

PROJET : Automatisation et Supervision d'une station de pompage

ANALYSE FONCTIONNELLE

Le but de cette analyse fonctionnelle est de décrire les règles de fonctionnement et d'automatisation d'un château d'eau 1000 m³, constitué de 3 groupes moto-pompage, d'une armoire de commande équipée d'un automate SIEMENS S7-1200 et d'un IHM KTP 1200 COMFORT. Cet ensemble constitue l'objet du Bureau d'Etude.



Figure 1 : groupes motopompes

Le site est constitué de :

- Une salle des machines abritant, les trois (03) groupes de pompage.
- Une armoire qui abrite la partie puissance et commande ainsi que l'automate SIEMENS S7-1200, qui assurera le fonctionnement automatique du site.
- Une armoire pour la commande du compresseur d'air.
- L'eau du réservoir (2000 m³) sera refoulée vers le château d'eau (1000 m³ niveau de 0 à 3m), qui est distant approximativement de 25 mètres.



Figure 2 : château d'eau.

Afin d'éviter les débordements et manques d'eau récurrents, constatés sur le château d'eau, et éliminer toute intervention humaine, sur le fonctionnement des groupes motopompes, l'exploitant du site, a exprimé le besoin d'automatiser l'asservissement du château d'eau.

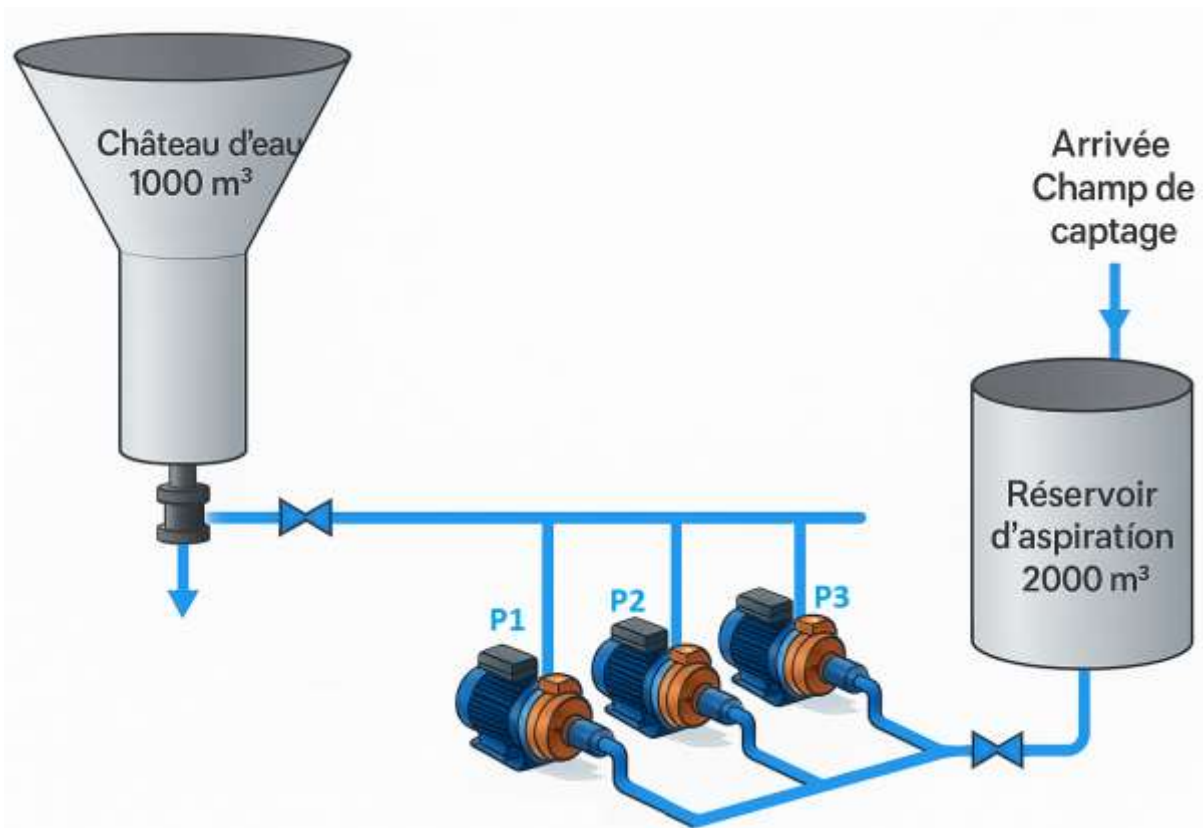


Figure 3 : un schéma de principe de fonctionnement de la station pompage

I. Equipements

Ce paragraphe décrit les équipements existants dans la station.

