

PROJET DE FIN D'ETUDES



RENOVATION DU SYSTEME D'AUTOMATISATION

CENTRALE ALLAL AL FASSI



Membres du jury

Pr. F.BELMAJDOUB	Encadrant FST
Pr. D.TAHRI	Examineur
Pr. A.ENNADI	Examineur
M. QORCHI Hicham	Encadrant ONEE

Réalisé par

IDELHOUCINE Marouane
Référence 15/13 GI

CENTRALE ALLAL AL FASSI

Sommaire

Sommaire	1
Introduction	4
Chapitre 1 Présentation de l'ONEE et du complexe Allal Al Fassi.....	5
I- Présentation de l'ONEE – Branche électricité.....	5
1. Introduction	5
2. Activités.....	5
2.1. Production.....	6
2.2. Transport.....	6
2.3. Distribution	7
3. Organisation.....	8
II- Présentation du complexe Allal Al Fassi.....	9
1. Introduction	9
2. Ouvrages du complexe.....	9
2.1. Barrage Allal Al Fassi	9
2.2. Galerie d'amenée	9
2.3. Bassin de compensation.....	10
2.4. Cheminée d'équilibre	10
3. Disposition des ouvrages	11
Chapitre II · Fonctionnement de la centrale Allal Al Fassi	12
1. Introduction	12
2. Composants de l'aménagement	12
2.1. Conduites forcées.....	12
2.2. Turbo-alternateur	12
2.3. Excitation.....	15
2.4. Services auxiliaires	15

2.5.	Transformateurs.....	15
2.6.	Système d'automatisation	16
2.7.	Régulation de vitesse	18
3.	Principe de fonctionnement de la centrale	19
Chapitre 3 ·	Analyse du problème et définition du cahier des charges	22
I-	Analyse du problème	22
1.	Introduction	22
2.	QQOQCP.....	22
II-	Cahier des charges de la commande	25
1.	Introduction	25
2.	La commande.....	25
3.	Principe de fonctionnement de la commande.....	25
4.	Contrôle commande	27
Chapitre 4 ·	Nouvelle structure du système d'automatisation	29
1.	Solutions proposées.....	29
1.1.	Nouvelle technologie d'automatisation.....	29
1.2.	Périphérie décentralisée	29
1.3.	Haut niveau de disponibilité	30
1.4.	Télé-gestion via le World Wide Web.....	31
2.	Composants du système	32
2.1.	Système opérateur.....	32
2.2.	Contrôleurs.....	33
2.3.	Communication.....	34
3.	Schémas de connexions des automates	39
Conclusion.....		44
Annexes.....		46
La commande du groupe		46
Les automates programmables industriels.....		59

Introduction

La formation licence sciences et techniques génie industriel se complète par un stage en entreprise de deux mois, celui-ci constitue une étape obligatoire pour l'obtention du diplôme.

Dans le cursus de formation de la licence génie industriel, le stage est conçu comme un processus d'immersion réelle dans une fonction opérationnelle tant dans ses dimensions techniques que relationnelles.

J'ai choisi d'effectuer mon stage au sein de l'Office National de l'Electricité et de l'Eau potable à la division d'exploitation des énergies renouvelables et précisément à la centrale hydro-électrique Allal Al Fassi vu l'intérêt que je porte à l'écologie et aux énergies alternatives.

Le projet s'est avéré très intéressant et enrichissant pour mon expérience professionnelle. Grâce à ce stage, je n'ai pas pu qu'entrevoir en quoi consiste la profession d'automaticien mais aussi la gestion et la maintenance d'une centrale hydro-électrique.

L'objet de mon stage est la rénovation du système d'automatisation de la centrale Allal Al Fassi dans toute son intégrité, qui, actuellement, pose de nombreuses anomalies tant au niveau de son fonctionnement, que par sa technologie dépassée pour la télégestion à distance depuis le centre de télégestion à Fès que l'office projette de généraliser dans ses aménagement hydro-électriques.

J'expose dans ce rapport dans un premier temps la description de l'ONEE et les composants du complexe Allal Al Fassi, suivi par l'explication du fonctionnement de la centrale Allal Al Fassi, ensuite j'aborde l'analyse du problème à résoudre ainsi que le cahier des charges de la commande puis finalement la structure proposée à implémenter dans la centrale.

Chapitre 1 Présentation de l'ONEE et du complexe Allal Al Fassi

I- Présentation de l'ONEE – Branche électricité

1. Introduction

L'ONEE (Office National d'Electricité et l'Eau potable) - Branche électricité est une entreprise qui évolue en fonction des besoins et des contraintes économiques du pays. Créée par Dahir en 1963, l'ONEE – Branche électricité est un établissement public à caractère industriel et commercial, doté de la personnalité civile et de l'autonomie financière, et placé sous la tutelle du Ministère de l'énergie et des mines. Il est chargé du service public de production, de transport et de distribution de l'énergie électrique. Les droits et obligations de l'ONEE – Branche électricité sont définis dans un cahier de charge approuvé par décret en 1974, lequel définit les conditions techniques, administratives et financières relatives à l'exploitation des ouvrages de production, de transport et de distribution de l'électricité.

En tant que producteur, l'ONEE – Branche électricité a la responsabilité de fournir sur tout le territoire national et à tout instant une énergie de qualité dans les meilleures conditions économiques.

2. Activités

Avec 8700 collaborateurs et plus de 4 millions de clients, l'ONEE - Branche Electricité exerce des activités centrées sur les métiers de production, de transport et de distribution de l'énergie électrique.

2.1. Production

À fin 2011, la puissance totale installée du parc de production électrique de l'Office s'élève à 6377 MW, contre 6 343,7 MW en 2010.

usines hydrauliques	1 306,1 MW
STEP	464 MW
centrales thermiques vapeur	2 385 MW
charbon	1785 MW
Fioul	600 MW
Centrales turbines à gaz	915 MW
Cycle combinés	850 MW
Thermique Diesel	202 MW
Total Thermique	4 352 MW
Eolien	254.9 MW
Total ONEE	6377 MW

2.2. Transport

Le réseau de transport, reliant les moyens de productions aux centres de consommations, est constitué de lignes 400 KV, 225 KV, 150 KV et 60 KV et d'une longueur totale de **21 434 km en 2011**, il est interconnecté aux réseaux électriques Espagnol et Algérien, dans l'objectif de :

- Renforcer la fiabilité et la sécurité d'alimentation.
- Bénéficier de l'économie potentielle sur le prix de revient du kWh.
- Intégrer le marché électrique national dans un vaste marché Euromaghrébin.

Puissance installée à fin 2011 (en MVA)

	Nombre de Transfos	Puissance installée (MVA)
THT/HT	125	16 190
HT/MT	326	6 327

Total	451	22 517
--------------	------------	---------------

Longueur de lignes à fin 2011 (en km)

	Longueur en km
THT/HT	21 434
Total	21 434

2.3. Distribution

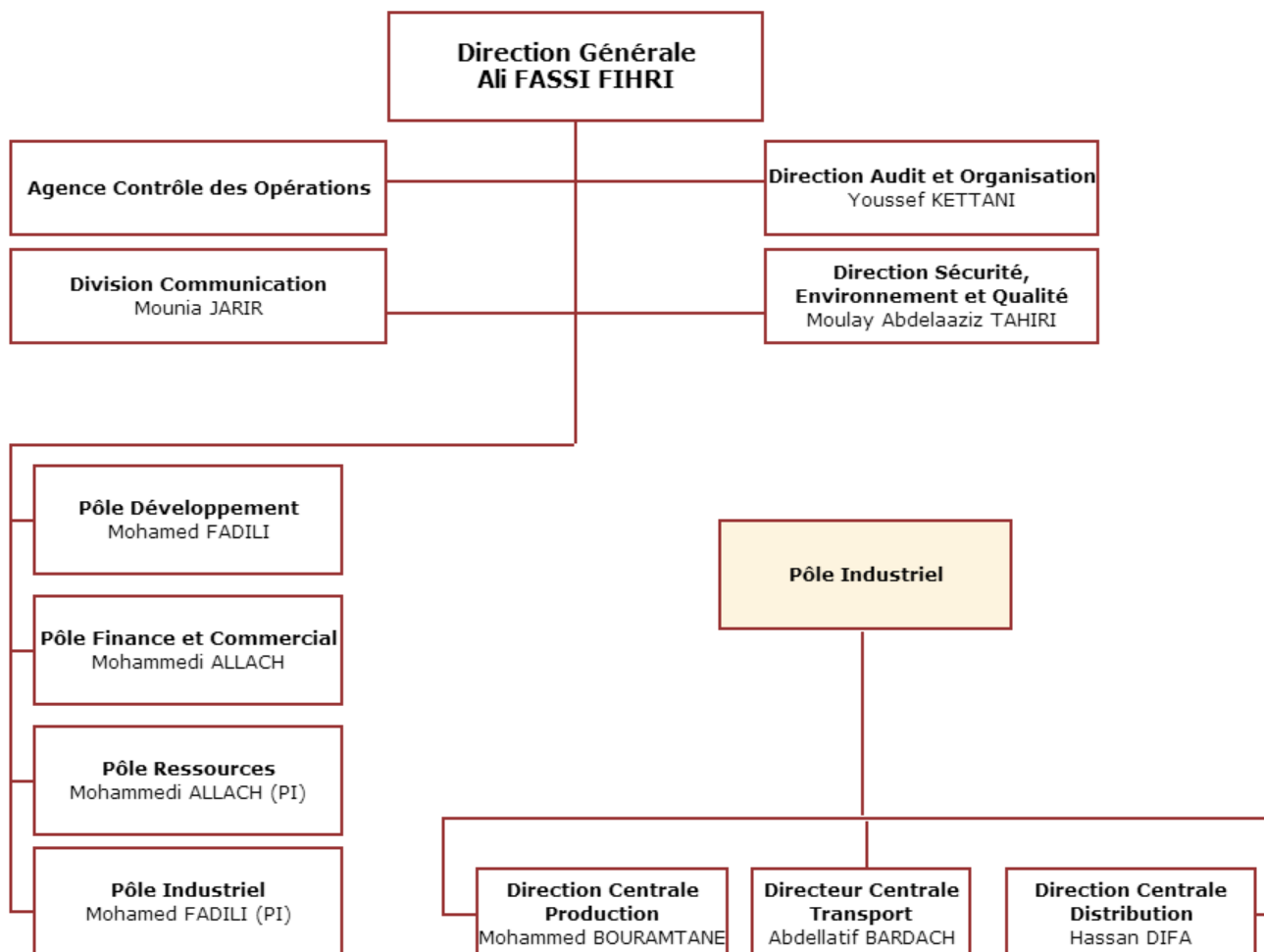
L'ONEE - Branche Electricité c'est :

- Le premier distributeur d'électricité au Maroc avec une part de marché de 55%.
- 10 directions régionales sur tout le territoire.
- Plus de 4,5 millions de clients dans tout le monde rural et plusieurs agglomérations urbaines. Le reste de la clientèle étant gérée par des Régies de distribution publiques ou des Distributeurs privés qui sont eux-mêmes clients Grands Comptes de la Branche Electricité.
- Un réseau commercial de 25 Directions Provinciales et 192 Agences de service dont 66 Agences de service provinciales,
- Une amélioration continue de la qualité de services : externalisation des points d'encaissement, promotion du prépaiement, mise en place de " SIRIUS ", progiciel intégré de gestion commerciale, télé-conduite régionale...

A fin 2011, le nombre de clients a atteint 4 498 446 clients.

3. Organisation

L'organisation de la direction générale de l'ONEE s'organise, en 2013, sous la forme suivante :



Organigramme de la direction générale de l'ONEE

II- Présentation du complexe Allal Al Fassi

1. Introduction

Le complexe Allal Al Fassi est un aménagement pour la production de l'énergie électrique, la distance séparant le barrage et la centrale hydro-électrique est de 19km !

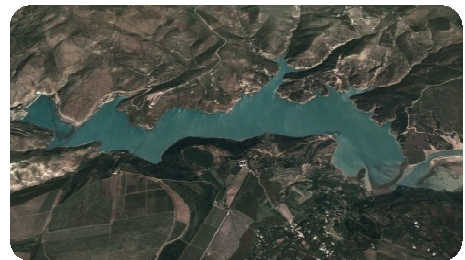
Le volume annuel turbiné est de 600 Mm³ permettant la production de 270GWh.

2. Ouvrages du complexe

2.1. Barrage Allal Al Fassi

Le barrage AAF se situe à 18 km au Nord-est de la ville de Sefrou et à 25km de la centrale hydro-électrique, son exploitation et sa surveillance sont assurées par la Direction Générale de l'Hydraulique.

- Capacité : 81 500 000 m³
- Hauteur : 67 m

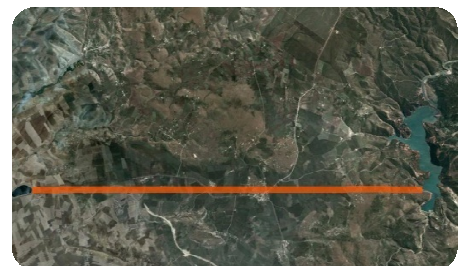


Barrage Allal Al Fassi

2.2. Galerie d'amenée

La galerie d'amenée au bassin de compensation est à écoulement libre, elle est entièrement revêtue sur toute sa longueur.

- Longueur : 15,51 km
- Débit maximal : 38 m³/s
- Volume annuel : 600 Mm³
- Diamètre : 4,40 m



Galerie d'amenée

2.3. Bassin de compensation

Le débit d'équipement de l'usine Allal Al Fassi ayant été fixé à 160 m³/s, il était nécessaire d'aménager, à l'extrémité de la galerie, un bassin de compensation pour stocker temporairement l'apport continu de 38 m³/s et de l'exploiter au moment où la demande est la plus élevée.



Bassin de compensation

2.4. Cheminée d'équilibre

La cheminée d'équilibre est raccordée à la jonction de la conduite d'amenée avec la conduite forcée de 94m de hauteur hors sol.

La construction en béton précontraint en raison d'avantage important qu'il présente tel que la résistance aux séismes, l'étanchéité ainsi que la légèreté.

Le cheminée d'équilibre joue le rôle d'un réservoir de protection anti-bélier en cas de fermeture de la vanne de pied.

3. Disposition des ouvrages

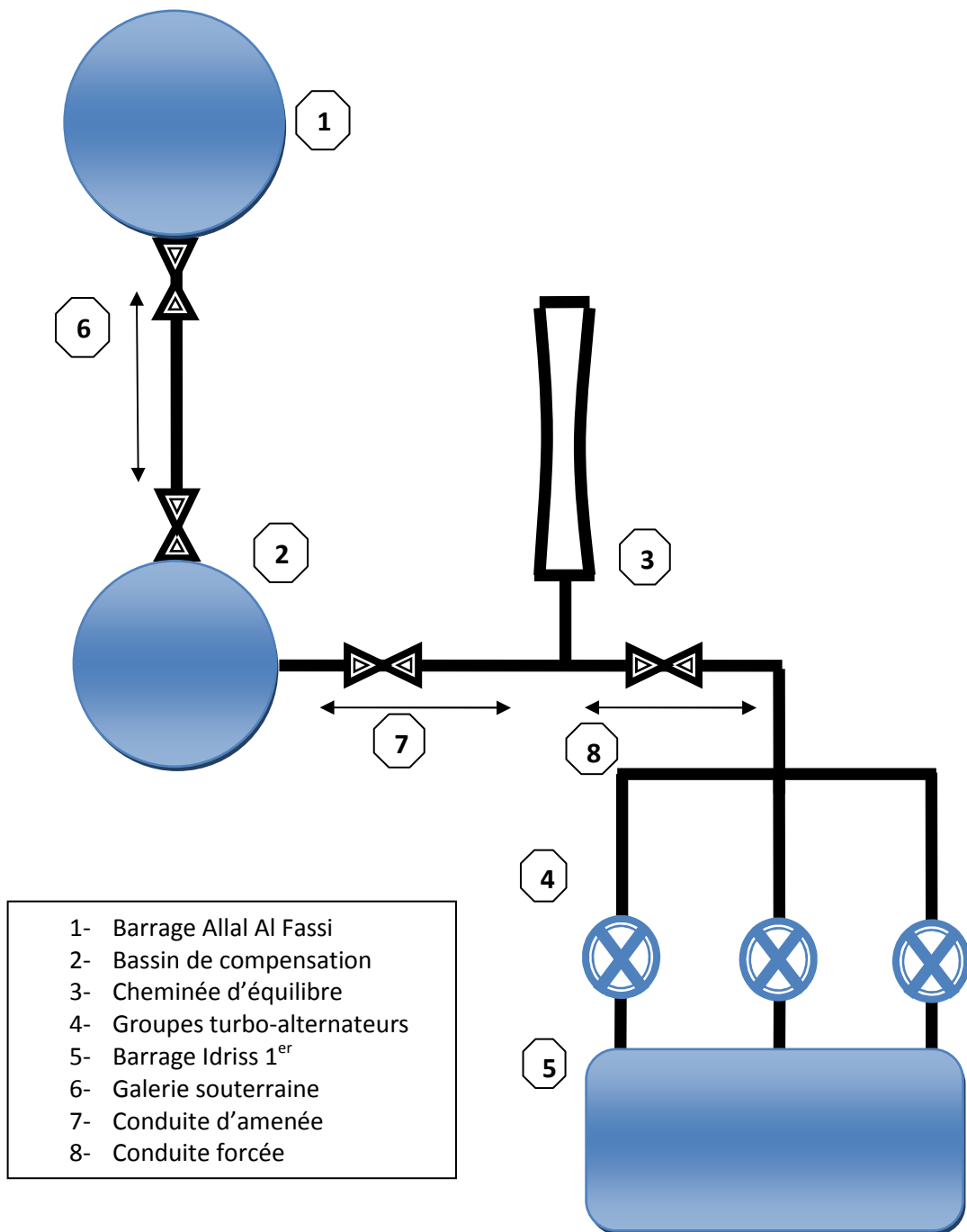


Schéma des ouvrages du complexe Allal Al Fassi

Chapitre 2- Fonctionnement de la centrale Allal Al Fassi

1. Introduction

La centrale hydro-électrique Allal Al Fassi est située à 36km à l'Est de la ville de Fès sur la bordure du barrage Idriss 1^{er}.

