CONCOURS GENERAL DES LYCEES

SESSION 2003

SCIENCES ET TECHNIQUES INDUSTRIELLES
GENIE ELECTRIQUE

(Classe de terminale STI)

ELECTROTECHNIQUE
T. P. A

EPREUVES D'ADMISSION

Mise en service et vérifications des spécifications fonctionnelles d'une station de pompage.

Introduction :

STATION DE POMPAGE AUTOMATISEE

La station de pompage automatisée présentée document 2 correspond à un banc d'étude didactisé pour l'analyse du comportement hydraulique d'un surpresseur.

Un surpresseur permet de distribuer l'eau aux consommateurs à une pression constante quel que soit le débit, on les trouve suivant leur capacité dans des immeubles d'habitation, dans des sites industriels, dans des installations de distribution d'eau sanitaire de communes ou groupements de communes.

DESCRIPTION DU FONCTIONNEMENT

Le système étudié comporte 2 pompes qui peuvent fonctionner individuellement ou simultanément, suivant le débit demandé :

La phase 1 du fonctionnement correspond aux faibles débits :

$$0 \longrightarrow 9\ m^3/h$$

Dans ce cas la première pompe fonctionne à vitesse variable alors que la seconde se trouve à l'arrêt.

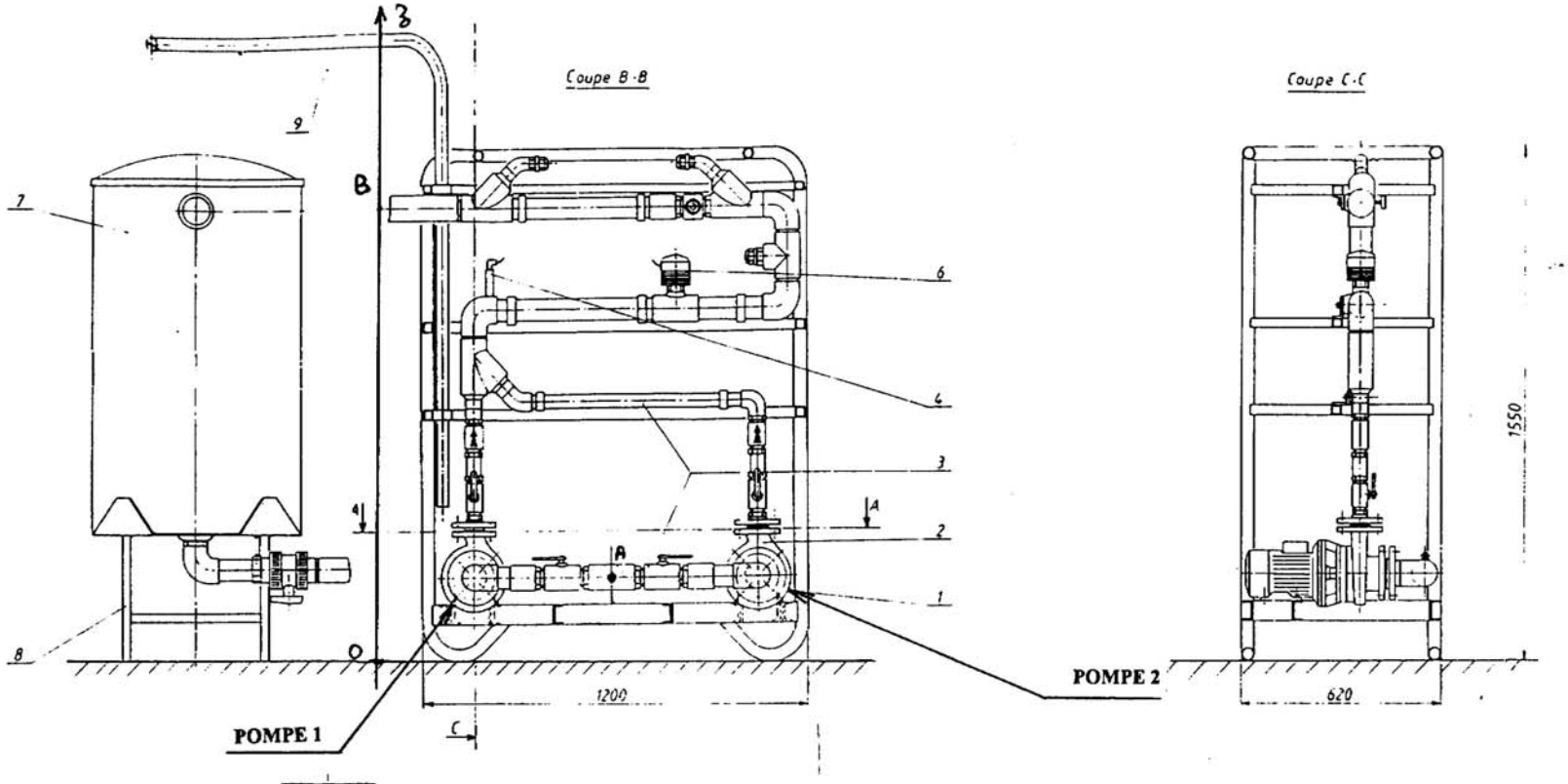
la phase 2 du fonctionnement correspond aux forts débits:

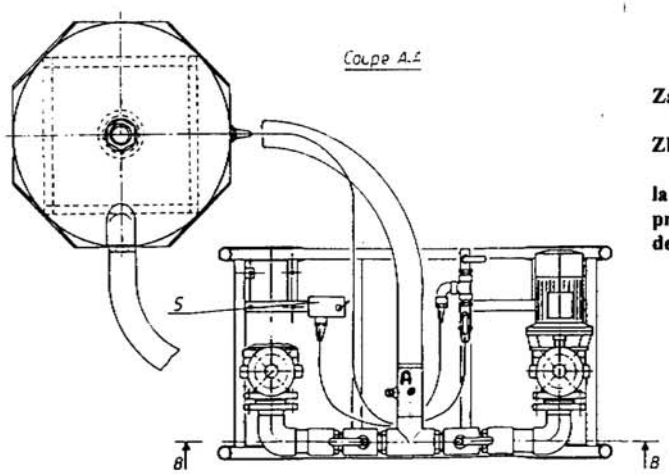
$$7{,}7 \longrightarrow 16{,}7\ m^3/h$$

Dans ce cas le moteur d'entraînement de la première pompe est couplé en direct sur le secteur EDF alors que le moteur de la seconde pompe est alimenté au travers d'un variateur de vitesse permettant la variation de débit.

Pour passer de la phase 1 à la phase 2, il faut que le débit soit supérieur à 9 m3/h, alors que pour passer de la phase 2 à la phase 1 il faut que la débit soit inférieur à 7,7 m^3/h.

Il est possible de faire fonctionner les pompes individuellement (test) en rendant les circuits indépendant par un jeu de vannes.





Za = 0,25 m

Zb = 1,335m

la plate forme posséde 2 sections de tuyauterie en PVC
première section: Diamètre exterieur 63,5 épaisseur 4
deuxième section: Diamètre extérieur 40 épaisseur 3

	9		1	Canne orientable		
	8		1	Bâti support de réservoir		
	7		1	Réservoir d'eau 250 litres		
	6		1	Transmetteur de débit		
	5		1	Pressostat		
	4		1	Capteur de pression		
	3		1	Réseau		
	2		2	Pompe		
	1		1	Bâti support de pompe		
N° Dim	Rep	Matière	Nb	Désignation	Unité / Total Masse	Observations

STATION DE POMPAGE AUTOMATISEE

Mise en service de l'équipement :

OBJECTIF

Déterminer la puissance hydraulique maximum d'une pompe dans une configuration de test et évaluer le rendement global de cette dernière.

