

## Sujet de stage :

**Réalisation et optimisation d'une plateforme automatisation  
sur réseau**

Tuteur en entreprise :  
Mr Serge Guilabert.

Enseignant tuteur :  
Mr Mourad ABED.

Société d'accueil :  
Schneider Electric

Département :  
LOW END CONTROL

## REMERCIEMENTS

Je souhaite exprimer mes remerciements à toute l'équipe du département LEC pour le suivi, l'intérêt porté à mon étude ainsi que pour l'ambiance de travail.

Je tiens à exprimer toute ma reconnaissance à mon tuteur de stage, Monsieur Serge GUILABERT responsable de validation des I/O pour la patience, l'écoute, la compréhension et la pédagogie dont il a fait part.

Mes remerciements vont aussi à Madame Anne claire VILCOQ FERET responsable de support technique des I/O ,à Monsieur David SCHWEIGER ingénieur de validation, à Guillaume MOLINAS Ingénieur de validation et tests I/O, pour leur soutien et leur aide afin de mener à bien mon projet, sans oublier Madame Mireille GUILABERT responsable technique et développement, Monsieur Alain LAFUITE responsable qualité et Monsieur Jean-Simon LOUIS responsable marketing des I/O qui mon donnés de leur temps afin de m'apporter un aperçu des rôles clefs d'une entreprise multinationale.

Enfin, un grand merci à toute l'équipe enseignante de la formation automatisation intégrée, pour les cours dispensés.

# SOMMAIRE

<u>Remerciements.....</u>	<u>2</u>
<u>Introduction .....</u>	<u>4</u>
<u>Rapport de stage.....</u>	<u>5</u>
<u>I- Présentation de SCHNEIDER Electric.....</u>	<u>6</u>
<u>II- OBJECTIFS : réalisation d'une plateforme de test.....</u>	<u>10</u>
<u>III- L'étude comparative des différents réseaux et bus.....</u>	<u>11</u>
<u>IV- Présentation du réseau AS-i.....</u>	<u>14</u>
<u>V- Réalisation de la configuration du réseau AS-i.....</u>	<u>28</u>
<u>Conclusion.....</u>	<u>47</u>
<u>Glossaire.....</u>	<u>48</u>
<u>ANNEXE 1 – différents réseaux.....</u>	<u>49</u>
<u>I - Réseau Ethernet.....</u>	<u>49</u>
<u>II - Réseau CANopen.....</u>	<u>55</u>
<u>III - Réseau PROFIBUS.....</u>	<u>57</u>
<u>IV - Réseau ASI.....</u>	<u>59</u>
<u>ANNEXE 2 – le bus AS-i.....</u>	<u>61</u>
<u>I Les principes de fonctionnement.....</u>	<u>61</u>
<u>II Les éléments du dialogue maître esclave.....</u>	<u>62</u>
<u>III Profil de communication.....</u>	<u>71</u>

# INTRODUCTION

Dans le cadre de mon Master 2 professionnel à l'université de Valenciennes, il m'a été proposé d'effectuer un stage au sein de la société Schneider Electric d'une durée de quatre mois.

Le thème retenu est la réalisation et l'optimisation d'une plate forme automatisme sur réseau.

Ce travail m'a permis de mettre en application mes connaissances et mes compétences acquises tout au long de mon cursus; tel que l'automatisme et l'électricité, mais aussi d'apprendre sur le fonctionnement d'une entreprise de grande taille et d'un service de développement.

# RAPPORT DE STAGE

---

## I- Présentation de SCHNEIDER Electric

### I-1 Histoire de la société

Les grands dates de Schneider Electric.....

**1836** Création de Schneider au Creusot

**1902** Création de Mac Bride Manufacturing (devient Square D en 1917)

**1920** Création de Merlin Gerin

**1924** Création de Telemecanique

**1968** Création de Modicon

**1975** Merlin Gerin entre dans le groupe Schneider

**1988** Telemecanique entre dans le groupe Schneider

**1991** Square D entre dans le groupe Schneider

**1994** Apport des activités industrielles et commerciales de Merlin Gerin et de Telemecanique ainsi que des titres de Square D qui deviennent des marques de Schneider.

**1996** Modicon devient une marque de Schneider

**1999** Lexel, leader mondial dans la distribution ultra terminale intègre Schneider

**1999** Schneider adopte une nouvelle identité, Schneider Electric pour marquer son recentrage sur le domaine de l'électricité.

**2000** Accélération de la croissance par des acquisitions élargissant l'offre, la présence sur des zones à fort potentiel et par des alliances stratégiques pour développer de nouveaux produits.

760 millions d'Euro de chiffre d'affaires, en 2 ans, sont issus de ces acquisitions.

**2001** Projet de rapprochement avec Legrand lancé par Schneider Electric le 15 janvier 2001 dans le cadre d'une offre publique d'échange amicale sur les titres de cette Société. A l'issue de cette offre, le 25 juillet 2001, Schneider Electric détient plus de 98% du capital de Legrand, cependant la Commission européenne déclare, le 10 octobre 2001, ce rapprochement incompatible avec le marché commun.

La séparation des 2 entreprises est effective le 30 janvier 2002.

Internationalisation et globalisation des moyens en R&D avec la création d'un laboratoire de recherche Groupe aux Etats-Unis et le renforcement des équipes en Chine.

Nouvelle organisation plus réactive avec un Comité Exécutif resserré, 3 Directions Opérationnelles, 2 Directions Centrales et 2 Directions Fonctionnelles.

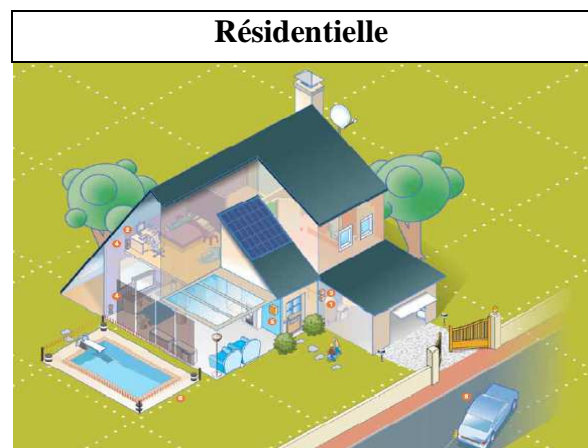
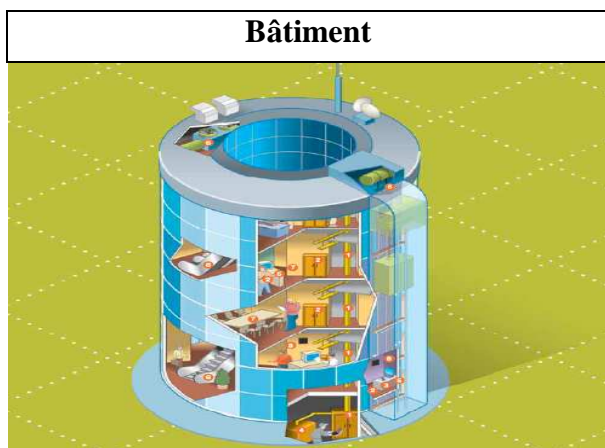
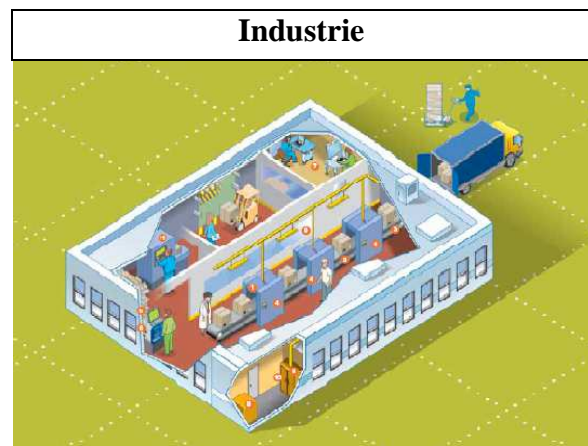
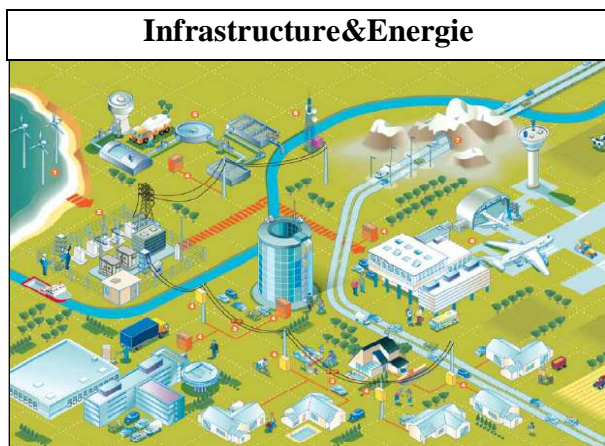
**2002** Année marquée par le lancement du nouveau programme d'Entreprise NEW2004 Un programme ambitieux et mobilisateur dédié à la croissance et à l'efficacité, ayant pour objectif de générer une croissance durable et rentable, et de créer des richesses pour nos actionnaires, nos collaborateurs et la Société.

## **I-2 Schneider Electric aujourd'hui**

**N°1 mondial en distribution électrique, N°2 mondial en automatismes&contrôle.**

Schneider Electric développe une offre complète de produits, logiciels, systèmes et services pour quatre grands marchés : Energie & Infrastructures, Industrie, Bâtiments, Résidentiel.

Schneider est présent dans 130 pays repartis sur tous les continents et compte plus que 88 670 collaborateurs dans le monde avec un chiffre d'affaire de 11,679 milliards d'euros.

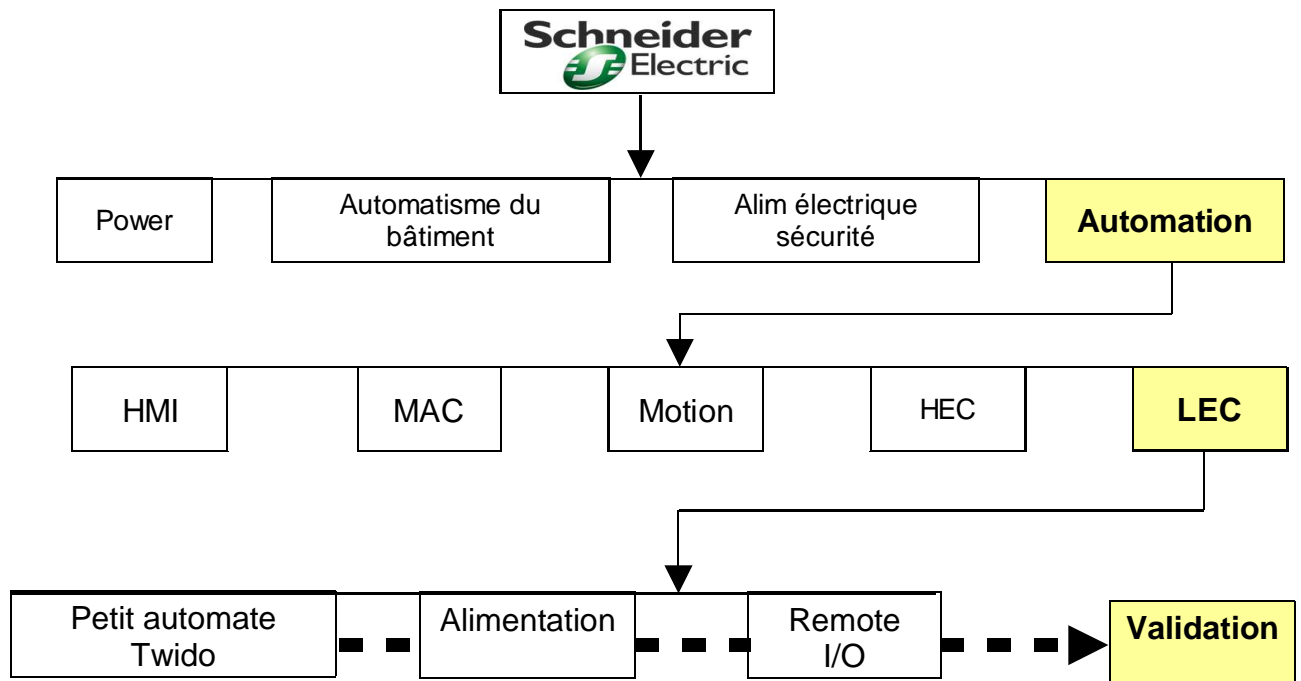


### **I-3 Le site de Sophia Antipolis**

#### I-3-1 Situation géographique

Situé au sud-est de la France, Sophia Antipolis est une technopole où sont implantés la plupart des grosses sociétés comme Philips, France Télécom, Air France... Schneider Electric est au sein de cette technopole.

#### I-3-2 Organisation



HMI: Human Machine Interface  
PLC: Program Logic Controller  
HEC: High End Control  
MAC: Machine Control  
LEC: Low End Control

### I-3-3 Le département Low End Control

Ce département a pour vocation de développer le métier du Low End Control au sein de Schneider, et de donner aux filiales les moyens d'assurer une croissance forte sur un secteur en pleine expansion.

Le département « Low End Control » a pour objectif, sur les marchés de l'Industrie et du Bâtiment, de prendre le leadership dans le domaine du contrôle des machines et de prendre une position significative dans le domaine des fonctions d'interfaçage, des Entrées/sorties.

Pour atteindre ces objectifs, le groupe Schneider Electric s'est basé sur la simplicité, la facilité d'installation et le renouvellement régulier de l'offre ainsi que sur l'expertise de partenaires dans un souci de rapidité de mise sur le marché.

---

## **II- OBJECTIFS : réalisation d'une plateforme de test**

L'objectif de mon stage au sein de Schneider Electric France est de réaliser une plateforme de test sur réseau. Cette plateforme servira à la vérification et validation fonctionnelle des produits I/O du catalogue Schneider (E/S, maîtres, Alimentation...).

En plus de cela, elle sera utilisée par le support technique pour analyser les problèmes rencontrés par les clients ainsi de les résoudre.

La première étape était de faire une analyse comparative entre les réseaux utilisés au sein de Schneider afin de choisir le type de réseau à configurer.

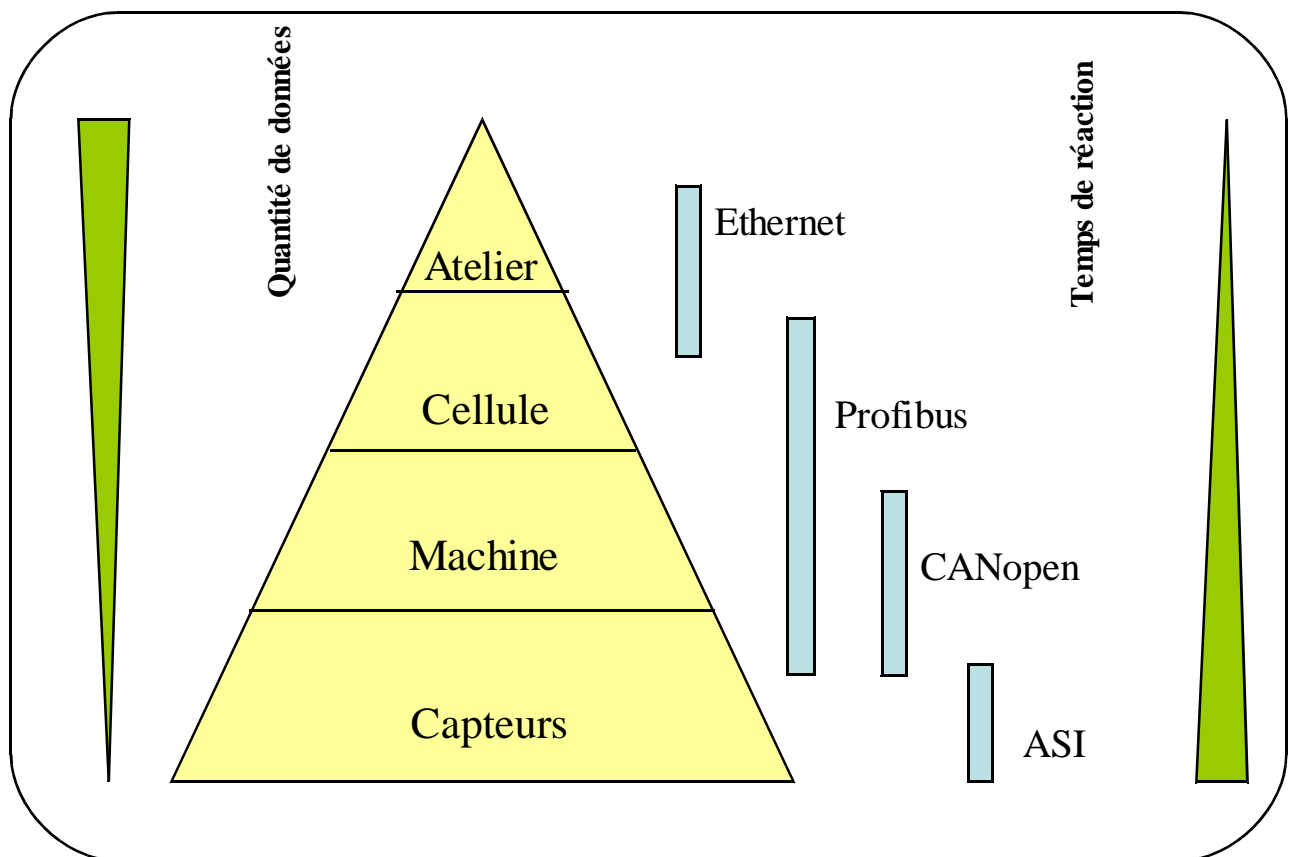
La deuxième étape était de faire un audit pour identifier le besoin des différents services de la société et d'élaborer un cahier des charges du projet.

La dernière étape consiste à réaliser la plateforme AS-i ainsi que de tester analyser quelques I/O et produits de Schneider.

### III- L'étude comparative des différents réseaux et bus

#### III-1 Présentation des différents réseaux/bus

Il existe plusieurs type de réseau/bus qui diffèrent essentiellement selon la vitesse de transmission, le volume des données à transmettre et le temps de traitement des informations. (Voir annexe 1 pour plus de détails).



---

### **III-2 Etude économique des différents réseaux**

Le but de cette partie est de calculer le coût de configuration des différents types de réseaux.

En effet, j'ai essayé de faire une petite configuration de chaque réseau en prenant compte que des coupleurs et de quelques interfaces entrée/sortie spécifiques pour chaque réseau et j'ai ignoré le coût de l'automate qui est identique pour tous. La même chose est dite aussi pour tout ce qui connectique et câble.

Pour le choix d'interface I/O, j'ai opté pour le choix d'une interface de 8E et 8S et c'est pour cela que j'ai pris deux interfaces pour le réseau AS - i puisque le maximum qu'il peut avoir une interface AS-i c'est 4 E et 4S.

J'ai contacté par la suite, le service marketing pour avoir les prix de ces produits et aussi les ventes pour l'année 2006. (Voir tableau)

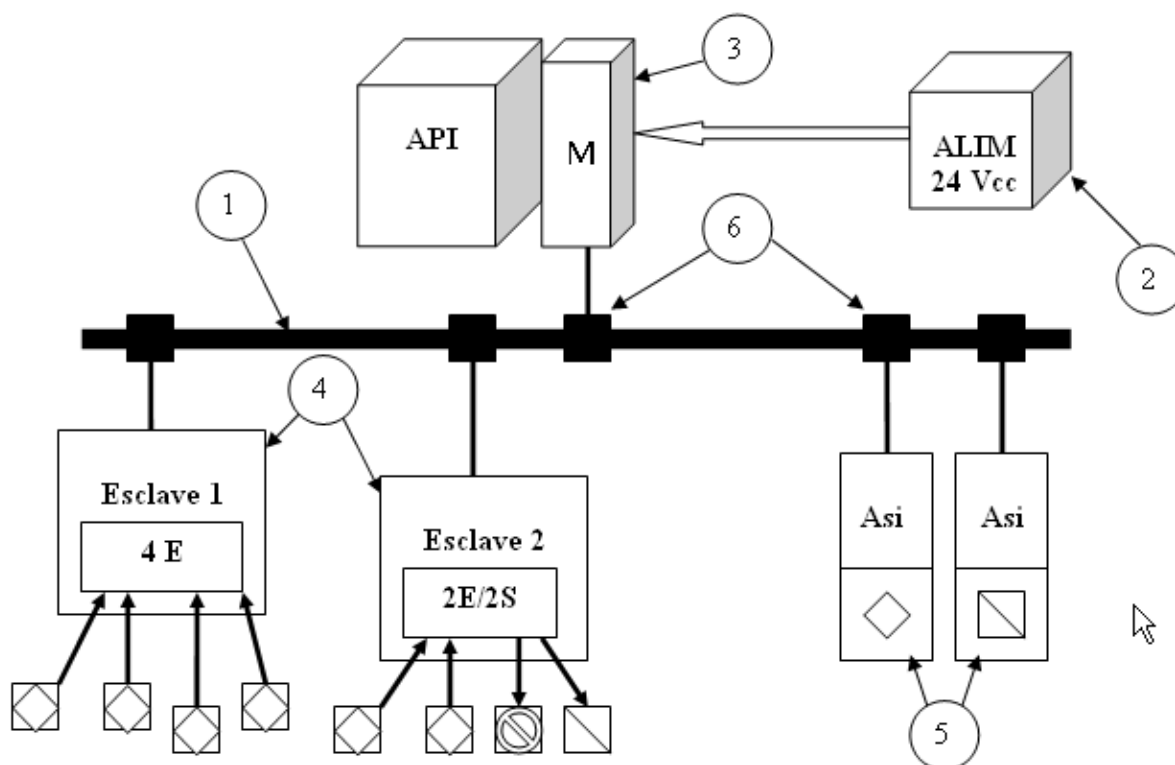
**En résumé :**

	<b>Ethernet TCP/IP sur modbus</b>	<b>Canopen</b>	<b>Profibus</b>	<b>AS-i</b>
Longueur Max sans répéteur	100 m (paire torsadée). 2000m (fibre optique)	25 m pour 1Mbits/s 1km pour 10kbits/s	100m pour 12Mbits/s 1,2km pour 10kbits/s	100 m
Longueur Max avec répéteur	100 Km	En fonction du type du répéteur	400m pour 12Mbits/s 4,8km pour 10kbits/s	300m
Topologie	Bus Etoile	Bus	Bus	Libre
Type de support	Câble coaxial Paire torsadée Fibre optique	Paire torsadée blindée	Paire torsadée blindée Fibre optique	Câble plat jaune
Méthode d'accès	CSMA/CD	CSMA/CA	Token ring Maître esclave	Maître esclave
Détection d'erreur	CRC	CRC Format check Bit check	CRC	NRZ Manchester Bit de parité
Débit	10 à 100 Mbits/s	10kbits/s à 1Mbits/s	10kbits/s à 1Mbits/s	167kbits/s
Nombre d'équipements	1 serveur et 63 clients	127 Stations maître inclus	122 éqp maîtres et esclaves inclus	1 maître As-i V1 : 31 esclaves As-i V2 : 62 esclaves
Temps de cycle	Bus non déterministe	Bus non déterministe	Calculable En général entre 2 et 18ms.	0.16 * nbre d'esclaves
Coût de configuration €	1325	421	930	661
Taux de vente des produits en 2006 (%)	55 %	10 %	21 %	14 %

## IV- Présentation du réseau AS-i

### IV-1 Architecture

Le système ASI est un Bus de terrain de type maître-esclave qui comprend plusieurs composantes :



- 1 Liaison à 2 fils non blindés supportant alimentation des capteurs/actionneurs.
- 2 Une Alimentation Spécifique au réseau AS-i.
- 3 Un coupleur " maître " chargé d'assurer l'interface entre le bus et l'organe de commande (PC, API, passerelle...).
- 4 Soit un répartiteur comportant un circuit intégré ASIC (module actif) et qui peut piloter 4 actionneurs ou lire les sorties de 4 capteurs ou mixte E/S.
- 5 Soit d'un capteur ou actionneur intelligent équipé d'un circuit intégré ASIC.
- 6 Un système couplage sur le bus.