- 3 pompes de puissance 90kW chacune
- 1 compresseur de puissance 3.7kW
- Un automate S7-1200 et ses modules
- Un IHM KTP 1200 Comfort
- Eclairage armoire
- Ventilateur armoire
- 3 prises triphasées
- 2 prises monophasées

I.1. Pompe :

Les 3 pompes utilisées sont identiques, elles sont de marque CAPRARI type PM80/6C ayant un débit de 100 m³ /h et une vitesse de rotation de 2970 Tr/min. il s'agit d'une pompe centrifuge c'est à dire une machine rotative qui pompe un liquide en le forçant au travers d'une roue à aube souvent nommée turbine.

I.2. Moteurs des Pompes

Les moteurs utilisés sont identiques, le tableau suivant récapitule les caractéristiques du moteur.

Type	Puissance		Cos φ	Rendement*			Intensité A (400V)	Courant de		Couple démarrage	Couple démarrage	Couple max.	Moment d'inertie	Pression sonore	Masse
	kW	Vitesse min ⁻¹		1/4	3/4	2/4		Id/In	Nm						
3000 min⁻¹															
SM2-280 MA2	90	2965	0,91	94,1	94,1	93,5	152	7,25	290	1,65	2,60	0,60	82	689	

I.3. Vannes :

Les vannes motorisées ou non motorisées jouent un rôle très important dans la station car elles garantissent la sécurité des pompes contre le refoulement de l'eau à des vitesses très importantes.

I.4 Auxiliaires de pompe :

I.4.1. Anti-bélier :

Un système anti bélier est un ballon rempli à 1/3 d'eau et 2/3 d'air, il sert à la prévention et à l'absorption des chocs qui se produisent lorsque l'écoulement est interrompu plus rapidement que la décélération, ceci peut être causé soit par la fermeture brusque d'une vanne ou par l'arrêt d'une pompe. Le niveau de réservoir anti bélier est contrôlé par des capteurs de niveau (poire).

La station contient deux ballons anti-bélier : le premier ballon anti-bélier est raccordé sur la conduite de refoulement sur la ligne château d'eau et le second est raccordé sur la conduite de refoulement sur la ligne de station pompage. Ils sont de marque Charlatte le premier est à vessie et le deuxième est à compresseur avec fonctionnement manuel, les deux ballons ont un volume de 1500 litres et une pression de 25 bars.



Figure 4 : ballons anti-bélier

I.4.2. Compresseur :

Un compresseur de puissance 3.7kW sert à comprimer l'air dans l'anti bélier afin de diminuer le niveau d'eau en cas de surpression, c'est-à-dire empêcher l'eau de retourner vers la station une fois pompée.

I.5 Capteurs :

Afin de réaliser ce projet, la station nécessite plusieurs types de capteurs :

I.5.1. Capteurs de niveau :

- **Les poires :** il s'agit d'un capteur TOR, c'est un dispositif suspendu au-dessus d'un plan d'eau au moyen d'un câble électrique. Lorsque le niveau de l'eau augmente jusqu'à immerger le dispositif, sa capacité de flotter et sa forme de poire l'oblige à se retourner mettant ainsi deux fils en contact électrique. Les poires sont au nombre de quatre :

- Deux poires de niveau (niveau haut et niveau bas) sur le réservoir d'aspiration de la station.
- Quatre poires de niveau (niveau haut, niveau très haut, niveau bas et niveau très bas) sur le château d'eau.

- **Les sondes de niveau analogique piézorésistif :** Le principe de ce type de sonde est que la force appliquée sur la sonde se convertit en un signal électrique (4-20mA) qui va être traité par l'automate. Ces sondes sont destinées à la mesure de niveau ou de pression des liquides. Leurs vastes domaines d'applications permettent leur utilisation : en réservoirs, postes d'assainissement, barrages, cuves, forages, tours d'eau, canalisations...

Les sondes nécessaires seront au nombre de deux placées en bas de chaque réservoir (une sonde pour le réservoir d'aspiration, une seconde pour le réservoir du château d'eau).