DONNEES

- Structure de la station de pompage (dessin et nomenclature page 2).
- Schéma du cablage électrique en annexe.
- Plan de l'armoire électrique en annexe.

TRAVAIL DEMANDE

1 - Colorier sur le document « Circuit1 » page 8 les tuyauteries où circule le fluide de A à B lorsque seule la pompe 1 est en fonctionnement. Indiquer l'état des différentes vannes ("O" pour vanne ouverte et "F" pour fermée).

2 - Colorier sur le document « Circuit 2 » page 8 les tuyauteries où circule le fluide de A à B lorsque seule la pompe 2 est en fonctionnement. Indiquer l'état des différentes vannes ("O" pour vanne ouverte et "F" pour fermée).

3 - Colorier sur le document « Circuit 3 » page 9 les tuyauteries où circule le fluide de A à B lorsque les pompes 1 et 2 sont en fonctionnement. Indiquer l'état des différentes vannes ("O" pour vanne ouverte et "F" pour fermée).

4 – Déterminer le rendement global d'une pompe en configuration de test et en charge maximum.

4-1 Déterminer le circuit qui présente le plus de pertes de charge lorsqu'une seule pompe est en fonctionnement. Justifier votre choix.

4-2 Mettre le circuit dans la configuration précédente qui sera appelée dans le suite du texte : "configuration d'essai".

4-3 Régler la vanne pour constater un débit proche du débit maximum (environ 10 m^3/h) lorsqu'une seule pompe fonctionne, relever le débit réel mesuré par le débimètre

4-4 Relever la pression du réseau (on considère que le capteur donne la différence de pression entre les points A et B de l'installation).

4-5 Relever pour cette configuration d'essai la puissance électrique absorbée par la pompe. Cette mesure se fera armoire ouverte et donc implique le respect des règles de sécurité.

4-6 En utilisant le logiciel d'aide au calcul des pertes de charge mis à votre disposition, remplir le document réponse page 10 et calculer la valeur de la perte de charge entre le point A et le point B pour le circuit défini dans la configuration d'essai. Vous utiliserez pour le calcul des longueurs le modèle coté proposé en bas de la page 9.

REMARQUES :

- un té ne comportant que 2 écoulements sera considéré comme un coude à angle vif à 90° ou 45°
- la perte de charge pour un élargissement brusque – avec un angle de 90° - entre le petit et le grand diamètre se détermine à partir de la vitesse maximum dans le tube de petit diamètre.
- la perte de charge dans une vanne est déterminée par le constructeur, sa valeur est donnée sur le document réponse.

4-7 En appliquant le théorème de BERNOULLI généralisé entre les points A et B de l'écoulement : déterminer l'énergie apportée à l'écoulement par la pompe pour 1 m^3 de fluide déplacé. En déduire la puissance hydraulique maximum fournie au fluide par la pompe.

4-8 Comparer les résultats obtenus avec la mesure de puissance électrique absorbée.
En déduire le rendement global de la pompe.

DOCUMENT RESSOURCE : QUELQUES NOTIONS SIMPLES D'HYDRAULIQUE

Toutes les données qui vont suivre, ne concernent que les fluides dit « incompressibles » ou à très faible variation de volume ce qui permet de les classer comme tels.
Les écoulements seront dit permanents si la vitesse d'écoulement, la masse volumique et la vitesse des particules qui se succèdent en un même point, restent constantes quelque soit l'instant t.

1 - SECTION D'ECOULEMENT

La **section d'écoulement** de la tuyauterie est la **section droite intérieure du tuyau.**

$$\mathbf{S} = \pi\, \mathbf{R}^2 \text{ ou } \mathbf{S} = \pi\, \mathbf{d}^2/\mathbf{4} \text{ où}$$

d est le diamètre intérieure de la tuyauterie et R le rayon intérieur de la tuyauterie

2 - DEBIT

Le **DEBIT** est le rapport entre le **VOLUME** écoulé et le **TEMPS** d'écoulement

Le **débit** sera appelé **Q** :
Q = Volume / Temps

3 - VITESSE D'ECOULEMENT

La v**itesse d'écoulement** est la **longueur** parcourue par une particule de fluide en un **temps** donné.

4 - LIEN ENTRE LE DEBIT ET LA VITESSE

Dans une section donnée, le débit est proportionnel à la vitesse

$$\mathbf{Q = V * S \quad ou \quad V = Q/S}$$

5 - PRESSION

La pression P est le rapport d'une force F sur une surface S :

$$P = F / S \quad \text{ou} \quad F = P * S$$

P sera en Pascal (Pa) si la force est exprimée en N et la surface en m^2

Autres unités couramment utilisées :

le bar = 10 N / cm^2 ≈ 10 mce (mètres de colonne d'eau)

lorsque la pression est exprimée en mce il faut multiplier ce résultat par ρg pour obtenir la pression en Pascal.

ρ : masse volumique en Kg / m^3 et g : accélération de la pesanteur en m / s^2

6-PERTES DE CHARGE, ECOULEMENT D'UN FLUIDE, EQUATION DE BERNOULLI

Cette équation sur l'étude énergétique d'un écoulement sera exprimée en J/m^3 ou en Pascal (1 Pa = 1 N / m^2 = 1 mN /m^3 = 1 J/m^3)

Rappels :

- Masse volumique de l'eau : ρ = 1 000 Kg/m^3
- Accélération de la pesanteur à Paris : g = 9,81 m/s^2
- Pour obtenir la pression en Pascal lorsqu'elle est exprimée en mce il suffit de multiplier cette valeur par ρ g.

Energie en A	- pertes d'énergie dans la tuyauterie	+ échanges d'énergie avec le milieu extérieur	= Energie en B
* potentielle $\rho g Z_A$ * de pression P_A * cinétique $1/2\ \rho V_A^2$	* pertes de charges singulières liées aux perturbations (obstacles tels que: coudes, vannes, variations brutales de sections) * pertes de charge linéaires liées au frottement du fluide dans la tuyauterie	* >0 (apport) pompes, circulateur, surpresseurs, etc.. * <0 (retraits) turbine	* potentielle $\rho g Z_B$ * de pression P_B * cinétique $1/2\ \rho V_B^2$

$$P_A + \rho g Z_A + 1/2\ \rho V_A^2 \ - \ \text{pertes de charge} \ + \ W_{AB} = P_B + \rho g Z_B + 1/2\ \rho V_B^2$$

PUISSANCE HYDRAULIQUE :

- La puissance échangée sera le produit du travail d'échange d'un m^3 d'écoulement de fluide par le débit :

$$P = W_{AB} * Q$$

P sera exprimé en W si W_{AB} est exprimé en J/m^3 et Q en m^3/s

DOCUMENT RESSOURCE : CHOIX ET DIMENSIONNEMENT D'UNE POMPE

Pour choisir ou justifier le choix d'une pompe installée dans un circuit hydraulique, plusieurs paramètres sont à prendre en compte :

- SA PUISSANCE

* La puissance hydraulique fournie par une pompe est égale au produit du travail d'échange par le débit de la pompe :

$$P = W_{AB} * Q$$

P sera exprimé en W si W_{AB} est exprimé en J/m^3 et Q en m^3/s

* Le travail d'échange W_{AB} dépend des pertes de charge dans le circuit et de la variation des caractéristiques entre l'entrée du fluide dans le circuit et la sortie du fluide de ce circuit. Ces caractéristiques sont :

- La pression
- La position
- La vitesse d'écoulement

La formule de BERNOULLI permet de définir ce travail d'échange

$$P_A + \rho g Z_A + 1/2\ \rho V_A^2 \text{ - pertes de charge } + W_{AB} = P_B + \rho g Z_B + 1/2\ \rho V_B^2$$

- SON DEBIT

A puissance égale une pompe centrifuge assure un débit plus important qu'une pompe volumétrique.

