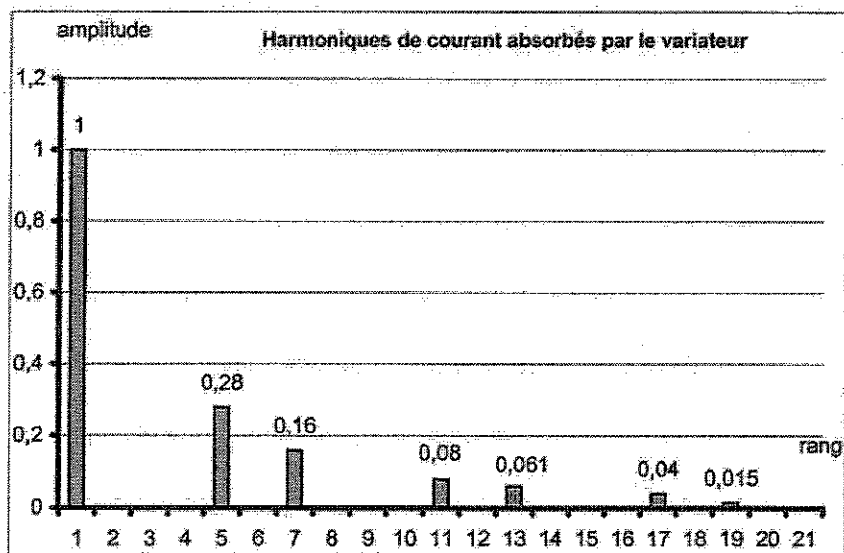
M = inductance mutuelle entre une phase rotorique et une phase statorique

L_r = inductance cyclique rotorique

Courant absorbé par le variateur de vitesse



Document n°4: Spectre de courant absorbé par le moteur sans inductance de lissage



Document n°5: Spectre de courant absorbé par le moteur avec inductance de lissage insérée sur le bus continu

Courants de fuite hautes fréquences - Solutions constructeur

Le variateur Altivar 71 est doté de base d'une fonction logicielle permettant de limiter les surtensions aux bornes du moteur.

En fonction des longueurs de câble ou du type d'application, il peut être nécessaire d'utiliser des filtres de sortie :

- inductances moteur permettant de limiter le dv/dt ,
- filtres sinus particulièrement efficaces pour de grandes longueurs de câble.

Longueur de câble (2) (3)	10...50 m	50...100 m	100...150 m	150...300 m	300...600 m	600...1000 m
Câble blindé						
ATV 71H00M3 ATV 71H075N4...HD15N4 ATV 71W075N4...WD15N4 ATV 71P075N4Z...PD11N4Z	Fonction logicielle (1)	Inductance moteur			-	
ATV 71H00M3X ATV 71HD18N4...HC50N4 ATV 71WD18N4...WD75N4	Fonction logicielle (1)	Inductance moteur			-	
Câble non blindé						
ATV 71H037M3...HU15M3 ATV 71H075N4...HU22N4 ATV 71W075N4...WU22N4 ATV 71P075N4Z...PU22N4Z	Fonction logicielle (1)	Inductance moteur ou filtre sinus			-	
ATV 71HU22M3...HU30M3 ATV 71HU30N4...HU55N4 ATV 71PU30N4Z...PU55N4Z ATV 71WU30N4...WU55N4	Fonction logicielle (1)	Inductance moteur			Filtre sinus	-
ATV 71HU40M3...HU75M3 ATV 71HU75N4...HD15N4 ATV 71WU75N4...WD15N4 ATV 71PU75N4Z	Fonction logicielle (1)	Inductance moteur			Filtre sinus	
ATV 71HD11M3X...HD45M3X ATV 71HD18N4...HD75N4 ATV 71WD18N4...WD75N4	Fonction logicielle (1)	Inductance moteur			Filtre sinus	
ATV 71HD55M3X...HD75M3X ATV 71HD90N4...HC50N4	Fonction logicielle (1)	Inductance moteur			2 inductances moteur en série	-

(1) La fonction logicielle limite la surtension aux bornes du moteur à deux fois la tension du bus continu.

Pour toute application avec des cycles de freinage, la tension du bus continu s'élève au-delà de la tension d'alimentation multipliée par $\sqrt{2}$. Il faut s'assurer des caractéristiques électriques du moteur avant d'utiliser cette fonction.

(2) La longueur de câble dépend de l'association variateur/inductance moteur ou filtre sinus, voir pages 6029/4, 6029/5 et 6029/7.

Dans une application avec plusieurs moteurs en parallèle, la longueur du câble doit tenir compte de toutes les dérives.

Types de câbles recommandés :

- câbles blindés : câble "GORSE", type GUOSTV-LS/LN ; câble "PROTOFLEX", type EMV2YSL.CX.
- câbles non blindés : câble "GORSE", type H07 RN-F46XX ; câble "BELDEN", type 2950X.