La puissance installée à la centrale est de 240 MW répartie sur trois groupes turbo-alternateurs identiques installés dans des puits séparés communiquant entre eux par des galeries au niveau des turbines, alternateurs et excitatrices.

Les puits des groupes ont un diamètre de 17m et une profondeur de 32m.

2. Composants de l'aménagement

2.1. Conduites forcées

Les conduites forcées relient l'ouvrage d'amenée aux turbines et sont dimensionnées pour tenir la surpression et la dépression d'un coup de bélier sur une fermeture rapide de la turbine.

Les surfaces intérieures bien traitées sont particulièrement lisses afin de diminuer les pertes de charge et les revêtements extérieurs sont résistibles à la corrosion. Leur diamètre est bien calculé pour éviter le maximum possible les pertes de charge.

2.2. Turbo-alternateur

Un groupe turbo alternateur est l'accouplement d'une turbine et d'un alternateur en vue de transformer la puissance mécanique d'un fluide en mouvement en électricité.

Légende :

A : alternateur

B : turbine

1 : stator

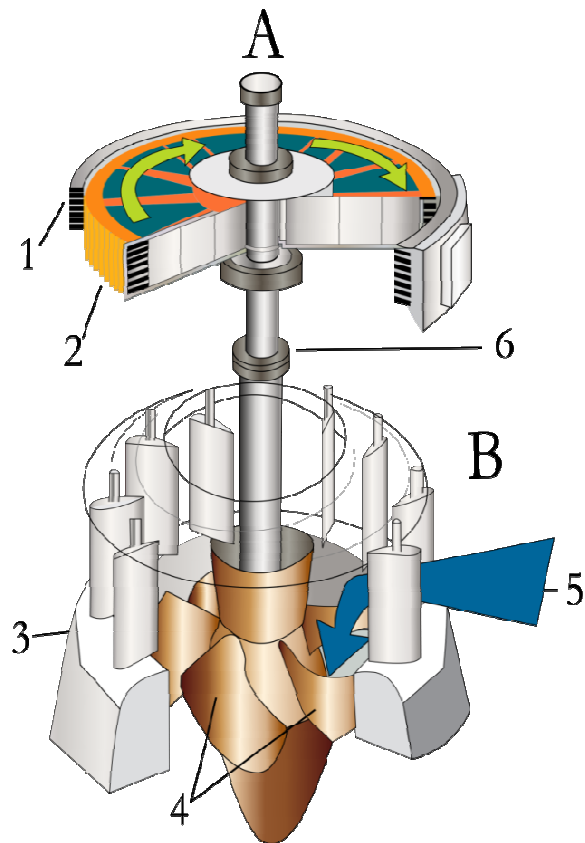
2 : rotor

3 : cercle de vannage

4 : pales de la turbine

5 : flux d'eau

6 : axe de rotation de la turbine
et du générateur



Vue en coupe d'une turbine hydraulique
couplée à un alternateur

2.2.1. Turbine

De type Francis, c'est l'organe qui transforme l'énergie potentielle et l'énergie cinétique de l'eau en énergie mécanique. La roue en est la partie mobile entraînant l'arbre de rotation qui transmet l'énergie mécanique au générateur. La puissance mécanique transmise est égale à :

$$W_t = 9,81 \cdot \rho \cdot Q \cdot H_n$$

W_t : la puissance (kW)

ρ : Masse volumique de l'eau (kg/m^3)

Q : le débit (m^3/s)

H_n : hauteur de chute nette à l'entrée de la turbine (m)

Caractéristiques

Type	FRANCIS à axe vertical
Débit nominal	51,93 m ³ /s
Vitesse de rotation nominale	333,3 tr/mn
Puissance nominale	82,29 MW
Vitesse d'emballement	630 tr/mn
Vitesse maximale lors des essais	532 tr/mn

2.2.2. Cercle de vannage

Le cercle de vannage est un dispositif mobile qui commande l'ouverture et la fermeture des aubes directrices, celles-ci permettent de régler le débit de l'eau entrant dans la turbine, afin d'assurer une vitesse de rotation constante de la roue.

Le cercle de vannage, actionné par un servomoteur, commande les aubes par un système de leviers et de biellettes de rupture.

2.2.3. Alternateur

L'alternateur du groupe est de type fermé, auto ventilé, équipé de réfrigérants refroidis par l'eau du circuit secondaire de réfrigération.

Caractéristiques

Tension de sortie	10,5 kV
Puissance apparente	93,91 MVA
Facteur de puissance	0,85
Fréquence	50 Hz
Masse totale	303 T
Masse du rotor	200 T
Excitation statique	114V/2180A

2.3. Excitation

L'excitation du rotor est de type statique à thyristors, l'alimentation se fait à travers un transformateur d'excitation 10,5KV/170V de 630 KVA.

L'amorçage se fait par batteries dès que la vitesse est supérieure ou égale à 80% de la vitesse nominale, à 40% de la tension nominale, on bascule sur le transformateur d'excitation.

2.4. Services auxiliaires

Les services auxiliaires sont composés de matériels permettant de faire fonctionner la centrale et les groupes. Ils sont alimentés à partir du réseau de distribution ou à partir des jeux de barres de départ avec un secours par un groupe électrogène Diesel de secours de 30KVA capable de démarrer automatiquement juste après coupure ou manque de tension 22 KV pour assurer l'alimentation des équipements de la chambre.

2.5. Transformateurs

Les transformateurs sont situés à l'extérieur de la centrale, ils transforment l'électricité produite par les groupes (10,5kV) pour l'acheminer ensuite vers les postes d'interconnexion (225kV).

Caractéristiques

Type	Poste blindé
Puissance nominale	94 MVA
Rapport de transformation à vide	10,5/225 kV
Fréquence	50 Hz
Tension de court-circuit	11%
Masse d'huile	27 T
Masse à découvert	62 T
Masse totale	118 T

2.6. Système d'automatisation

La salle de commande est dotée d'un système de contrôle commande numérique « ABB Master » composé de plusieurs stations reliées par un master bus 200 « MB 200 » et répartis comme suit :

- Un automate Master Piece 200 pour chaque groupe
- Un automate général Master Piece 200 pour tout le complexe
- Un automate Master Piece 200 pour le poste 225KV
- Un automate Master Piece 200 pour la prise du barrage
- Un automate Master Piece 40 installé au bassin de compensation
- Un automate Master View 850 pour la supervision

L'automate Master Piece 200 (MP200) est un automate programmable Industriel modulaire qui est constitué d'un ensemble de blocs fonctionnels s'articulant autour d'un canal de communication : le bus interne. Chaque bloc est physiquement réalisé par un module spécifique.

Cette organisation modulaire permet une souplesse de configuration pour les besoins de l'utilisateur, ainsi qu'un diagnostic et une maintenance facile.

Le MP 200 est une station de processus pour les traitements de logique, de séquences, de données, de fonctions arithmétiques, de signalisations, de positionnements, de régulations PID et auto-adaptatives... et plus encore. Elle peut traiter jusqu'à 4000 signaux de procédé.

2.6.1. Automate du groupe

Chaque groupe dispose d'un automate de commande, il réalise les fonctions suivantes :

- Surveillance du groupe

- Protection du groupe
- Commande des séquences de démarrage et d'arrêt du groupe

2.6.2. Automate général

C'est le superviseur des automates des groupes, Il réalise les fonctions suivantes :

- La répartition des charges des groupes en fonction des consignes
- la protection des services auxiliaires de la centrale
- La supervision du fonctionnement, la mise en service des groupes et l'optimisation pour faire travailler les turbines dans les meilleures conditions de rendement
- Traitement des signaux des évènements et des alarmes de la centrale

2.6.3. Automate du poste 225 KV

Il assure le traitement des signaux, des évènements et des alarmes des organes du poste pour le Master View 850 en vue de la consignation de leurs états.

2.6.4. Automate du barrage Allal Al Fassi

Il est lié par liaison hertzienne à l'automate général, il réalise les fonctions suivantes :

- La commande de la vanne de prise
- La transmission des signalisations et des défauts
- La régulation du débit de la galerie

2.6.5. Automate du bassin de compensation

Il est lié à l'automate général par deux câbles téléphoniques, il assure la collecte et la transmission des informations au niveau du bassin de compensation en vue de leur traitement au niveau de l'automate général.

2.6.6. Automate Master View 850

Cette station est composée de deux claviers, 2 consoles et deux imprimantes pour l'enregistrement des états, elle permet la visualisation des états, le listage des alarmes et les événements.

Le nombre d'événements est de 1000 et celui des alarmes est 500, cette station permet la visualisation de schémas de chaque groupe, du poste de transformation, du système hydraulique ainsi que du système de commande.

2.6.7. Télésurveillance

Le système d'automatisation de la centrale est supervisé par le service de Dispatching national –situé à Casablanca- à distance, celui-ci commande et contrôle les événements nécessaires à la bonne gestion des installations.

2.7. Régulation de vitesse

Le système de régulation de vitesse de la turbine est assuré par le régulateur numérique Sulzer SM 1200.

2.7.1. Positionnement

Le servomoteur du distributeur est réglé par un régulateur PID, la sortie du circuit d'ouverture agit directement sur la servovalve via un convertisseur analogique/numérique pour commander le cercle de vannage.

2.7.2. Limitation d'ouverture

La limitation d'ouverture est ajustable entre 5 et 105%, ce qui permet d'ajuster la vitesse de la turbine lors du démarrage ou la puissance délivrée après la synchronisation.

2.7.3. Régulateur de vitesse

La valeur de consigne est ajustable entre 90 et 110% lors de l'ordre de démarrage, après la synchronisation, la valeur de consigne est fixée à 100% automatiquement.

2.7.4. Régulateur de puissance

La valeur de consigne est ajustable entre 5 et 105%, ce fonctionnement ne peut être sélectionné que si la machine est connectée au réseau. Dans tous les autres cas la valeur de consigne de vitesse suit la puissance active afin de permettre à tout moment une commutation sans choc.

3. Principe de fonctionnement de la centrale

La centrale hydro-électrique Allal Al Fassi est équipée de trois turbines Francis dites « à réaction » ; L'eau stockée dans le bassin de compensation passe entre les aubes directrices de la turbine qui forment des conduits convergents, se trouve rabattue vers le centre de la roue et provoque un effet de réaction.

Les trois groupes d'exploitation hydraulique qui le constituent, sont pilotés soit localement, soit à distance par le Dispatching national.

La hauteur de chute d'eau est de 94 mètres. Le débit turbiné maximum utilisable est de 156 m³/s.

La puissance fournie par chaque groupe peut atteindre 80 MW ce qui fait une puissance installée de 240 MW.