- SA POSSIBILITE D'AUGMENTATION DE PRESSION

A puissance égale une pompe volumétrique permet des augmentations de pression dans le circuit plus importantes qu'une pompe centrifuge.

- SA POSSIBILITE D'AMORCAGE A VIDE

Pour les pompes qui ne sont pas placées en charge, il faut connaître la possibilité d'aspiration du fluide.

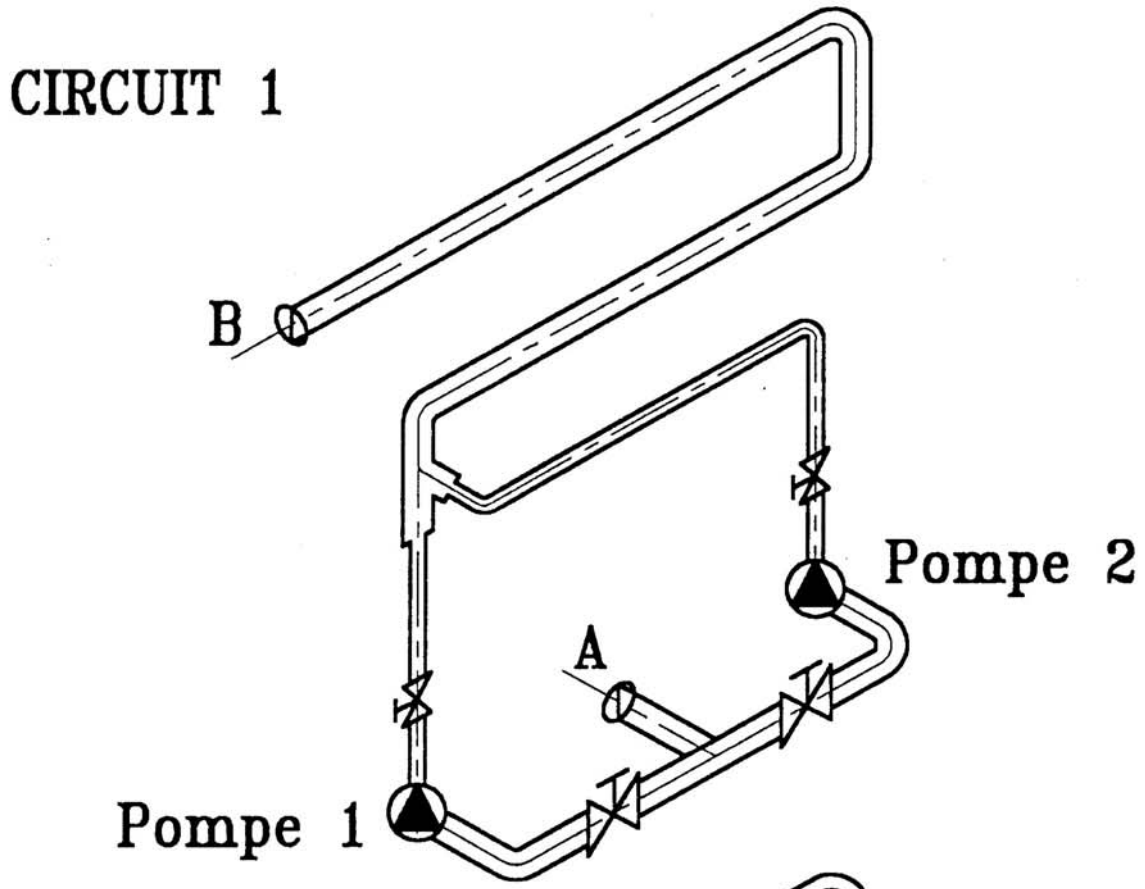
ALIMENTATION ELECTRIQUE D'UNE POMPE

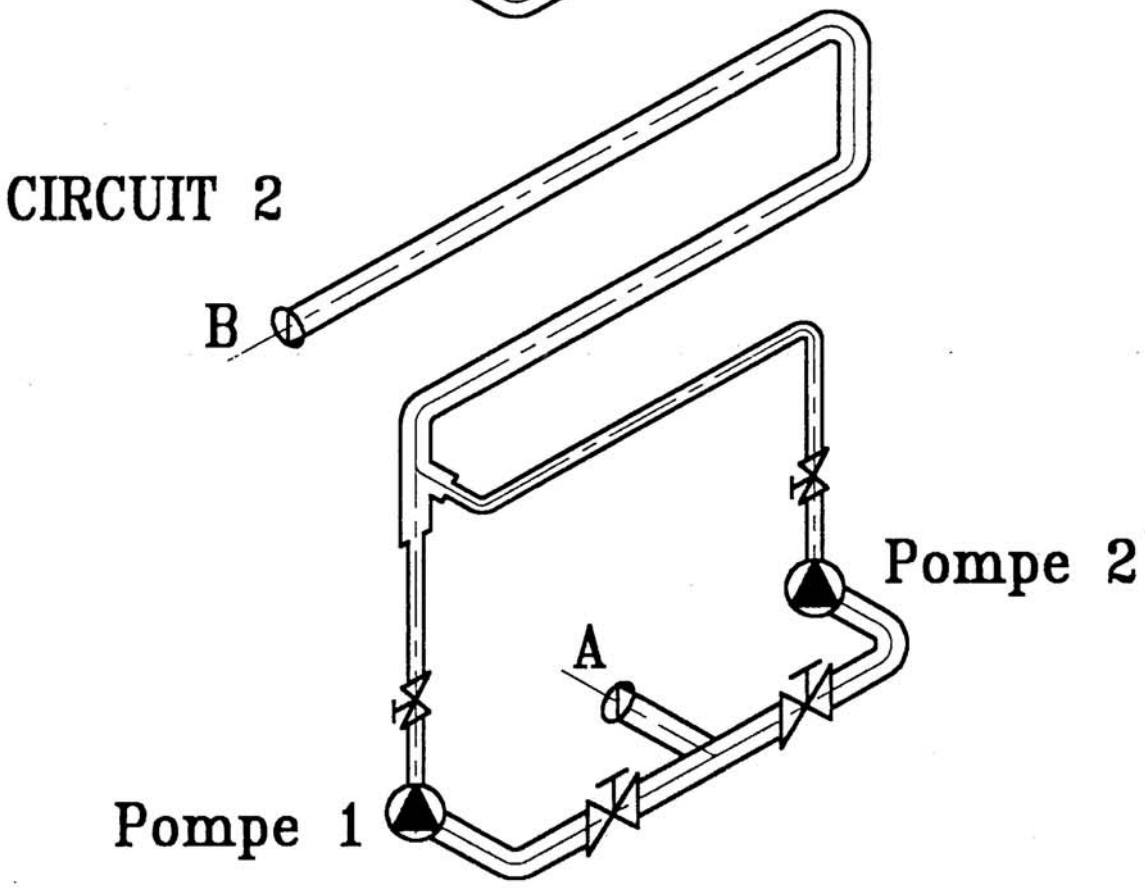
Le rendement global d'une pompe entraînée par un moteur électrique est le rapport entre la puissance hydraulique fournie au fluide et la puissance électrique fournie au moteur