## **IV-2 Les éléments constituant un système AS-i**

### IV-2-1 Câble AS-i

Le câblage du bus de transmission s'effectue avec un câble spécifique AS- i :

Un câble plat jaune non blindé.

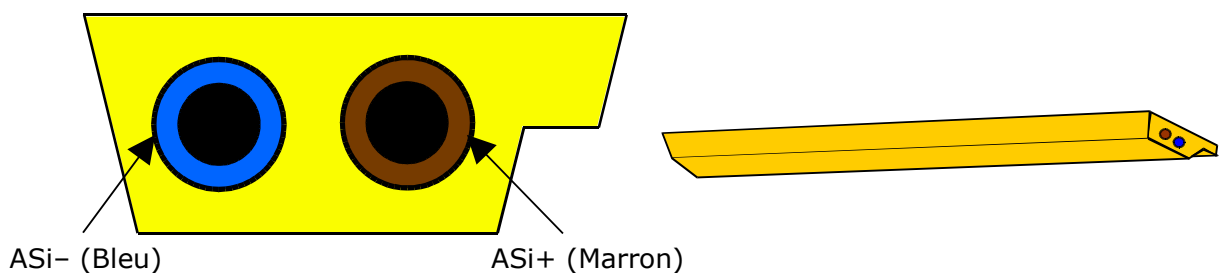
Il transporte à la fois les données de régulation et une alimentation 30 Vcc.

Bifilaire 2 \* 1,5 mm<sup>2</sup>, résistance de 27 Ohms/m.

A gaine auto-cicatrisante.

A détrompage mécanique avec méplat sur un côté permettant d'éviter l'inversion des polarités lors des raccordements.

D'une variante TPE qui bénéficie d'une bonne tenue aux huiles et vapeurs d'essence.



Il existe aussi un câble noir qui sert à acheminer une alimentation auxiliaire 24 Vcc dans le cas d'utilisation des composants grands consommateurs de courant.

Noté qu les deux câbles noir et jaune présentent le même profil.

### IV-2-2 Alimentation AS-i

Le bloc d'alimentation AS-Interface sert principalement à fournir une alimentation de 30 Vcc aux périphériques du système via le câble AS-Interface. Le bloc est connecté à une alimentation secteur (CA) et produit du courant continu (CC). Il comprend également un circuit de découplage permettant d'ajouter des signaux de contrôle à l'alimentation (pour les périphériques du système).

De manière plus détaillée, le bloc d'alimentation joue le rôle suivant :

- Alimentation de tous les composants AS-Interface.
- Génération du signal transmis (alimentation et données).
- Adaptation aux caractéristiques électriques du guide d'ondes du câble.
- Garantie de la symétrie électrique du câble AS-Interface.
- Garantie de l'isolation galvanique du câble AS-Interface par rapport à la mise électrique à la terre.



Lors de l'extension d'un système AS-Interface, on utilise un bloc d'alimentation AS-interface supplémentaire pour chaque segment de câble ajouté .mais dans le cas des composants

grands consommateurs de puissance on utilise une alimentation auxiliaire standard qui fournit 24V DC.

Remarque : les signaux de contrôle et l'alimentation des périphériques du système passent par le câble jaune. Le bloc d'alimentation AS-Interface est donc équipé d'un circuit de découplage, de sorte que les données puissent être superposées à la tension d'alimentation. Les esclaves qui reçoivent les signaux sont également équipés d'un circuit de découplage, afin de séparer les signaux de contrôle du signal d'alimentation.

### IV-2-3 Maître AS-i

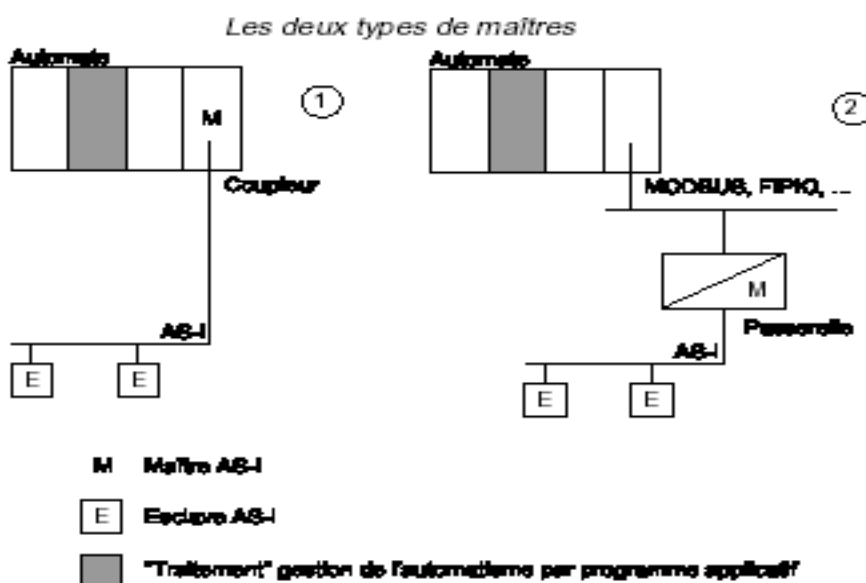
Le maître AS-i est un périphérique intelligent qui gère les échanges de données avec les périphériques du système (comme, par exemple, les actionneurs et les interfaces). Ces périphériques gérés par le maître sont les esclaves système. Le maître peut être placé n'importe où sur le câble jaune.

Il existe deux types de maîtres. Le type requis dépend de l'autonomie du système AS-i :

**Maître coupleur automate :** Ce type de maître s'utilise dans un système AS-i autonome, c'est-à-dire dans un système "compact". Un coupleur AS-i est intégré à un automate pour conférer à celui-ci la fonctionnalité de maître AS-i. Le coupleur interroge les esclaves. La gestion des communications AS-i reste parfaitement transparente au programme d'application de l'automate.

**Maître passerelle :** Ce type de maître s'utilise pour réaliser l'interface d'un système AS-i vers un bus de haut niveau, créant ainsi un réseau étendu qui permet d'avoir des machines situées à l'écart. Il s'agit alors d'un système étendu. Le maître passerelle gère les entrées/sorties du système AS-i de telle sorte qu'elles sont traitées en lecture/écriture par l'automate du bus de haut niveau.

Dans les deux cas, les informations sont stockées dans la mémoire de l'automate et celui-ci peut déclencher une action en fonction de la réponse d'un esclave.

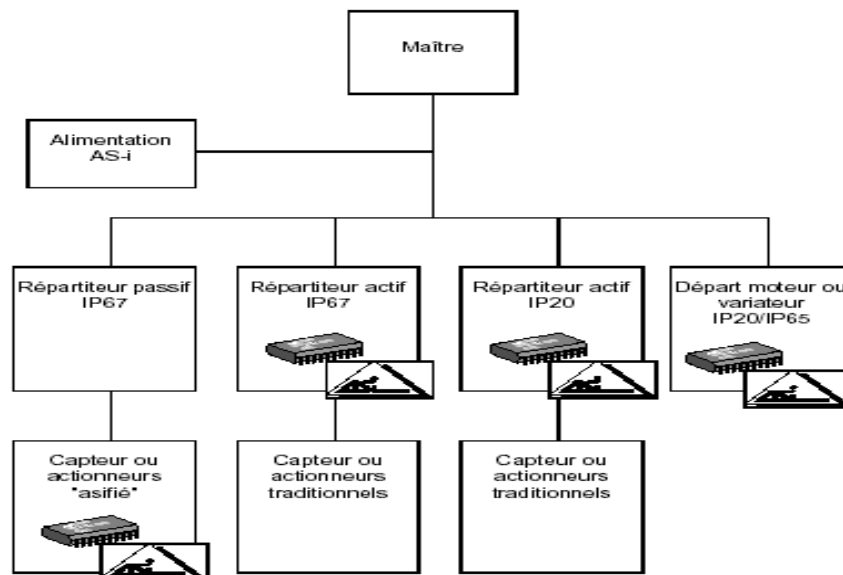


#### IV-2-4 Esclave AS-i

Les périphériques du système, tels que les actionneurs, les capteurs et les interfaces, sont des esclaves système contrôlés par le maître. Les esclaves se divisent en deux catégories générales :

Module esclave ASI : lorsque l'on veut raccorder sur le bus ASI des capteurs simples TOR (capteur inductif, optique, capacitif, fin de course etc..) ou des actionneurs (lampe de signalisation, relais, électrovanne..), il est nécessaire d'utiliser un module interface ASI (répartiteur, interface IP..) qui comporte le circuit ASIC et qui fournit la communication directe avec le maître. Un module ASI utilise une seule adresse et il peut être raccordé avec 8 actionneur/capteurs TOR au maximum.

Capteur ou actionneur intelligent : cette fois c'est le capteur lui-même qui comporte un circuit ASIC, il est donc raccordable directement sur le bus ASI et il communique directement avec le maître. Ce type de module intelligent utilise une seule adresse.



Schneider Electric a développé un ensemble de répartiteurs actifs (IP20, IP67) mais aussi une gamme de capteurs et d'actionneurs dite intelligente avec les principaux éléments sont:

- Démarreurs moteurs.
- Variateurs de vitesses.
- Détecteurs de proximité inductifs.
- Détecteurs photoélectriques.

Pour permettre un contrôle performant des machines, Schneider Electric a également « asifié » plusieurs composants nécessaires au dialogue Homme-Machine. Ce sont en particulier:

- Des boîtes à boutons
- Des claviers
- Des colonnes lumineuses

### IV-3 Principe des échanges (voir annexe 2)

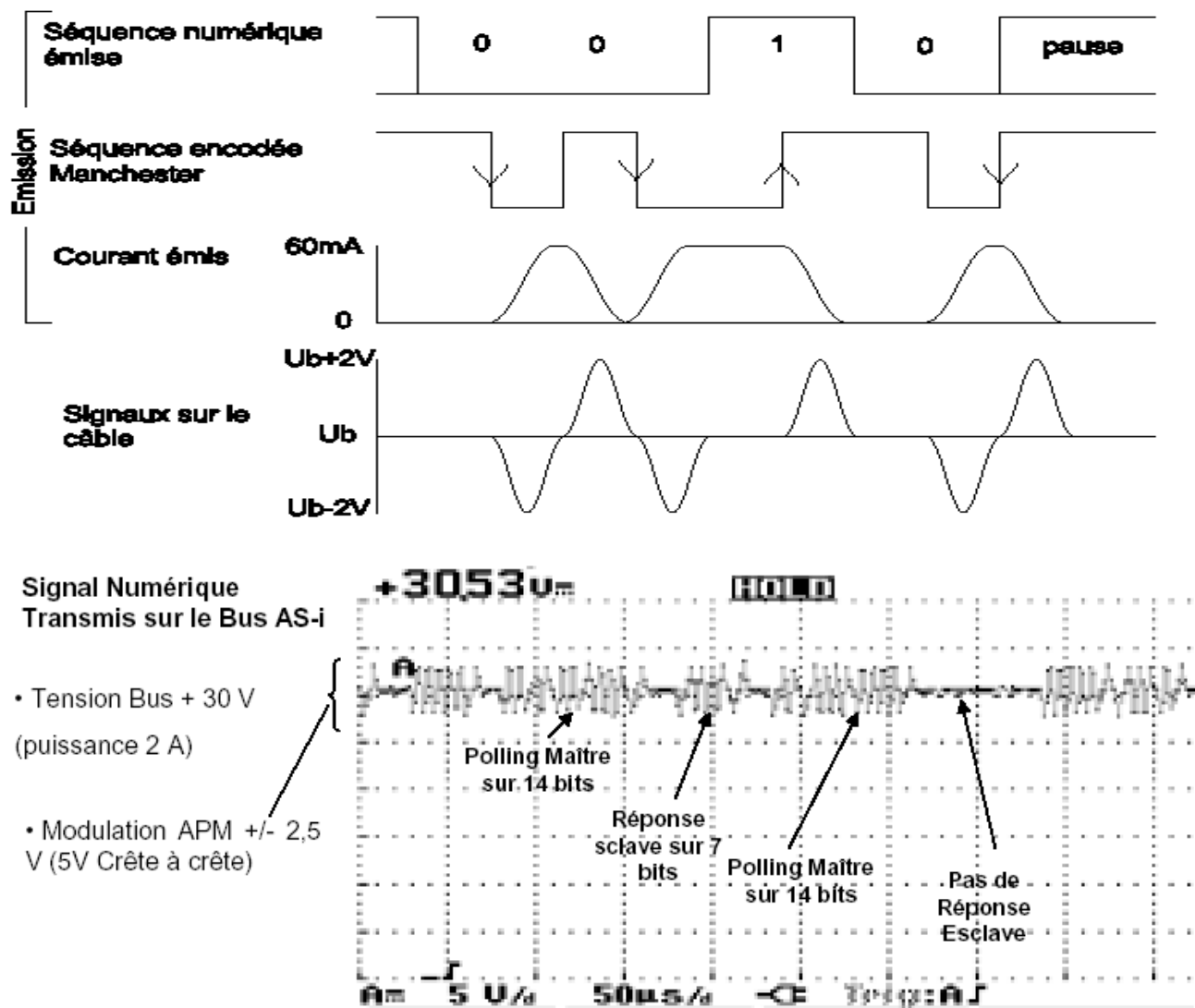
#### IV-3-1 Transmission des données sur le bus AS-i

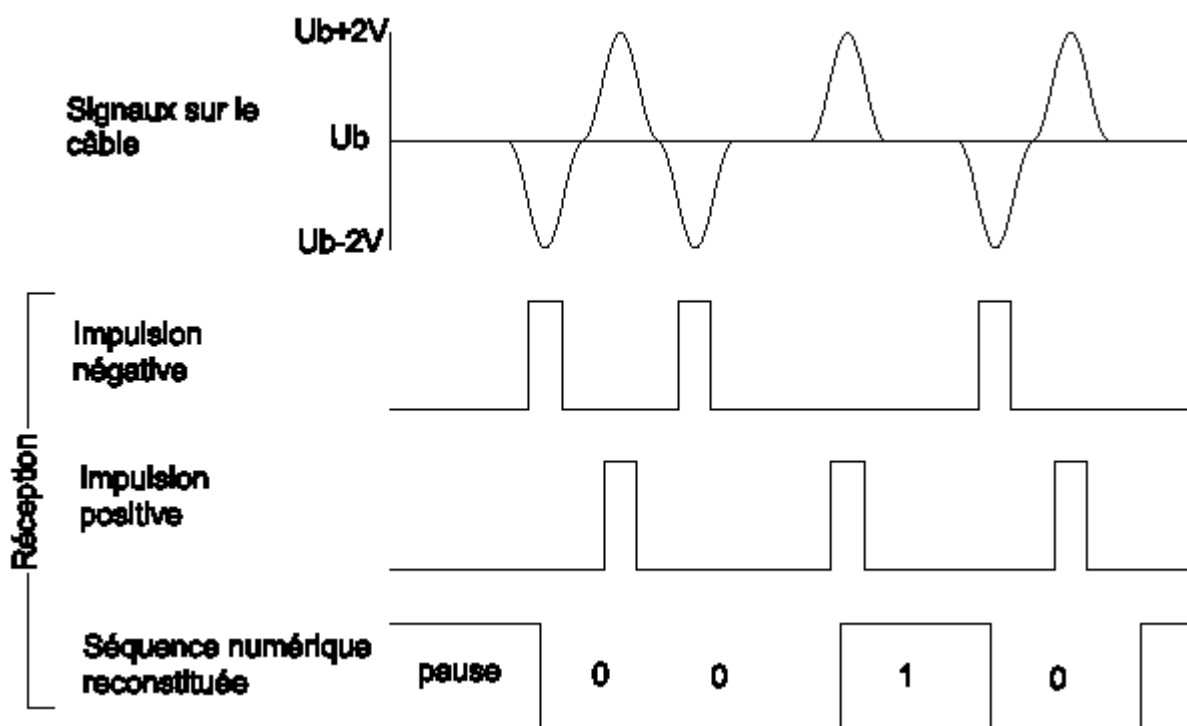
Les transmetteurs AS-i vont transformer la suite de 0 et de 1 du télégramme en une suite d'impulsions de courant qui seront transformées en tension par le câble AS-i. Ces impulsions sont le résultat final d'un traitement particulier comportant :

- Un codage NRZ de type Manchester II,
- Une modulation basée sur le principe des impulsions alternatives (APM) fournissant un signal de type  $\sin^2$ .

L'alimentation AS-i comporte des inductances L permettant d'augmenter son impédance vis à vis des hautes fréquences : ces inductances sont indispensables pour conserver aux impulsions une amplitude suffisante, ce qui explique qu'AS-i exige une alimentation spécifique.

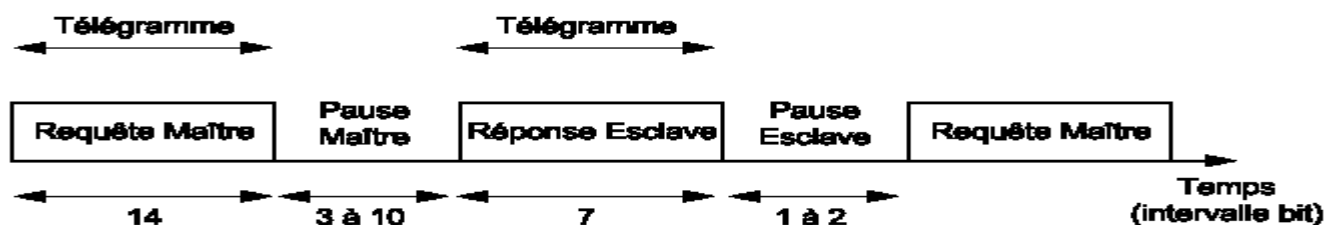
La représentation schématique de ce traitement est donnée ci-dessous:





#### IV-3-2 Les transactions

Une transaction AS-i comporte les éléments suivants :



Le maître émet une requête et attend la réponse de l'esclave pendant un certain temps. Au-delà de ce temps, s'il n'a pas reçu de réponse valide, le maître considère la réponse comme négative et peut réémettre sa requête ou envoyer la requête suivante. Après réception d'une réponse correcte, le maître respecte un temps de pause, puis aborde une nouvelle transaction.

L'unité de temps est d'une durée de  $6 \mu s$  et correspond à l'intervalle d'envoi d'un bit. Au mieux, il faut donc  $(14 + 3 + 7 + 2) = 26$  intervalles bit pour effectuer une transaction soit  $26 \times 6 \mu s = 156 \mu s$

### IV-3-3 Les trames

La structure du télégramme présente les avantages suivants :

- Simplicité.
- Tailles fixes (pour le maître et pour l'esclave).
- Faible taille.
- Ratio "Informations utiles / Informations de service" important.

La trame correspondante aux requêtes du maître est constituée des informations suivantes :

<b>ST</b>	<b>CB</b>	<b>A4</b>	<b>A3</b>	<b>A2</b>	<b>A1</b>	<b>A0</b>	<b>I4</b>	<b>I3</b>	<b>I2</b>	<b>I1</b>	<b>I0</b>	<b>PB</b>	<b>EB</b>
-----------	-----------	-----------	-----------	-----------	-----------	-----------	-----------	-----------	-----------	-----------	-----------	-----------	-----------

ST : Bit de début.  $\Rightarrow$  ST=0 (Début).

CB : Bit de contrôle

{	CB=0 $\Rightarrow$ Échange de paramètre, données et adresses.
}	CB=1 $\Rightarrow$ Commande (reset, suppression d'adresse...).

A4 ... A0 : 5 bits réservés aux adresses des esclaves  $\Rightarrow$  0 est réservé à la fonction adressage automatique.

A4	A3	A2	A1	A0	
0	0	0	0	0	réservé à la fonction adressage automatique
0	0	0	0	1	Adresse esclave 1
.	.	.	.	.	.....
1	1	1	1	1	Adresse esclave 31

I4...I0 : 5 bits réservés aux information  $\Rightarrow$  I3 permet la sélection banque A/B pour adressage étendu.

PB : Bit de contrôle de parité paire.

EB : Bit de Fin.  $\Rightarrow$  EB=1 (Fin).