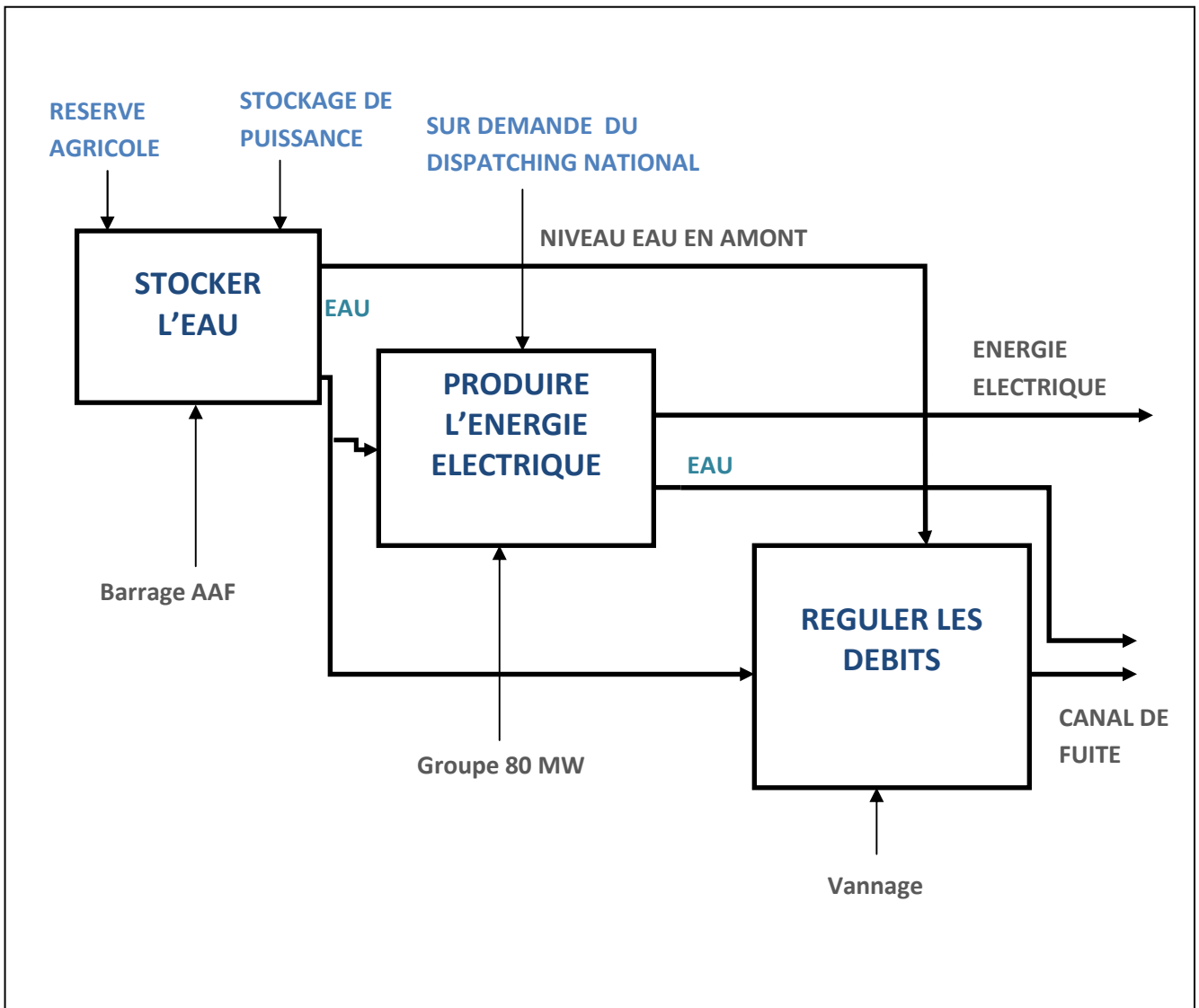


Diagramme relatif aux barrages et aux centrales hydro-électriques

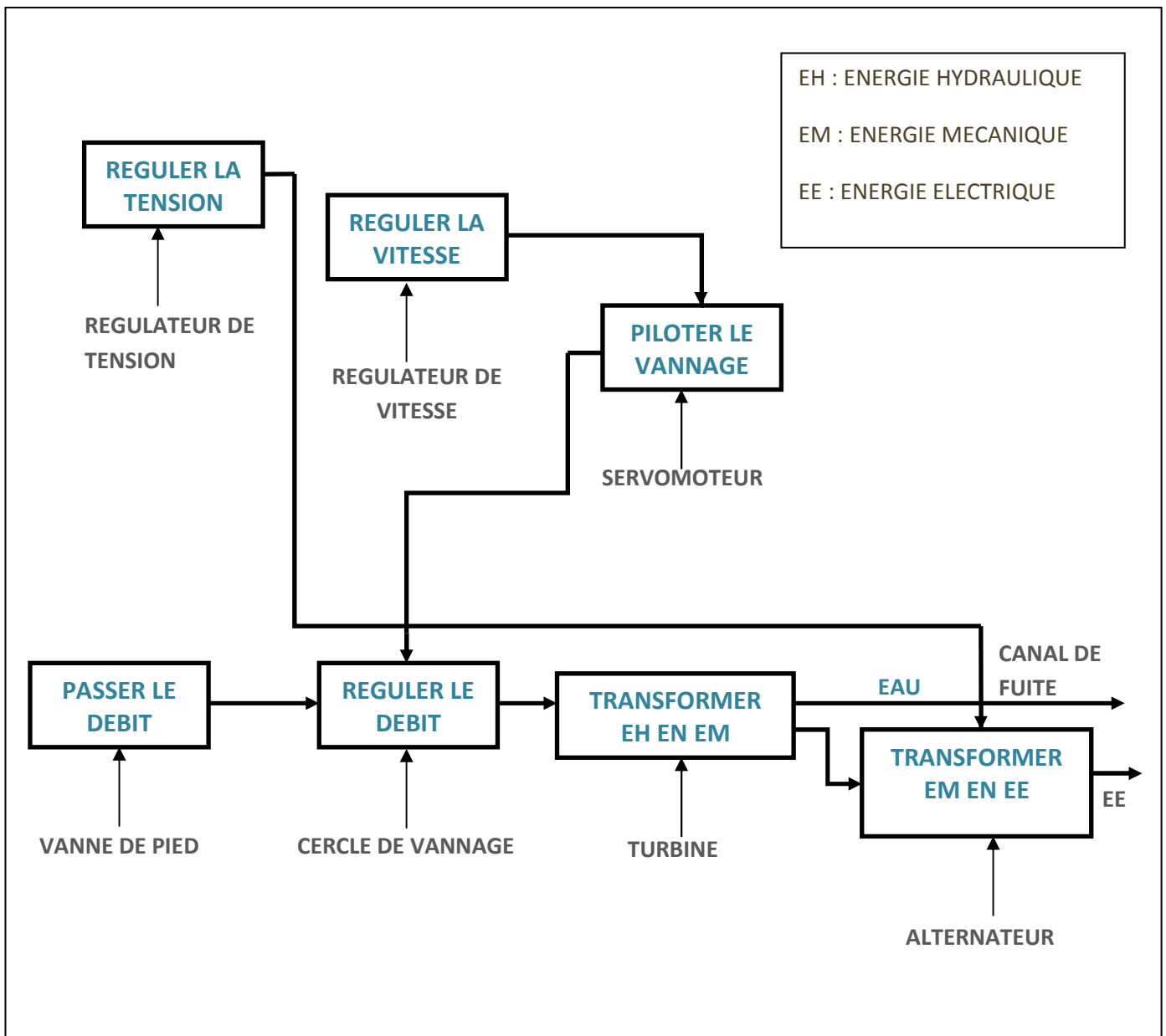


Diagramme de production de l'énergie électrique

Chapitre 3 - Analyse du problème et définition du cahier des charges

I- Analyse du problème

1. Introduction

L'analyse des anomalies constitue l'étape primordiale de l'amorçage de tout problème. Elle permet de prendre du recul par rapport au cahier des charges fourni, afin de faire une analyse poussée de la situation existante et de la critiquer éventuellement afin de mieux comprendre ses différents aspects.

Ainsi dans ce projet je vais faire une analyse des anomalies sous ses différents aspects en détectant l'origine du dysfonctionnement du système d'automatisation de la centrale.

Pour décortiquer ce problème, j'ai procédé en utilisant l'outil QQQQCP qui fait partie des outils de la qualité dans la méthodologie de résolution des problèmes.

2. QQQQCP

Cet outil consiste à répondre à un ensemble de questions qui nous mène à cerner le problème.

- Qui? (Qui est concerné?)

Centrale Allal Al Fassi

Quoi? (Quel défaut?)

Défectuosité du matériel

- Où? (Sur quelle pièce?)

Sur les modules des automates

- Quand ? (Depuis combien de temps?)

Plusieurs mois

- Comment? (De quelle manière?)

Non fonctionnement de certaines cartes de communication

- Pourquoi? (Pour quelle raison?)

Vieillessement du matériel

En se basant sur les réponses ci-dessus j'aboutis à définir le problème d'une façon plus précise :

Le système de commande (ABB) actuel pose beaucoup de problèmes :

- Le module de communication avec le l'automate du bassin de compensation donne des données erronées dans le tableau de commande
- L'interface homme-machine Master View 850 du tableau de commande ne fonctionne plus
- Les modems assurant le transfert de données entre l'automate général et l'automate situé au barrage Allal Al Fassi ne marchent plus
- Insuffisance d'informations en salle de commande
- Non ouverture à la communication à distance

Citations des causes les plus importantes:

- Vieillessement des modules, et impossibilité d'approvisionnement en pièces de rechange qui ne sont plus en fabrication et qui aboutira à des indisponibilités prolongées
- Obsolescence du système existant
- Difficulté de diagnostic

C'est ainsi, qu'il faudrait rénover l'ancien système de commande, en introduisant un nouveau système numérique apportant beaucoup d'amélioration et répondant aux nouveaux modes de fonctionnement tel que :

- Augmentation du niveau d'automatisme
- Amélioration du fonctionnement des commandes
- Amélioration des traitements des informations
- Réduction des coûts de maintenance et d'exploitation
- Télégestion à distance depuis la ville Fès

II- Cahier des charges de la commande

1. Introduction

Après avoir identifié les points critiques et trouvé une solution pour les éliminer, le cahier des charges peut désormais être rempli.

Ce cahier des charges est établi sur la base des différentes configurations possibles, des impératifs techniques, des règlements, des normes et conjointement avec les désirs de L'Office National de l'Electricité et de l'Eau potable – Branche électricité.

2. La commande

La commande doit être constituée d'un automate programmable API, qui comporte une mémoire programmable par un utilisateur automaticien à l'aide d'un langage adapté, pour le stockage interne des instructions composant les fonctions d'automatisme suivantes :

- Logique séquentielle de démarrage et d'arrêt du groupe
- Traitement combinatoire de gestion des défauts
- Temporisation, comptage, décomptage, comparaison
- Calcul arithmétique (calcul de débit, de position...)
- Réglage, asservissement, régulation, etc., pour commander, mesurer et contrôler (régulation de niveau, de vitesse, d'excitation, de positionnement du cercle de vannage,...).

3. Principe de fonctionnement de la commande

L'automate doit assurer le démarrage, l'arrêt et la protection des machines, le couplage au réseau et le réglage de la charge.

Si le groupe est à l'arrêt et qu'il reçoit l'ordre de démarrage, l'automate doit vérifier que les conditions le permettent, en particulier l'absence de défaut, les conditions préliminaires. Il donne les ordres nécessaires à chaque phase

de démarrage, phases qui sont déterminées par la position des organes manœuvrés :

- Mise en service des auxiliaires du groupe, mise en pression de l'huile de commande, des réfrigérations
- Mise en service de la régulation de vitesse et ouverture de la vanne de pied puis du distributeur pour amener le groupe à la vitesse nominale
- Mise en service de la régulation de tension et excitation jusqu'à égaliser la tension de l'alternateur et la tension du réseau
- Mise en service du synchro-coupleur et couplage quand les conditions de fréquence, de tension et de phase en sont remplies
- Prise de charge et réglage de celle-ci

Si un ordre d'arrêt normal est donné, l'automate procède aux actions suivantes :

- Fermeture de la vanne de pied et du cercle de vannage à la vitesse normale de manœuvre calculée pour éviter les surpressions dans la conduite forcée
- Désexcitation de l'alternateur et ouverture du disjoncteur quand le courant du stator est nul
- Arrêt des services auxiliaires du groupe quand l'arrêt est effectif

En marche, l'automate reçoit les valeurs des mesures des capteurs nécessaires à la protection du groupe. Ce sont :

- Les températures des organes mécaniques (pivot, paliers) et électriques (air et bobinage de l'alternateur, huile du transformateur)

- Les valeurs électriques (intensité, tension, puissance active et réactive)
- Les mesures de vibrations, des détecteurs de gaz du transformateur

En cas de dépassement d'un seuil, l'automate donne un ordre d'arrêt normal ou d'urgence et une signalisation. En cas d'arrêt d'urgence, l'automate arrête le groupe par :

- Ouverture du disjoncteur et simultanément fermeture rapide du cercle de vannage, de vanne de pied et de la vanne de tête
- Désexcitation rapide de l'alternateur puis mise en arrêt bloqué de la machine
- Arrêt des auxiliaires du groupe quand l'arrêt est effectif.

La machine ne pourra redémarrer que lorsque la situation bloquante aura disparu ou lorsque le défaut sera éliminé.

4. Contrôle commande

L'installation peut fonctionner en mode automatique, manuel ou télécommandé.

Les réglages de tous les paramètres peuvent être réalisés sur place et au centre de télégestion grâce à une interface homme-machine réunissant toutes les informations sur une interface illustrée. Cette interface contient au minimum les informations suivantes:

- Tension, intensité, Puissance active et réactive, fréquence, déphasage
- Indicateur d'ouverture du distributeur
- Indication du niveau amont
- Indication de charge de la batterie du groupe
- Compteur d'heures de marche, compteur de démarrages
- Températures des paliers et du bobinage de l'alternateur

- Commande manuelle des consignes de charge, vitesse et tension
- Arrêt d'urgence (sur SDC) et salle turbines

Chapitre4- Nouvelle structure du système d'automatisation

1. Solutions proposées

1.1. Nouvelle technologie d'automatisation

La solution retenue pour le remplacement du système de commande existant est l'utilisation d'automates programmables industriels de la marque SIEMENS beaucoup plus performant, avec un très haut niveau de disponibilité et des vitesses de communication plus rapides.

Le système SIMATIC PCS 7, issu du leader mondial en matière d'automatisation SIEMENS, dépasse de loin les performances des systèmes d'automatisation classiques.

Le choix d'un tel système n'est pas aléatoire, car, hormis ses prestations techniques modernes et performantes, il permet l'interchangeabilité de données avec des API d'autres marques.

Plus encore, toutes les centrales de l'ONEE – Branche électricité avec un système de commande de dernière génération utilisent des API SIEMENS ; cela grâce à la coopération entre l'office et SIEMENS, et le contrat de maintenance signé avec cette dernière qui plus est l'unique opérateur en matière d'automatisation implémenté au Maroc.

1.2. Périphérie décentralisée

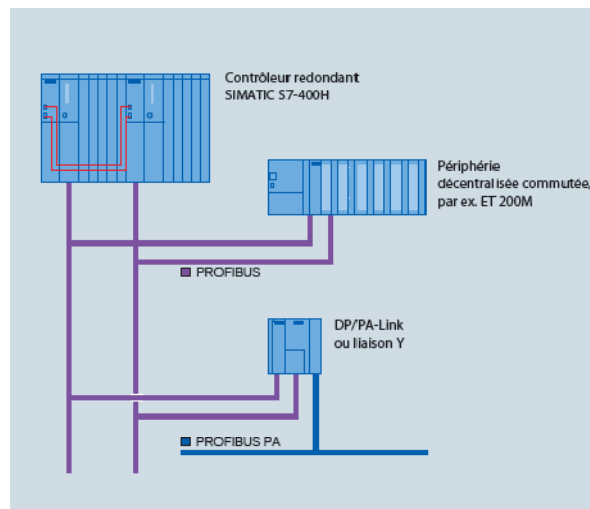
Lors de la mise en place d'une installation, les Entrées/Sorties assurant la liaison avec le processeur sont souvent regroupés dans l'automate, lorsque les distances entre les E/S et l'Automate sont grandes.

Le câblage peut devenir très compliqué et peu clair, et la

perturbation électromagnétique peut affecter la fiabilité, donc pour ce type d'installation des stations de périphérie seraient favorables.

Une station ET200M peut accueillir jusqu'à 8 modules E/S avec au plus deux modules de communication type IM153.2 qui permettent la communication avec la CPU de l'automate et le module d'alimentation.

La vitesse de transmission peut aller jusqu'à 12 Mbit/s sur PROFIBUS.



1.3. Haut niveau de disponibilité

Les contrôleurs à haute disponibilité sont utilisés dans le but de supprimer les risques d'arrêt de production. Le supplément d'investissement à consentir est souvent négligeable comparé aux coûts et risques engendrés par des arrêts de production éventuels.

Plus un arrêt de production est coûteux, plus l'utilisation d'un système à haute disponibilité est rentable.

Afin d'assurer la garantie et la fiabilité du niveau d'automatisation, des automates redondants sont une solution efficace, c'est-à-dire que les automates seront équipés de deux modules d'alimentation, deux CPU et deux interfaces de communication.

Les deux CPU sont dotés de sous-modules de synchronisation permettant leur synchronisation via des filtres optiques.

Les programmes d'utilisateurs chargés sur les CPU sont parfaitement identiques et sont exécutés de manière synchrone. En cas de défaillance de la CPU active, l'AP bascule automatiquement sur la CPU redondante, la commutation s'effectue sans conséquence pour le processus.

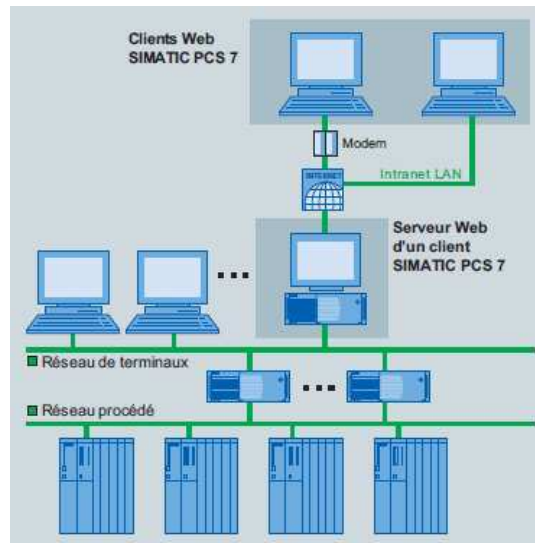
1.4. Télé-gestion via le World Wide Web

Le serveur Web PCS 7 basé sur le système d'exploitation Microsoft Windows Server 2003 offre la possibilité d'effectuer la conduite et la supervision de l'installation via Intranet/Internet.

Le serveur Web PCS 7 utilise les mécanismes d'un multi-client afin d'accéder aux serveurs asservis, rendant ainsi les données du projet disponibles partout dans le monde via Internet.

Pour la télégestion via le World Wide Web, l'opérateur peut accéder aux données du projet mises à disposition par le serveur Web PCS 7 via un client Web. Le client Web utilise à cet effet Internet Explorer et des plug-ins pouvant être installés via le World Wide Web.

La conduite de l'installation via un client Web s'effectue de la même manière que via un client OS. L'utilisateur doit se connecter sur le client Web comme sur un client OS et les règles d'attribution des droits sont également les mêmes.



2. Composants du système

2.1. Système opérateur

Le système opérateur du système de contrôle de procédés SIMATIC PCS 7 permet une conduite sûre et conviviale du processus par le personnel d'exploitation. L'opérateur peut surveiller le déroulement des procédés à l'aide de différentes vues et intervenir si nécessaire.