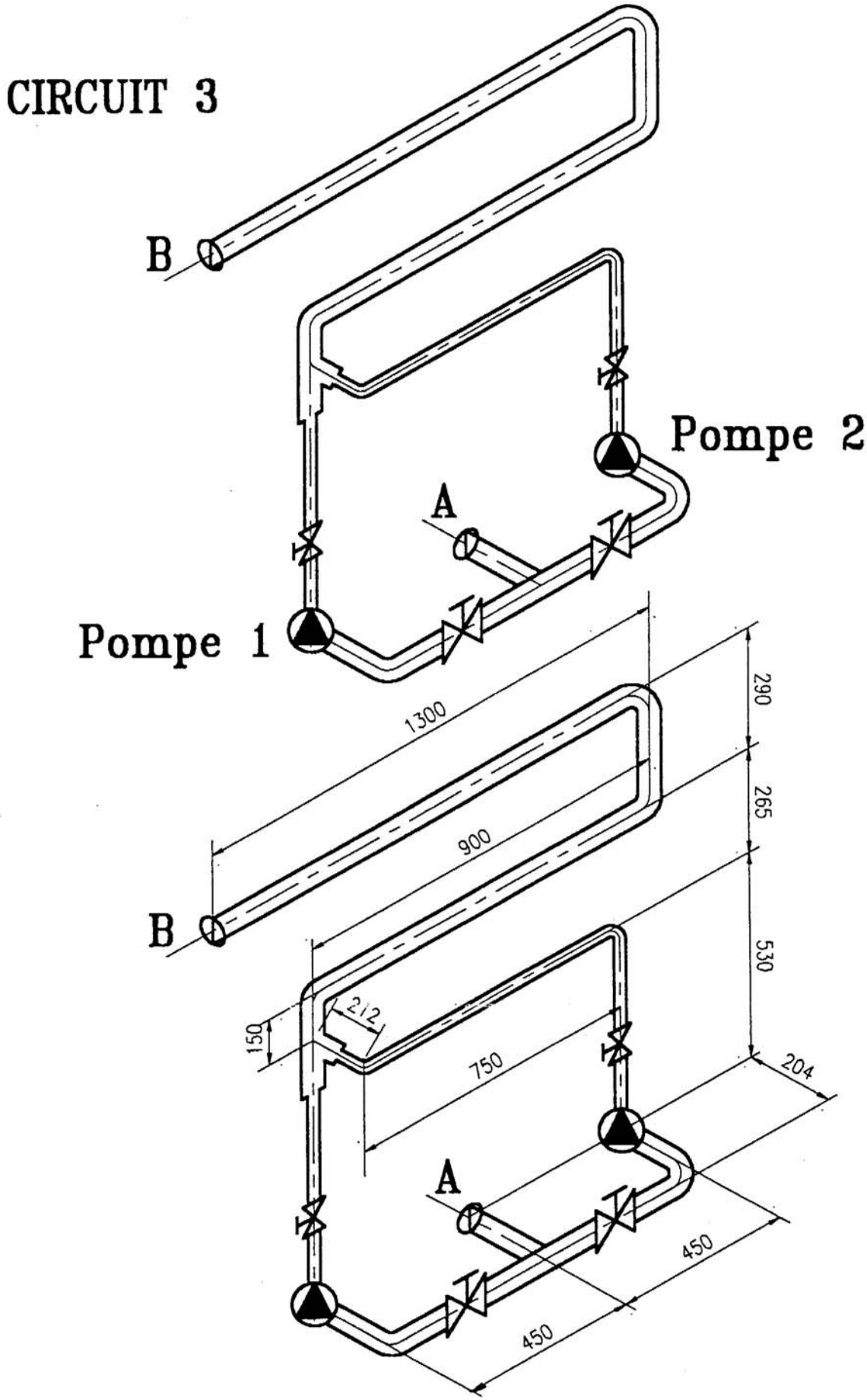
$$\eta = \text{P hydraulique / P électrique fournie}$$

Donc on obtiendra la puissance électrique à amener sur la pompe en divisant la puissance hydraulique trouvée précédemment par le rendement global de la pompe.

$$\text{P électrique fournie} = \text{P hydraulique} / \eta$$


CIRCUIT 1
B
Pompe 2
A
Pompe 1


CIRCUIT 2
B
Pompe 2
A
Pompe 1


CIRCUIT 3
B
Pompe 2
A
Pompe 1
1300
290
265
900
B
530
212
150
750
204
A
450
450

DETERMINATION DES PERTES DE CHARGES

PERTES DE CHARGE REGULIERES

DIAMETRE DE LA TUYAUTERIE	VITESSE D'ECOULEMENT (en m/s)	LONGUEUR (en m)	PERTE DE CHARGE UNITAIRE (en J/m^3)	PERTE DE CHARGE TOTALE (en J/ m^3)
DIAMETRE 55,5 mm				
DIAMETRE 34 mm				

PERTES DE CHARGE REGULIERE TOTALE(en J/m^3)	

PERTES DE CHARGE SINGULIERES

DEBIT: 10 m3/h (10000 l/h)	Diamétre : 55,5 mm			Diamétre : 34mm		
	Nombre	PDC unitaire (J/m^3)	PDC totale (J/m^3)	Nombre	PDC unitaire (J/m^3)	PDC totale (J/m^3)
COUDE à 45°						
COUDE à 90°						
VANNE		198 J/m^3			1 405 J/m3	
ELARGISSEMENT						

PERTES DE CHARGE TOTALE (en J/m^3) =		+	

CONCOURS GENERAL DES LYCEES

SESSION 2003

SCIENCES ET TECHNIQUES INDUSTRIELLES
GENIE ELECTRIQUE

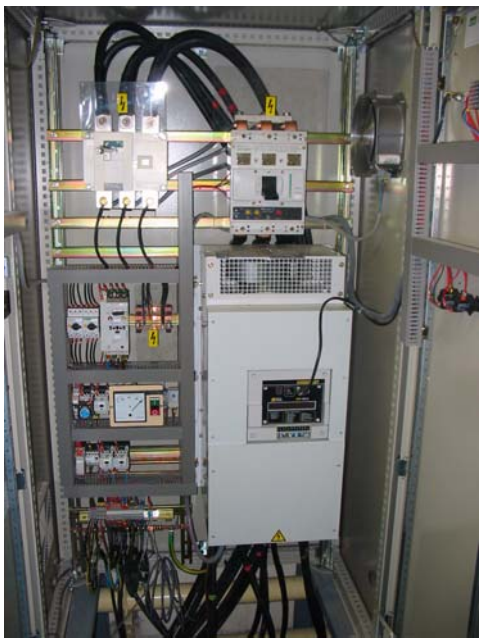
(Classe de terminale STI)