La trame correspondante aux réponses esclave contient les informations suivantes :

<b>ST</b>	<b>I3</b>	<b>I2</b>	<b>I1</b>	<b>I0</b>	<b>PB</b>	<b>EB</b>
-----------	-----------	-----------	-----------	-----------	-----------	-----------

ST : Bit de début  $\Rightarrow$  ST=0 (Début).

I3...I0 : 4 bits réservés aux informations retournées au maître.

## **IV-4 Description des requêtes Maître/Esclave**

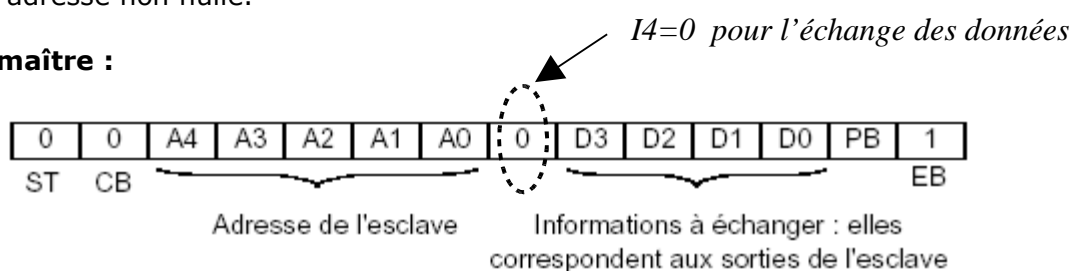
### IV-4-1 Echange de données

Cette requête est utilisée par le maître pour échanger des données opérationnelles avec les esclaves :

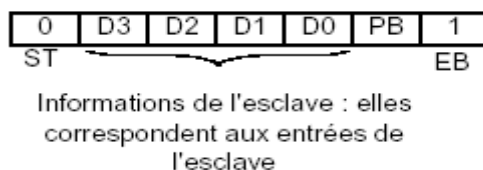
- Pour demander l'état des entrées d'un périphérique d'entrée tel qu'un capteur (dans ce cas, l'esclave répond en donnant son état).
- Pour modifier l'état des sorties d'un périphérique de sortie tel qu'un actionneur (dans ce cas, la requête contient des données).

C'est la requête la plus fréquemment utilisée. Elle ne peut être utilisée qu'avec les esclaves ayant une adresse non nulle.

#### **Requête maître :**



#### **Réponse esclave :**



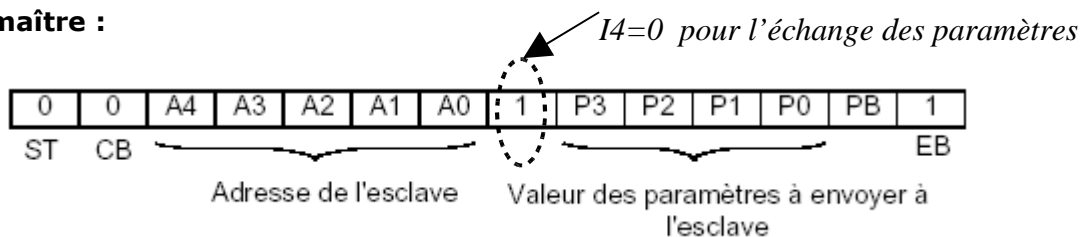
### IV-4-2 Ecriture et lecture de paramètres

Cette requête est utilisée pour écrire des données de paramétrage spécifiques et les envoyer à un esclave. Elle est utilisée dans certaines fonctions de télécommande automatique. Par exemple, cette requête s'utilise pour :

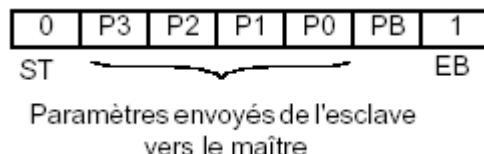
- Activer un temporisateur.
- Modifier la sensibilité d'un capteur.
- Sélectionner la fonction requise sur un capteur multifonction.
- Valider la fonction de chien de garde et régler la condition par défaut sur certains actionneurs.

L'esclave acquitte la requête en retournant le paramètre dans une réponse au format esclave. Ces paramètres d'esclaves sont gardés en mémoire volatile (non sécurisée) et sont donc perdus lorsque le système est mis hors tension. Par défaut ils prennent la valeur "1" au prochain redémarrage ou à la prochaine réinitialisation.

**Requête maître :**



**Réponse esclave :**

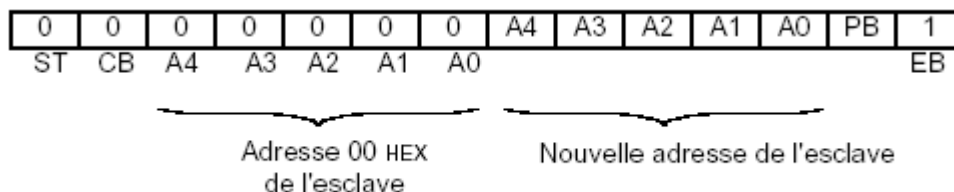


IV-4-3 Attribution d'adresse

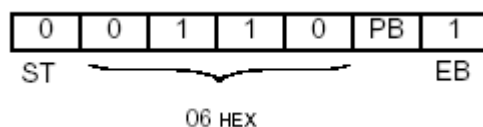
Cette requête attribue une adresse à un esclave. Toutefois, elle ne peut le faire que si l'adresse courante de l'esclave est 00 HEX.

Après avoir envoyé une réponse d'esclave pour acquitter la requête, l'esclave peut recevoir de nouvelles requêtes basées sur l'adresse qui lui a été attribuée. L'esclave enregistre cette information dans une mémoire non volatile (secourue). Cette procédure peut prendre jusqu'à 15 ms.

Requête maître :



Réponse positive d'esclave (acquiescement) :



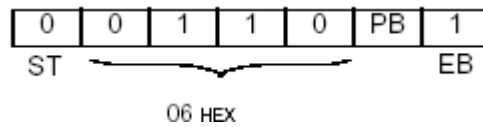
IV-4-4. Suppression d'adresse

Cette requête supprime l'adresse d'un esclave qui avait été spécifiée et l'écrase avec la valeur 00HEX. Toutefois, la nouvelle adresse "zéro" n'est pas sauvegardée en mémoire non volatile, par conséquent si l'esclave est réinitialisé par la suite, l'adresse d'origine lui est ré-attribuée.

**Requête maître :**



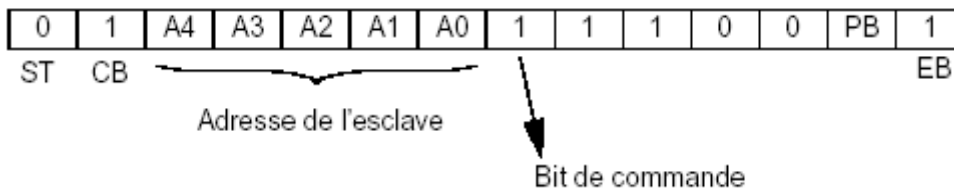
**Réponse esclave :**



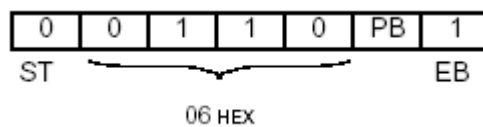
IV-4-5 Réinitialisation d'esclave

Cette requête remet l'esclave à son état initial (sorties à 0, paramètres à 1). L'esclave renvoie un paquet de réponse pour acquitter la requête. Cette transaction peut prendre jusqu'à 2 ms.

Requête maître :



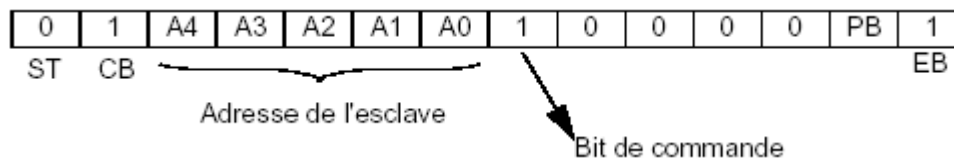
Réponse positive d'esclave (acquiescement) :



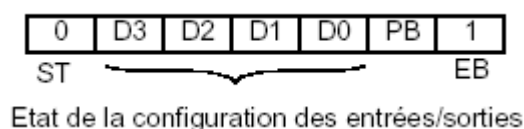
#### IV-4-6 Lecture de la configuration des entrées/sorties

Cette requête demande la configuration des entrées/sorties de l'esclave, c'est-à-dire de ses ports de données. L'esclave insère cette information dans les quatre bits d'état de sa réponse.

##### **Requête maître :**



##### **Réponse esclave :**



(Voir partie « Les profils des esclaves »)

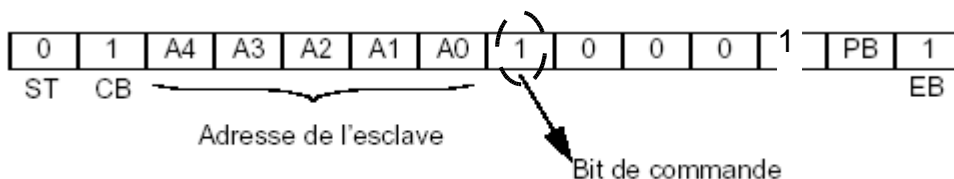
#### IV-4-7 Lecture de l'identificateur de l'esclave

Cette requête demande le code d'identification défini par le fabricant de l'esclave et stocké de manière permanente dans l'EEPROM de l'esclave. Ce code indique, par exemple, si l'esclave prend en charge l'adressage étendu ou l'option "Sécurité au Travail". L'esclave insère ce code dans les quatre bits de données de sa réponse.

Avec les bits de configuration des entrées/sorties et le profil de l'esclave, le code d'identification et les codes d'identification étendue constituent pour le maître une définition complète de l'esclave.

Un esclave sans profil standard AS-i porte le code d'identification 0F HEX.

##### **Requête maître :**



##### **Réponse esclave :**



#### IV-4-8 Lecture de l'état de l'esclave

Cette requête demande les quatre bits d'état gardés dans la mémoire non volatile de l'esclave. Ces bits sont les suivants :

S0 : prend la valeur 1 si une nouvelle adresse a été attribuée à l'esclave (à la suite d'une requête "Attribution d'adresse").

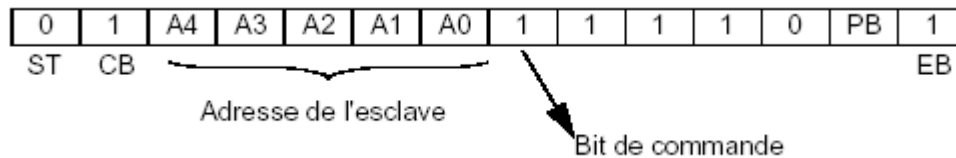
S1 : prend la valeur 1 si une erreur de parité a été détectée depuis la dernière requête "Réinitialisation d'esclave" ou "Lecture et réinitialisation de l'état de l'esclave».

S2 : prend la valeur 1 si une erreur de fin de message a été détectée depuis la dernière requête

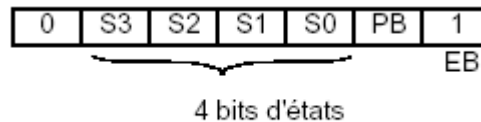
"Réinitialisation d'esclave" ou "Lecture et réinitialisation de l'état de l'esclave».

S3 : prend la valeur 1 si des erreurs de lecture d'EEPROM ont été détectées durant une opération de réinitialisation.

#### **Requête maître :**



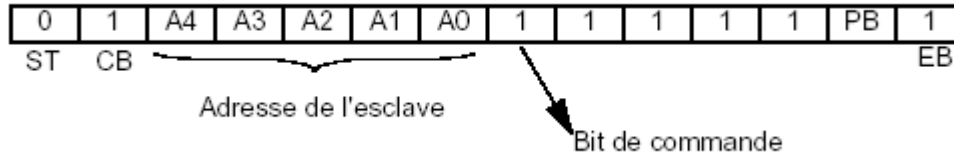
#### **Réponse esclave :**



#### IV-4-9 Lecture et remise à zéro des bits d'état

Cette requête permet au maître de lire les 4 bits d'états de l'esclave, celui-ci après avoir renseigné le maître, remet à zéro ses bits d'états.

#### **Requête maître :**



#### **Réponse esclave :**



#### **IV-5 Catalogue des requêtes Maître/Esclave**

	Maître				Esclave
	CB	A4.....A0	I4	I3.....I0	
<b>Echange de données</b>	0	Adresse	0	Sorties	Entrées
<b>Ecriture et lecture de paramètres</b>	0	Adresse	1	Nouvelle configuration	Nouvelle configuration
<b>Attribution d'adresse</b>	0	0	Nouvelle adresse		Nouvelle adresse
<b>Suppression d'adresse</b>	1	Adresse	0	0000	Ack de l'esclave 0110
<b>Réinitialisation d'esclave</b>	1	Adresse	1	1100	Ack de l'esclave 0110
<b>Lecture de la configuration des entrées/sorties</b>	1	Adresse	1	0000	Etat de configuration
<b>Lecture de l'identificateur de l'esclave</b>	1	Adresse	1	0001	Code ID
<b>Lecture de l'état de l'esclave</b>	1	Adresse	1	1110	Status
<b>Lecture et remise à zéro des bits d'état</b>	1	Adresse	1	1111	Status

## **V- Réalisation de la configuration du réseau AS-i**

### **V-1 Cahier de charge**

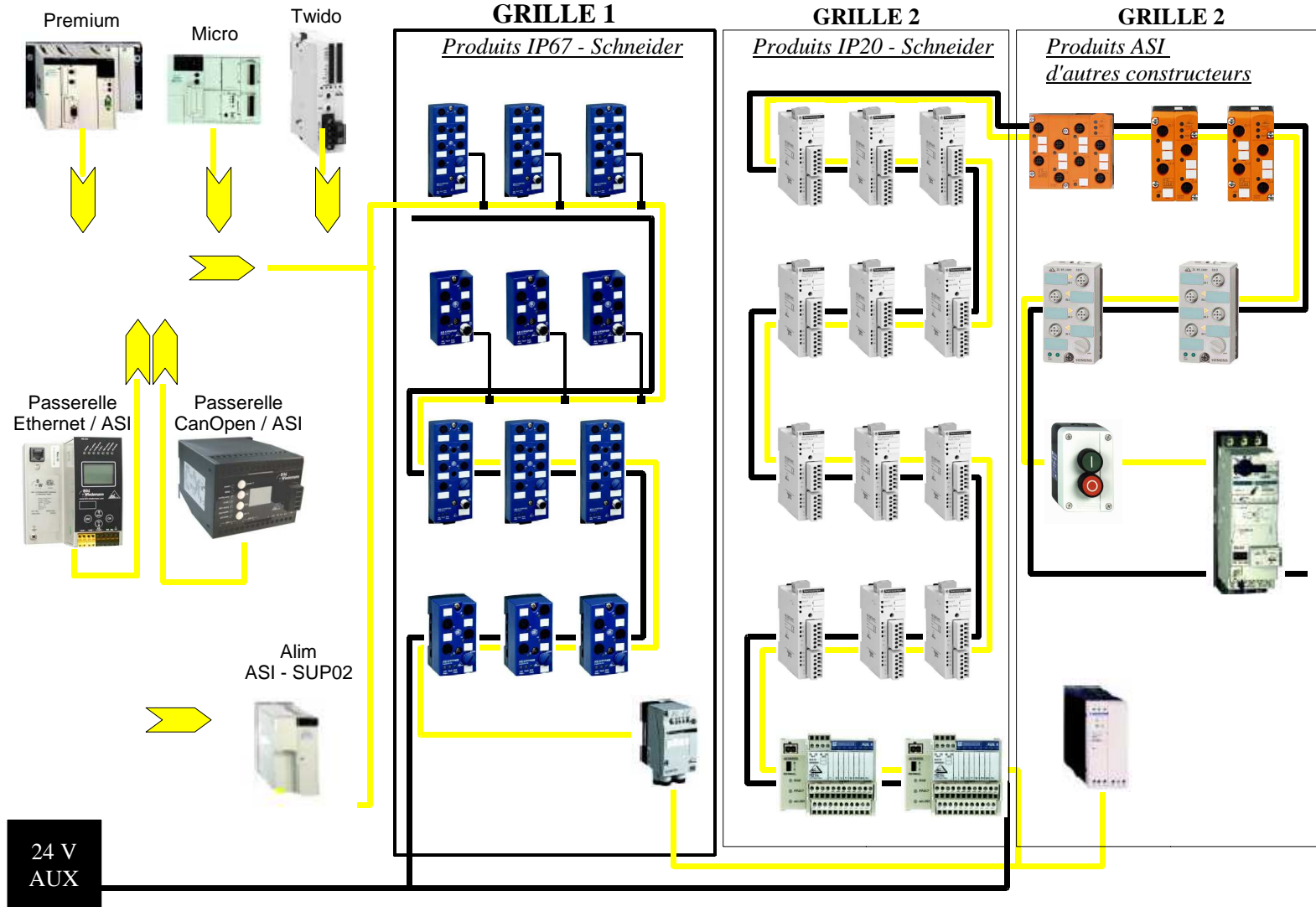
Pour réaliser la configuration du réseau AS-i, il faut tout d'abord savoir le besoin de chaque service tel que le service marketing, le service support & produit et le service test et validation.

Le service support & produit s'occupe de résoudre les bugs et les problèmes technique rencontrés par les clients. Il est donc le plus concernées par ma configuration. En effet, le service utilisera cette plateforme pour simuler ces pannes et ces problèmes ainsi de les résoudre.

Le service test et validation gère la vérification et validation fonctionnelle des I/O conçus par le service de développement .cette plateforme le servira éventuellement pour tester et valider les produits AS-i.

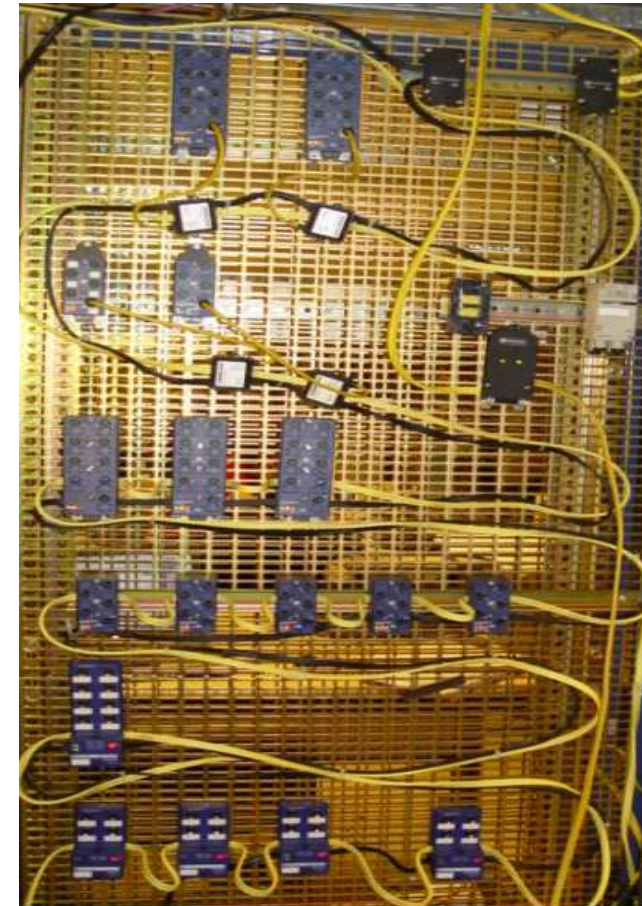
Nom de service	Nom du responsable	Besoin de service
Marketing	Mr LOUIS Jean-simon	<ul style="list-style-type: none"> <li>➤ Implantation des passerelles :               <ul style="list-style-type: none"> <li>- Ethernet/AS-I.</li> <li>- CANopen/AS-i.</li> <li>- ProfibusDP/AS-I.</li> </ul> </li> <li>➤ Etude de comportement des répéteurs :               <ul style="list-style-type: none"> <li>- XZMA1.</li> <li>- ASIRPT01.</li> </ul> </li> <li>➤ Etude de problème de compatibilité des versions V2.0 et V2.1.</li> <li>➤ Intégration du composant de défaut de terre.</li> <li>➤ Intégration de la terminaison de ligne.</li> </ul>
Support & produit	Mme VILCOQ Anne-claire	<ul style="list-style-type: none"> <li>➤ Tester le comportement de l'alimentation et du défaut de terre :               <ul style="list-style-type: none"> <li>- TSX SUP02 (Alim) et RM0 PAS101 (détecteur de défaut de terre).</li> <li>-ASI ABLD3004 (Alim+ détecteur de défaut de terre intégré).</li> </ul> </li> <li>➤ Réaliser des configurations séparées qui dépendent de type de test.</li> <li>➤ Tester le comportement du répéteur ASI RPT01.</li> <li>➤ Intégration du départ moteur Tesys modèle U.</li> </ul>
Test et validation	Mr GUILABERT Serge	<ul style="list-style-type: none"> <li>➤ Utilisations des différents automates Premium, Micro, Twido.</li> <li>➤ Intégration de toute des entrées/sorties AS-i de la gamme Schneider.</li> <li>➤ Tester le comportement des entrées/sorties AS-i concurrents avec ceux de Schneider.</li> <li>➤ Intégration des autres éléments AS-i (Capteurs, actionneurs, BP .....).</li> </ul>

### V-2 Schéma de la plateforme

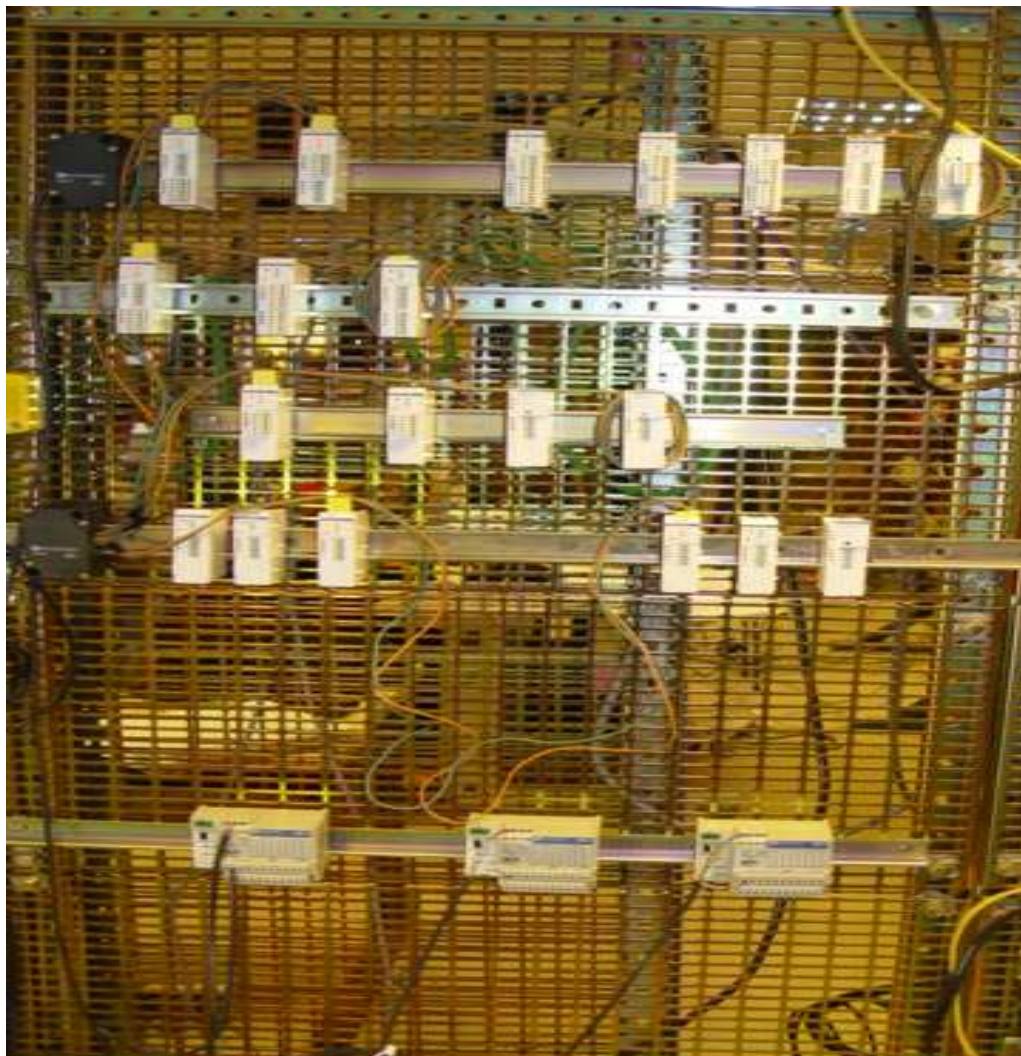


Sur ce schéma on constate qu'on peut connecté qu'un seul coupleur ou passerelle à la fois afin de piloter le réseau AS-i.  
J'ai donc réservé la première grille pour les interfaces As-i P67 et la deuxième pour les interfaces AS-i IP20 .ensuite la troisième pour les produits concurrents et les autres produits de la gamme Schneider ( Bouton poussoir, capteur, démarreur...)