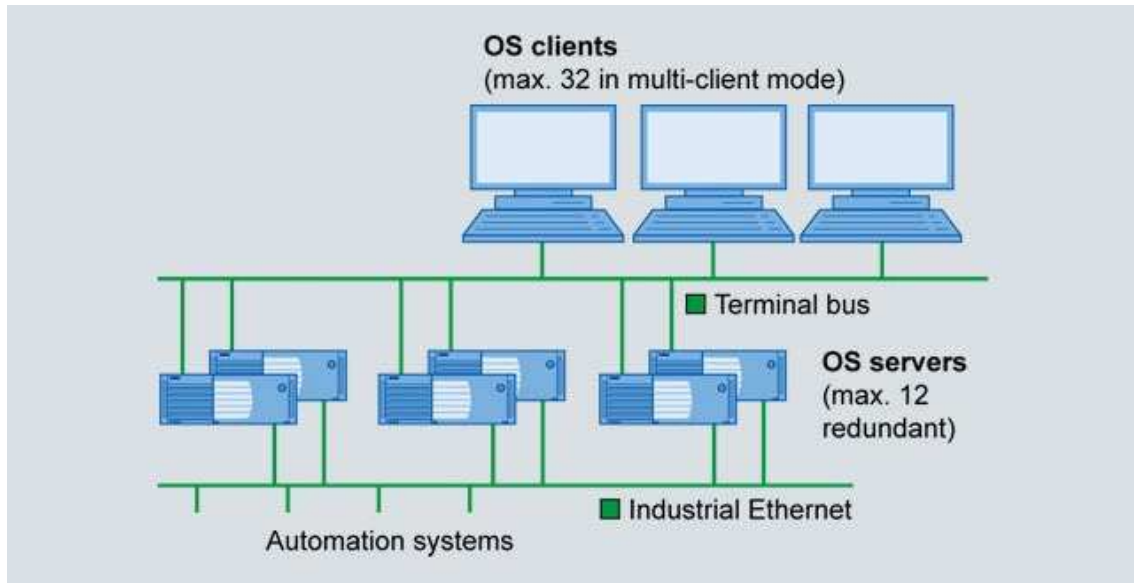
L'architecture du système opérateur pourra afficher l'intégrité des informations issues de toutes les installations de la centrale.

Dans notre cas, un système opérateur multiposte sera nécessaire pour la gestion de la centrale aussi bien localement et qu'à distance (télégestion).

Un système multiposte se compose de postes de conduite (clients) qui reçoivent des données (données de projets, valeurs de procédé, archives, alarmes et messages) d'un ou plusieurs serveurs via un réseau de terminaux.

Lorsqu'une disponibilité importante est exigée, les serveurs peuvent également être utilisés en mode redondant.

Les serveurs redondants sont synchronisés automatiquement à grande vitesse.



Système multiposte à architecture client/serveur

2.2. Contrôleurs

Le système de contrôle de procédés SIMATIC PCS 7 offre une gamme diversifiée de contrôleurs aux performances parfaitement harmonisées sur une large gamme de puissance or pour commander le système proposé, l'utilisation d'automates redondants est une exigence.

L'automate SIMATIC S7-400 est la solution ultime pour la haute disponibilité parmi tous les contrôleurs de la série SIMATIC PCS 7, les propriétés suivantes rendent le SIMATIC S7-400 idéal pour une utilisation en tant que contrôleur :

- structure modulaire et sans ventilateur
- grande évolutivité et robustesse
- structure simple ou redondante
- nombreuses possibilités de communication
- fonctions intégrées au système
- connexion facile de la périphérie E/S centralisée ou décentralisée

2.3. Communication

2.3.1. Module de sécurité SCALANCE S612

Le module de sécurité d'accès SCALANCE S612 est au cœur du nouveau concept industriel de sécurité d'accès réseau de Siemens, basé sur la protection des cellules d'automatisation et des segments de réseau. Il permet une plus grande protection du réseau d'automatisation contre les dangers internes, comme les accès non autorisés volontaires ou involontaires par des employés ainsi que les charges excessives ou inutiles de la communication. Dans le cas de l'accès distant via des réseaux non-sécurisés, comme Internet ou le WAN, le cryptage peut être utilisé pour préserver la communication contre l'espionnage et la falsification des données.

2.3.2. Routeur SCALANCE M875

Un routeur est un élément intermédiaire dans un réseau informatique assurant le routage des paquets. Son rôle est de faire transiter des paquets d'une interface réseau vers une autre, au mieux, selon un ensemble de règles.

Le routage est le mécanisme par lequel des chemins sont sélectionnés dans un réseau pour acheminer les données d'un expéditeur jusqu'à un ou plusieurs destinataires.

Afin de transmettre un message d'une machine à une autre sur un réseau, celui-ci est découpé en plusieurs paquets transmis séparément.

Un paquet inclut un "en-tête", comprenant les informations utiles pour acheminer et reconstituer le message, et encapsule une partie des données.

Le routeur utilisé est un routeur UMTS, EGPRS (GPRS avec Edge) et GPRS pour la communication IP sans fil d'automates basés sur Industrial Ethernet via des réseaux de téléphonie mobile UMTS/GSM.

La vitesse de transmission est élevée grâce à l'UMTS (jusqu'à 14,4 Mb/s).

Le routeur SCALANCE M875 a des fonctions de sécurité intégrées avec pare-feu.

Il peut être utilisé aussi bien comme serveur VPN ou comme client.

2.3.3. Commutateur SCALANCE X308-2LH

Un commutateur réseau, ou Switch, est un équipement qui relie plusieurs segments (câbles ou fibres) dans un réseau informatique et de télécommunication et qui permet de créer des circuits virtuels.

Le commutateur établit et met à jour une table, dans le cas du commutateur pour réseau Ethernet il s'agit de la table d'adresses MAC, qui lui indique sur quels ports diriger les trames destinées à une adresse MAC donnée, en fonction des adresses MAC sources des trames reçues sur chaque port. Le commutateur construit donc dynamiquement une table qui associe des adresses MAC avec les ports correspondants.

La connexion des abonnés au bus fait appel à des commutateurs Industrial Ethernet. Les commutateurs Industrial Ethernet de la gamme de produits SCALANCE X sont particulièrement recommandés, car ils offrent des performances élevées et supportent diverses possibilités de configuration.

Le commutateur SCALANCE X308-2LH comporte 2 ports Ethernet Gigabit optiques pour des distances allant jusqu'à 40 km, 1 port Ethernet Gigabit cuivre et 7 ports FastEthernet cuivre.

2.3.4. Serveur industriel IBM Power 730 express

Un serveur est un dispositif informatique matériel ou logiciel qui offre des services, à différents clients.

Les services les plus courants sont le partage d'informations, l'accès au World Wide Web, le partage d'imprimantes et bien d'autres.

Un serveur fonctionne en permanence, répondant automatiquement à des requêtes provenant d'autres dispositifs informatiques (les clients), selon le principe dit client-serveur. Le format des requêtes et des résultats est normalisé, se conforme à des protocoles réseaux et chaque service peut être exploité par tout client qui met en œuvre le protocole propre à ce service.

Le serveur industriel IBM Power 730 express est un serveur à hautes performances, dense et à faible consommation d'énergie, idéal pour exécuter de multiples charges de travail d'applications et d'infrastructure dans un environnement industriel.

Caractéristiques

- Modules de processeurs : 16 cœurs à 4,2 GHz
- Mémoire cache 10 mégaoctets (Mo) par cœur
- Capacité disque Jusqu'à 5,4 téraoctets (To)
- Ethernet : 4 ports Ethernet 10/100/1000 Mbits/s

2.3.5. Modem téléphonique SIEMENS MD3

Le modem (modulateur/démodulateur) est un dispositif électronique, en boîtier indépendant ou en carte à insérer dans un ordinateur, qui permet de faire circuler (réception et envoi) des données numériques sur un canal analogique. Il effectue la modulation : codage des données numériques, synthèse d'un signal analogique qui est en général une fréquence porteuse modulée. L'opération de démodulation effectue l'opération inverse et permet au récepteur d'obtenir l'information numérique.

Le modem MD3 est utilisable comme modem téléphonique ou de ligne spécialisée, il permet l'établissement de connexions avec d'autres modems MD3 ou avec des modems compatibles.

En raison de sa forme de construction et de ses propriétés électriques, le MD3 est surtout adapté aux applications industrielles.

La vitesse de transmission sur réseau téléphonique et sur ligne spécialisée 3,4 Kb/s maximum.

Le modem MD3 sera utilisé pour l'échange de données entre l'automate général et les automates du bassin de compensation et celui du barrage avec respectivement la ligne téléphonique et la communication hertzienne existantes.

2.3.6. Module de communication TIM 4R-IE

Le module de communication TIM 4RV-IE (Telecontrol Interface Module) se charge, pour la CPU S7 d'une station S7, des échanges de données avec le système maître associé.

Le module TIM 4R-IE possède deux interfaces de connexion selon Ethernet et deux interfaces selon RS232.

Le module TIM 4R-IE peut également être intégré dans un ordinateur de commande ou de supervision.

2.3.7. Bus de communication

2.3.7.1. Industrial Ethernet

Les multiples possibilités d'Ethernet et Internet, aujourd'hui disponibles dans le monde de la bureautique, sont désormais utilisables, grâce à Industrial Ethernet, dans l'automatisation manufacturière et des procédés. La technologie Ethernet, éprouvée depuis des décennies, offre à l'utilisateur

les performances nécessaires pour adapter avec précision son réseau à ses besoins.

Ethernet est aujourd'hui le numéro un mondial des réseaux locaux et offre les avantages suivants :

Rapidité de mise en service grâce à une connectique très simple

- Disponibilité élevée, grâce à la possibilité d'extension des installations existantes sans réaction sur l'existant.
- Performance de communication évolutive à volonté en faisant appel à l'architecture commutée et aux grandes vitesses de transmission
- Communication à l'échelle de l'entreprise grâce au couplage par Internet, avec sécurisation des données par des constituants de sécurité
- Pérennité de l'investissement assurée par de constants développements compatibles

2.3.7.2. PROFIBUS

PROFIBUS (Process Field Bus) est le nom d'un type de bus de terrain propriétaire et de son protocole, inter-automates et de supervision.

Au niveau du terrain, les périphériques décentralisés tels les stations d'E/S décentralisées avec leurs modules d'E/S, les transmetteurs de mesure, les entraînements, les vannes ou les terminaux de conduite communiquent avec les contrôleurs via un système de bus temps réel performant. Cette communication est caractérisée par :

- La transmission périodique des données de procédé
- La transmission aperiodique d'alarmes, de paramètres et de données de diagnostic

PROFIBUS est idéal pour ces tâches, car il offre une communication rapide avec les périphériques décentralisés (PROFIBUS DP) via un protocole de

communication, ainsi que la communication et l'alimentation simultanées des transmetteurs de mesure et des actionneurs (PROFIBUS PA).

Profibus-DP (Decentralized Peripherals) :

Le Profibus-DP est utilisé pour connecter des équipements actifs et des détecteurs à un contrôleur central dans des applications de production industrielle. Le bus propose en standard un certain nombre de moyens de diagnostic.

Profibus-PA (Process Automation) :

Le Profibus-PA est utilisé pour des équipements de mesure et de surveillance ; il est particulièrement conçu pour les zones à risques (d'explosion notamment). La couche permet d'alimenter les instruments connectés via le bus tout en limitant les courants qui permettraient un risque d'explosion, même en cas de défaut ; cependant cette fonctionnalité limite le nombre d'équipements pouvant être connectés à un même segment de bus PA. Le débit y est limité à 31,25 kbit/s.

Les deux variantes échangeant le même type de trames, deux réseaux DP et PA peuvent être interconnectés à l'aide d'un adaptateur.

3. Schémas de connexions des automates

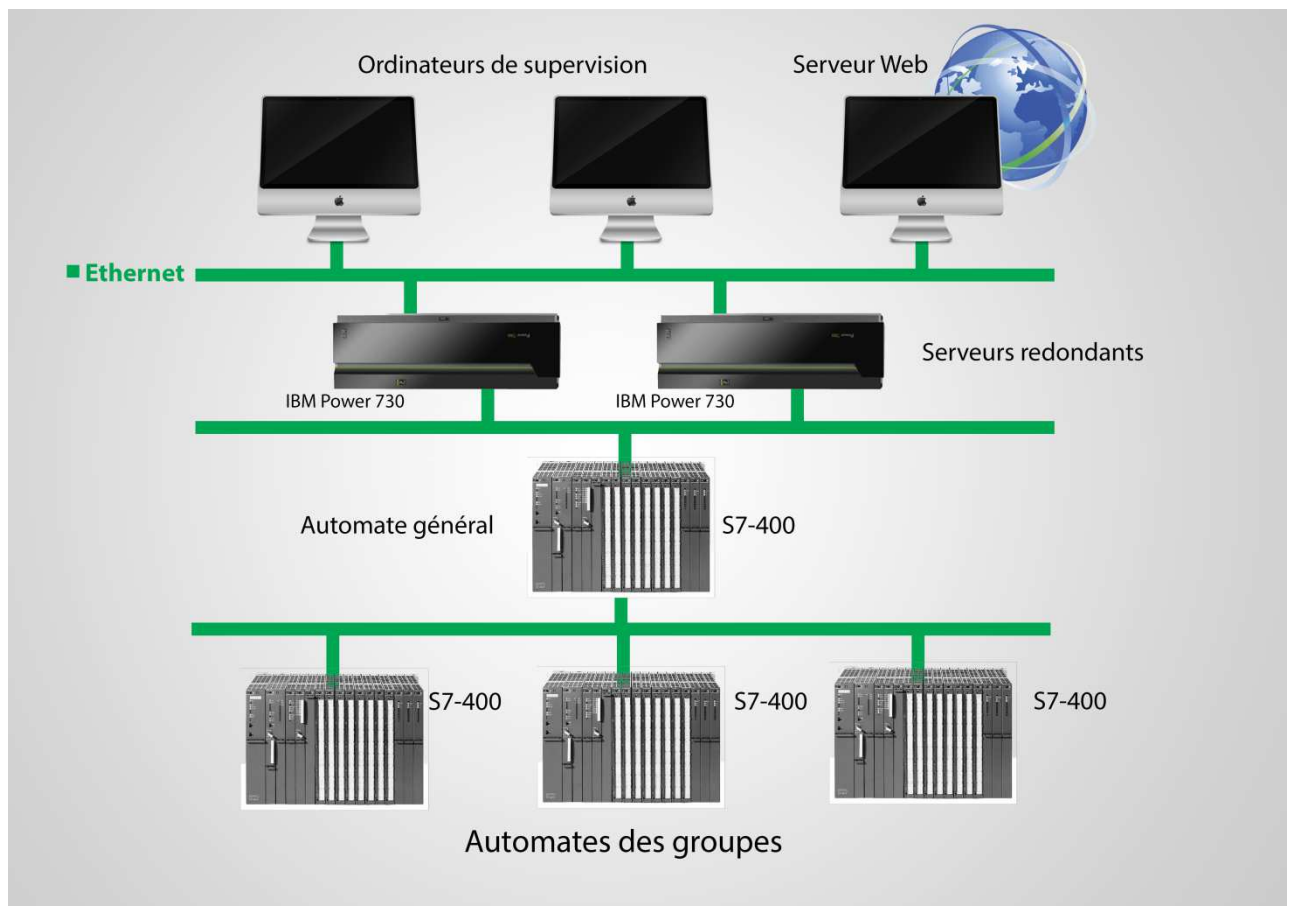
Au niveau de la centrale, le réseau d'automatisation comprend au niveau de la gestion de l'exploitation des ordinateurs de supervision et un serveur web permettant de communiquer avec le centre de télégestion via le World Wide Web (Internet).

L'installation des serveurs permet de partager les informations entre tous les clients cités précédemment.

Au niveau commande, les automates des groupes sont commandés par un automate général en utilisant un réseau de type étoile, ce qui présente plusieurs avantages :

- Ajout facile d'autres API
- Localisation facile de pannes
- Le débranchement d'une connexion ne paralyse pas le reste du réseau

Le réseau de connexion se schématise comme ci-dessous :



Architecture du système d'automatisation de la centrale

La télégestion à distance depuis le centre situé à Fès se fera par le biais du World Wide Web via le réseau UMTS (3G).