ELECTROTECHNIQUE

EPREUVES D'ADMISSION

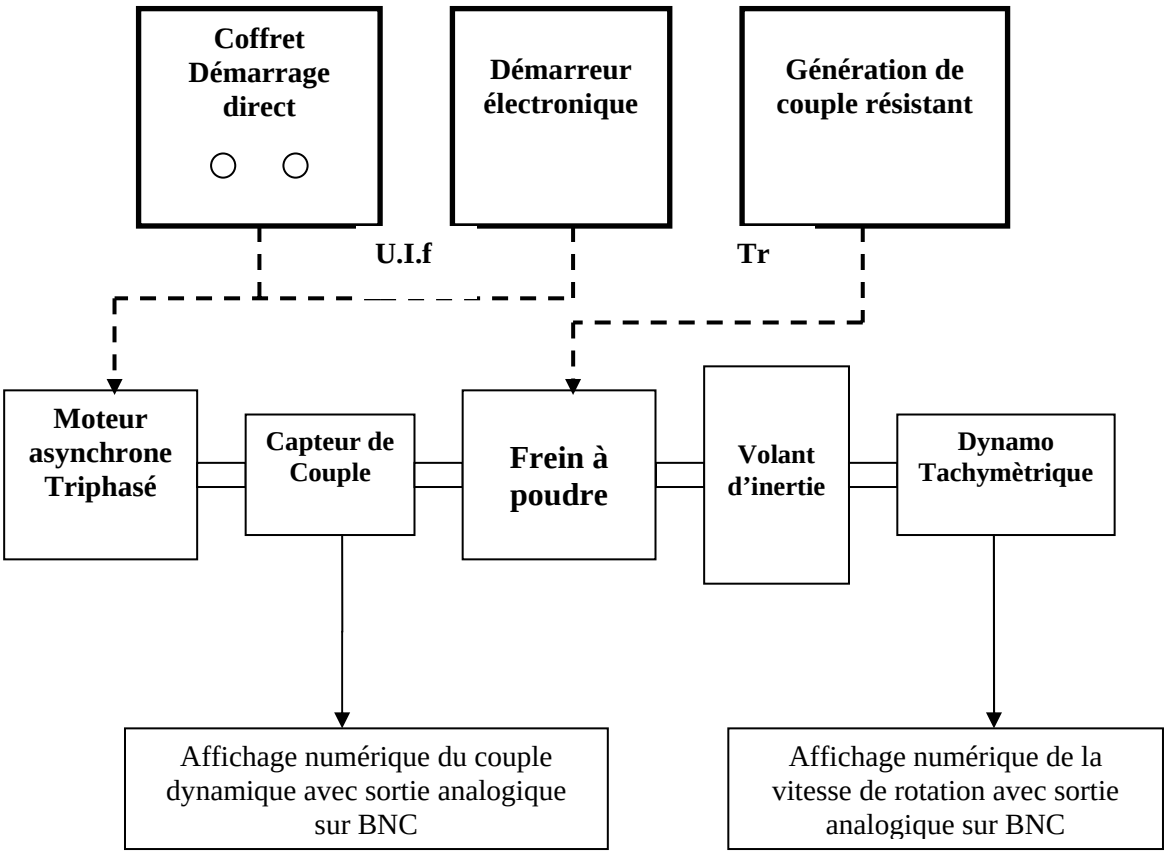
TP2

Démarrage d'un moteur asynchrone triphasé.
Utilisation d'un démarreur électronique.



1. Mise en situation.

On dispose d'un banc d'essais permettant de valider le fonctionnement du moteur d'entraînement de la pompe d'enneigement de l'usine à neige. Le schéma donné ci-dessous présente les fonctionnalités de ce banc.



Le coffret de génération de couple résistant permet de générer sur le frein, une loi de couple résistant de manière indépendante :

- Couple constant Tr = K
- Couple proportionnel à la vitesse Tr = K.Ω
- Couple quadratique Tr = K. Ω^2
- Couple hyperbolique Tr = 1/K.Ω

2. Objectifs pédagogiques.

2.1 Fonction « Commander la puissance par contrôle Tout Ou Rien »

Etudier la commande d'un moteur asynchrone triphasé qui démarre en direct sur une charge présentant un couple résistant donné et une inertie connue.

Objectif poursuivi :

- **Identifier** les problèmes rencontrés lors du démarrage direct d'un moteur asynchrone triphasé et leurs conséquences sur les installations.

2.2 Fonction « Commander la puissance par modulation d'énergie »

Etude d'un démarreur associé à un moteur asynchrone triphasé et sa charge.

Objectif poursuivi :

- **Mettre en évidence** les avantages du démarrage électronique notamment dans les applications de pompage.

3. Démarrage direct d'un moteur asynchrone triphasé.

On dispose d'un réseau triphasé 3 x 400 V – 50 Hz

3.1 **Relever** la plaque signalétique du moteur.

3.2 **Effectuer** le couplage du moteur en explicitant votre démarche.

3.3 **Choisir** le matériel afin de relever l'allure du courant absorbé au démarrage du moteur.

3.4 Pour une loi de couple Tr = K = 10 Nm, **relever et tracer** la courbe $I = f(t)$ au démarrage du moteur. Vous ferez apparaître sur la courbe, le calibre en A, le régime transitoire, le régime permanent et le temps de démarrage.

3.5 **Calculer** :
- La valeur du courant efficace au démarrage : Id
- La valeur du courant efficace en régime nominal : In
- Le rapport Id / In

3.6 **En déduire** les inconvénients d'un démarrage direct et les conséquences que peuvent avoir ces phénomènes sur les installations.

3.7 **Choisir** le matériel nécessaire afin de mesurer :

- la tension aux bornes du moteur U
- le courant moteur I
- la puissance absorbée P
- la puissance réactive Q
- la puissance apparente S
- le cos ϕ

3.8 **Calculer** le rendement du moteur pour le point nominal et comparer ces valeurs à celles indiquées sur la plaque signalétique.

3.9 **Relever et tracer** les courbes du couple moteur et de la vitesse de rotation en fonction du temps $Tm = f(t)$ et $n = f(t)$. Vous ferez apparaître sur ces courbes les calibres en Nm et en tr/min.

3.10 **Afficher** sur l'oscilloscope et **tracer** la courbe $Tm = f(n)$ et commenter l'allure de cette caractéristique.

4. Démarrage électronique progressif.

A l'aide de la documentation du démarreur, on vous demande de mettre en œuvre cet appareil de manière à effectuer un démarrage progressif du moteur asynchrone avec un couple constant pendant toute la durée du démarrage.

4.1 **Effectuer** le câblage permettant de mettre en œuvre le démarreur électronique.

4.2 **Faites vérifier votre montage** et **argumenter** le démarrage électronique.

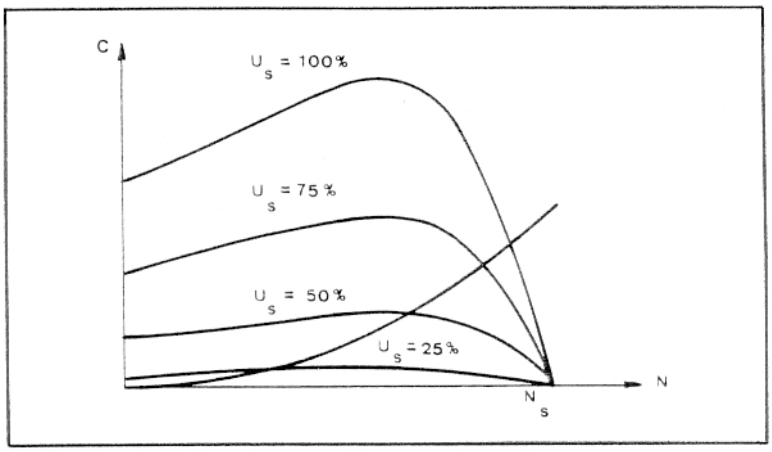
4.3 **Procéder au réglage** du démarreur de manière à avoir un couple constant pendant toute la durée du démarrage.