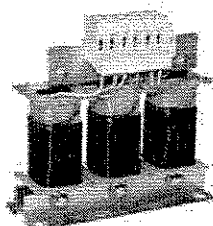
(3) Variateurs ATV 71H000Y.

- association avec inductance moteur, voir page 6029/5.

- association avec filtre sinus ou utilisation de la fonction logicielle, consulter notre agence régionale.

Tableau n°2 : choix de solutions permettant de limiter les dv/dt aux bornes du moteur et les courants de fuite hautes fréquences

Inductances moteur



VW3A5 101

Inductances moteur								
Pour variateurs	Longueur maximale du câble moteur (1)		Pertes W	Courant nominal A	Vitesse par Q. indiv.	Référence	Masse kg	
	Blindé	Non blindé						
Tension d'alimentation triphasée : 200...240 V 50/60 Hz								
ATV 71H037M3...HU22M3	150	300	150	12	—	VW3 A5 101	5,500	
ATV 71HU30M3...HU75M3	200	360	250	48	—	VW3 A5 102	8,000	
	300	300	350	90	—	VW3 A5 103	10,000	
ATV 71HD11M3X...HD22M3X	150	300	360	90	—	VW3 A5 103	10,000	
ATV 71HD30M3X...HD42M3X	150	300	430	215	3	VW3 A5 104	15,500	
ATV 71HD55M3X...HD75M3X	150	300	475	314	3	VW3 A5 105	32,000	
Tension d'alimentation triphasée : 380...480 V 50/60 Hz								
ATV 71HD75N4...HU40N4	75	90	150	12	—	VW3 A5 101	5,500	
ATV 71WD75N4...WD40N4	85	95	250	48	—	VW3 A5 102	8,000	
ATV 71PD75N4Z...PD40N4Z		160	200	350	90	—	VW3 A5 103	10,000
		85	95	250	48	—	VW3 A5 102	8,000
ATV 71HU55N4...HD18N4	85	95	250	48	—	VW3 A5 102	8,000	
ATV 71WU55N4...WD18N4	160	200	350	90	—	VW3 A5 103	10,000	
ATV 71PU55N4Z...PD11N4Z		200	300	430	215	3	VW3 A5 104	15,500
		140	170	350	90	—	VW3 A5 103	10,000
ATV 71HD22N4...HD30N4	140	170	350	90	—	VW3 A5 103	10,000	
ATV 71WD22N4...WD30N4	150	300	430	215	3	VW3 A5 104	15,500	
		97	108	350	90	—	VW3 A5 103	10,000
ATV 71HD37N4	200	300	430	215	3	VW3 A5 104	15,500	
ATV 71WD37N4		150	300	430	215	3	VW3 A5 104	15,500
ATV 71HD45N4...HD75N4	150	300	430	215	3	VW3 A5 104	15,500	
ATV 71WD45N4...WD75N4	200	300	430	215	3	VW3 A5 104	15,500	
ATV 71HD90N4		150	250	475	314	3	VW3 A5 105	32,000
ATV 71HC11N4...HC13N4	150	250	475	314	3	VW3 A5 105	32,000	
ATV 71HC18N4...HC20N4	250	300	530	481	3	VW3 A5 106	58,000	
ATV 71HC25N4	P. moteur de 220 kW	250	300	530	481	3	VW3 A5 106	58,000
	P. moteur de 250 kW	200	250	598	759	3	VW3 A5 107	93,000
ATV 71HC28N4...HC31N4	200	250	598	759	3	VW3 A5 107	93,000	
ATV 71HC40N4	P. moteur de 355 kW	200	250	598	759	3	VW3 A5 107	93,000
	P. moteur de 400 kW	250	300	682	1188	3	VW3 A5 108	120,000
ATV 71HC50N4	250	300	682	1188	3	VW3 A5 108	120,000	

(1) Longueur maximale donnée pour une fréquence de découpage de 2,5 ou 4 kHz selon le calibre du variateur, voir caractéristiques page 60291/3.