Les routeurs SCALANCE M875 communiquant les informations entre eux, créant ainsi un Tunnel VPN (Virtual Private Network) qui correspond en fait à une interconnexion de réseaux locaux via une technique de « tunnel ».

Les modules de sécurité SCALANCE S612 cryptent et décryptent les données pour préserver le réseau de tout risque d'espionnage ou de falsification d'informations.

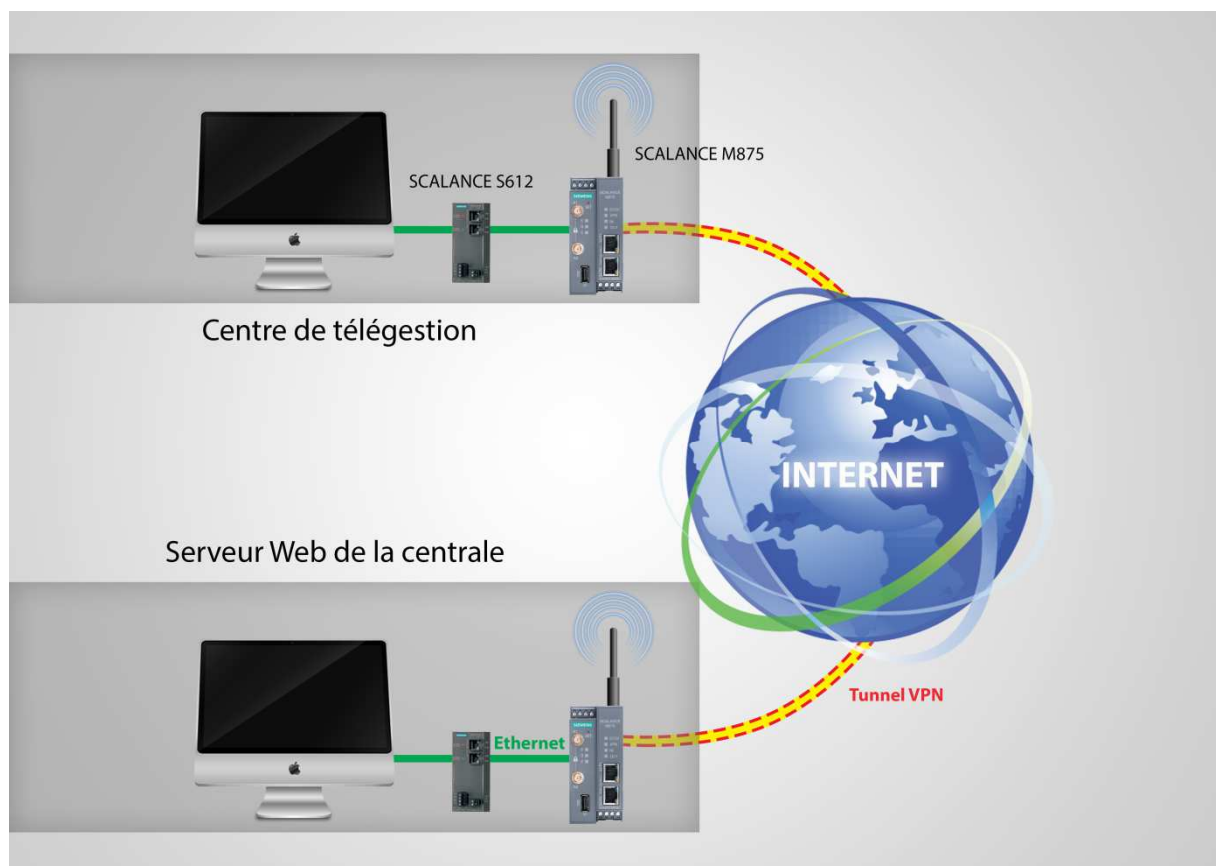
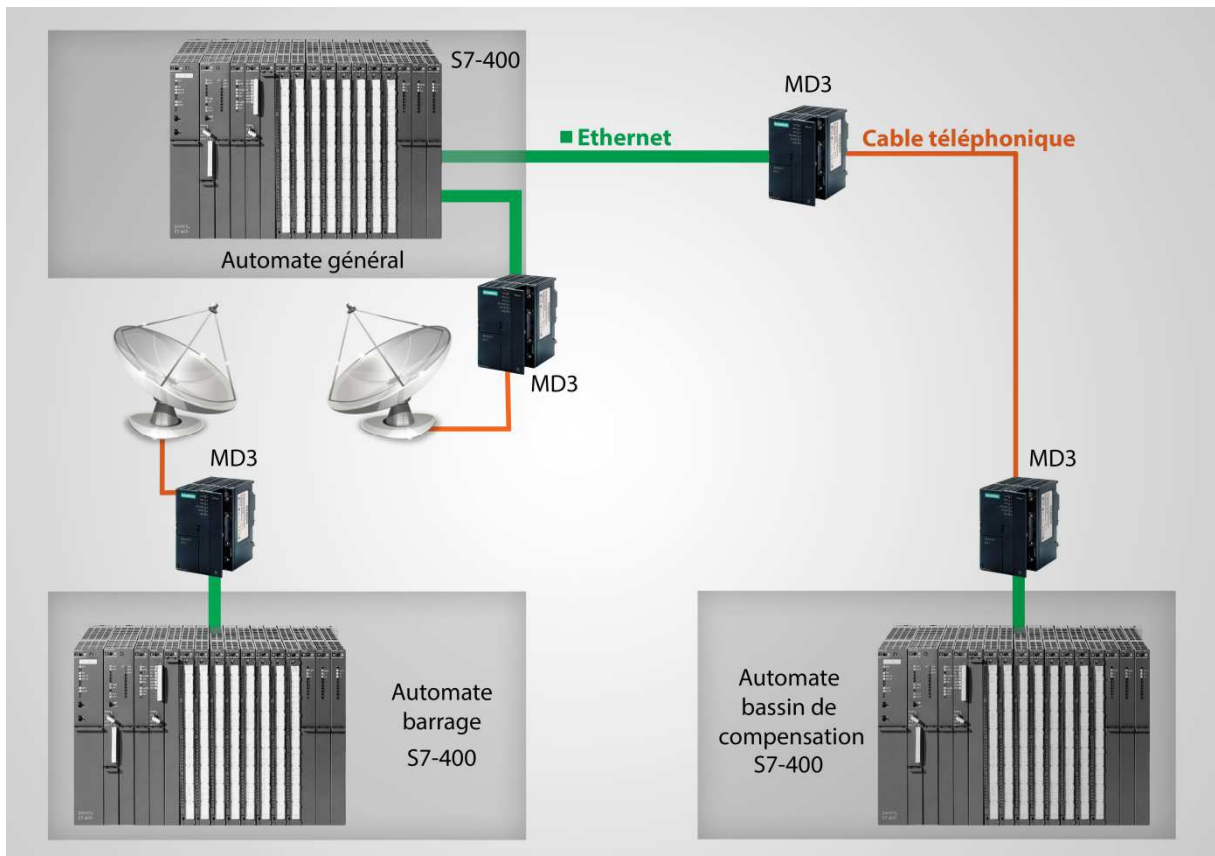


Schéma de connexion de la télégestion

La communication de l'automate général et ceux du bassin de compensation et du barrage Allal Al Fassi se fait via des modems MD3, seuls les supports de communication diffèrent.

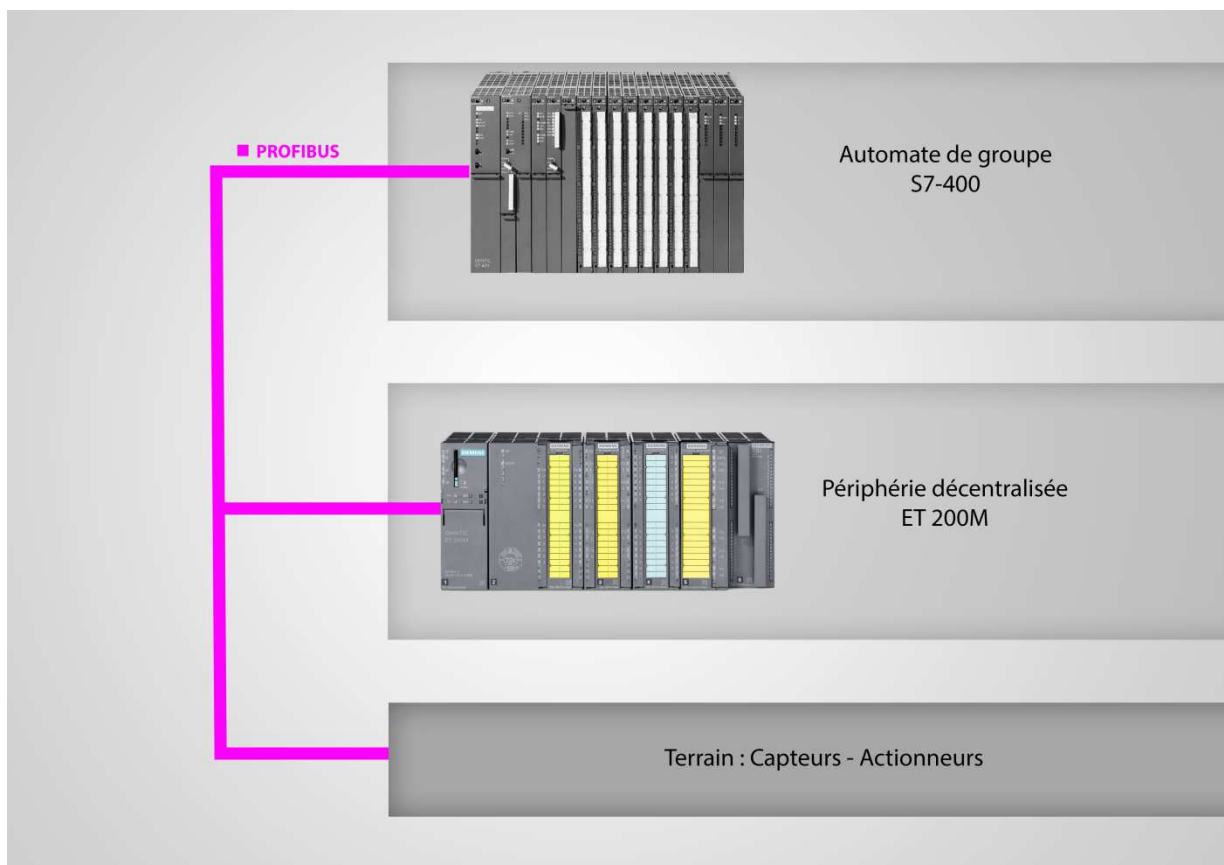
L'interconnexion entre l'automate général et l'automate du bassin de compensation est assurée par une liaison par câble téléphonique, tandis que la liaison avec l'automate du barrage se fait par voie Hertzienne en utilisant des antennes de transmission/réception.



Architecture de connexion de l'automate général aux automates du bassin et du barrage

La connexion de l'automate du groupe aux capteurs, actionneurs et pré-actionneurs se fait par PROFIBUS.

Les dispositifs de terrain peuvent être directement reliés à l'automate ou à la station décentralisée ET 200M.



Architecture de connexion de l'automate du groupe avec le terrain

Conclusion

Le projet de fin d'études sur lequel j'ai travaillé consistait à concevoir un système d'automatisation permettant la commande et la télé-gestion de la centrale hydro-électrique Allal Al Fassi. Au terme de ce travail, j'ai pu faire une analyse détaillée du problème, et ensuite proposer des solutions que j'ai pu comparer et critiquer toujours en parfaite collaboration avec mon parrain industriel et mon encadrant pédagogique.

Ceci m'a permis de choisir les solutions les plus adaptées et de se limiter à la conception de ces solutions. Une recherche bibliographique approfondie et surtout des manuels des composants de la marque SIEMENS a permis d'aborder la conception des composants les plus importants du système de commande. Toutefois, même si le projet est assez complet sur le plan conceptuel et technique, la durée limitée du stage n'a pas permis d'aborder le projet dans sa totalité, dès-lors certaines améliorations restent à développer parmi lesquelles :

- Le recensement des entrées et sorties de chaque automate
- Le choix des différents modules nécessaire pour la commande de chaque automate programmable
- Le diagnostic des dispositifs de commande et les capteurs au niveau du terrain
- L'élaboration des programmes pour la commande automatique de chaque automate programmable
- La réalisation du système opérateur permettant la gestion de la commande

Par ailleurs, ce projet était pour moi une occasion intéressante pour apprendre de nouvelles notions, notamment l'automatisme et l'élaboration de réseaux de commande contrôlés par automates programmables industriels.

Bibliographie

Manuels d'exploitation de la centrale Allal Al Fassi

Les automates programmables industriels – W. Bolton – Dunod

The SIMATIC PCS7 Process Control System

Site web SIEMENS Automation – www.automation.siemens.com

Site web ONEE- Branche électricité – www.one.org.ma

Site web ministère de l'énergie, des mines, de l'eau et de l'environnement –
Département de l'eau – www.water.gov.ma

Annexes

La commande du groupe

1. Modes d'exploitation

Trois modes d'exploitation sont possibles :

- Exploitation en télécommande depuis dispatching
- Exploitation par programmeur
- Exploitation en usine

Le choix du mode d'exploitation est opéré à partir de la salle des commandes à l'aide d'un commutateur de choix de commande.

Toutefois, le commutateur peut être placé sur position « indisponible » rendant tout démarrage du groupe impossible.

Aussi, plusieurs modes de démarrage et d'arrêt sont possibles :

- Automatique salle de commande.
- Automatique salle des turbines.
- Pas à pas.
- Direct

2. Commande

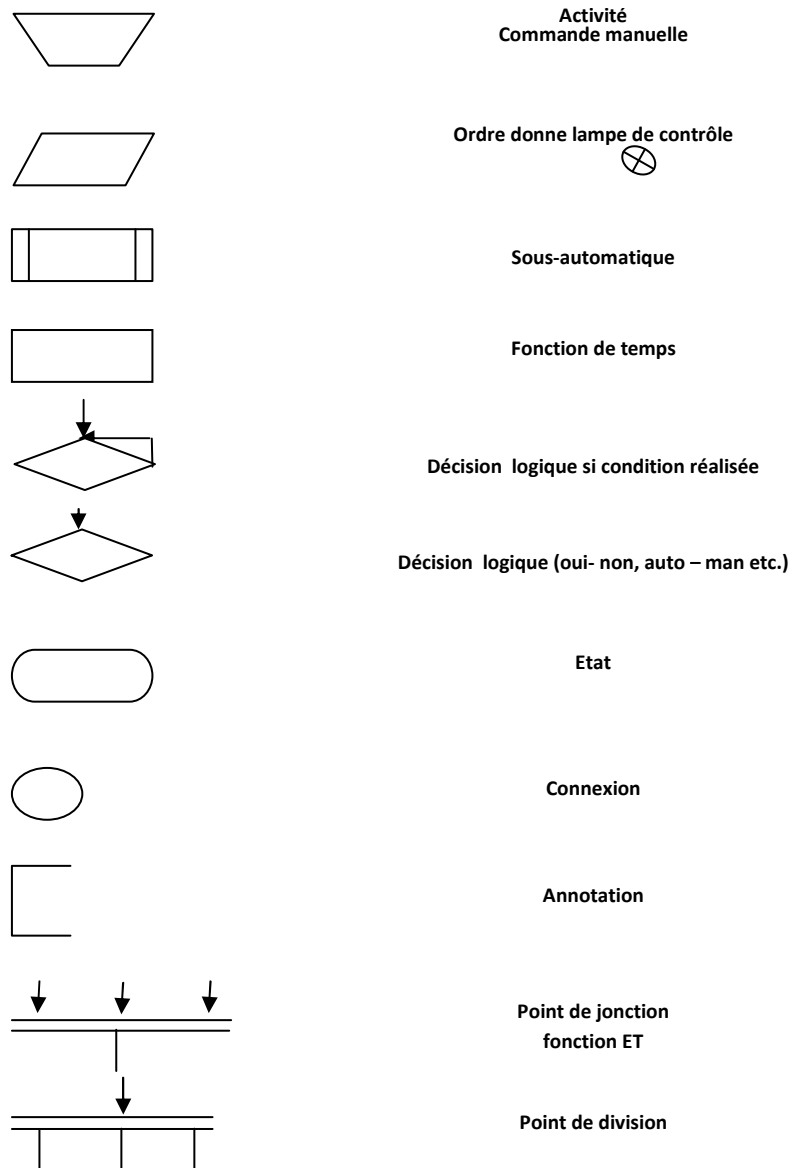
2.1. Conditions de démarrage

Ces conditions sont impérativement nécessaires au démarrage du groupe, l'absence d'une seule d'entre elle rendra le démarrage impossible.