4.4 **Relever et tracer** les courbes du couple moteur et de la vitesse de rotation en fonction du temps $Tm = f(t)$ et $n = f(t)$. Vous ferez apparaître sur ces courbes les calibres en Nm et en tr/min.

4.5 **Afficher** sur l'oscilloscope et **tracer** la courbe $Tm = f(n)$, **commenter** l'allure de cette caractéristique.

4.6 **Conclure** sur l'utilisation d'un démarrage électronique et notamment dans le cas d'installations de pompage.

4.7 La caractéristique Couple – Vitesse du moteur asynchrone dépend du carré de la tension statorique. On modifie donc cette caractéristique en modifiant la tension statorique. Voir la courbe ci-dessous.



C = f (N) à tention statorique variable

En pratique, on réserve ce principe aux entraînements de charges dont le couple varie fortement en fonction de la vitesse, le cas classique est quadratique (pompes, ventilateurs, etc…) $Cr = K.\Omega^2$.
La diminution de la tension entraîne une augmentation du glissement. Il est intéressant d'étudier la variation des pertes Joule rotoriques.

- Dans l'hypothèse de la charge à caractéristique quadratique, **donner** l'expression des pertes Joule rotoriques en fonction :

➢ du coefficient K,
➢ du nombre de paires de pôles p,
➢ de la pulsation ω
➢ du glissement g.

- Monter que les pertes Joule passent par un maximum pour g = 1/3.

4.8 Conclure quant à la médiocrité du rendement de la machine aux faibles vitesses.

CONCOURS GENERAL DES LYCEES

SESSION 2003

SCIENCES ET TECHNIQUES INDUSTRIELLES
GENIE ELECTRIQUE

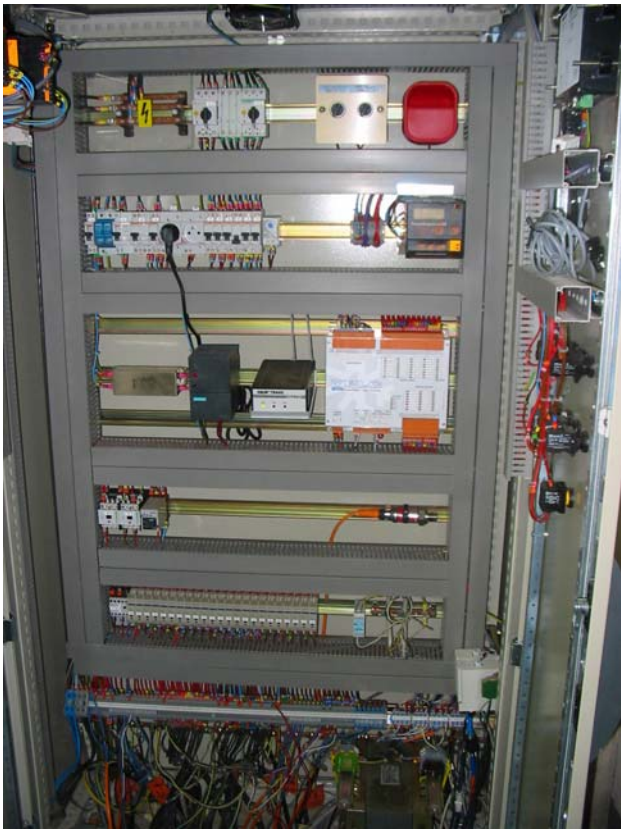
(Classe de terminale STI)

ELECTROTECHNIQUE

EPREUVES D'ADMISSION

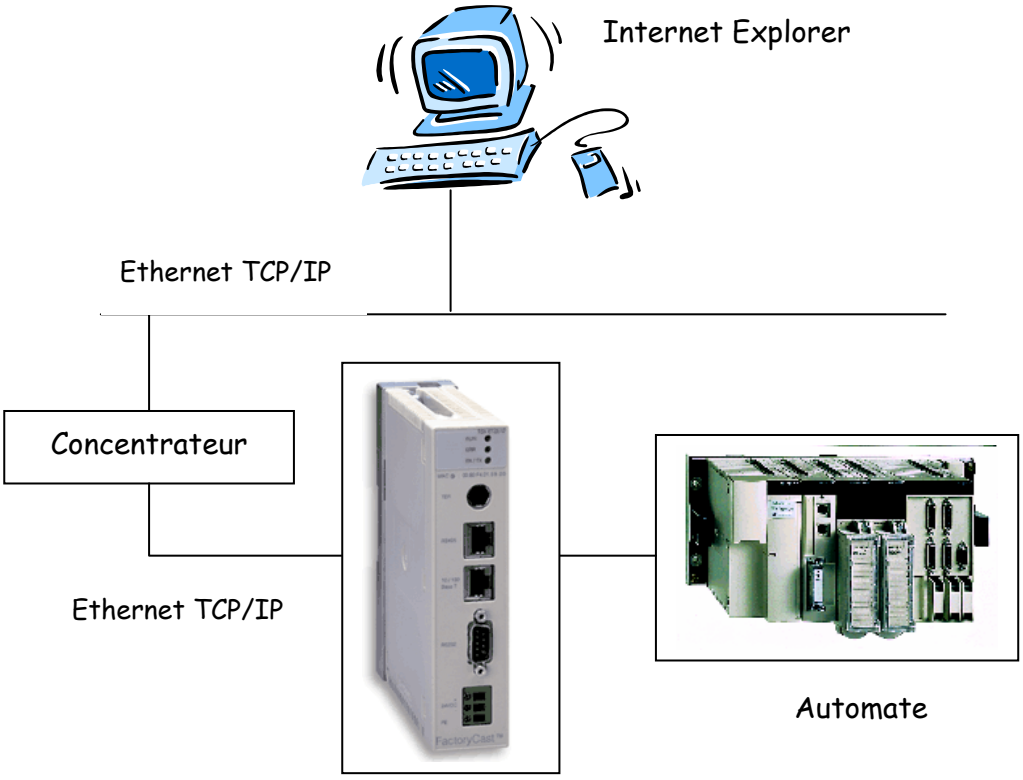
TP3

Automatismes



1. Mise en situation.

Un automate programmable (API) gère l'ensemble de l'automatisme. Il est muni d'un coupleur Ethernet (ETZ 510) qui inclut, en plus de la gestion du protocole TCP/IP standard, une fonction serveur Web embarqué. Ce serveur est un serveur de données temps réel automate. Toutes les données du processeur supportant ce coupleur sont représentées sous forme de pages standard Web au format HTML et sont aussi accessibles par tout navigateur Internet du marché capable d'exécuter du code Java embarqué.



Fonction de diagnostique système automate

La fonction prédéfinie et sécurisée de diagnostic système permet de visualiser en temps réel à partir d'un navigateur Internet :

- La configuration de la plate forme Automate.
- Le diagnostic détaillé de chaque module appartenant à cette configuration.
- L'état des entrées/sorties.

Fonction d'accès aux variables et données automate

Il est possible d'accéder en lecture ou en écriture à toutes données automate.
Des tables d'animation, regroupant certaines variables de l'application à surveiller ou à modifier peuvent être crées ou sauvegardées dans le coupleur supportant la fonction serveur Web.

Visualisation de pages Web spécifiques

Le coupleur Ethernet avec serveur Web embarqué dispose également d'un espace mémoire permettant l'accueil de pages Web spécifiques. Ces pages Web peuvent être crées avec les éditeurs standard du marché permettant la création et l'édition au format HTML.
Sur ces pages Web, il est possible de visualiser toutes variables automate en temps réel dans différents synoptiques, permettant notamment la réalisation d'applications de supervision distantes.