I.5.2. Capteurs de pression analogique :

Une sonde de pression (ou capteur de pression) est un dispositif destiné à convertir les variations de pression en variations de courant électrique (4-20mA).

La station nécessite deux capteurs de pression : le premier capteur sera placé sur la conduite d'aspiration (qui est commune), le deuxième sur le refoulement général de la ligne du château d'eau.

I.5.3. Contacts de fin de course :

Ils seront au nombre de 6 : deux contacts pour chaque vanne de refoulement (un contact pour la fermeture et un contact pour l'ouverture de la vanne).

I.5.4 Débitmètres électromagnétiques :

Le débitmètre électromagnétique fonctionne suivant la loi d'induction de Faraday qui dit qu'une tension est induite dans un conducteur se déplaçant dans un champ magnétique. Appliqué au principe de mesure électromagnétique, c'est le liquide traversant le capteur qui correspond au conducteur, dans notre cas il s'agit de l'eau. La tension induite, proportionnelle à la vitesse de passage, est transmise à l'amplificateur par deux électrodes de mesure. Le champ magnétique est engendré par un courant continu alterné.

Deux débitmètres sont nécessaires : le premier sera placé sur l'arrivée des forages, le deuxième départ de château d'eau.

I.6 Pupitre de commande :

Il contient des voyants (marche / arrêt / défaut, etc.) et des boutons (marche /arrêt / arrêt d'urgence) et les commutateurs de mode (automatique /manuel).

I.7 Modes de fonctionnement de la station

La gestion de la station sera effectuée à partir de l'automate SIEMENS S7-1200 et l'IHM de supervision de type SIEMENS TP-1200 COMFORT. Deux modes de fonctionnement sont prévus pour le fonctionnement de la station : mode manuel et mode automatique.

Chaque pompe aura son propre commutateur MAN/AUTO incrusté dans l'armoire de commande, il y aura donc 3 commutateurs de mode. On distingue deux modes de fonctionnement :

I.7.1 Mode manuel

Ce mode est sélectionné lorsque les commutateurs MAN/AUTO sont sur la position MAN et à partir du bouton « MAN » de l'IHM et que l'opérateur appuie sur le bouton START. En mode manuel, la station de pompage est sous le contrôle de l'opérateur qui peut commander le démarrage et l'arrêt ou l'acquiescement des défauts des pompes par les boutons existants sur l'armoire de commande ou sur l'IHM.

En principe le mode « Manu » n'est choisi que pour :

- Des opérations de maintenance.
- Des réglages ou des tests.
- Lorsqu'un problème surgit lors de l'exécution des séquences.
- Ou en cas de défaillance sur l'automate.

Dans ce mode, aucune tâche n'est assurée par l'automate, tous les événements de fonctionnement y compris les défauts et les alarmes seront détectés par l'automate, enregistrés dans sa mémoire et envoyés vers l'IHM de supervision.

I.7.2 Mode automatique

Ce mode est sélectionné lorsque les commutateurs MAN/AUTO sont sur la position AUTO et à partir du bouton « AUTO » de l'IHM et que l'opérateur appuie sur le bouton START.

En mode Automatique, aucune intervention sur site n'est nécessaire. La station de pompage est sous le contrôle de l'automate.

Toutes les séquences sont exécutées par l'automate qui surveille en permanence les états des équipements, ainsi que les défauts et les alarmes qui seront transmis vers l'IHM de la supervision.

I.7.3 Transition entre les différents modes

I.7.3.1 Passage du mode MANU au mode AUTO

Au passage en mode automatique, les groupes moto pompes dépendent des séquences programmées dans l'automate. Un équipement peut très bien démarrer à la transition, ce qui implique une vigilance des exploitants sur site.

I.7.3.2 Passage du mode AUTO au mode MANU

Au passage en mode manuel, les groupes moto pompes ne sont plus commandés par l'automate et deviennent indisponibles. Si les équipements sont en marches, leur arrêt sera immédiatement constaté.

I.8. Gestion des Défauts

Un défaut est un événement dont l'origine est une anomalie physique. Chaque défaut est représenté visuellement par une alarme qui sera transmise à partir de l'automate vers l'HMI.