- Disjoncteur groupe ouvert.
- Arrêt normal pas.
- Arrêt rapide pas.
- Arrêt d 'urgence pas.
- Vanne freinage en position freinage.
- Accumulateur niveau huile normal.
- Pression huile accumulateur établie.
- Niveau huile bac régulation normal.
- Soupapes arrêt d'urgence poste service.
- Vanne de garde ouverte.
- Vanne de tête ouverte.
- Vanne de batardeaux ouverte.
- Vanne de pied fermée.
- Vanne de by-pass fermée.
- Distributeur fermée.
- Débit d'eau de joint d'arbre établi.
- Palier guide huile turbine niveau normal.
- Régulation prêt pour démarrage.
- Freins alternateur desserres.
- Rotor alternateur non soulevé.
- Palier guide huile alternateur niveau normal.
- Pivot guide huile niveau normal.
- Pression air freinage normale.
- Système d'excitation et régulation prêt pour démarrage.
- Système de réfrigération prêt.
- Air comprimé régulateur normal.
- Niveau puisard usine correct.
- Logiciel en service

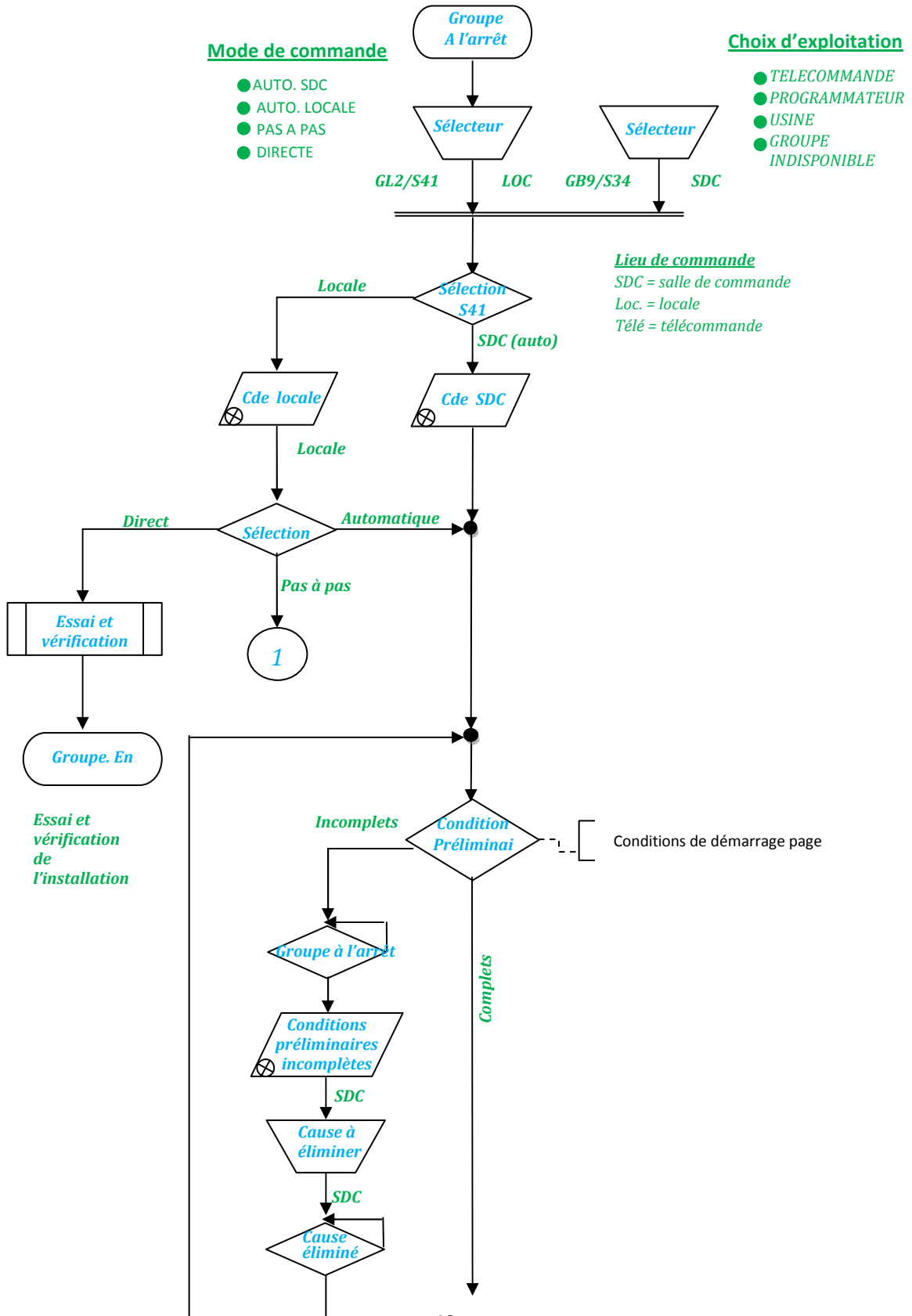
2. Logigrammes

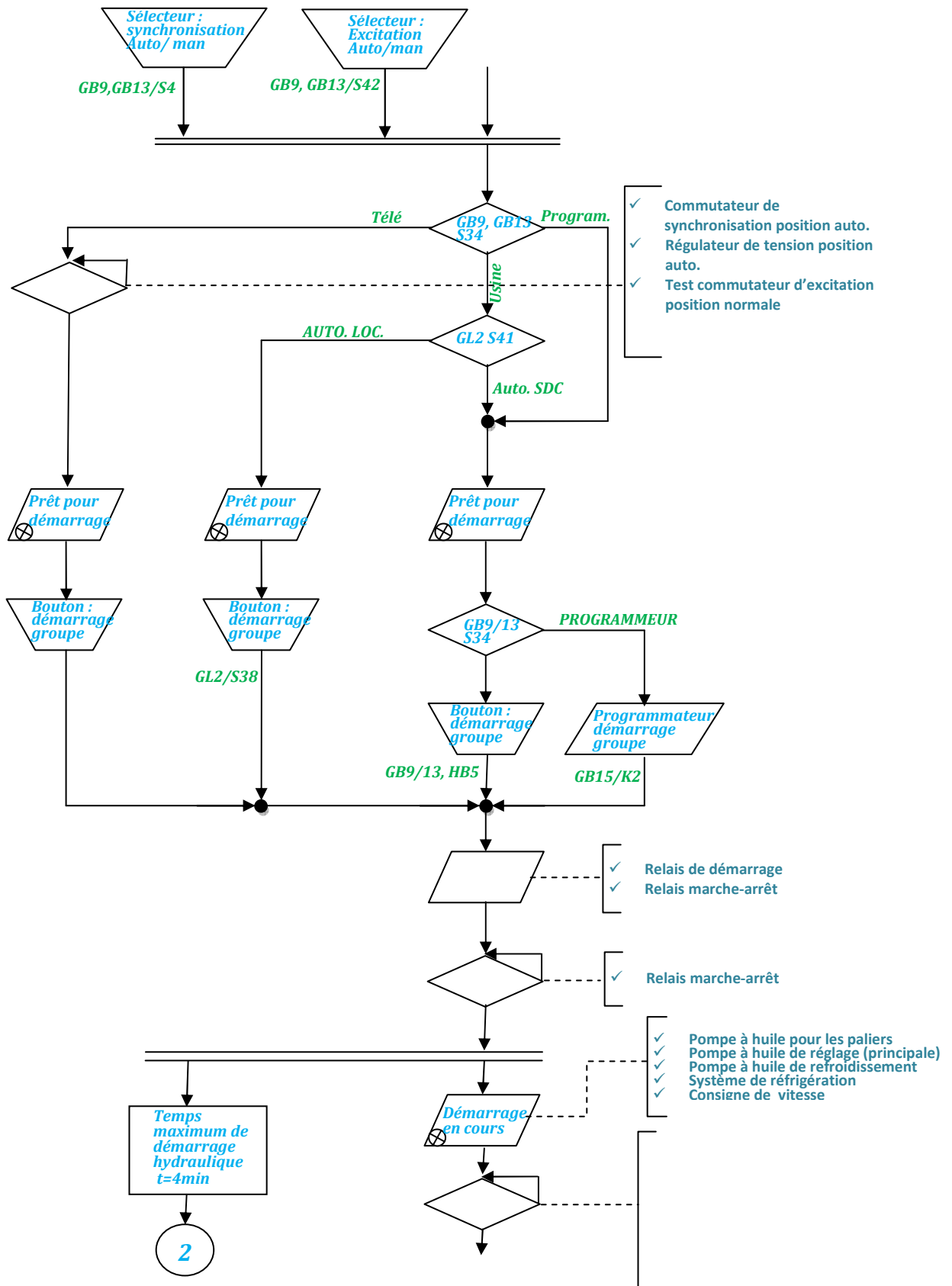
2.1. Syntaxe

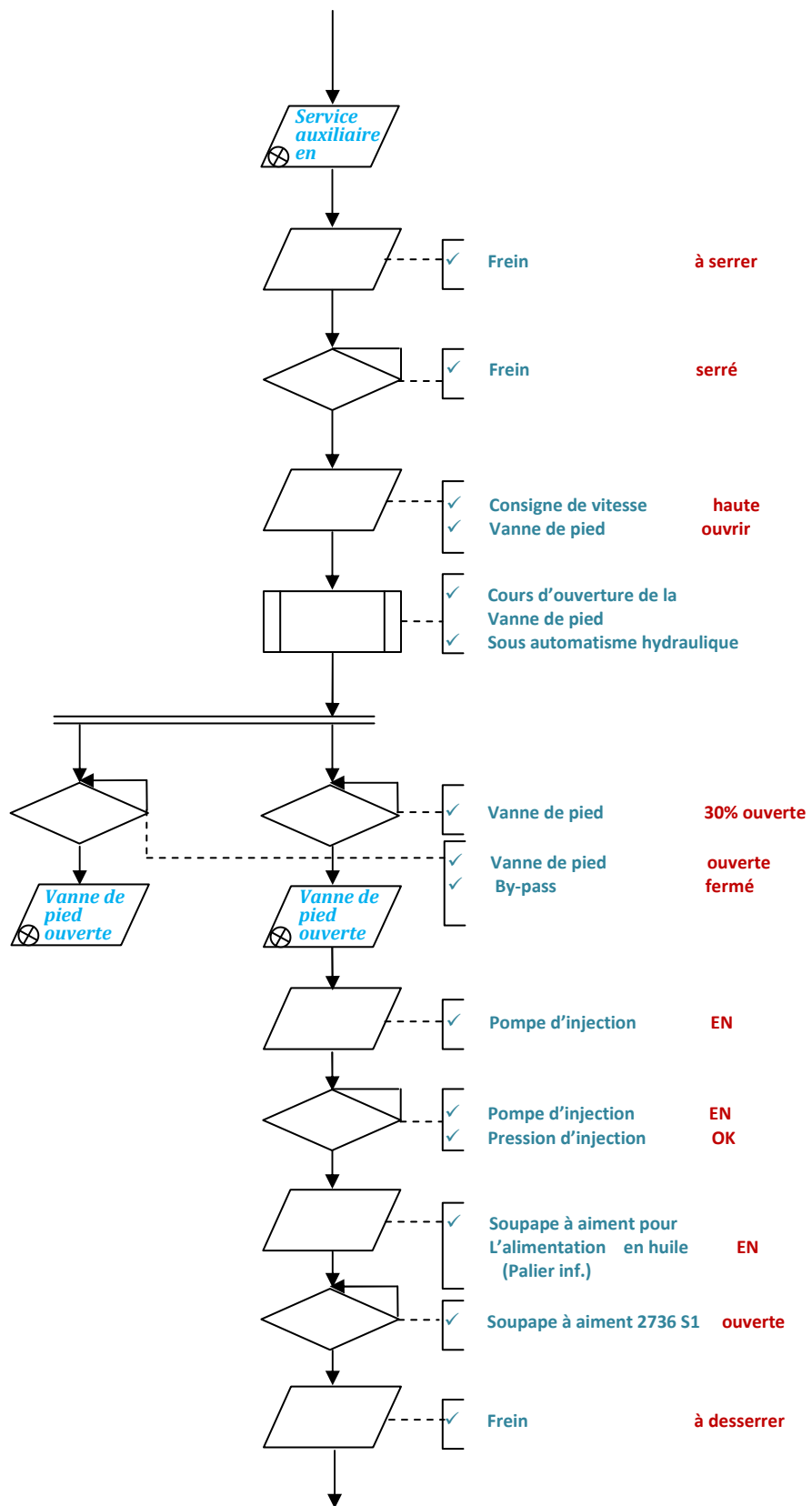


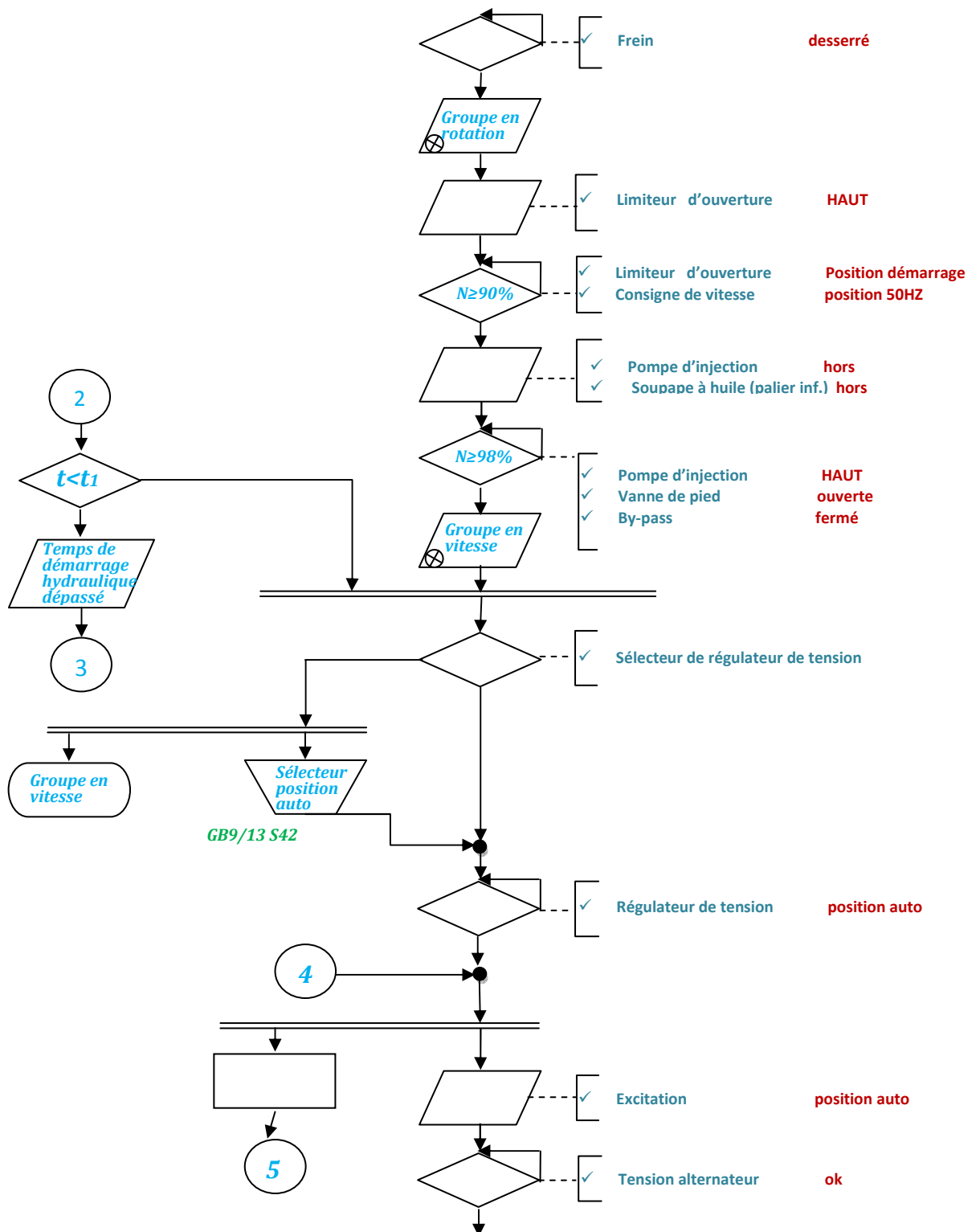
Symboles du schéma de s séquences

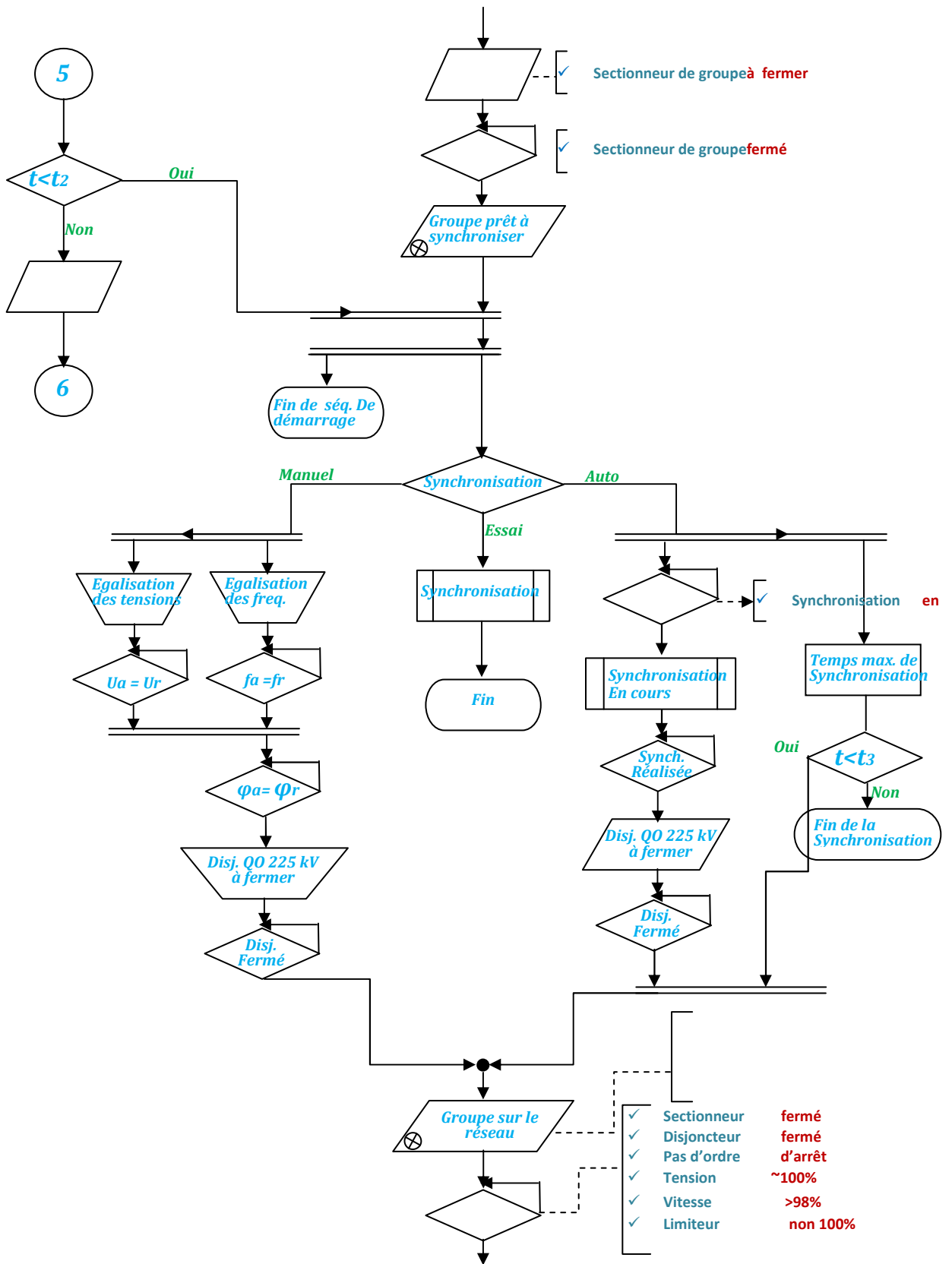
2.2. Séquences de démarrage

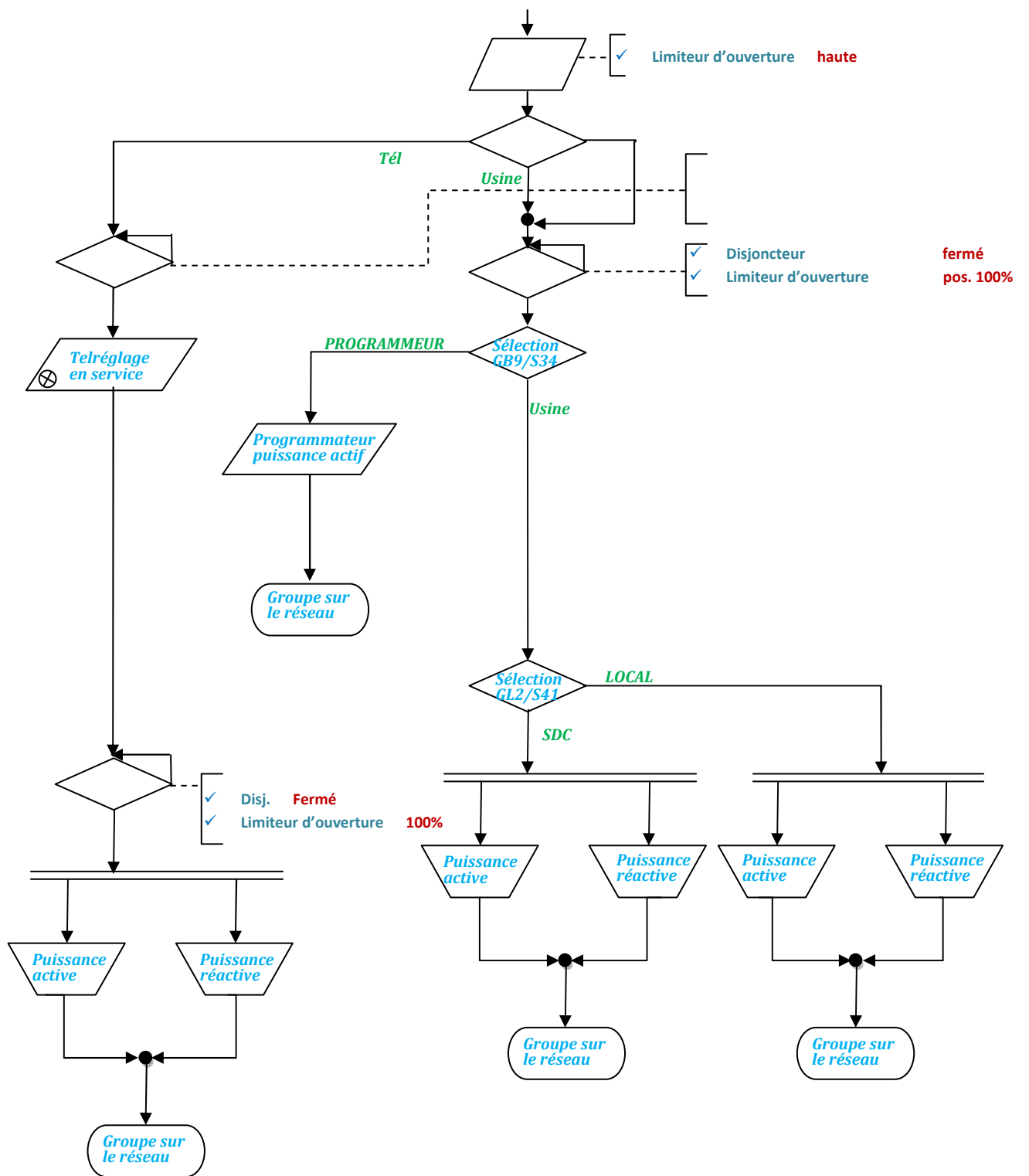




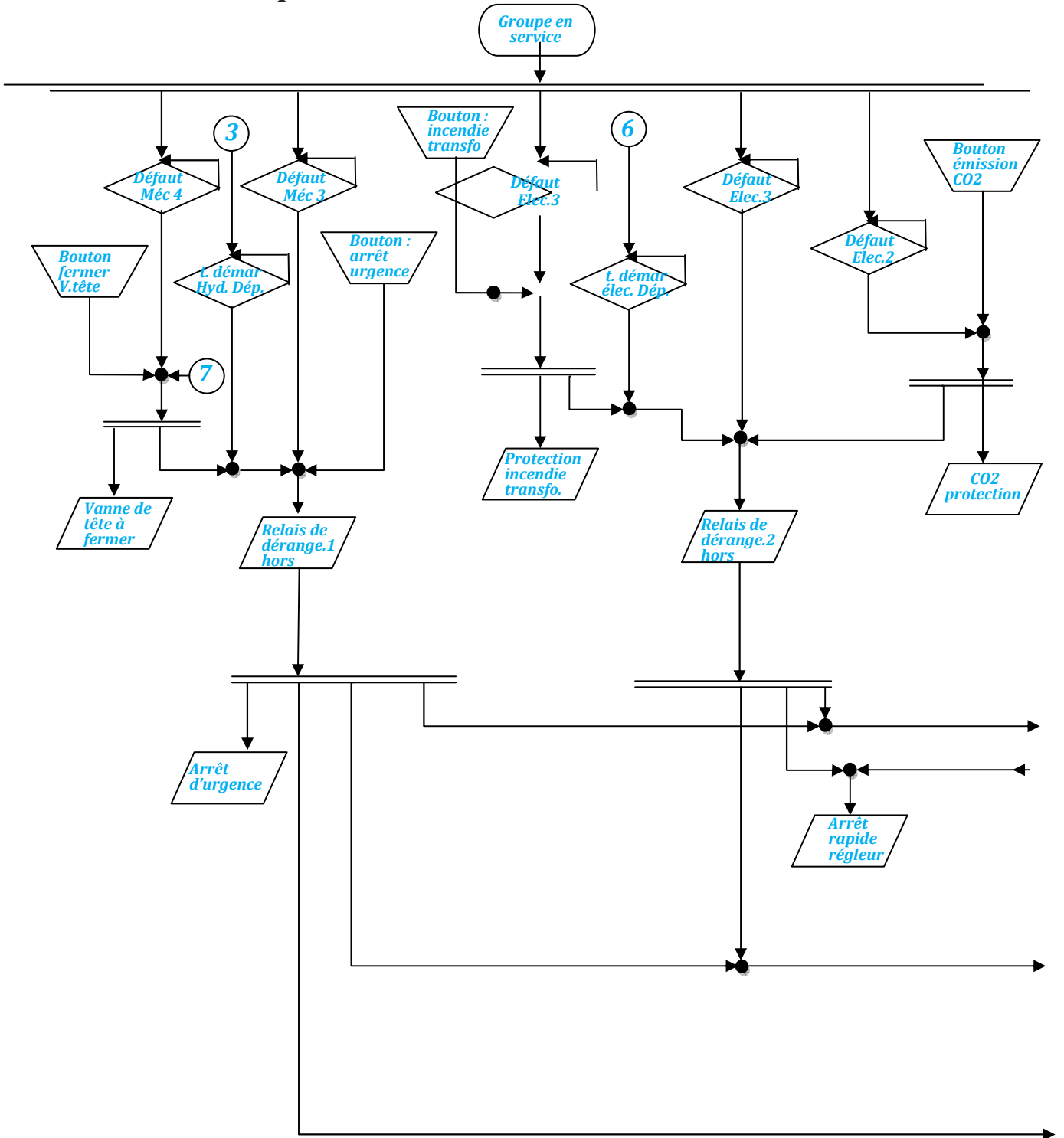


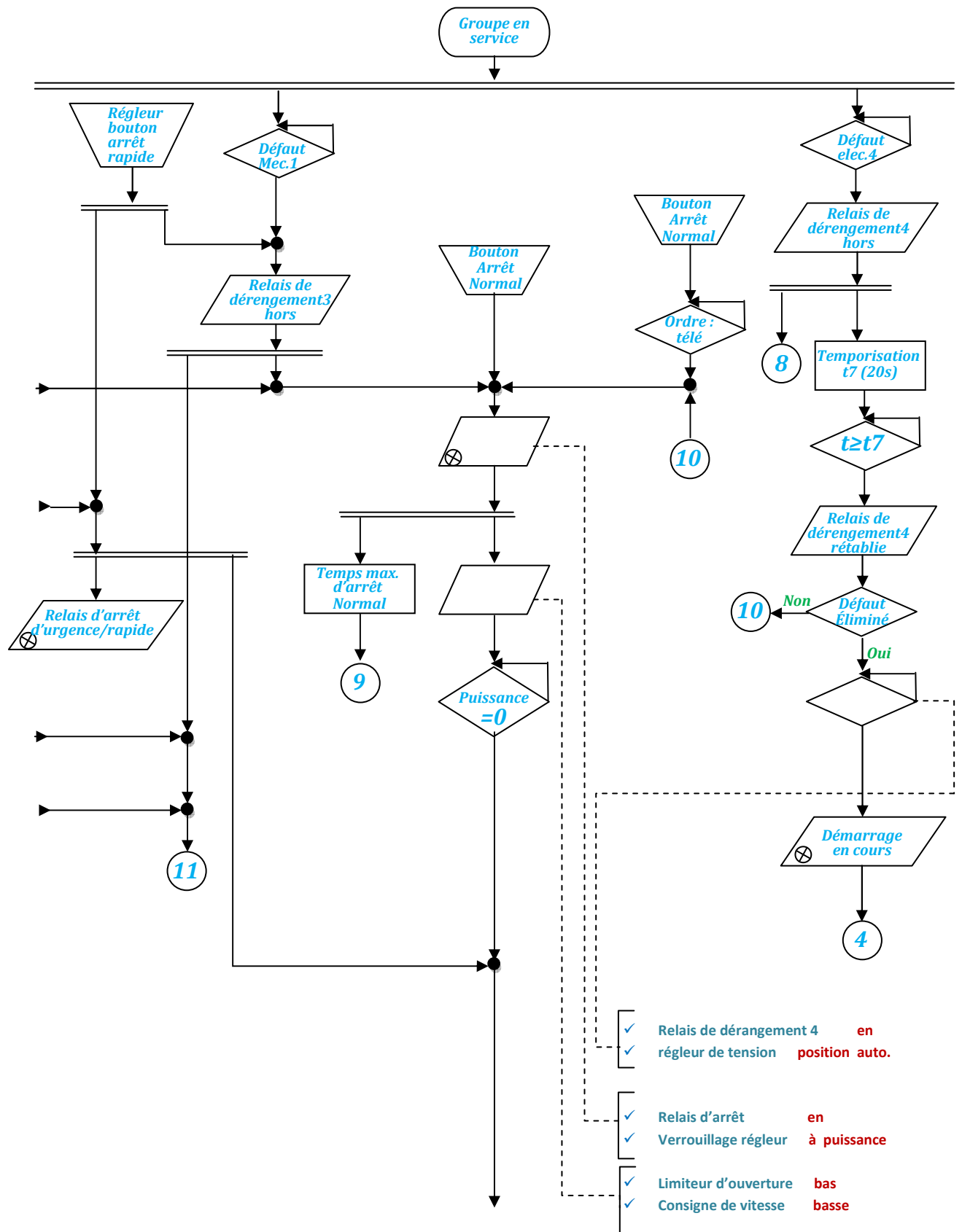


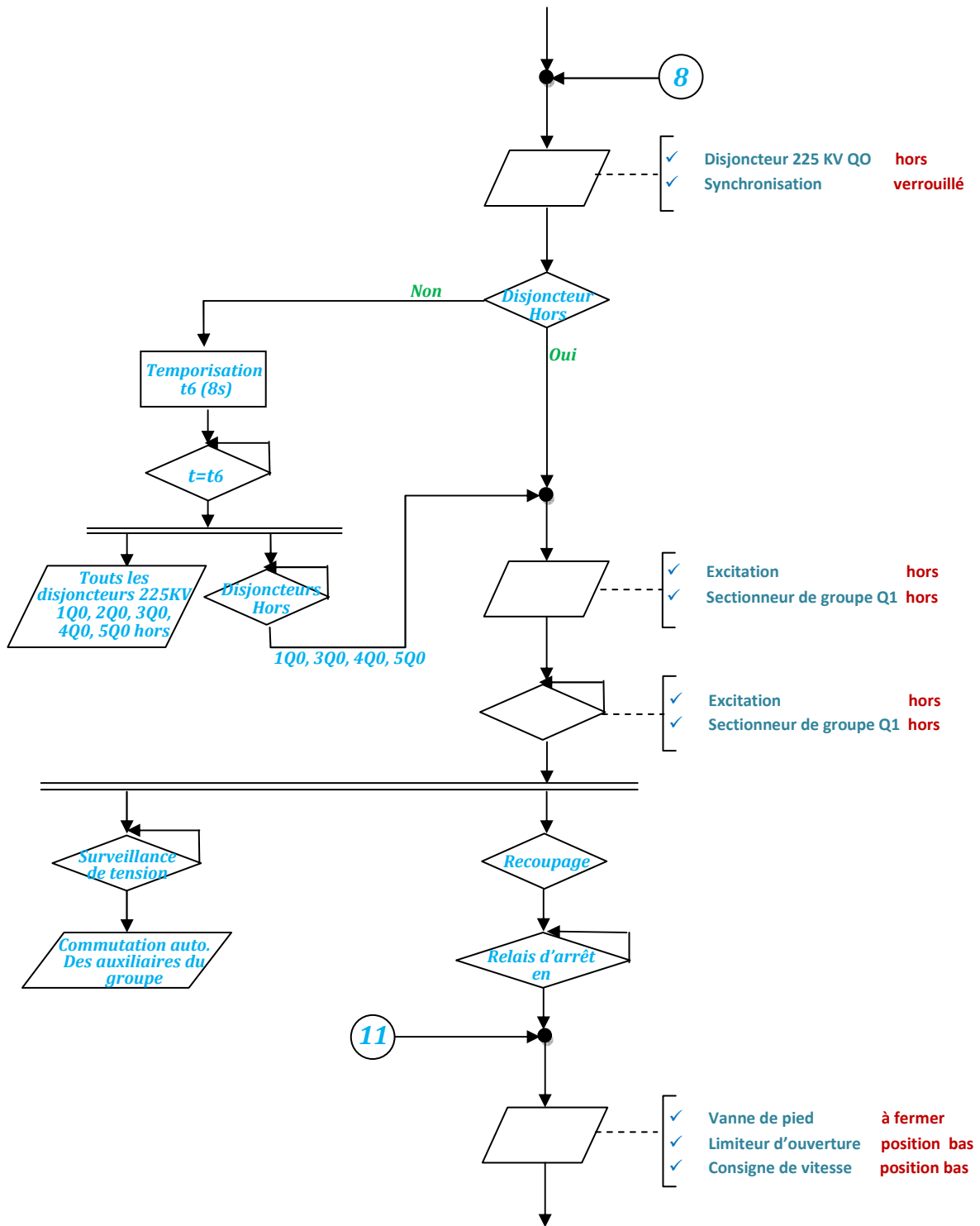


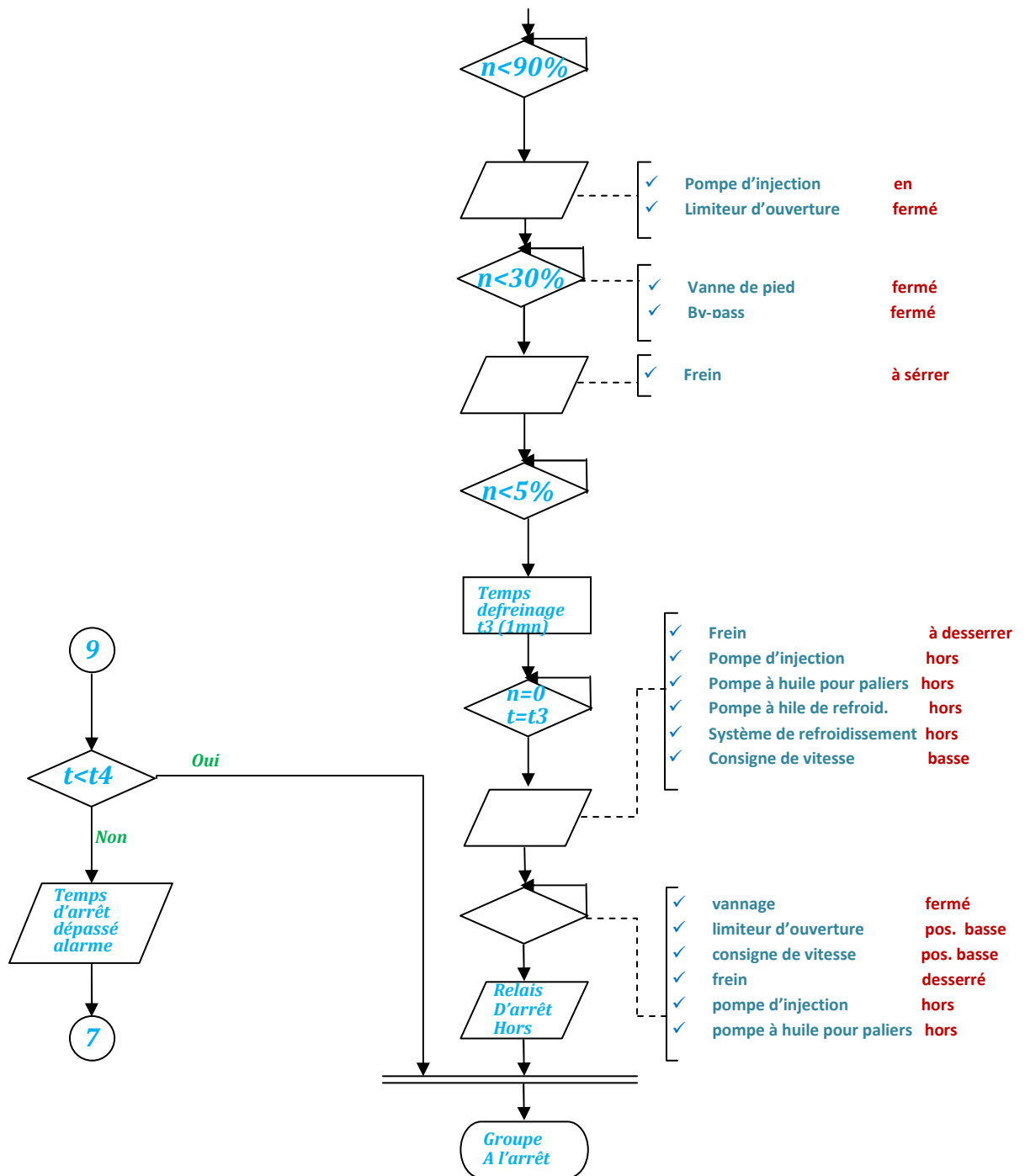


2.3. Séquences d'arrêt









Les automates programmables industriels et le réseau

1. Définition

Un Automate Programmable Industriel (API) est une machine électronique programmable par un personnel non informaticien et destiné à piloter en ambiance industrielle et en temps réel des procédés industriels. Un automate programmable est adaptable à un maximum d'application, d'un point de vue traitement, composants et langage. C'est pour cela qu'il est de construction modulaire.