Tableau n° 3 : choix des inductances moteur

Disjoncteurs Compact NS de 100 à 630 A

		NS 100			NS 160			NS 250			NS 400			NS 630		
Nb de pôles		2, 3, 4			2, 3, 4			2, 3, 4			3, 4			3, 4		
Courant assignée (A)		100			160			250			400			630		
Tension assignée d'isolement (V)		750			750			750			750			750		
Tension assignée d'emploi (V)		690			690			690			690			690		
Pouvoir de coupure ultime Icu	220/240V	N	H	L	N	H	L	N	H	L	N	H	L	N	H	L
	380 /420V	85	100	150	85	100	150	85	100	150	85	100	150	85	100	150
Pouvoir de coupure de service Ics		25	70	150	36	70	150	36	70	150	45	70	150	45	70	150
		100 % de Icu														

Tableau n° 4 : choix du disjoncteur

Calibre pour Compact	STR23SE				STR53UE			
	150	250	400	630	150	250	400	630
NS400 N/H/L	*	*	*		*	*	*	
NS630 N/H/L				*				*
Protection long retard $I_r = I_n \times \dots$	0,4 à 1 (48 crans)				0,4 à 1 (48 crans)			
Protection court retard $I_m = I_r \times \dots$	Réglage 8 crans 2 à 10 I_r				Réglage 6 crans 1,5 à 10 I_r			

Tableau n° 5: choix du déclencheur

Perturbations harmoniques - Extraits de normes :

Rsce Minimal	Taux de distorsion en courant harmonique admissible THD _i en %	Limites maximales des courants harmoniques individuels I_h/I_1 en %			
		I_5	I_7	I_{11}	I_{13}
66	16	14	11	10	8
120	18	16	12	11	8
175	25	20	14	12	8
250	35	30	18	13	8
350	48	40	25	15	10
450	58	50	35	20	15
600	70	60	40	25	18

I_1 : valeur efficace de l'intensité du courant fondamental assigné
 I_h : valeur efficace de l'intensité du courant harmonique de rang h
NB : il est possible de réaliser une interpolation linéaire entre deux valeurs de R_{scc} successives

Tableau n°6 : limites d'émission de courant harmonique pour les matériels triphasés équilibrés
IEC 61000 3-4

Rang harmonique	Limites maximales des tensions harmoniques individuelles V_h/V_1 en %
3	5
5	6
7	5
9	1,5
11	3,5
13	3
15	0,3
17	2
19	1,5
21	0,2
23	1,5

Taux maximal de distorsion harmonique en tension THD_u = 8 %

Tableau n° 7: limites de tensions harmoniques pour les matériels de classe 2 (récepteurs standards
IEC 61000 2-4

PRINCIPE DES TRAMES MODBUS

Il existe diverses fonctions MODBUS. On ne s'intéressera qu'aux fonctions de lecture (03H) et écriture (06H)

La trame MODBUS est constituée d'une suite de caractères hexadécimaux. Elle contient les informations suivantes :

- Numéro d'esclave (1 octet)
- Code fonction (1 octet)
- Adresse (2 octets)
- Données (2 octets)
- CRC (2 octets)

La nature des informations de la trame peut varier selon que l'on fera de la lecture, de l'écriture, de mots, de bits. JBUS/MODBUS est utilisé en mode RTU (Remote Terminal Unit) avec des caractères hexadécimaux composés au minimum de 8 bits. Ce protocole repose sur un dialogue maître esclave fonctionnant selon 2 principes :

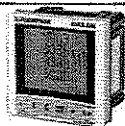
- Le maître dialogue avec un esclave et attend sa réponse
- Le maître dialogue avec tous les esclaves les uns après les autres sans attendre la réponse

Le dialogue est identifié en trame de communication. Une trame est composée :

Adresse de l'esclave		Code de la fonction		Adresse du message		Taille du message CRC 16
ESCLAVE	FONCTION	ADRESSE		NOMBRE DE MOTS		CRC16
		POIDS FORT	POIDS FAIBLE	POIDS FORT	POIDS FAIBLE	

Le CRC est une technique utilisée pour assurer une fiabilité proche de 100%. Il est donc superflu d'utiliser les contrôles de flux et de parité. CRC signifie (*cyclical Redundancy check*) ou test de redondance cyclique. Ce CRC calculé sur 16 bits est partie intégrante du message et il est vérifié par le destinataire. Il est calculé sur tous les octets de la trame à part lui-même bien-entendu

CRC-16 : $X^{16} + X^{15} + X^2 + 1$



CENTRALE DE MESURES DIRIS

Lisibilité optimale Accès direct aux informations grâce à 4 à 6 touches largement dimensionnées

Evolutivité à la carte à partir de modules additionnels (communication, harmoniques, alarmes,...)