Quelques photos réelles de la configuration AS-i :



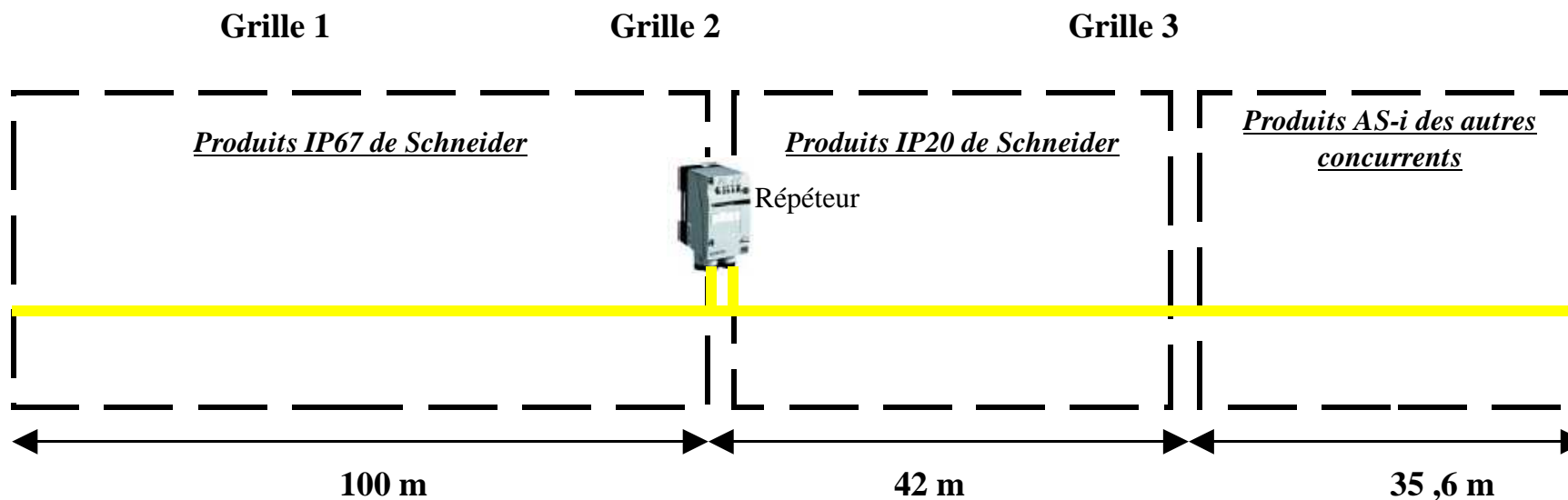
**Grille 1**



**Grille 2**



**Grille 3**



La longueur maximale qui peut un réseau AS-i sans répéteur est de 100 m. Dans le cas d'utilisation d'un répéteur on peut aller jusqu'au 200m avec un seul répéteur et à 300 m avec l'utilisation de deux répéteur.

Vu le retard introduit par le répéteur dans la transmission des données. On ne peut utilisé que deux répéteurs au maximum en série.

### **V-3 Phase d'adressage des interfaces AS-i**

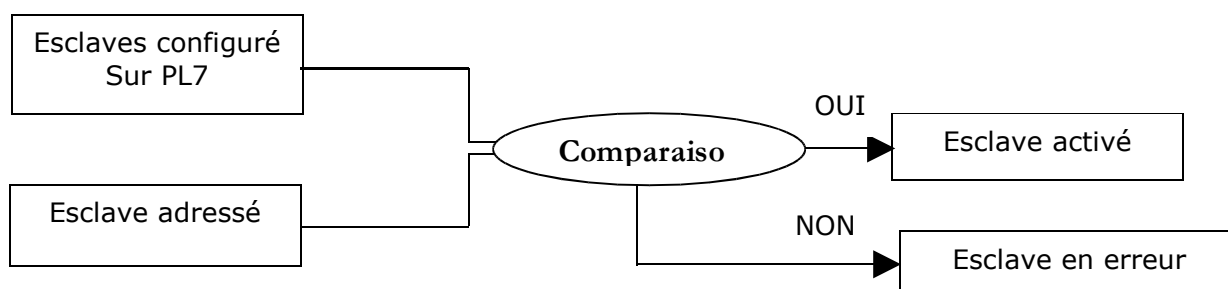
Afin que le coupleur AS-i puisse communiquer avec ses esclaves, il faut que ces esclaves soient activées. C'est-à-dire il faut qu'ils aient une adresse qui va de 1 à 31 pour AS-i V1 ou bien de 1 à 62 pour AS-i V2 et il faut qu'ils soient prévus et configuré dans PL7 (voir la partie suivante).

L'adressage des esclaves se fait via une console d'adressage ou par adressage automatique.

Lors de l'opération d'adressage, j'ai relevé quelques remarques notées dans le tableau

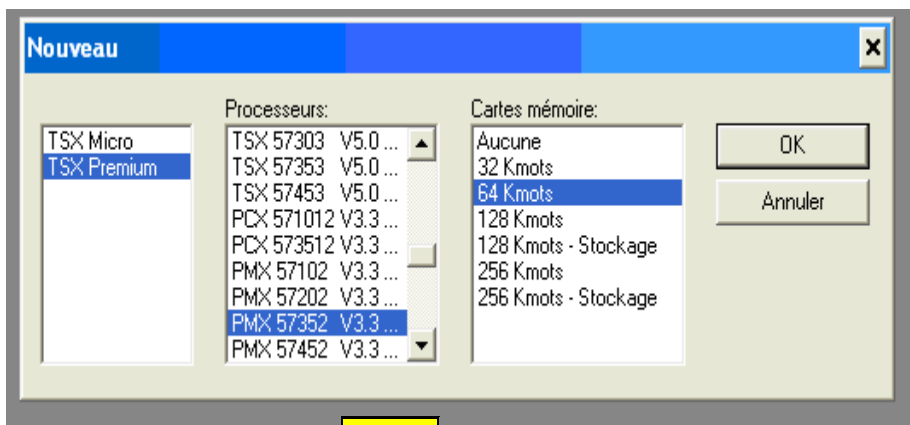
<b>Opération</b>	<b>Remarques</b>
Adressage d'un IP67 déportée	On peut adresser l'interface IP67 déportée qu'en mode déconnecté puisque son connecteur M12 est commun (câble AS-i + adressage).
Adressage d'un IP67 à connexion directe	On peut adresser l'interface IP67 soit en mode connecté soit en mode déconnecté
Adressage d'un IP67 ou IP20 équipé d'un port infrarouge	Pour une interface IP67 équipé d'infrarouge, il faut surtout débranché le coupleur AS-i ou bien de le mettre en mode off-line (appui long sur le bouton mode pour SAY1000) et que l'interface soit connecté à l'alimentation.

### **V-4 Phase de déclaration des interfaces AS-i sur PL7**

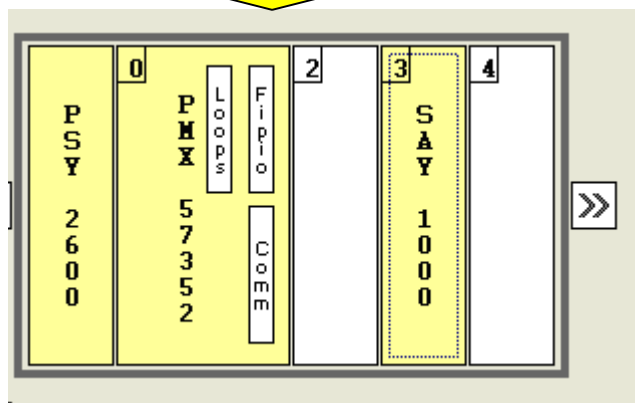
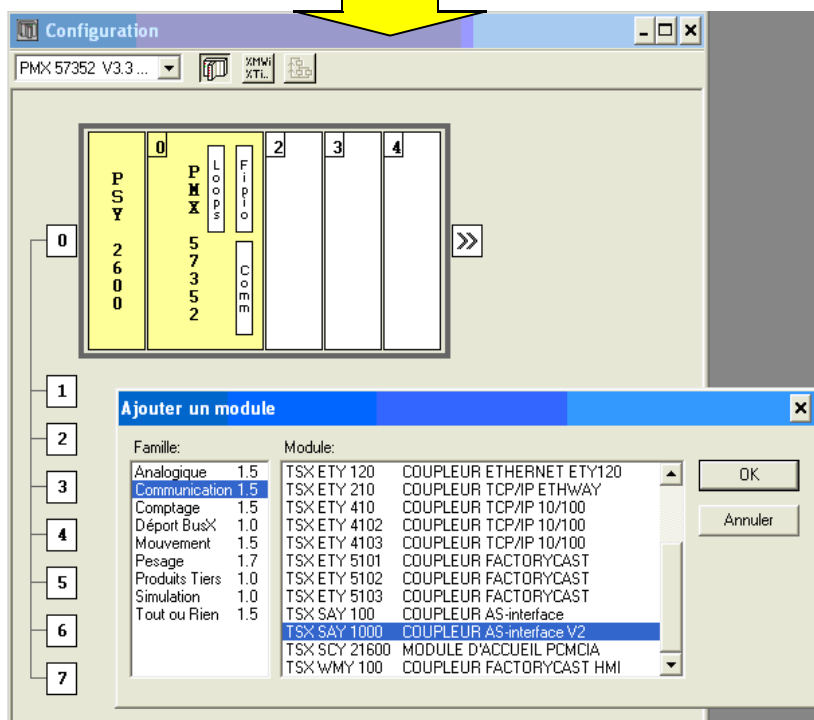


Il faut surtout que l'adresse de configuration du produit AS-i sur PL7 soit identique à celui qu'est attribué par la console de programmation.

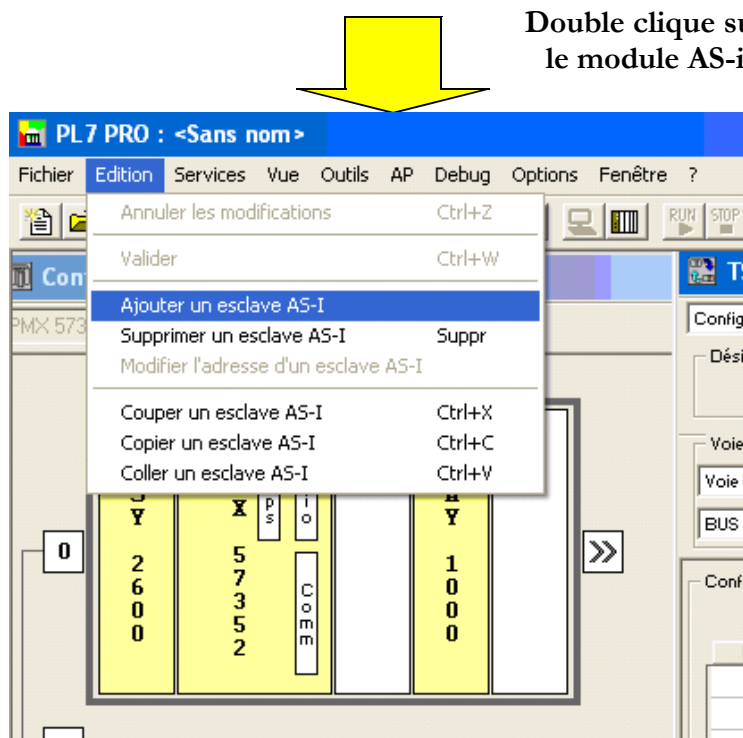
Déclaration de l'automate



Déclaration du maître AS-i

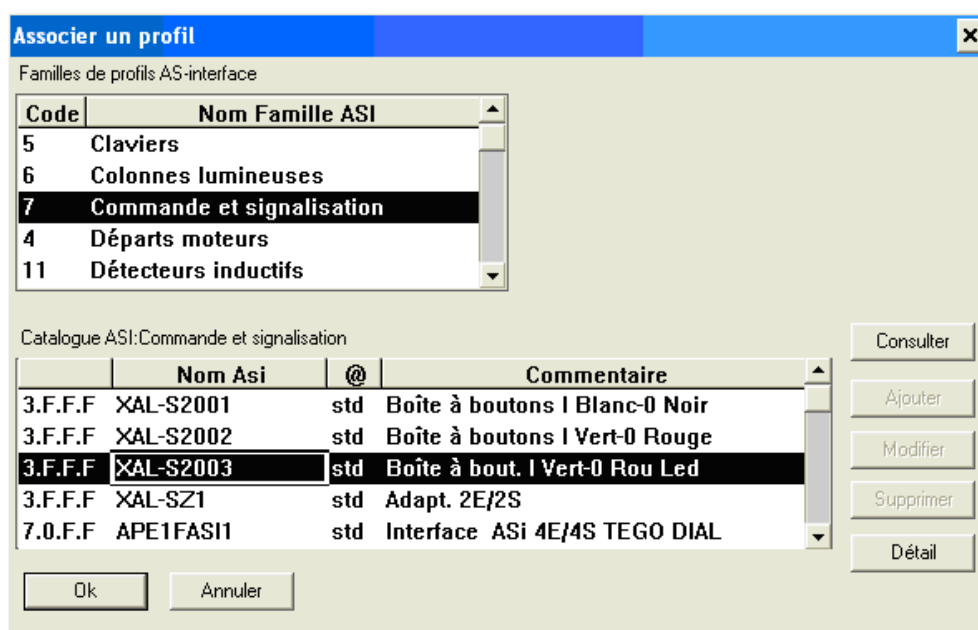


Double clique sur  
le module AS-i



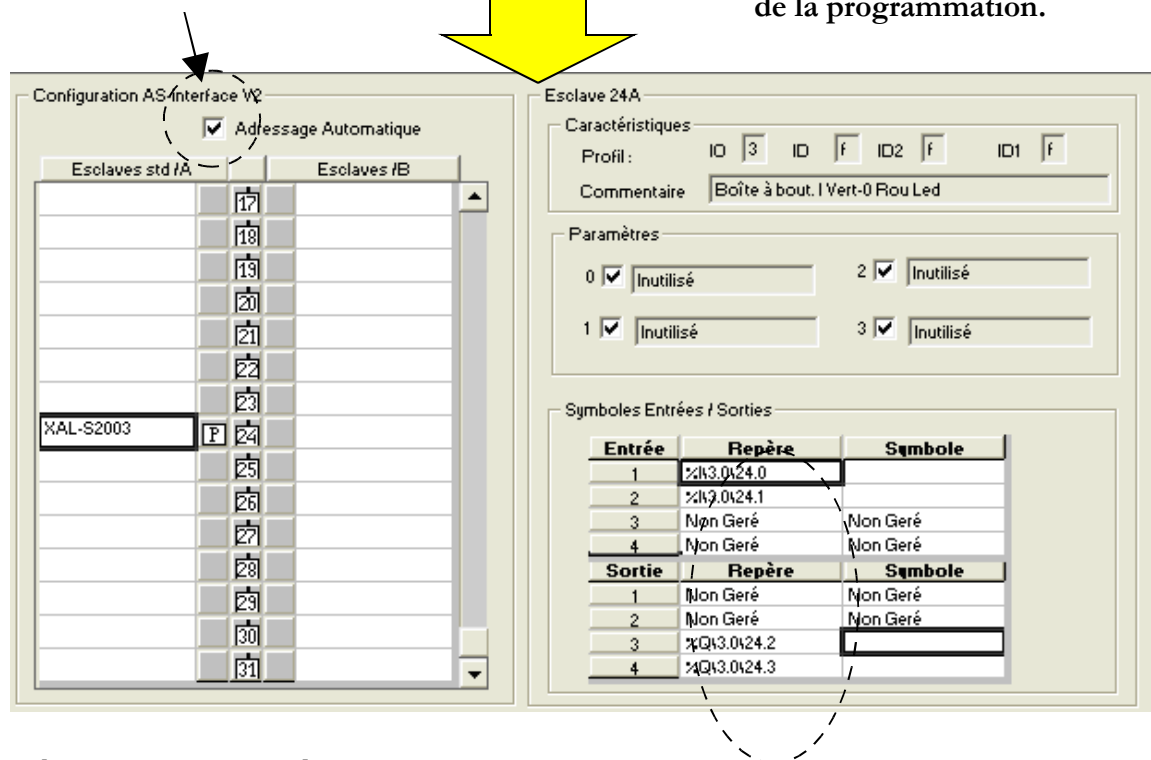
Pour rajouter un esclave AS-i on clique sur l'adresse où l'esclave doit être inséré puis dans la partie Edition on clique sur Ajouter un esclave AS-i.

A la suite de cet appui on voit apparaître la fenêtre suivante, qui classe presque tout les produits AS-i selon leurs catégories.



Case à cocher pour l'adressage automatique des esclaves AS-i

Après la validation du produit on peut voir son nombre d'entrée et sortie ainsi que leurs adresse qui seront utiles lors de la programmation.



### Adressage automatique :

Pour valider l'adressage automatique l'utilisateur doit cocher la case spécifique pour ça qui se trouve dans la partie caractéristique du maître AS-i (voir la figure ci-dessus) .Mais aussi vérifier si il n y a aucun défaut sur le bus AS-i.

Il faut aussi que le profil du nouvel esclave corresponde bien à celui du module défaillant.

### En résumé :

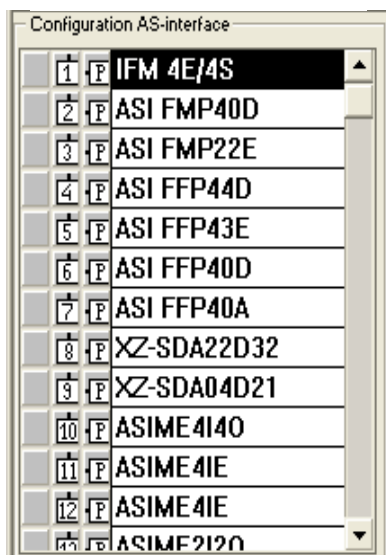
Opération	Remarques
Activation des produits AS-i qui contient des sorties	Il faut qu'il soit adressé, configuré sur PL7 et connecté avec le câble jaune et le câble noir. si non il affiche une erreur .Dans ce cas l'interface ne fait que lire les entrées.
Activation des produits AS-i qui contient que des entrées	Il faut qu'il soit adressé, configuré sur PL7 et connectée avec le câble jaune.

### V-5 Compatibilité entre les version V1 et V2:

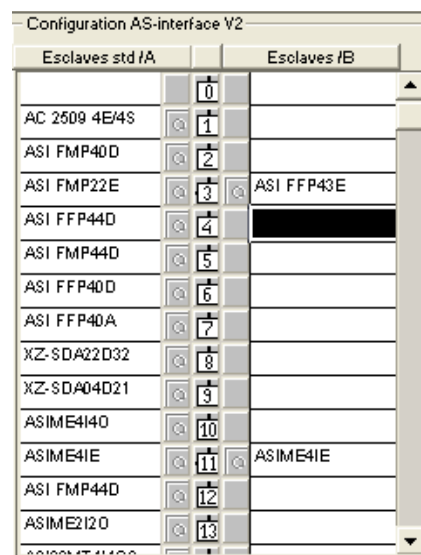
Les différences entre les deux versions V1 et V2 sont alors de plusieurs ordres.