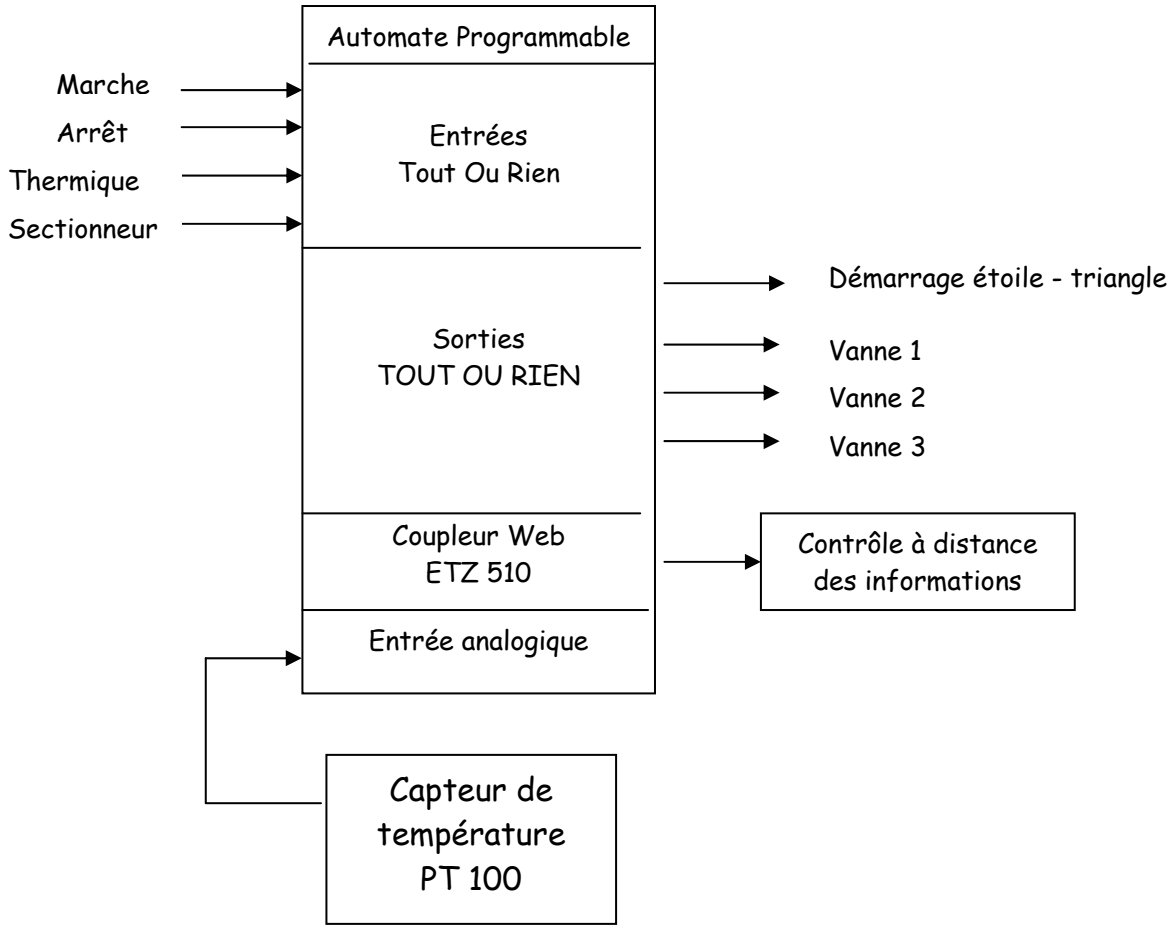
2. Application à l'usine à neige.

On étudiera dans l'application :

- la gestion du démarrage étoile – triangle d'un compresseur.
- La gestion d'une vanne modulante YORK conçue pour la fabrication de la neige.

Afin d'optimiser la production de neige de culture en fonction des conditions climatiques locales, il est indispensable de mesurer en permanence la température de l'air extérieur. Un capteur de température de type PT 100 est relié à une entrée analogique de l'automate programmable qui gère l'automatisme.

En fonction de la valeur de la température, un ordre de commande est envoyé à une vanne modulante « YORK ». Le module de communication électronique de la vanne est en dialogue permanent avec l'ordinateur.



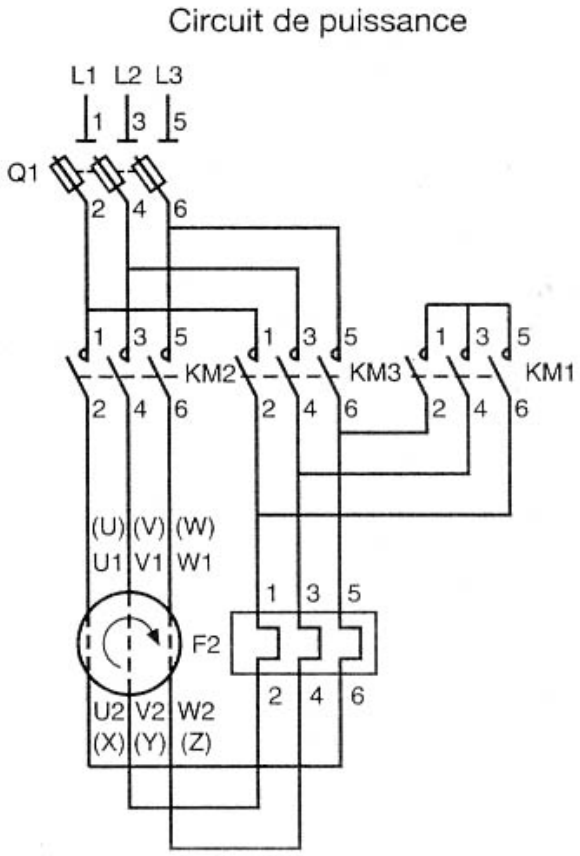
Tableaux des entrées / sorties de l'application

Entrée Tout Ou Rien	Code automate
Q1 contact du sectionneur	%I1.1
F2 contact du relais thermique	%I1.2
S2 bouton poussoir « arrêt »	%I1.3
S1 bouton poussoir « marche »	%I1.4