On peut classer les défauts de la station en deux types : **défauts physiques et défauts programmes.**

I.8.1 Les défauts physiques :

Un défaut physique est un défaut qui survient de l'une des protections de la pompe :

- Surcharge (détecté par sonde PTC).
- Sonde humidité.
- Flotteur garniture mécanique (en cas fuite d'eau dans la pompe).
- Défaut d'isolement (entre les bobines de la pompe) résulte déclenchement disjoncteur magnétique.

Si un défaut parmi ceux qui ont été listés apparaît sur la pompe :

- Le groupe de pompage s'arrête automatiquement et sera immédiatement remplacé par un autre (s'il est disponible), si le fonctionnement est en mode Automatique.
- Le groupe de pompage s'arrête automatiquement et c'est à l'opérateur de choisir un autre (s'il est disponible), Si le fonctionnement est en mode Manuel.

I.8.2 Les défauts de programmes :

Un défaut est dit programme s'il est généré par le programme de l'automate. Il est lié à une anomalie physique d'un ou de plusieurs constituants de l'équipement. Il est calculé par l'automate uniquement lorsque l'installation est en mode Automatique.

Dans notre installation automatisée, on distingue deux types de défauts de programmes : défaut de discordance et défaut du signal analogique.

a. Défaut de discordance :

Un défaut de discordance représente les incohérences qui peuvent se produire entre l'ordre émis par l'automate (commande de Marche ou d'Arrêt) et le retour d'état réel d'un actionneur.

Lorsque l'automate donne un ordre à un actionneur (Marche/Arrêt pompe ou Ouverture/Fermeture électrovanne), une temporisation de 10 secondes est lancée. Si à la fin de cette temporisation, l'automate ne reçoit pas le retour d'état attendu, alors cet actionneur est déclaré en défaut de discordance. Ainsi, deux cas de figures s'imposent :

- Si le fonctionnement est en mode AUTO, le groupe moto pompe auquel appartient l'actionneur en défaut de discordance s'arrête automatiquement et sera immédiatement remplacé par un autre (s'il est disponible).

b. Défaut des capteurs analogiques :

Un défaut du signal analogique représente une rupture des fils de liaison avec un (des) capteur(s), une détérioration du (des) capteur(s) ou un dépassement de l'échelle de la mesure.

Si un défaut du signal analogique apparaît :

- L'automate va ignorer les capteurs analogiques et va se baser vers les poires de niveau dans la commande des pompes.

c. Les voyants des défauts

Chaque défaut parmi les défauts cités précédemment doit être signalé par des voyants et des alarmes pour que l'opérateur intervient et règle la situation.

I.9 Acquiescement des défauts :

Lorsqu'un défaut apparaît, une alarme lui est obligatoirement associée et est immédiatement transmise à l'HMI. Un acquiescement est réalisé par l'opérateur sur l'armoire de commande ou sur l'IHM comme suit :

- La prise en compte effective de l'alarme apparue sur la page d'alarmes de l'HMI. Cet acquiescement n'est effectif que si l'événement qui est à l'origine du défaut a disparu ;
- L'avertissement de (l'agent d'astreinte et du service maintenance sur le problème lié à l'alarme).

I.10 Traitement des défauts :

Dès l'apparition d'un défaut, une intervention rapide est imposée afin de le traiter le plus tôt possible. Chaque type de défauts nécessite un traitement spécifique.

a. Traitement des défauts physiques :

Ce type de défauts est traité sur l'armoire électrique des équipements par le service de maintenance. Une fois le défaut traité, l'alarme qui lui était associée va automatiquement disparaître de l'automate et de l'HMI.

b. Traitement des défauts programmés :

Ce défaut est traité par l'automate :

- Localement : en appuyant sur le bouton poussoir '**Acquit Défauts**' général incrusté sur le pupitre de commande de la station ou sur l'HMI.

Lorsqu'un défaut apparaît sur un équipement, ce dernier reste toujours en état d'Arrêt tant que l'opérateur ou/et l'exploitant n'ont pas effectué l'opération d'acquiescement du défaut.

I.11 Principe de fonctionnement de l'installation automatisée :

Le principe de fonctionnement de l'installation automatisée est basé sur :

- Un automate de type SIEMENS S7-1200 placé sur la station de pompage. La fonction de cet automate est de gérer et superviser le fonctionnement de la station de pompage. Il assure aussi l'acquisition des mesures relatives à la station et leurs transmissions à l'HMI, à savoir :
 - 02 mesures de niveau (du réservoir d'aspiration (station de pompage) et du château d'eau).
 - 02 mesures de débits instantanés des débitmètres électromagnétiques (Arrivées : Forages, Départ : château d'eau) ainsi que les volumes cumulés et les volumes journaliers.
 - 02 mesures de pression (aspiration et refoulement vers château d'eau).