2. Composants d'un automate programmable industriel

La structure interne d'un automate programmable industriel (API) est assez voisine de celle d'un système informatique simple.

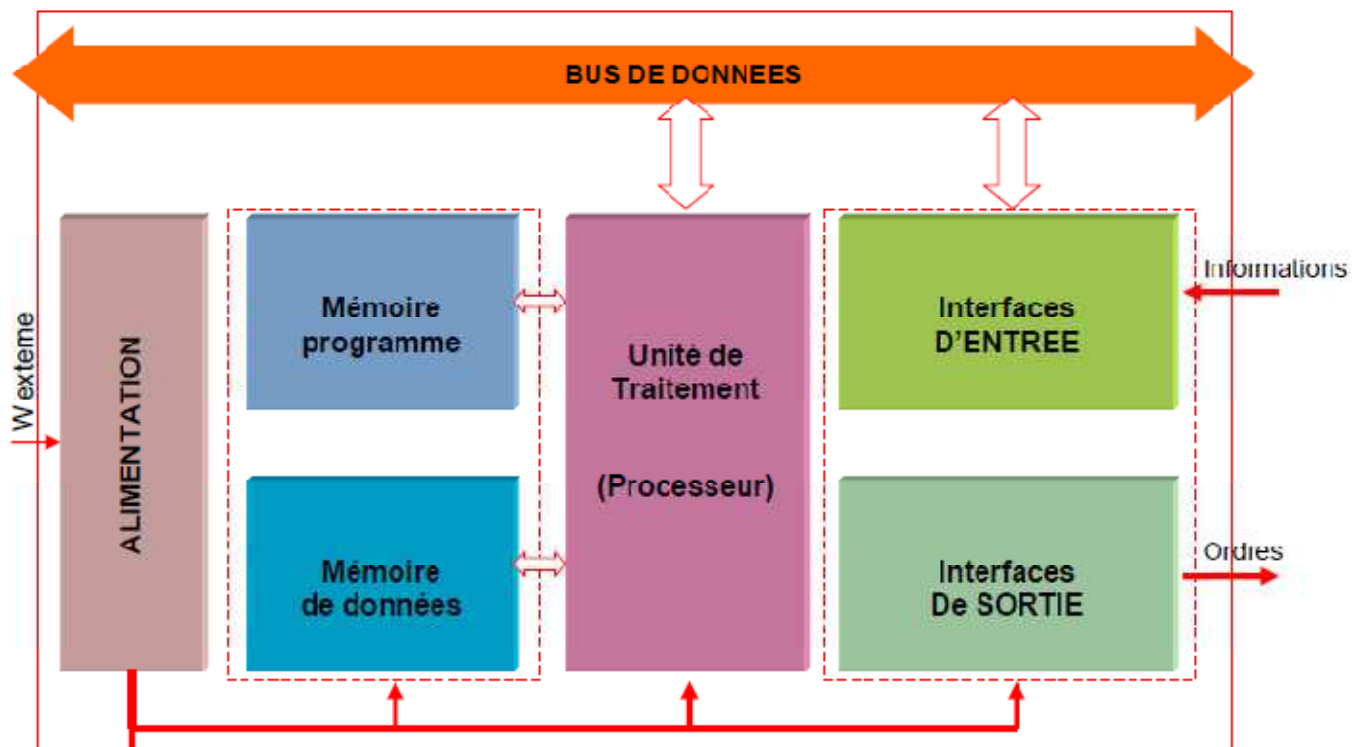


Schéma de connexion des composants d'un automate programmable industriel

Un API se compose de :

2.1. L'unité de traitement ou processeur

Le processeur gère l'ensemble des échanges informationnels en assurant :

- La lecture des informations d'entrée
- L'exécution des instructions du programme mis en mémoire
- La commande ou l'écriture des sorties

2.2. La mémoire

La mémoire de l'API est l'élément fonctionnel qui peut recevoir, conserver et restituer des informations.

L'espace mémoire peut être divisé en deux parties :

- La mémoire Programme qui permet le stockage des instructions à exécuter par l'API.
- La mémoire de données qui permet le stockage de l'état des E/S et des variables internes.

Les mémoires utilisées dans un API peuvent être des types suivants :

R.A.M. (Random Access Memory):

Cette mémoire doit être alimentée électriquement pour pouvoir conserver les informations. On l'appelle également la mémoire vive.

Avant son exécution, le programme est transféré dans cette mémoire qui permet d'atteindre des vitesses en lecture et écriture très rapides.

R.O.M. (Read Only Memory) :

Appelée également mémoire morte, elle permet de stocker des informations indéfiniment sans aucune alimentation électrique.

P.R.O.M. (Programable Read Only Memory):

C'est une ROM que l'on peut programmer une seule fois.

E.P.R.O.M. (Erasable Programmable Read Only Memory) :

C'est une mémoire de type PROM que l'on peut effacer par exposition du circuit aux rayons ultra-violets.

E.E.P.R.O.M. (Electrical Erasable Programmable Read Only Memory)

Mémoire de type PROM que l'on peut effacer électriquement en écrivant à nouveau sur le contenu de la mémoire. Ce type de mémoire par sa simplicité de mise en œuvre tend à remplacer de plus en plus la mémoire EPROM.