	<b>AS-i V1</b>	<b>AS-i V2</b>
<b>Nombre d'Esclaves</b>	<b>31</b>	<b>62</b>
<b>Nombre d' E/S</b>	<b>124 E +124 S</b>	<b>248 E + 186 S</b>
<b>Temps max du cycle</b>	<b>5 ms max</b>	<b>10 ms max</b>

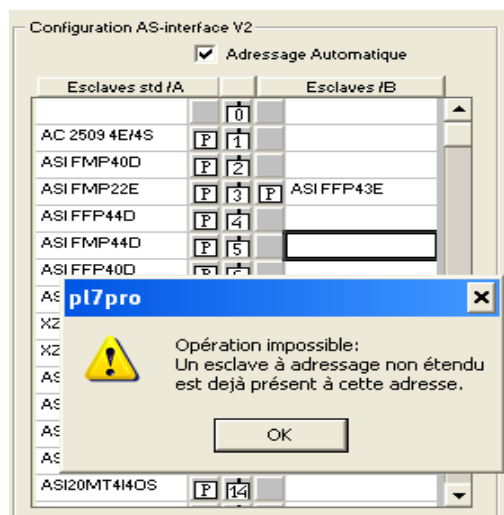
V1 gère que 31 esclaves



V2 peut gérer jusqu'à 62 esclaves 31 A et 31 B



Il est important de rappeler que pour ASi V2, il existe deux types d'adressage : étendu et standard. L'esclave d'adressage étendu nous permet d'utiliser l'adresse de côté A et B, alors que pour l'esclave de type standard, si on la configure dans la partie d'adresse A on perd l'adresse de côté B.



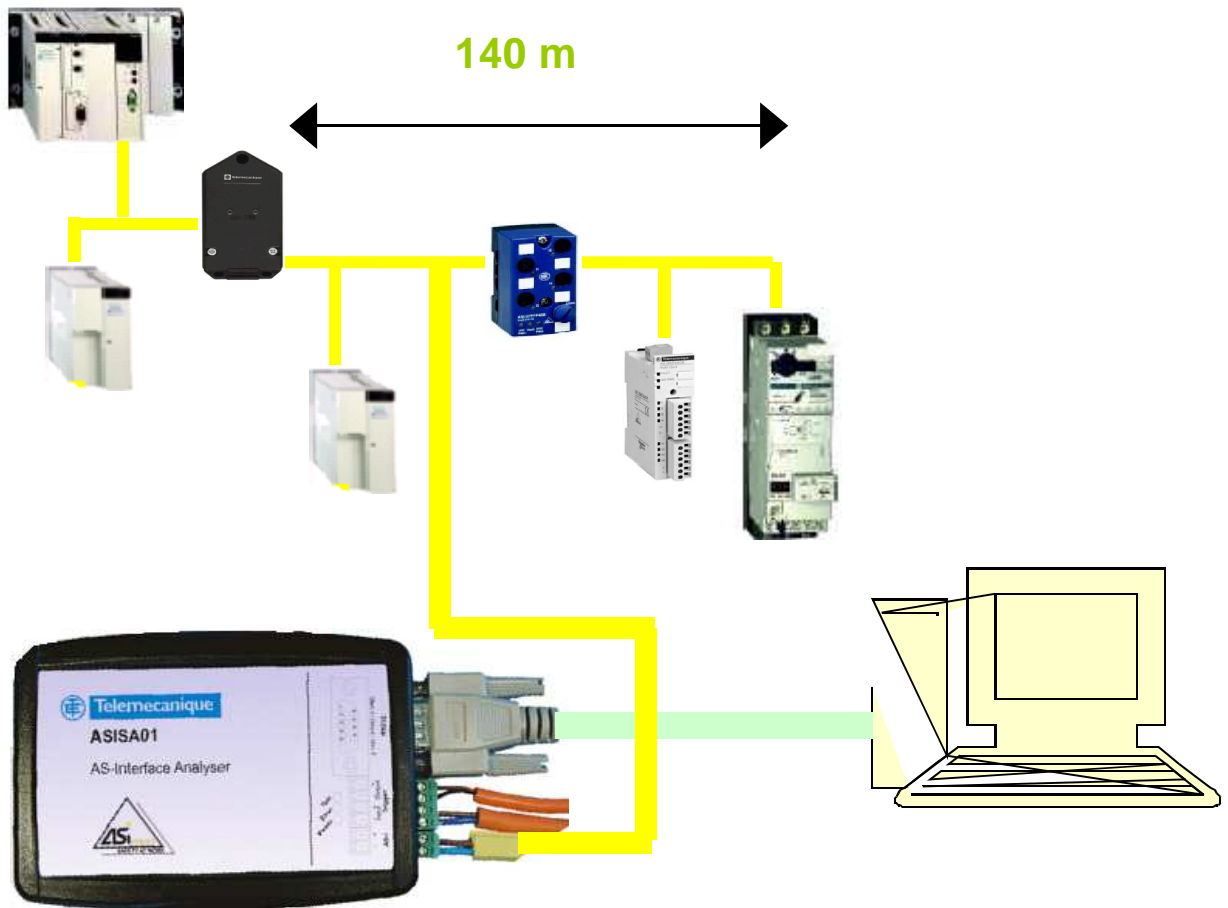
Le problème qui se pose pour les utilisateurs du réseau AS-i est souvent celui de la compatibilité entre les deux versions V1 et V2. C'est pour cela que j'ai effectué quelques tests en utilisant les deux coupleurs SAZ10 (profil V1) et SAY1000 (profil V2), de plus j'ai mis des interfaces des deux versions dans la même plateforme. Ensuite j'ai étudié leur comportement que j'ai résumé dans le tableau suivant :

	<b>Esclave V1</b>	<b>Esclave standard V2</b>	<b>Esclave Etendu V2</b>	<b>Esclave analogique</b>
<b>Maitre V1</b> Exemple : - SAZ 10. - SAY 100.	<b>Compatible</b>	<b>Compatible</b> mais le maître ne détecte pas les erreurs d'esclave. Comme par exemple manque d'alimentation auxiliaire pour les modules 4E/4S et 4E/3S.	<b>Compatible</b> sous précaution que la valeur du paramètre P3=1 et surtout il ne faut pas mettre D3=1 si non le module se plante.	<b>Incompatible</b> Le module fournit toujours la valeur 1001 par défaut.
<b>Maitre V2</b> Exemple : - SAY 1000 - TWD - NOI10M3	<b>Compatible</b>	<b>Compatible</b>	<b>Compatible</b>	<b>Compatible</b>

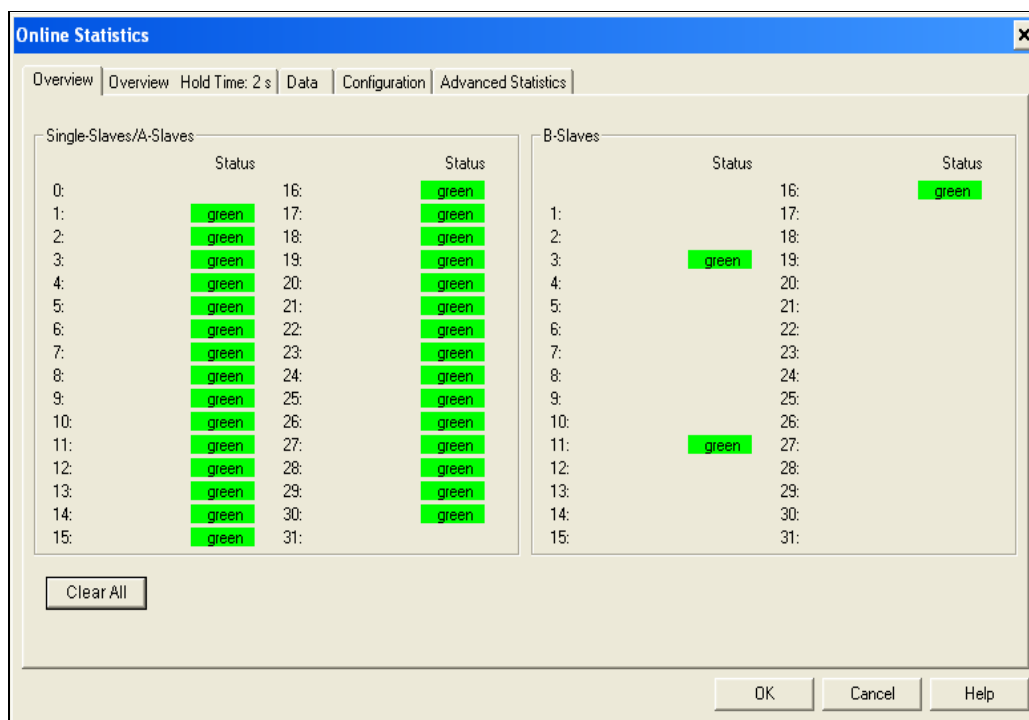
## V-6 Exemple de tests effectués

### Répéteur XZMA :

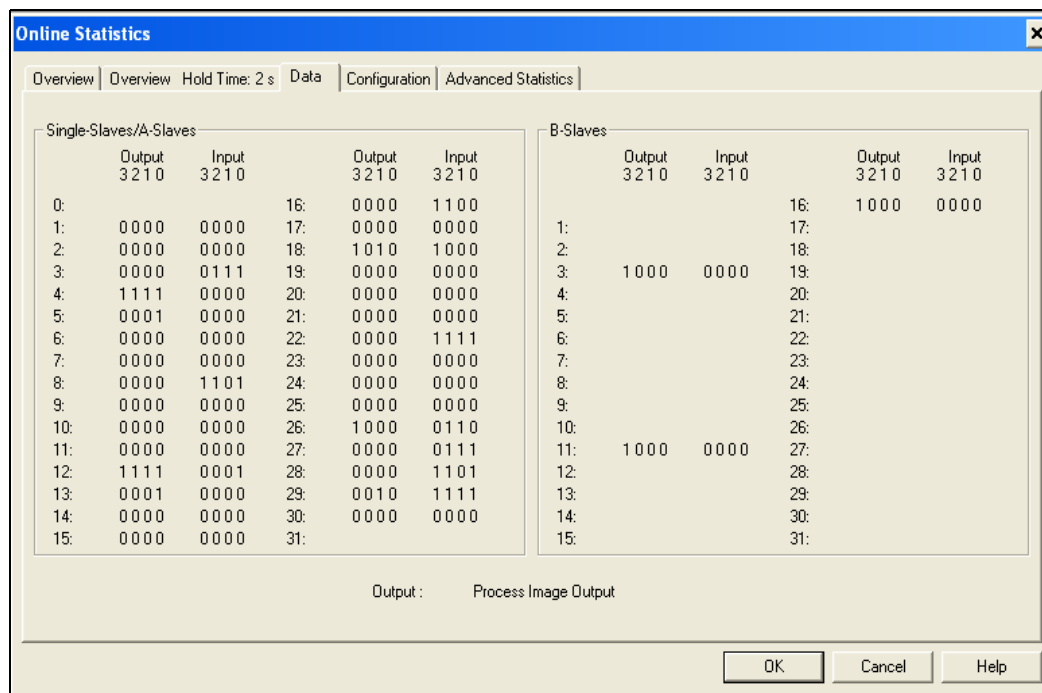
Comme il nous montre la figure ci-dessous, j'ai placé le répéteur dans la plateforme AS-i à côté de l'automate et j'ai mis les esclaves dans le deuxième segment. J'ai ensuite branché l'analyseur sur le réseau AS-i afin d'étudier le comportement du répéteur.



## Résultat de test

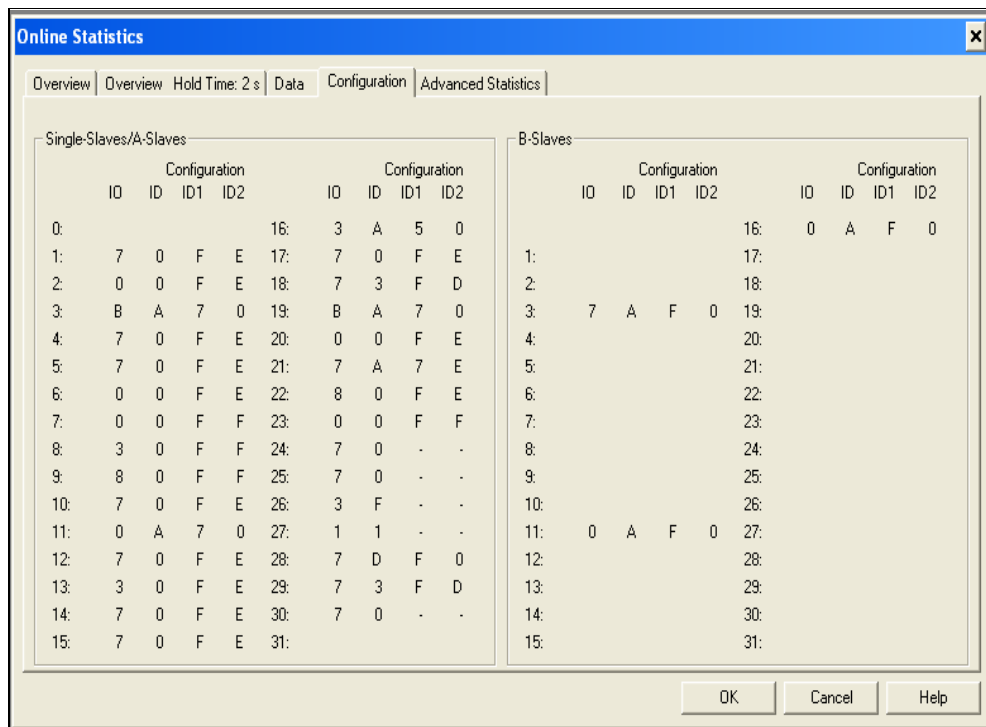


L'apparition de tous les esclaves en vert, nous montre que les esclaves sont bien actives et qu'ils fonctionnent sans problèmes.



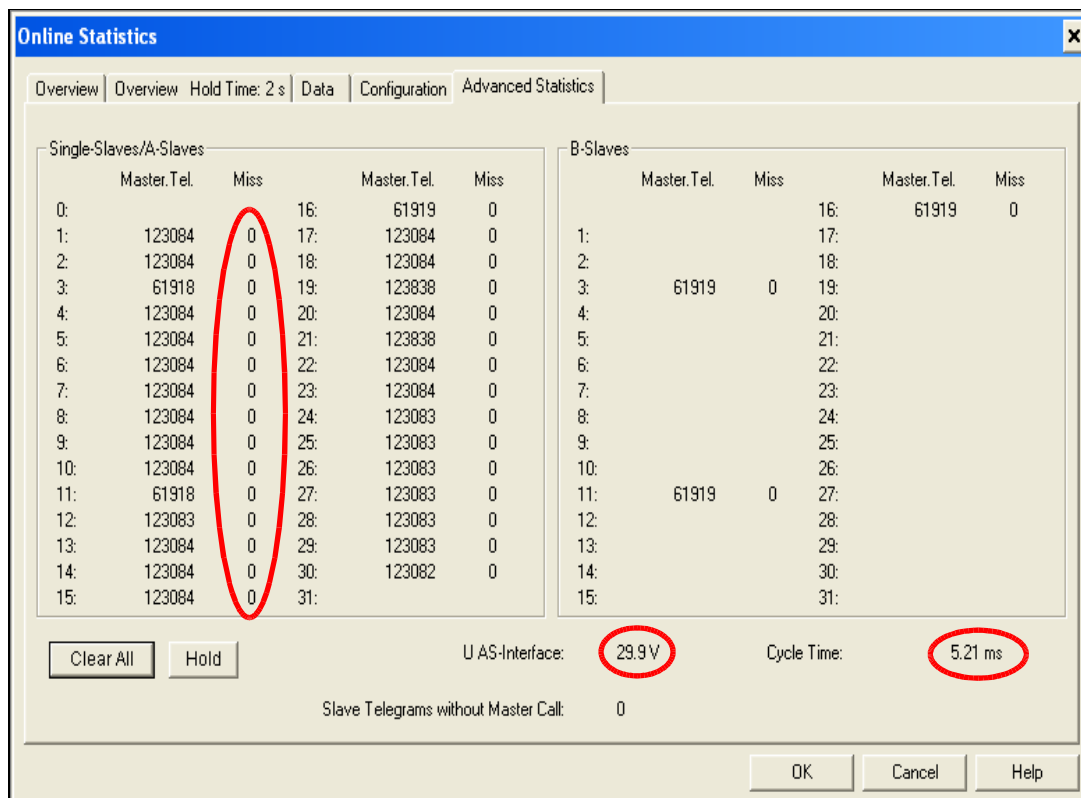
Sur cet écran on peut voir les données échangées sur tous les esclaves actives.

Les données analogiques ne sont pas traitées par cet analyseur.



L'onglet Configuration affiche le code des E/S, ID, ID1, ID2 de chaque esclave.

Les esclaves dont les codes ID1 et ID2 ne sont pas affichés, cela veut dire que ce sont des esclaves de type AS-i V1.

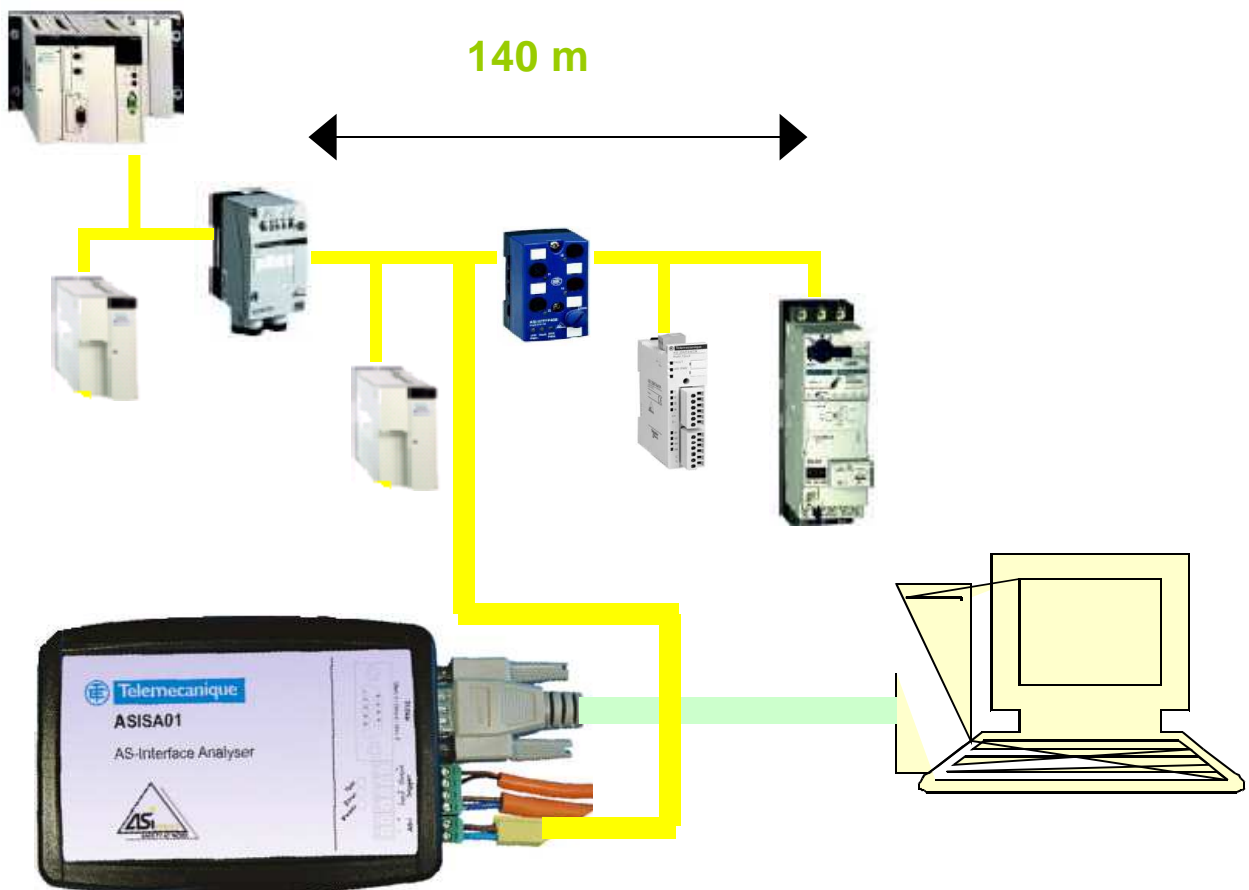


L'onglet des statistiques avancées affiche les résultats suivants :

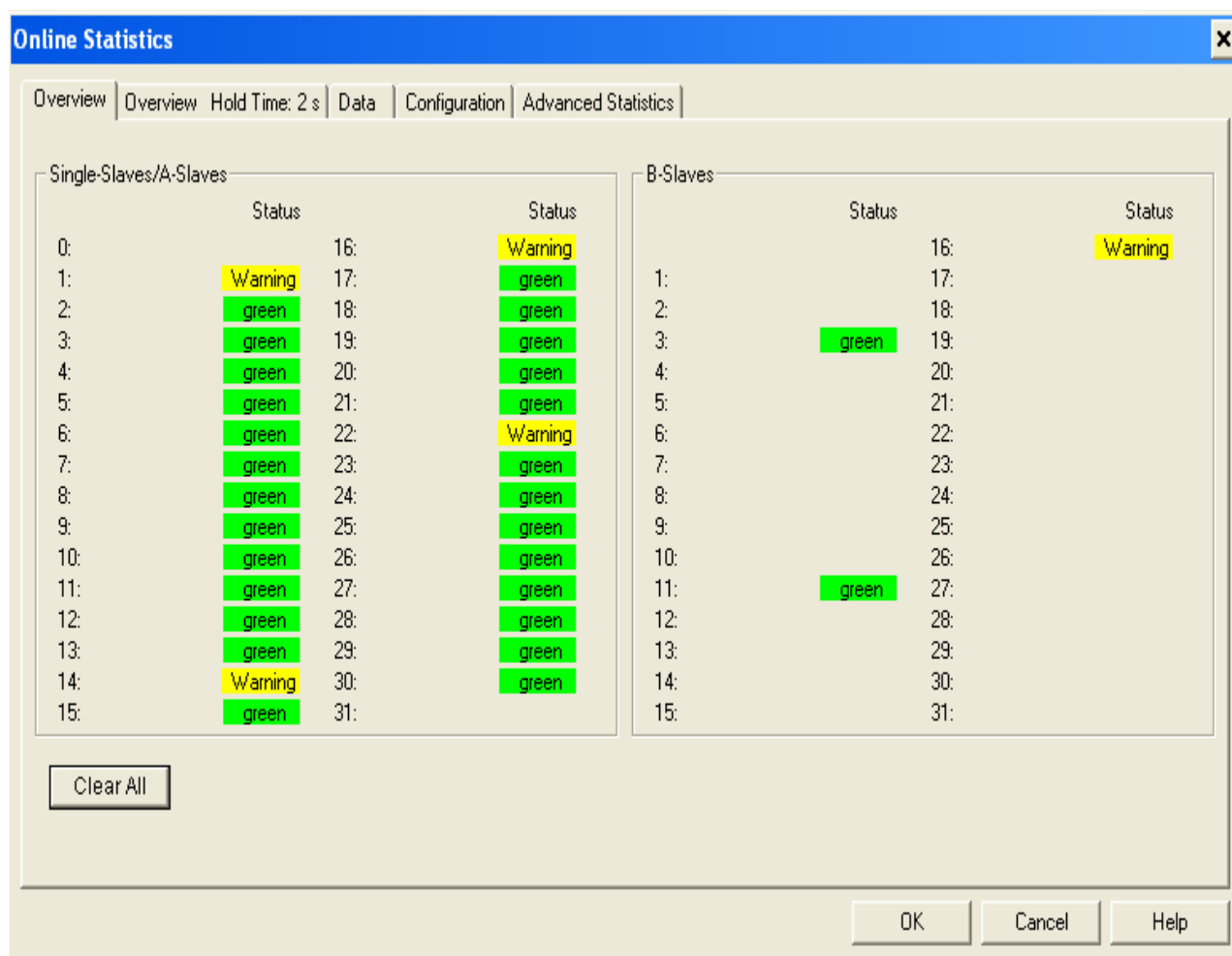
- Tous les esclaves ont répondu aux appels de données du maître sans une seule absence de réponse (voir colonne Miss).
- Le temps de cycle de 5,21 ms.
- La tension de 29,9 V dans le point de branchement d'analyseur AS-i.