TABLEAU ADRESSAGE DU MODULE MODBUS ADDITIONNEL :

FONCTION 3 LECTURE DES INFORMATIONS			
Adresse hexadécimale	nombre de mots	Libellé	Unité
700	1	Zéro pour Tc avec secondaire 1A	A
		Un pour Tc avec secondaire 5A	
701	1	Courant phase 1	0.1 A
703	1	Courant phase 2	0.1 A
705	1	Courant phase 3	0.1 A
707	1	Courant dans le neutre	0.1 A
709	1	Tension simple V1	0.1 V
70B	1	Tension simple V2	0.1 V
70E	1	Tension simple V3	0.1 V
70F	1	Tension composée U12	0.1 V
711	1	Tension composée U23	0.1 V
713	1	Tension composée U31	0.1 V
715	1	Puissance active	0.1 KW
719	1	Puissance apparente	0.1 KVA
717	1	Puissance réactive	0.1KVAR
71B	1	Facteur de puissance	/

FONCTION 6 ECRITURE			
Adresse hexadécimale	nombre de mots	Libellé	Unité
100	1	PRIMAIRE DU TC	1A
102		Poids de la sortie impulsions	10WH
104	1	0:3L-B 1:3L-B	/
105	1	Fréquence 0 50hz 1 60hz	Hz
106	1	Temps d'intégration puissance	1 minute
10A	1	Clignotement des paramètres	500ms
500	1	RESET	
Fonctions accessibles à partir de la centrale mesures			
Fonctions			
3			Lecture de N mots (maximum 128 mots)
6			Ecriture d'un mot
8			diagnostic des échanges (à partir des compteurs, 1, 3, 4, 5 et 6)

Composition d'une adresse IP

Conceptuellement, chaque adresse IP est un couple (nom de réseau, identificateur de réseau), où nom de réseau identifie un réseau (ou un site) et où identificateur de machine identifie une machine connectée à ce réseau. Il existe 3 classes d'adresses IP.

Classes d'adresses

La structure des classes d'adresses est la suivante :

Classe A

	7 BITS	24 BITS
0	Identificateur réseau	Identificateur machine

Classe B

		14 BITS	16 BITS
1	0	Identificateur réseau	Identificateur machine

Classe C

			21 BITS	8 BITS
1	1	0	Identificateur réseau	Identificateur machine

En externe, une adresse IP d'une machine est représentée par une chaîne de caractères de 4 valeurs 8 bits (0 à 255) séparées par des points : « a.b.c.d ».

CLASSE	Valeurs de « a »
A	0-127
B	128-191
C	192-223

Plan d'adressage

Adressage Ethernet :

Réseau 192 .168.1.0

192.168.1.1	Ordinateur 1	Serveur
192.168.1.2	Ordinateur 2	Poste éclusier
192.168.1.3	Ordinateur 3	Poste éclusier secours
192.168.1.4	Ordinateur 4	Poste supervision
192.168.1.5	Ordinateur 5	Poste supervision secours
192.168.1.6	Camera 1	Contrôle accès poste éclusier
192.168.1.7	Camera 2	Contrôle circulation quai est
192.168.1.8	Camera 3	Contrôle circulation quai ouest
192.168.1.9	Camera 4	Contrôle fermeture pont
192.168.1.10	Camera 5	Contrôle verrouillage pont
192 .168.1.11 à 192.168.1.41	RESERVE	ADRESSES NON DISPONIBLES
	Libre	

Réseau modbus :

Maitre automate TSX 37

Esclave 3 : départ moteur intelligent TESYS fermeture broche

Esclave 4 : centrale de mesures DIRIS

Esclave 5 : variateur de fréquence ATV71

COMPARATIFS DES PROTOCOLES DE COMMUNICATION

	RS 232C	RS 422	RS 485
Protocol	Command /respond of direct Point	Command /respond	Command /respond with preprendin address
Comm. Signals	TX, RX, GND, ...	TX \pm , RX \pm , Common Shield	TX \pm , RX \pm , Common Shield
Data Format	ASCII	ASCII	ASCII
Parity	odd, even, none	odd, even, none	odd, even, none
Stop bits	1 or 2	1 or 2	1 or 2
Baud / Speed	110, 300, 600, ... up to 19.2k	up to 10M often up to 115.2 kbits/s	up to 10M often up to 115.2 kbits/s
Mode of operation	Single-ended	Differential	Differential
Input Level	Mark =False =-3V to -15 VDC Space =true =+3V to +15 VDC	Mark =False = R \rightarrow R-by >200mv Space =true = R \leftarrow R-by >200mv	Mark =False = R \rightarrow R-by >200mv Space =true = R \leftarrow R-by >200mv
Receiver sensibility	$\pm 3V$	$\pm 0.2V$	$\pm 0.2V$
Vmax common Mode	$\pm 25V$	$\pm 7V$	12V to -7V
Vmax emettor output	$\pm 15V$	$\pm 5V$	$\pm 5V$
Input impedance receiver	3k \pm 7kOhm	4 kOhm	12 kOhm
Charge impedance	3k \pm 7kOhm mini	100 Ohm mini	60 Ohm mini
Cable distance	15 m	1220 m	1220 m
Timing Format	Asynchronous	Asynchronous	Asynchronous
Isolation	None	None	None
Duplex	Half, Full	Half, Full	Half, Full
Number of devices	One driver, one receiver	One driver, 10 receivers	up to 126 (with 3 repetors) up to 32 drivers /receivers by segments