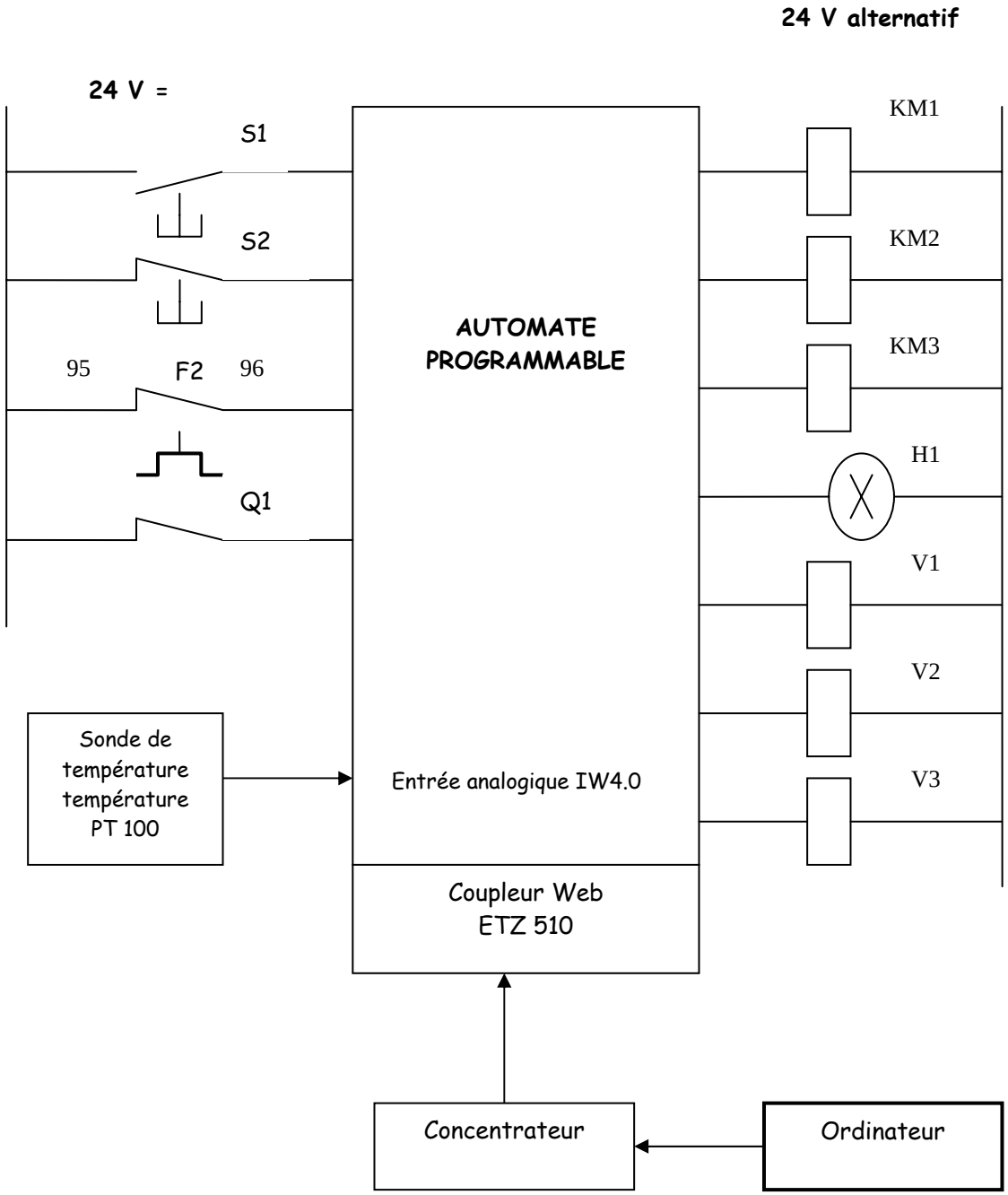
Entrée analogique	Code automate
Entrée température air ambiant	%IW4.0

Sorties Tout Ou Rien	Code automate
Contacteur de ligne KM2	%Q2.1
Couplage étoile KM1	%Q2.2
Couplage triangle KM3	%Q2.3
Voyant fin de démarrage H1	%Q2.4
Vanne 1	%Q2.5
Vanne 2	%Q2.6
Vanne 3	%Q2.7

SCHEMA DU DEMARRAGE ETOILE TRIANGLE



SCHEMA BLOC DES ENTREES/SORTIES



3. Objectifs pédagogiques.

3.1 Fonction « Traitement »

Objectif poursuivi :
En possession des affectations des entrées/sorties d'une application

- **Effectuer** le câblage des entrées/sorties relatifs à l'application.

3.2 Fonction « adapter les entrées »

Objectif poursuivi :
Le schéma, les contraintes temporelles, les documents constructeurs étant fournis :

- **Justifier le choix** des interfaces TOR, analogiques, numériques.
- **Mettre en œuvre** les interfaces TOR, analogiques, numériques.

4. Travail à faire.

4.1 Fonction « traitement »

On vous donne :

- Le schéma de puissance du démarrage étoile – triangle
- La liste des entrées/sorties de l'application
- Le programme automate correspondant à l'application

On vous demande :

- Représenter sur le document réponse, le schéma de câblage des entrées/sorties
- Effectuer le câblage des entrées/sorties à l'aide de la platine d'essais
- Essayer cette partie de l'application en présence de l'examinateur.

4.2 Fonction « adapter les entrées »

On vous donne :

- La documentation du module d'entrée analogique
- Le cahier des charges concernant les contraintes en température

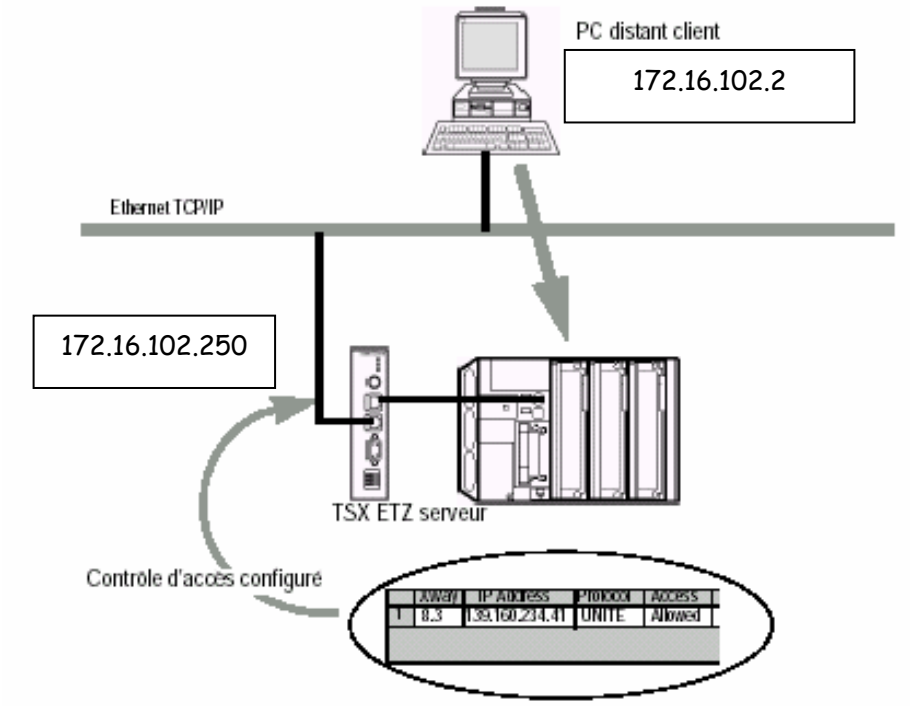
On vous demande :

- Configurer l'entrée analogique %IW4.0 en tenant compte des caractéristiques de la sonde de température PT 100.

La sonde PT 100 peut mesurer une température comprise entre – 200°C et 850 °C. L'affichage en entrée de l'automate est compris entre 0 et 10.000 points.

- Préciser quelle est l'opération à effectuer au niveau du programme pour obtenir un affichage de la température en °C.

- Etablir la liaison entre l'ordinateur distant et le coupleur Web de l'automate d'adresse http : 172.16.102.250



Pour accéder aux variables et données automates il vous faudra venir dans le menu « GRAPHIC EDITOR » et charger le programme « CG 37 ». L'écran qui suit vous permet de visualiser en temps réel à partir du navigateur Internet l'état des entrées/sorties.

- Valider par un essai le bon fonctionnement de la sonde de température et vérifier en temps réel l'évolution de la température en fonction du temps.

- Vérifier le fonctionnement des électrovannes V1, V2 et V3 et établir un chronogramme représentatif du fonctionnement de V1, V2 et V3 en fonction de la température mesurée.