- L'ensemble des informations relatives à la gestion de la station de pompage (Marche/Arrêt Pompes, Ouverture/Fermeture Vannes, Défauts Pompes, Défauts Vannes, Temps de fonctionnements Pompes, nombre de démarrage de pompes, Télécommandes Pompes, etc..).

Cet automate a aussi pour fonction de gérer :

- La mesure du niveau du château d'eau 1000 m³ de 0 à 3m ainsi que les seuils d'alarmes (de débordement et manque d'eau) vers l'IHM de supervision pour assurer la télésurveillance.

I.12 Modes de fonctionnement des groupes moto pompes :

Le choix du mode des groupes moto pompes se fait par rapport à leur état et à leur temps de marche.

I.12.1 Etats de fonctionnement des groupes moto pompes

Un groupe de motopompe ne peut se trouver que dans l'un des deux états suivants :

- Etat disponible.
- Etat indisponible.

a. Etat disponible.

Une pompe est en état disponible si elle est prête à démarrer (ne présente aucun défaut mécanique ou électrique) ou déjà en fonctionnement.

b. Etat indisponible :

Une pompe est en état indisponible si une des conditions suivantes est vraie :

- La pompe est en mode MANU.
- La pompe est en défauts (électrique et /ou discordance).
- Absence d'alimentation en tension.

Les états de fonctionnement des pompes de la station sont basés sur le principe que :

- 2/3 pompes de refoulement vers château d'eau peuvent se trouver en état marche en même temps et une en état repos.
- Les trois pompes peuvent se trouver en état indisponible.

c. Temps de fonctionnement des pompes :

En mode automatique, le choix de la pompe à démarrer se fait, en plus de son état de fonctionnement, sur la base d'un compteur horaire qui enregistre le nombre d'heures de fonctionnement des pompes. Ce système permet d'uniformiser les temps de fonctionnement des pompes et de faire une permutation des pompes utilisées.

Quand le système veut démarrer une pompe automatiquement, il cherche la pompe qui a le compteur le plus petit. Quand il veut arrêter une pompe, il cherche la pompe qui a le compteur le plus grand.

Le remplissage du réservoir d'aspiration est indépendant

I.12.2 Démarrage des pompes :

Le démarrage des pompes sera asservi aux conditions suivantes :

- ✓ Vanne d'aspiration ouverte à 100 %.
- ✓ Vanne de refoulement fermée à 100% (indiqué par le capteur de fin de course sur la vanne au refoulement de la pompe). On choisit ce démarrage pour limiter les coups de bélier au démarrage des pompes.
- ✓ Réservoir d'aspiration (2000 m³) rempli à 40 % minimum (uniquement pour le mode automatique) indiqué par une sonde de niveau. Ceci permet d'éviter les problèmes d'amorçage des pompes.
- ✓ Une fois la pompe démarrée, la commande d'ouverture de l'électrovanne de refoulement est faite automatiquement. Si la vanne n'est pas ouverte dans un délai paramétrable (généralement 10 secondes), un défaut de discordance d'ouverture de l'électrovanne est signalé et la pompe est

arrêtée. En plus de ces conditions citées ci-dessus, s'ajoutent deux modes de fonctionnement distincts :

I.12.2.1 Fonctionnement en mode manuel

Dans ce mode l'opérateur peut commander les pompes par les boutons (P1, P2, P3) existants sur la face avant de l'armoire ou bien à partir de l'HMI tandis que l'automate enregistre tous les événements, affiche les alarmes et anime la supervision.

a. Conditions de démarrage des pompes

- La pompe est disponible.
- ET pas de défaut de disjoncteur de ligne.
- ET pas de défaut de température.
- ET pas de retour d'arrêt d'urgence.
- ET action sur le bouton « marche » sur l'armoire ou bien sur l'IHM.

b. Conditions d'arrêt des pompes

La pompe est indisponible dans le cas où

il y a :

- Un défaut arrêt d'urgence.
- Action sur le bouton « Arrêt » sur l'armoire ou bien sur l'IHM.