2.3. L'interface d'entrée

L'interface d'entrée permet la connexion à l'API d'une multitude de capteurs pouvant être :

- TOR (logiques ou Tout Ou Rien)
- Numériques
- Analogiques

Ces différentes entrées sont mises en forme par l'interface d'entrée avant d'être stockées dans la mémoire de données.

2.4. L'interface de sortie

L'interface de sortie permet la connexion à l'API d'une multitude de pré-actionneurs pouvant être :

- TOR (logiques ou Tout Ou Rien)
- Numériques
- Analogiques

2.5. Le module d'alimentation

Le module d'alimentation transforme l'énergie externe provenant du réseau en la mettant en forme afin de fournir aux différents modules de l'API les niveaux de tension nécessaires à leur bon fonctionnement.

Plusieurs niveaux de tensions peuvent être utilisés par les circuits internes (3v, 5v, 12v, 24v...).

2.6. Les modules de communication

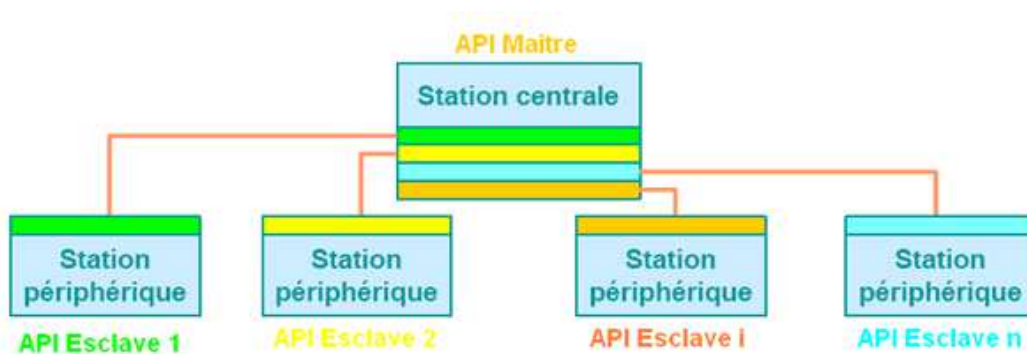
Les modules de communication permettent de dialoguer avec d'autres automates, des entrées/sorties décentralisés, des superviseurs ou autres interfaces homme-machine.

Les modules de communication obéissent à des protocoles tels qu'Ethernet et Profibus.

3. Topologies du réseau

3.1. Réseau en étoile

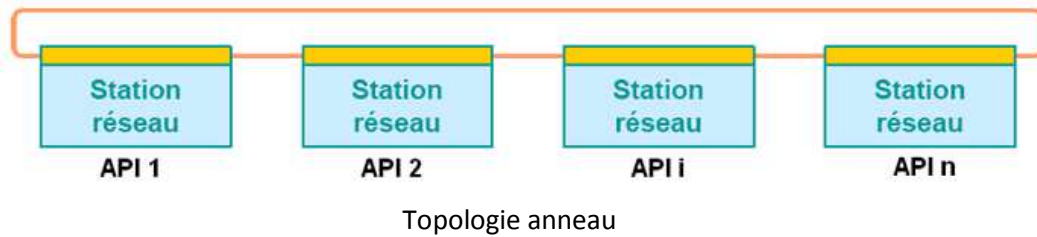
Un centre de traitement commun échange avec chacune des autres stations. Deux stations ne peuvent pas échanger directement entre elles.



Topologie étoile

3.2. Réseau en anneau

Chaque station peut communiquer avec sa voisine. Cette solution est intéressante lorsqu'une station doit recevoir des informations de la station précédente ou en transmettre vers la suivante.



3.3. Réseau hiérarchisé

C'est la forme de réseaux la plus performante. Elle offre une grande souplesse d'utilisation, les informations pouvant circuler entre-stations d'un même niveau ou circuler de la station la plus évoluée (en général un ordinateur) vers la plus simple, et réciproquement.