### **Répéteur RPT01 :**

J'ai refait le même test précédent mais cette fois, j'ai utilisé un répéteur RPT01.



**Résultat de test :**



La vue sur l'état de fonctionnement des esclaves nous montre que parmi ces derniers, il y en a qui répondent pas à tous les requêtes du maître.

Pour avoir une meilleure vision sur les esclaves qui sont en état d'avertissement, l'analyseur dispose d'un mode appelé mode expert qui permet d'enregistré les trames qui circulent sur le réseau afin de les visualiser par la suite.

Je télécharge une partie de ces enregistrements qu'on voit sur la figure ci-dessous :

Pos.	Time (µs)	Slave	Master Requests	CB I4 I3 I2 I1 I0	Master Pause(µs)	D3D2D1D0 (Response)	Analyse
31305	57939	22 A	Read_Status	1 1 1 1 1 0	18	0 0 0 0	No Error
31333	5265	22 A	Read_ID_Code	1 1 0 0 0 1	19	0 0 0 0	No Error
32359	189430	16 B	Read_Status	1 1 0 1 1 0	18	0 0 0 0	No Error
32388	5265	16 B	Read_ID_Code	1 1 1 0 0 1	18	1 0 1 0	No Error
32867	89261	1 A	Read_Status	1 1 1 1 1 0	-	- - - -	No Slave Response
33591	132198	14 A	Read_Status	1 1 1 1 1 0	18	0 0 0 0	No Error
33619	5265	14 A	Read_ID_Code	1 1 0 0 0 1	18	0 0 0 0	No Error
33702	15800	16 A	Read_Status	1 1 1 1 1 0	19	0 0 0 0	No Error
33730	5267	16 A	Read_ID_Code	1 1 0 0 0 1	20	1 0 1 0	No Error
34049	57922	22 A	Read_Status	1 1 1 1 1 0	18	0 0 0 0	No Error
34078	5265	22 A	Read_ID_Code	1 1 0 0 0 1	18	0 0 0 0	No Error
35108	189422	16 B	Read_Status	1 1 0 1 1 0	18	0 0 0 0	No Error
35138	5270	16 B	Read_ID_Code	1 1 1 0 0 1	18	1 0 1 0	No Error
35617	89282	1 A	Read_Status	1 1 1 1 1 0	18	0 0 0 0	No Error
35647	5268	1 A	Read_ID_Code	1 1 0 0 0 1	-	- - - -	No Slave Response
36356	128846	14 A	Read_Status	1 1 1 1 1 0	19	0 0 0 0	No Error
36384	5099	14 A	Read_ID_Code	1 1 0 0 0 1	18	0 0 0 0	No Error
36468	15300	16 A	Read_Status	1 1 1 1 1 0	18	0 0 0 0	No Error
36495	5096	16 A	Read_ID_Code	1 1 0 0 0 1	18	1 0 1 0	No Error
36803	56113	22 A	Read_Status	1 1 1 1 1 0	18	0 0 0 0	No Error
36831	5097	22 A	Read_ID_Code	1 1 0 0 0 1	18	0 0 0 0	No Error
37824	183460	16 B	Read_Status	1 1 0 1 1 0	18	0 0 0 0	No Error
37852	5107	16 B	Read_ID_Code	1 1 1 0 0 1	19	1 0 1 0	No Error
38310	86482	1 A	Read_Status	1 1 1 1 1 0	18	0 0 0 0	No Error
38337	5094	1 A	Read_ID_Code	1 1 0 0 0 1	18	0 0 0 0	No Error
38364	093	1 A	Read_ID_Configuration	1 1 0 0 0 0	18	0 1 1 1	No Error
38391	090	1 A	Read_Extended_ID_Code1	1 1 0 0 1 0	18	1 1 1 1	No Error
38419	5090	1 A	Read_Extended_ID_Code2	1 1 0 0 1 1	17	1 1 1 0	No Error
38448	5234	1 A	Write_Parameter	0 1 1 1 1 1	18	1 1 1 1	No Error
39203	136828	14 A	Read_Status	1 1 1 1 1 0	18	0 0 0 0	No Error
39232	5265	14 A	Read_ID_Code	1 1 0 0 0 1	18	0 0 0 0	No Error
39317	15795	16 A	Read_Status	1 1 1 1 1 0	18	0 0 0 0	No Error
39345	5269	16 A	Read_ID_Code	1 1 0 0 0 1	18	1 0 1 0	No Error

Erreur de lecture d'état

lecture d'état d'esclave  
reussi au deuxième  
essai

Phase de  
réintégration  
de l'esclave 1 A

On voit ici un exemple d'absence de réponse de l'esclave 1 A à la requête du maître (requête de lecture de status). La répétition de ces absences affiche un message d'avertissement pour cet esclave.

On peut voir aussi que l'esclave 1A, a un moment il a été déconnecté du réseau AS-i .

En effet, l'esclave n'as pas répondu à la requête du maître de type « lecture du code d'identification », le maître la considéré alors comme non détecté. Par la suite le maître la détecté puisque il a bien répondu au requête de « lecture de status », il a lancé par la suite une requête de réintégration d'esclave.

Ce qui signifié que l'esclave à beaucoup de difficulté de communiquer avec le maître AS-i.

Par la suite, j'ai remarqué que tous les esclaves qui ont un message d'avertissements sont situés à une distance supérieure à 100 m.

Cela dit que la fiabilité des tests dépendent du temps et d'environnement de test.

**Conclusion de test Répéteur :**

Selon la norme, le répéteur AS-i fonctionne sur un segment de 100 m. J'ai donc effectué ce test afin de connaître la longueur maximale de bon fonctionnement des deux répéteurs.

D'après les résultats qu'on vient de voir, je remarque que le répéteur XZMA est plus performant que le répéteur RPT01. En effet il permet au maître de communiquer avec des interfaces situées toute au long d'un segment de 140m. Le répéteur RPT01 ne dépasse pas la longueur de 100 m, parce que le temps qu'il met pour traité les trames AS-i est plus grand que celui du répéteur XZMA.

## CONCLUSION

Dans ce stage, le fait de s'impliquer de A à Z dans l'élaboration d'un projet industriel m'a permis de mieux apprendre les étapes de gestion et de réalisation de celui-ci.

J'ai réalisé la totalité des tâches décrites dans le cahier des charges, en essayant de résoudre toutes les difficultés techniques. (Gestion du réseau par trois automates modulaires, mise en place de passerelles différentes...).

Un choix a dû être fait sur le type d'I/O mis sur la configuration de test. J'ai donc pas pu implémenté les produits d'AS-i Safty. A défaut de temps, je n'ai pas eu l'occasion de participer à un projet d'extension de la gamme d'I/O AS-i.

Enfin, pendant la période du stage, j'ai eu l'occasion d'enter en contact avec d'autres services tels que le service de développement et le service de qualité. Cela m'a permis également de découvrir la gestion des projets au sein d'une grande société comme Schneider Electric, de la phase de définition à la phase de commercialisation d'un produit.

## GLOSSAIRE

### A

**AS-i** : Actuator Sensor interface

**Asifié** : intégrant la puce AS-i qui permet de s'accorder directement sur le câble AS-i.

### C

**Coupleur** : Ce type de maître s'utilise dans un système AS-i autonome dit système "compact". Un coupleur AS-i est intégré dans un automate pour conférer à celui-ci la fonctionnalité de maître AS-i.

### E

**Esclave projeté** : esclave prévu lors de la configuration des interfaces AS-i sur PL7.

**Esclave détecté** : esclave connecté sur le réseau AS-i

**Esclave actif** : esclave projeté et détecté.

### I

**IP 67** : indice d'étanchéité.

### M

**Maître AS-I** : il peut être un PC, une passerelle ou un coupleur qui assure la gestion du réseau AS-i.

**Maître coupleur** : Ce type de maître s'utilise dans un réseau AS-i autonome dit réseau "compact". Un coupleur AS-i est intégré dans un automate pour conférer à celui-ci la fonctionnalité de maître AS-Interface.

### O

**OD** : objet dictionary ou fichier de configuration

### P

**Passerelle** : composant qui assure l'interface entre deux réseaux différents.

### R

**Répéteur** : c'est un périphérique qui permet d'étendre un réseau. Le répéteur régénère le signal et découple les deux segments de câble adjacents de manière galvanique.

# ANNEXE 1 – DIFFÉRENTS RÉSEAUX

## I - Réseau Ethernet

ETHERNET est parmi les réseaux les plus répandus, il vise essentiellement les applications de :

- coordination entre automates programmables.
- Supervision locale ou centralisée.
- Communication avec l'informatique de gestion de production.
- Communication avec des entrées/sorties distantes.

Deux profils de communication sont supportés par les coupleurs réseaux ETHERNET :

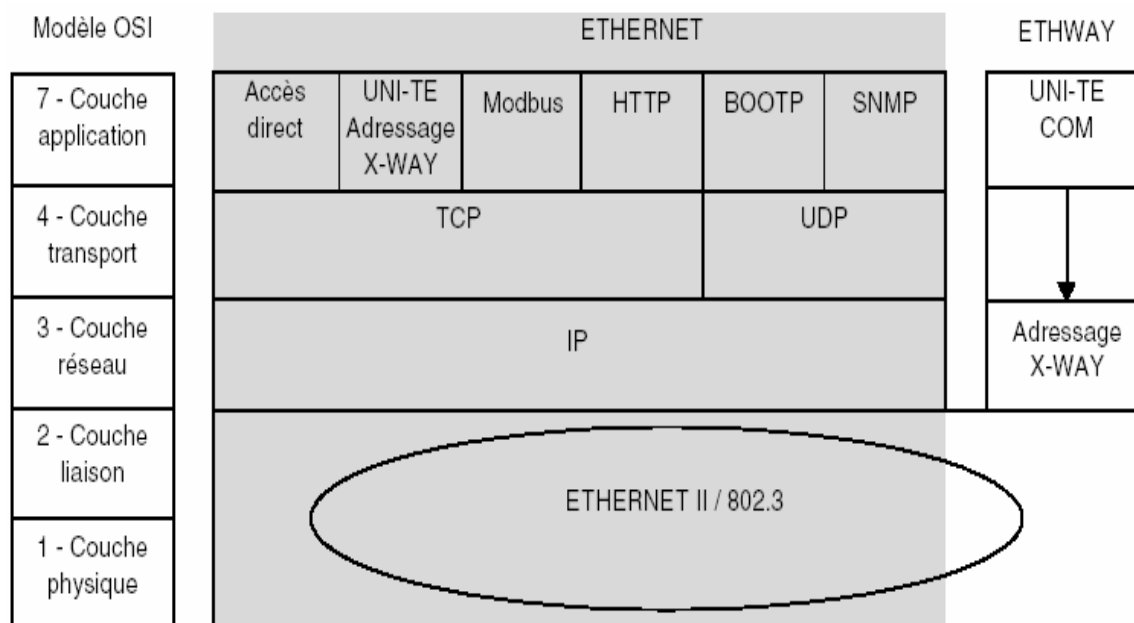
- Le profil ETHWAY reprenant tous les mécanismes de l'architecture de communication X-WAY:

- Système d'adressage X-WAY.
- Messagerie UNI-TE.
- Base de données distribuées (mots communs).

Remarque : ce profil n'est plus utilisé.

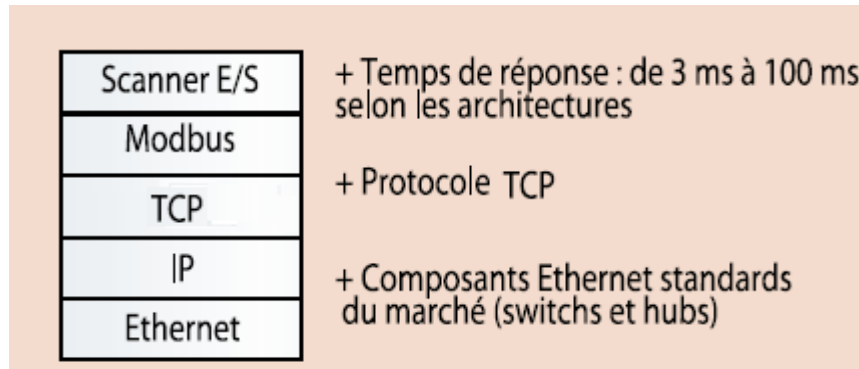
- Le profil TCP/IP sur ETHERNET permettant la communication en :

- Messagerie UNI-TE avec l'ensemble de l'architecture X-WAY.
- Messagerie Modbus.



## **I.2 - Environnement Schneider**

Pour Schneider Electric le choix des services et protocoles associés au réseau Ethernet est fait sur Modbus comme messagerie industrielle , TCP /IP comme pile de réseau et le support physique dédié à l'Ethernet.



### A- Couche Physique

A l'origine seul le câblage en 10B5 existait. Aujourd'hui, on trouve de réseaux Ethernet en 10B2, 10BT ,100B2ou xxBF.

Un nom de la forme xBy ce lit de la façon suivante: B : modulation de base, x bande passante du réseau (en méga bits par seconde) y définie le type du câble utilisé:

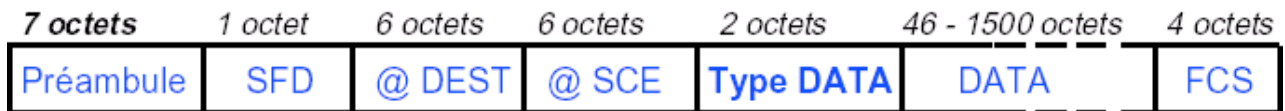
- 5 : câble coaxial de 1,7 cm de diamètre (gros Ethernet)
- 2 : câble coaxial de 0,5 cm de diamètre (Ethernet fin)
- T: paires torsadées.
- F: Fibre optique.

Le choix de Schneider est opté principalement pour l'Ethernet 10 Mbits/s ou 100 Mbits/s.

## B- Couche Liaison

### La trame Ethernet

Pour envoyer des informations sur Ethernet on utilise la trame suivante :



**Champ Préambule** : il sert à la synchronisation des horloges.

**Champ SFD** : Délimiteur de début de trame indique le début de la trame.

**Champ @DEST**: contient l'adresse physique Ethernet de la station destinataire.

**Champ @SCE** : contient l'adresse physique Ethernet de la station émettrice.

**Champ Type DATA** : contient le type de données transmises selon que c'est un datagramme IP, une requête ou réponse ARP.

0x0800 : IP  
0x0806 : ARP

**Champ DATA** : contient les données à transmettre qui peuvent avoir une taille allant de 46 à 1500 octets. Dans le cas de données trop petites, comme pour les requêtes et réponse ARP et RARP on complète avec des bits de bourrage ou padding.

**Champ FCS**: Frame Control Sequence sert à détecter les erreurs de la trame.

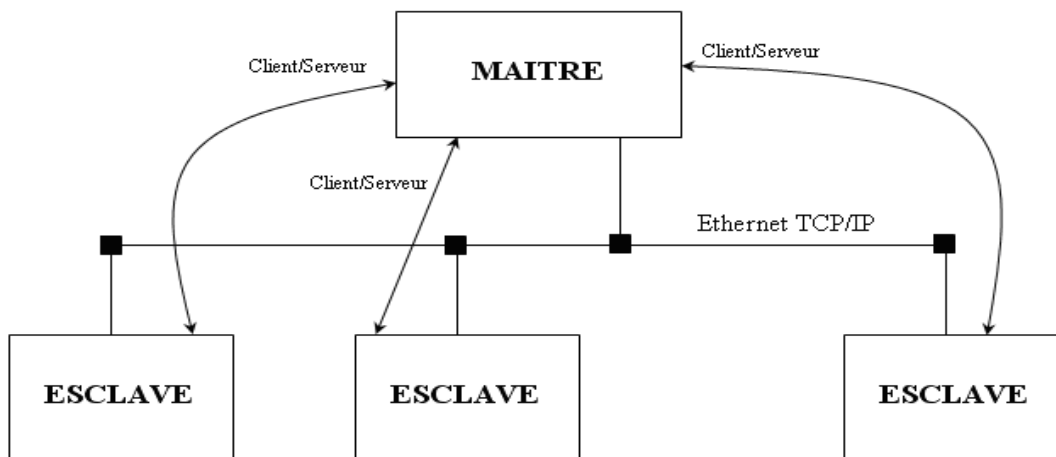
Les adresses physiques Ethernet sont codées sur 6 octets (48 bits) et sont censées être uniques car les constructeurs et l'IEEE gèrent cet adressage de manière à ce que deux coupleurs ne portent pas la même adresse. Elles sont de trois types :

- Unicast dans le cas d'une adresse désignant un seul coupleur
- Broadcast dans le cas d'une adresse de diffusion générale (tous les bits à 1) qui permet d'envoyer une trame à toutes les stations du réseau
- Multicast dans le cas d'une adresse multidestinataire qui permet d'adresser une même trame à un ensemble de stations qui ont convenu de faire partie du groupe que représente cette adresse multipoint.

On voit donc qu'un coupleur doit être capable de reconnaître sa propre adresse physique, l'adresse de multicast, et toute adresse de groupe dont il fait partie.

### **La solution TCP/IP**

La solution TCP/IP fournit la fonctionnalité suivante :



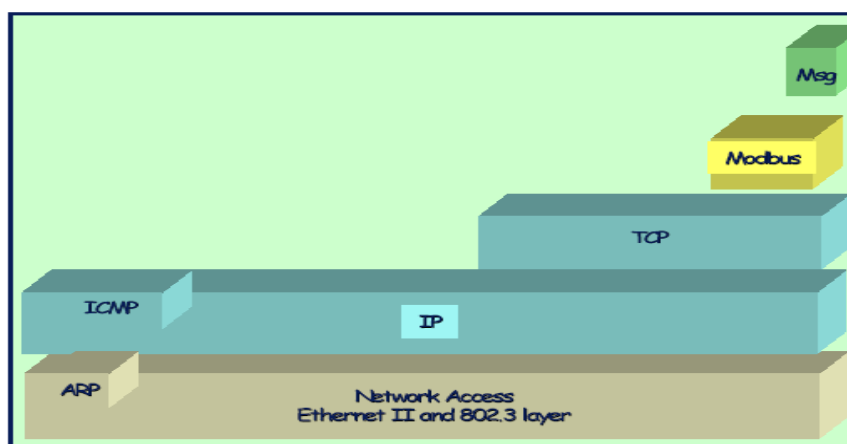
Le mode client permet d'envoyer une requête sur un canal virtuel de communication. Chaque canal virtuel correspond à une connexion TCP sur un équipement.

Le mode serveur pour des automates clients Modbus leur permet d'accéder à la base de données et de surveiller les équipements.

### C - Couche d'application

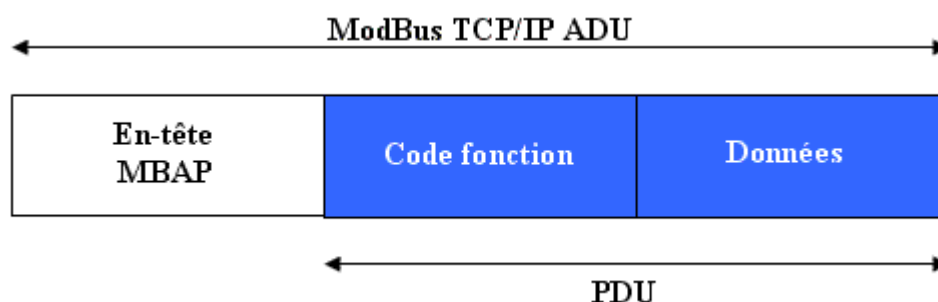
#### **Principe d'encapsulation**

Lorsque l'application Modbus envoie des données à l'aide de TCP/IP les données traversent de haut en bas chaque couche jusqu'à aboutir au support physique où elles sont alors émises sous forme de suite de bits. L'encapsulation illustré ci-dessous consiste pour chaque couche à ajouter de l'information aux données en les commençant par des en-têtes.