I.12.2.2. Fonctionnement en mode automatique :

Dans ce mode, l'opérateur doit positionner le commutateur (AUTO/MAN) sur l'armoire de commande en position « AUTO » et à partir du bouton « AUTO » de l'IHM et appuyer sur le bouton START, ainsi l'automate prend complètement en charge le fonctionnement des pompes.

En mode automatique, le choix de la pompe à démarrer se fait, en plus de son état de fonctionnement (disponible, indisponible) sur la base du niveau de château et des temps de fonctionnement, donc on aura deux modes de démarrage :

a. Démarrage deux pompes

Les valeurs des seuils sont ainsi fixées :

Seuil très bas. 0m

Seuil bas : 0.5m

Seuil haut : 2,5m

Seuil très haut : 3m

Le démarrage des pompes dans ce cas est activé lorsque :

Le niveau du château < seuil bas (0.5m)

Ou bien *le niveau du château < poire niveau bas* en cas défaut de capteur

Dans ce cas la quantité d'eau qui est dans le château est peut-être consommée rapidement par les habitants, donc on peut tomber sur le cas de l'épuisement de la totalité d'eau et pour éviter cela, il faut démarrer deux pompes en même temps pour remplir le château le plus rapidement possible. Pour protéger la station de pompage et augmenter la durée de vie des pompes prévoir une gestion de pompage basée sur une permutation de la mise en marche comme suit :

Pour chaque cycle il y a deux pompes qui démarre l'une après l'autre car il faut prendre en considération l'appel du courant au démarrage c'est pourquoi il faut mettre une temporisation 30 secondes entre le démarrage des deux pompes. La permutation entre les pompes se fait lorsque :

- les pompes sont à l'arrêt (Niveau d'eau > seuil très haut)

Ou bien Niveau d'eau > poire très haut en cas défaut de capteur.

- En cas d'arrêt ou d'arrêt d'urgence.

- Défaut pompe.

b. Arrêt des pompes

L'automate met à l'arrêt une pompe lorsque :

Seuil haut < niveau du château < seuil très haut.

Ou bien *Poire haut < niveau du château < poire très haut* en cas défaut de capteur.

Dans ce niveau, la quantité d'eau dans le château est suffisante pour alimenter les habitants et il ne reste pas beaucoup pour que le château soit rempli, donc une seule pompe est suffisante.

La mise à l'arrêt de la pompe dans ce cas se fait comme suit :

La pompe qui a le compteur horaire le plus grand dans le cas précédent (démarrage deux pompes) va se mettre à l'arrêt. La vanne de refoulement fermera automatiquement avant l'arrêt des pompes. L'arrêt des pompes sera effectué en roue libre. Ceci permet un arrêt rapide de la pompe et limite la montée en pression lors de la fermeture de la vanne. Ce type de fermeture a pour but de réduire les coups de bélier sur le réseau en aval.

On distingue deux types d'arrêt des pompes de la station : arrêt normal et arrêt brusque.

- **Arrêt normal**

Il y aura un arrêt normal des pompes en marche si l'une des conditions suivantes est vraie :

- Seuils d'arrêts des pompes détectés.
- La logique de l'état des poires de niveau haut est vraie.
- Un ordre d'Arrêt a été envoyé par l'opérateurs de l'IHM ou un appui sur le bouton d'arrêt situé dans l'armoire de commande. -

- **Arrêt brusque**

Il y aura un arrêt brusque des pompes en marche si l'une des conditions suivantes est vraie :

- Défaut physique.
- Défaut de discordance
- Passage du mode Automatique au mode Manu.
- Absence de l'alimentation électrique.
- Réduction de débit.
- Un ordre d'Arrêt d'urgence a été envoyé par l'opérateur de l'IHM ou un appui sur le bouton d'arrêt d'urgence situé dans l'armoire de commande.

1.13 Temps de fonctionnement et nombre de démarrage des pompes

Pour chaque pompe, il y a un compteur qui compte le nombre de démarrage et un autre qui compte le temps de fonctionnement, après ces informations vont être affichées dans la supervision.

TRAVAIL A FAIRE

1) Effectuer le choix de l'automate et des différents modules d'E/S

2) Ecrire le programme automate à l'aide du logiciel TIA PORTAL

3) Concevez la supervision sur WinCC