#### **Le protocole Modbus sur TCP/IP**

Le protocole Modbus sur TCP/IP est défini comme suit



ADU : Application Data Unit  
PDU : Protocol Data Unit

Toutes les requêtes et réponses de Modbus sont conçues de telle manière que le destinataire puisse vérifier qu'un message est fini.

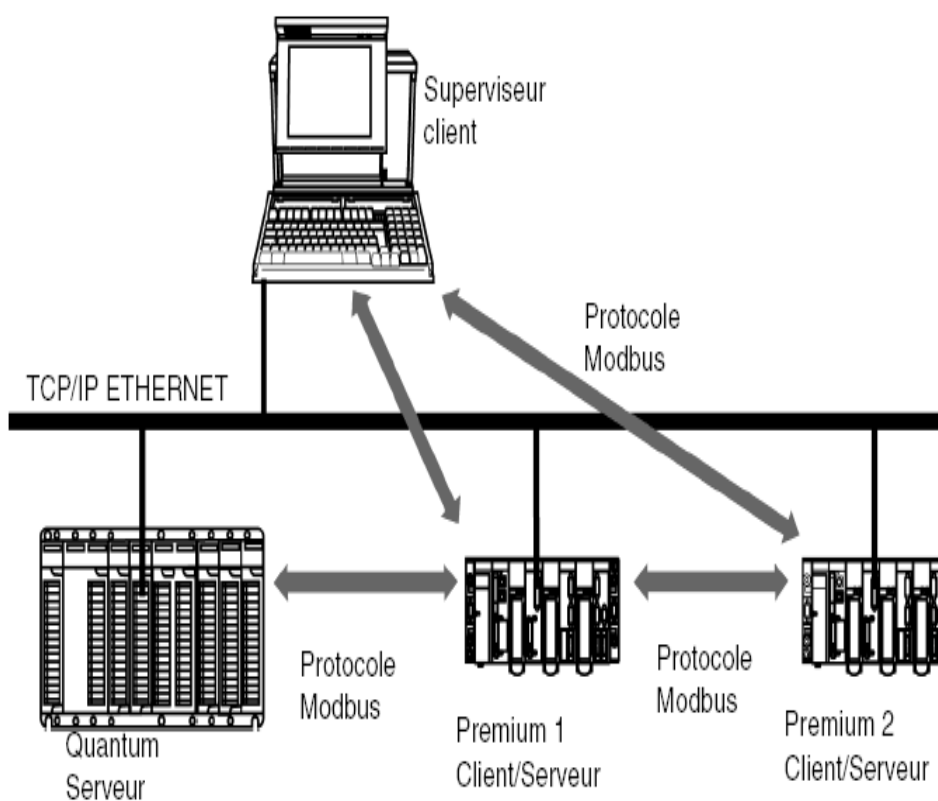
L'information de longueur est diffusée dans l'en-tête de MBAP composé de 7 octets pour permettre au destinataire d'identifier les frontières des messages même si le message a été coupé en plusieurs paquets pour la transmission.

✓ En résumé :

Un même coupleur peut communiquer avec un équipement distant en mode client (par exemple un automate Quantum) et un autre équipement distant en mode serveur (par exemple un PC superviseur).

Par exemple l'automate Premium 1 est client vis à vis de l'automate Quantum. Il ouvre la connexion TCP-IP et émet des messages Modbus vers le Quantum.

L'automate Premium 1 est serveur vis à vis Premium 2. Le Premium 2 ouvre une connexion TCP/IP et émet des messages Modbus vers le TSX Premium1.



## II - Réseau CANopen

CANOpen est un protocole qui utilise le bus série CAN et qui respecte la norme ISO 11898. Ce protocole impose des mécanismes de communication standardisés qui seront décrits par la suite.

A sa création, CANopen était destiné à des systèmes industriels de contrôle de mouvement ou de manipulation tandis qu'aujourd'hui il est utilisé dans de nombreuses applications comme les véhicules, les transports publics, les équipements médicaux ou l'électronique maritime. Le premier avantage du protocole CAN Open est qu'il supporte des systèmes temps réel car un temps maximal entre l'émission et la réception des trames pour un processus quelconque peut être défini.

Le réseau CAN est un bus maître esclave, avec accès prioritaire, et résolution non destructive des collisions (CSMA/CA).

### A- Couche Physique

La couche physique de CAN autorise un débit de 1 Mbit/s sur un bus bifilaire de 40m. 30 noeuds peuvent être raccordés. La longueur peut être étendue à 500 m avec 64 stations avec une vitesse qui va de 10kbits/s à 1Mbits/s.

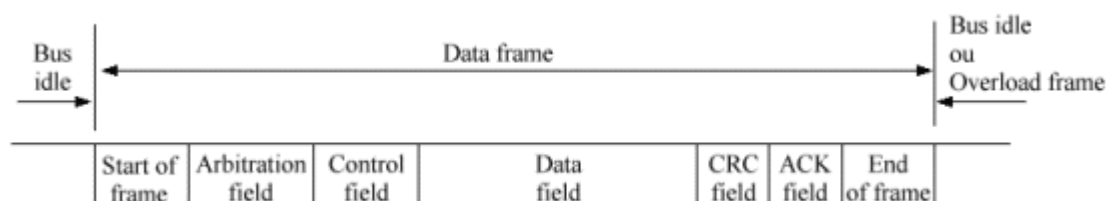
En ce qui concerne le flot de bits des trames du bus CAN, la méthode de codage NRZ (Non Return to Zéro) a été retenue. Ceci revient à dire que pendant la durée totale du bit généré, son niveau reste constant qu'il soit dominant ou récessif. Les signaux sont codés sur deux fils appelés CAN-L (Low) et CAN-H (high).

De plus afin de sécuriser la transmission des messages on utilise la méthode dite de Bit-Stuffing (bit de transparence). Cette méthode consiste, dès que l'on a émis 5 bits de même polarité sur le bus, à insérer un bit de polarité contraire pour casser des chaînes trop importantes de bits identiques. On obtient ainsi dans le message un plus grand nombre de transitions, ce qui permet de faciliter la synchronisation en réception par les noeuds. Cette technique doit être implantée aussi bien à la réception qu'à l'émission.

### B- couche liaison

Le bus CAN utilise la méthode d'accès CSMA/CD avec la capacité supplémentaire de l'arbitrage non destructif CSMA/BA afin d'offrir une disponibilité maximale du bus.

Les trames CAN sont composées de 7 parties détaillées ci-après.



**Trame CAN**

## **C- Couche d'application**

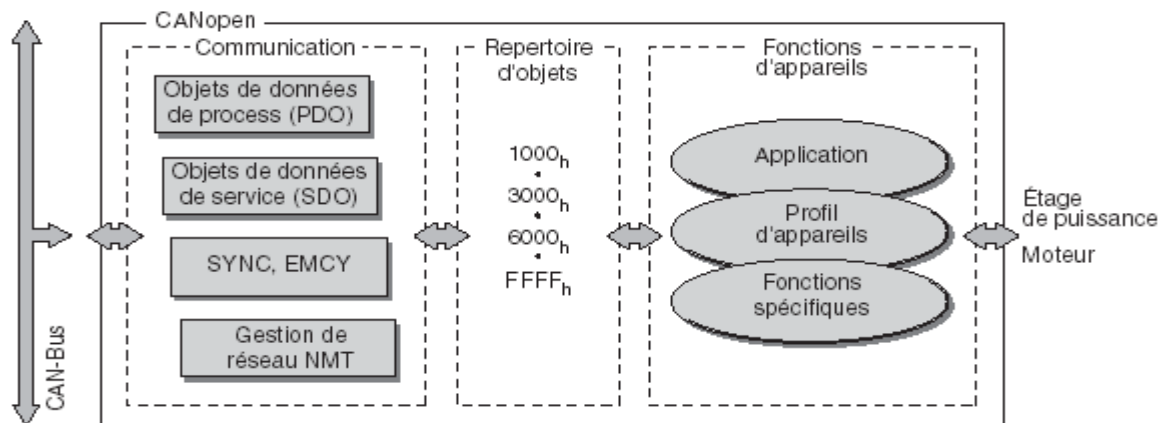
Pour chacune des entrées/sorties d'un périphérique CANOpen (appelé nœud), le dictionnaire d'objet définit l'information sur le format de la donnée ainsi que sur le moyen d'y accéder.

Chaque entrée du dictionnaire possède un index unique ainsi qu'une liste de sous-index. On accède à un objet grâce au couple [index, sub-index].

Pour chaque nœud CANOpen présent sur le bus il existe un OD généralement sous forme de fichier texte au format EDS (Electronic Data Sheet) permettant de connaître l'ensemble des entrées/sorties d'un nœud.

Les OD sont divisés en profils. Les plus utilisés sont les suivants:

- Profil de communication.
- Profil spécifique dispositif.
- Profils spécifiques fournisseur.



### **Profil de communication**

Les objets du profil de communication se chargent des tâches d'échange de données et de paramètres avec les autres périphériques et initialisent, commandent et surveillent le dispositif dans le réseau.

### **Profil spécifique dispositif**

Le profil spécifique dispositif décrit les objets standardisés pour le positionnement, la surveillance et le réglage d'entraînements.

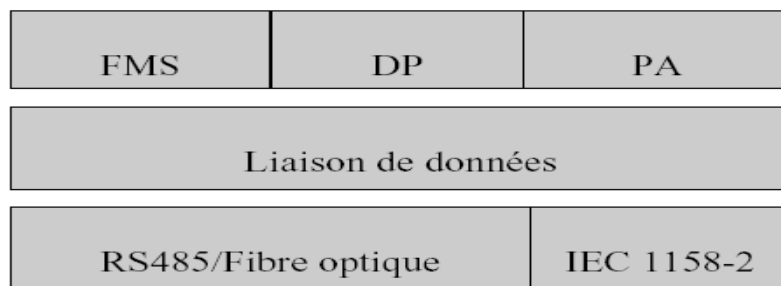
### **Profils spécifiques fournisseur**

Les objets des profils spécifiques dispositifs permettent d'exploiter les fonctions de base d'un dispositif. La gamme totale des fonctions n'est disponible qu'avec les profils spécifiques dispositif du fournisseur. Ceux-ci définissent les objets permettant d'exploiter les fonctions spécifiques du dispositif sous CANOpen.

### III - Réseau PROFIBUS

Profibus (PROcess FIeldBUS) est initialement issu d'un projet allemand regroupant entre autres, Bosch, Klockner-Moeller et Siemens. Trois variantes existent maintenant, Profibus FMS (Field Message Specification), Profibus DP (Distributed Periphery) et Profibus PA (Process Automation). Elles utilisent toutes la couche liaison originelle de Profibus mais diffèrent selon soit la couche physique, soit la couche application.

Profibus est un ensemble de trois profils de réseaux qui n'ont en commun que la couche liaison de données. L'architecture de Profibus est la suivante :



#### A- Couche physique

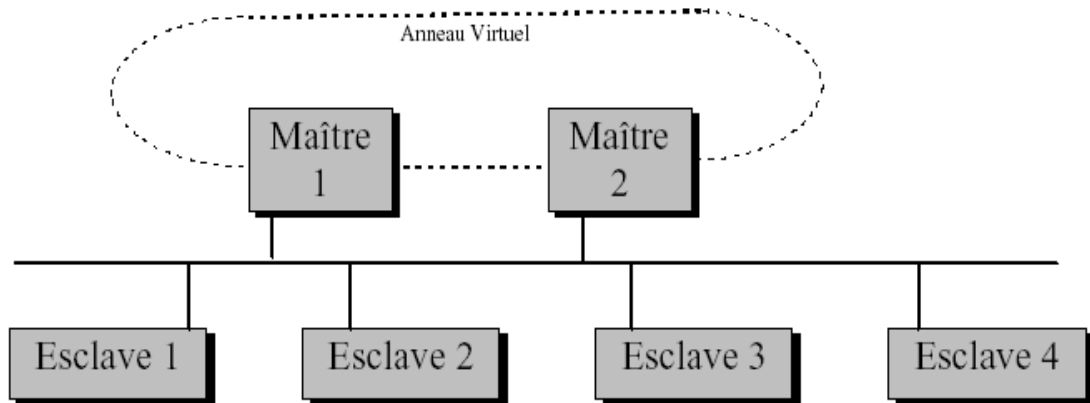
Schneider Electric utilise le réseau de type Profibus-DP pour la communication de bas niveau. Ce réseau a une topologie bus et sa vitesse de transmission varie entre 10kbits pour une longueur de 1200 m jusqu'à 12Mbits pour une longueur de 100 m (sans répéteur).

#### B- Couche liaison

La technique utilisée est celle du jeton sur bus. Toutefois une différence importante réside dans la définition de deux types de stations :

- ✓ Les stations maîtres constituant un anneau logique.
- ✓ Les stations esclaves scrutées par un maître.

Quand une station maître dispose du jeton, elle peut scruter ses équipements esclaves.



L'échange de données s'effectue selon le principe maître-esclave. Seul le maître peut initialiser la communication. Les esclaves se comportent comme des serveurs en répondant aux requêtes des maîtres. Plusieurs maîtres peuvent cohabiter sur le même bus. Dans ce cas, les entrées/sorties des esclaves peuvent être lues par tous les maîtres.

Néanmoins, un seul maître peut accéder en écriture aux sorties. Le nombre de données échangées est défini lors de la configuration.

Le protocole Profibus DP permet deux types d'échanges : les cycliques pour les données d'entrées/sorties et les aperiodiques pour le paramétrage, la configuration et le diagnostic. Les aperiodiques sont incluses dans les trames cycliques, elles ne font pas l'objet de trames d'échanges spécifiques. Une trame permet la lecture ou l'écriture d'un seul mot de donnée aperiodique.

### **C- Couche application**

Profibus DP utilise les services FMS pour la couche d'application.

Les services FMS sont un sous ensemble de la messagerie industrielle MMS (Manufacturing Message Specification, ISO 9506), optimisée pour les applications réseau de terrain et enrichie de fonctions d'administration des objets de communication et de gestion du réseau.

Les services FMS se répartissent en sept groupes :

**Gestion du contexte** : établissement et libération de liaisons logiques.

**Accès aux variables** : accès aux variables, structures, tableaux ou listes de variables.

**Gestion du domaine** : transmission de vastes zones mémoire. Les données sont divisées en segments par l'utilisateur.

**Gestion des appels de programme** : contrôle du programme.

**Gestion des événements** : transmission des messages d'alarme, en diffusion générale ou sélective.

**Support VFD** : identification de l'équipement et demande d'état. Ces services peuvent aussi être envoyés spontanément à la demande d'un équipement, en diffusion générale ou sélective.

**Gestion du dictionnaire OD** : accès en lecture/ écriture au dictionnaire d'objets

## IV - Réseau ASI

ASI (Actuator Sensor Interface) est un réseau issu d'un développement commun de onze fabricants de capteurs/actionneurs et de systèmes de commande et de deux instituts universitaires. Ce réseau est né du besoin de disposer d'un réseau d'entrées-sorties TOR.

On peut considérer que le réseau ASI est constitué des couches physique, liaison et application. Mais le réseau est si simple que la distinction entre couche liaison et application est assez artificielle.

### A- Couche Physique

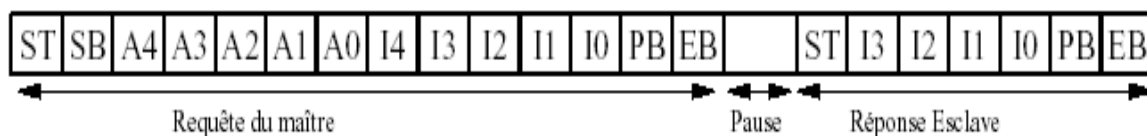
Le support est un câble non blindé de longueur maximale 100 m sans répéteur et de 300 m avec 2 répéteurs au maximum. Les raccordements se font par prise « Vampire ». La téléalimentation est assurée par un courant continu. Le signal est superposé par une technique APM (Alternate Pulse Modulation).

La technique APM (Amplitude Pulse Modulation) consiste à la superposition des données sur la ligne qui apporte l'énergie vers les esclaves. En effet, chaque station émet en variant son impédance sur la ligne, ainsi elle génère des pulsations spécifiques qui vont être transformées en des variations de tension qui vont être détectées par les autres stations.

### B- Couche liaison

Le réseau ASI est un réseau Maître/Esclave. La scrutation systématique de tous les esclaves à lieu à chaque cycle. La période de scrutation est au maximum de 5 ms avec 31 esclaves. Un échange a la structure suivante:

Une trame de la station maître vers chaque station esclave. La trame a une longueur de 14 bits avec une adresse sur 5 bits et 5 bits de données.



ST : Bit de Start  
SB : Bit de contrôle  
A4...A0 : Adresse des esclaves  
I4...I0 : Informations / Données  
PB : Bit de Parité  
EB : Bit de Stop

Sur chaque trame, la détection d'erreur est assurée par un bit de parité. En cas d'erreur, l'échange est répété immédiatement. En cas de nouvelle erreur, elle est répétée aux cycles suivants. Trois erreurs consécutives entraînent la déconnexion de la station esclave.

Les services sont uniquement l'écriture et la lecture de données dans une station esclave à partir du maître.

Toutefois, selon la requête émanant du maître, l'esclave peut distinguer les données et les paramètres (un bit de contrôle dans la trame maître).

A chaque cycle complet, une trame peut servir à la gestion des stations, au paramétrage, à la fixation d'adresse.

### **C- Couche application**

Si on excepte les trames de configuration émises aléatoirement vers l'une ou l'autre des stations à raison d'une par cycle au maximum, seul le trafic périodique est possible. Nous distinguons les services de la couche d'application de ceux de la gestion du réseau.

#### **Services applicatifs**

Deux services d'écriture et de lecture périodique des données sont directement fournis par la couche liaison de données.

#### **Services de gestion**

Les services de gestion servent à la station maître à gérer les stations esclaves. On peut configurer l'adresse d'une station esclave, par émission d'une trame avec l'adresse 0, suivie de l'adresse réelle comme valeur de données.

Un bit de contrôle permet de définir dans la trame émise par le maître, si les données sont des valeurs de sortie ou des valeurs de paramètres, utilisés pour la configuration et la gestion de réseau.

Le réseau ASI est un réseau pour connecter d'abord des entrées-sorties TOR. Même si d'autres types de capteurs ou d'actionneurs peuvent être selon la version utilisée.

Un des intérêts de ASI est la technique de câblage et l'affectation automatique des adresses qui donne une grande flexibilité en maintenance.

## ANNEXE 2 – LE BUS AS-I

### I Les principes de fonctionnement

#### I-1 Rôle du maître

Le maître AS-i gère les fonctions suivantes :

- Initialisation du réseau.
- Identification des esclaves.
- L'envoi acyclique des paramètres.
- Transfert cyclique des données.
- Reconfigure les adresses, lors d'un changement de configuration.
- Diagnostic du réseau.
- Remonte les erreurs au contrôleur.

#### I-2 Rôle d'esclave

Ils décodent les requêtes qui leur sont destinés et répondent immédiatement au maître.

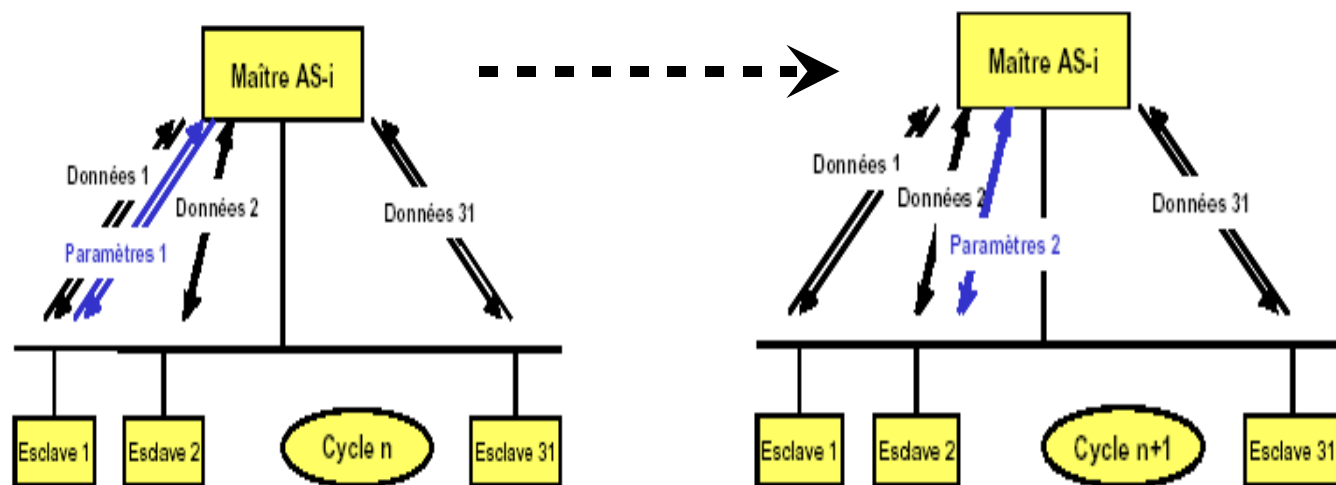
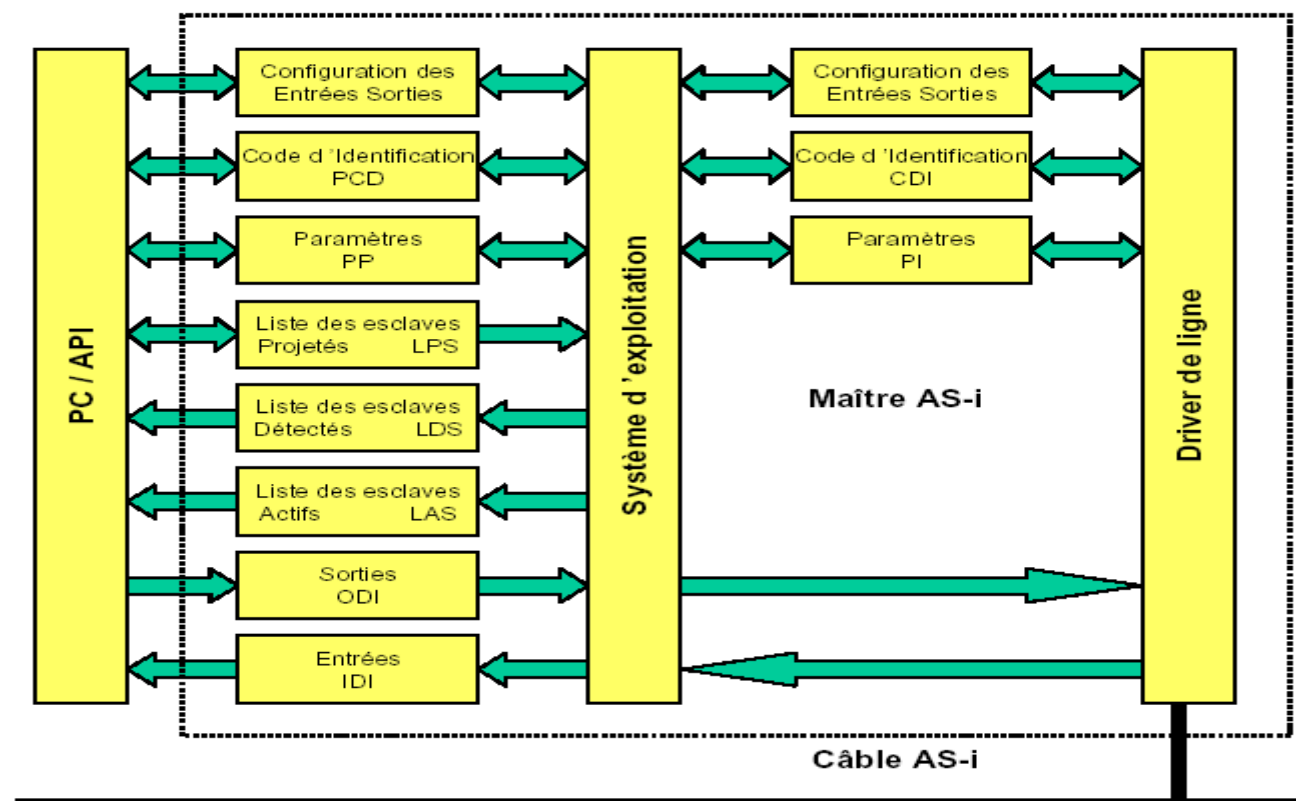


Schéma d'un cycle de fonctionnement normal

## II Les éléments du dialogue maître esclave

### II-1 Les tables du maîtres



La table de configuration permanente (PCD) : cette table contient la référence des différents codes possibles de configuration d'un maître ou esclave. Cette table est stockée et sauvegardée dans le maître.

La table des paramètres permanents (P.P.) : elle contient les paramètres des esclaves configurés dans le maître (en mémoire non volatile). Lors d'une remise sous tension, cette table est recopiée dans la table image des paramètres.

La table des esclaves projetés (L.P.S.) : cette table contient la liste des adresses des esclaves et leurs profils prévus à la configuration du système. Les esclaves listés dans cette table sont dits "projetés".

La table des esclaves détectés (L.D.S.) : cette table contient la liste des adresses des esclaves et leurs profils détectés sur le câble pendant la phase de détection.

La table des esclaves actifs (L.A.S.) : un esclave à la fois reconnu et projeté, devient actif et est mémorisé dans cette table.

L'échange des données n'est possible qu'avec des esclaves activés.

PL7

Liste des esclaves  
prévus **LPS**

Liste des esclaves  
détectés **LDS**

Liste des esclaves  
activés **LAS**

Coupleur As-i

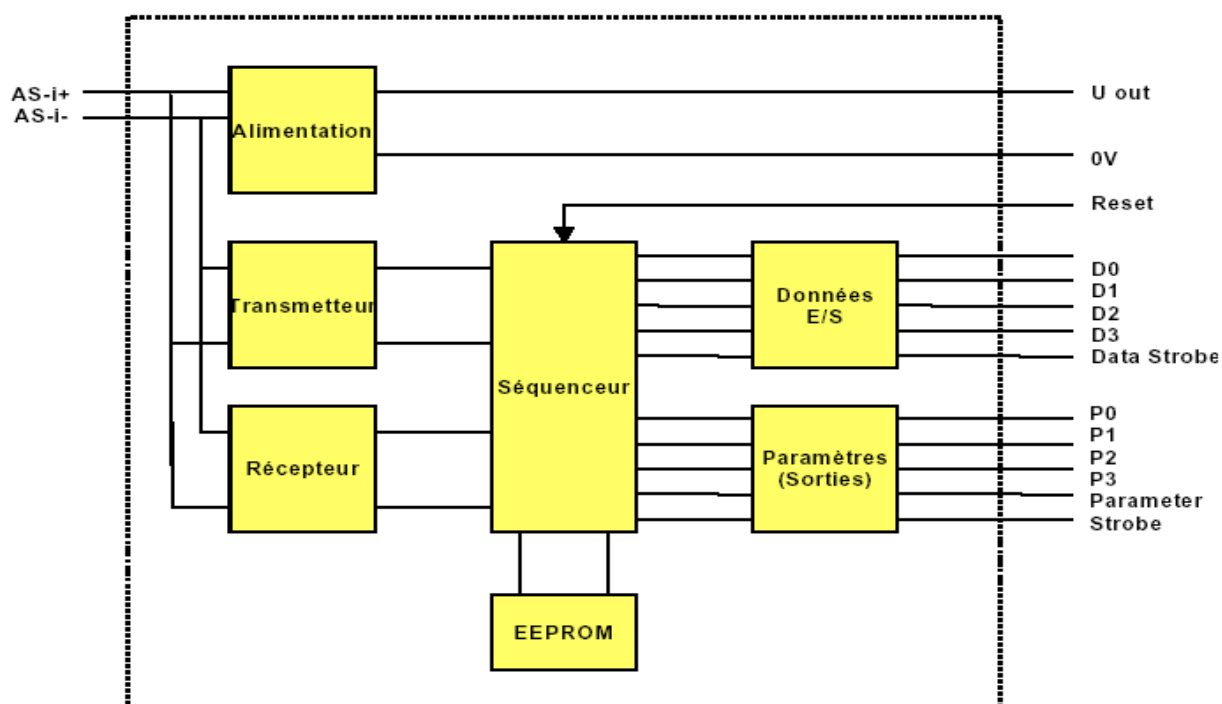
La table image des sorties (O.D.I.) : Cette table contient les données (D0 à D3) à envoyer aux esclaves actifs sur le réseau.

La table image des entrées (I.D.I.) : cette table contient les données (D0 à D3) renvoyées par les esclaves actifs sur le réseau. Lorsqu'un esclave est inactif, la valeur correspondante dans la table vaut 0.

La table image de la configuration (C.D.I.) : cette table contient la description (configuration des entrées/ sorties et code identificateur) de tous les esclaves connectés sur le câble AS-i.

La table image des paramètres (P.I.) : les valeurs des paramètres (P0 à P3) transmis aux esclaves (1 à 31) sont mémorisées dans cette table.

## II-2 Les registres de l'esclave

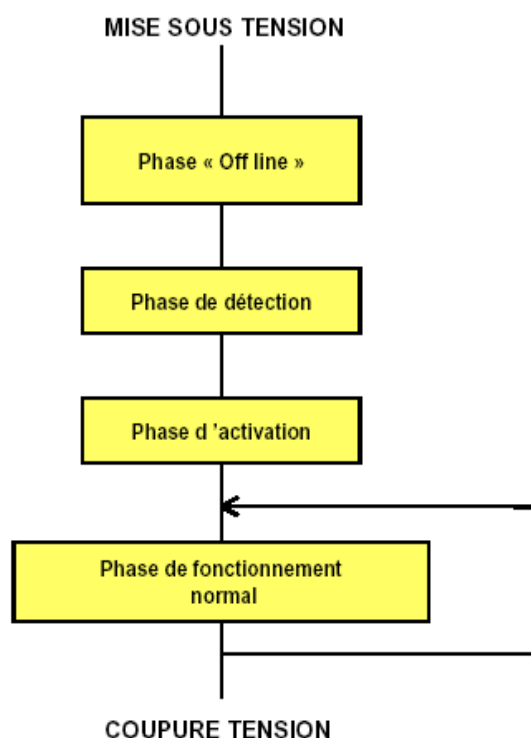


Registres images des données d'entrées sorties : ces registres contiennent l'image des données en entrée (capteurs) et l'image des données de sorties (actionneurs).

Registre image des paramètres : ce registre contient l'image des paramètres transmis à la partie applicative de l'esclave.

EEPROM : cette mémoire contient l'adresse de l'esclave (modifiable par les outils d'adressage), et son profil (I/O code et Identification code) uniquement accessibles en lecture.

### **II-3 Les phases de fonctionnement du maître**



#### **II-3-1 Phase « off line »**

Cette phase a pour but de positionner les composants du bus dans un état initial :

Mise à 0 des entrées images des esclaves (table entrées=0), ce qui n'est pas l'état réel des capteurs ou actionneurs sur le bus.

Mise à 0 des sorties images des esclaves (table sorties=0), ce qui n'est pas l'état réel des capteurs ou actionneurs sur le bus.

Les paramètres prédéfinis sont mémorisés dans les buffers paramètres de chaque esclave.

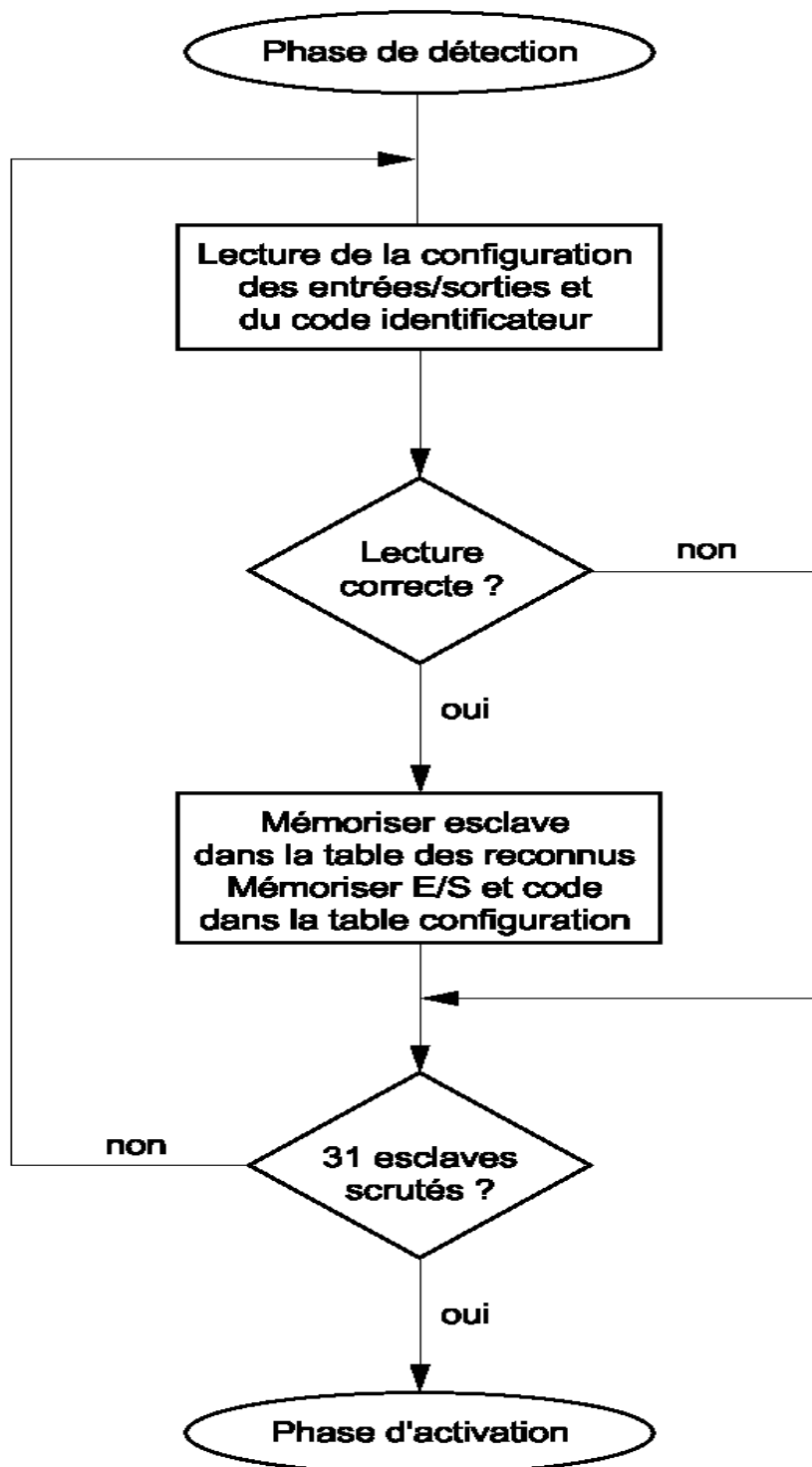
La liste des esclaves reconnus est remise à 0.

La liste des esclaves actifs est remise à 0.

La table de configuration de référence, indique que la configuration n'est pas valide (FF hexa).

### II-3-2 Phase de détection

Il consiste à détecter les esclaves présents sur le câble As-i et à mémoriser leur adresse et leur profil.



### II-3-3 Phase d'activation

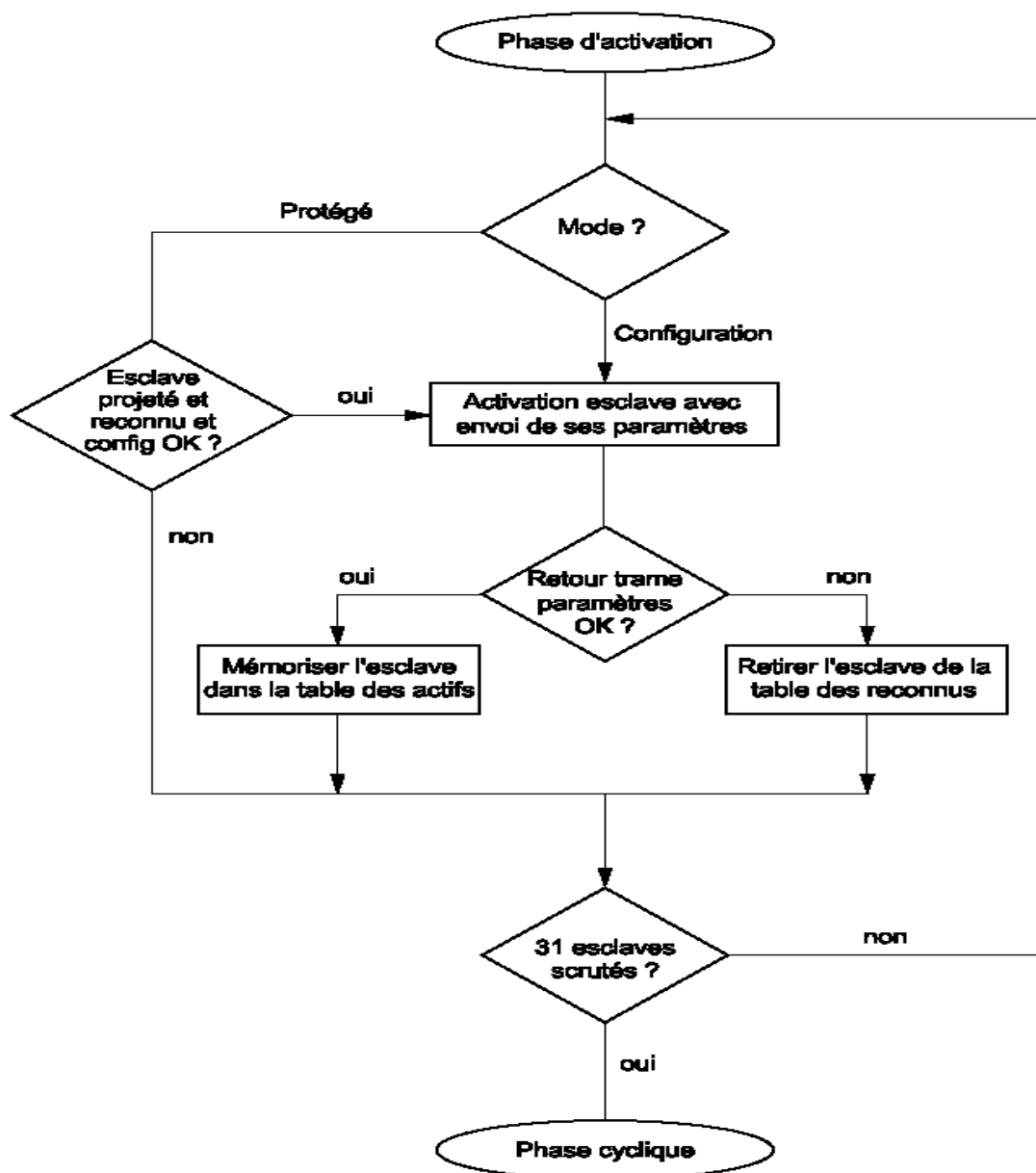
Le maître AS-i peut fonctionner dans deux modes distincts :

1- "Mode configuration" : dans ce mode, tous les esclaves connectés sur le câble sont activés. Aucune configuration de référence n'est prise en considération, le dialogue s'effectue directement avec la configuration réelle.

Dans ce mode, aucun adressage automatique n'est possible.

2-"Mode protégé" : il s'agit du mode par défaut, le plus couramment utilisé. En effet, dans ce cas, le maître ne dialogue qu'avec des esclaves prévus dans la configuration et reconnus sur le réseau.

C'est le seul mode où le réadressage automatique est autorisé.



### II-3-4 Phase de fonctionnement normal

Cette phase correspond au fonctionnement nominal du réseau, c'est-à-dire aux échanges cycliques de données entre maître et esclaves, dont on garantit le temps de réponse à 5 ms pour 31 esclaves.

Chaque cycle est constitué de trois étapes :

1. La phase d'échange de données.
2. La phase management.
3. La phase d'introduction d'esclaves.

**LA PHASE D'ÉCHANGE DE DONNÉES** : il correspond au dialogue entre maître et esclave via la fonction "Echange des données". Lorsqu'un échange échoue, il peut être répété au cours des deux cycles suivants.

Après deux essais négatifs, l'esclave est considéré comme absent ou en défaut et disparaît des tables "actifs" et "reconnus" et sa valeur dans la table image des entrées vaut alors 0.

Dans cette phase d'échanges de données, il peut y avoir jusqu'à 31 transactions (si 31 esclaves) , soit :

$$31 \times 156 \mu s = 4,85 \text{ ms} < 5 \text{ ms}$$

**LA PHASE MANAGEMENT** : lorsque la phase cyclique d'échange est terminée, le maître a la possibilité d'envoyer une trame de commande : c'est la phase de "management".

Cette transaction est unique et acyclique, c'est-à-dire qu'au cours d'un cycle normal de fonctionnement, le maître ne peut s'adresser qu'à un seul esclave pour lui envoyer une seule commande particulière.

De ce fait, le paramétrage de l'ensemble des 31 esclaves nécessitera 31 cycles, soit :

$$31 \times 5 \text{ ms} = 155 \text{ ms}$$

Ces trames de commande sont par exemple :

- Ecriture de paramètres.
- Attribution d'adresse.
- Suppression d'adresse.
- Lecture de l'état de l'esclave.
- Lecture de la configuration des entrées/Sorties.
- Lecture de l'identificateur de l'esclave.
- .- reset,...

Si la transaction échoue, elle est à nouveau exécutée jusqu'à concurrence de trois cycles (donc trois essais), au-delà, l'action est considérée comme négative.

**LA PHASE D'INTRODUCTION D'ESCLAVES** : suite à la phase de management, le maître engage une phase de reconnaissance de nouveaux esclaves sur le réseau (phase d'"inclusion"). Dans cette phase, le maître émet une commande de lecture de configuration d'E/S auprès d'un seul esclave (d'adresse 1 à 31). Au pire, un nouvel esclave peut être détecté au bout de 31 cycles.

Il faut ensuite trois cycles pour l'activer, car trois transactions sont nécessaires :

- lecture configuration E/S.
- lecture identificateur.
- envoi de paramètres.

La prise en compte d'un nouvel esclave sera donc effective dans un délai maximum de 170ms

$$(31 \text{ cycles} * 5 \text{ ms}) + (3 * 5 \text{ ms}) = 170 \text{ ms}$$

Remarque : Le principe de la comparaison des tables de configuration et l'intersection des projetés et reconnus restent valables pour activer l'esclave.

## **II-4 Les profils des composants AS-i**

Le profil d'un équipement AS-i détermine ses capacités. Deux produits AS-i ayant les mêmes fonctions et le même profil fonctionnent exactement de la même manière, quels que soient les fabricants. Ils sont interchangeables à l'intérieur d'un même système.

Le profil est fixé en usine au moyen de deux ou trois caractères figés dans l'électronique interne de l'équipement. Il ne peut pas être modifié.

Jusqu'à présent, plus de 20 profils ont été définis par l'association AS-i.

### II-4-1 Les profils du maître

Les profils du maître définissent les capacités individuelles de chaque type de maître AS-i. Il existe deux types de profils du maître : M0, M1.

Profil	Niveau de profil	Fonctionnalités
M0	Profil minimal	<ul style="list-style-type: none"><li>• Lecture et écriture de données d'E/S</li></ul>
M1	Profil complet	<ul style="list-style-type: none"><li>• Lecture et écriture de données d'E/S</li><li>• Modification des paramètres d'esclave</li><li>• Réalisation des tests système et élaboration de diagnostics</li><li>• Vérification de la configuration attendue par rapport à la configuration réelle.</li><li>• Adressage d'esclave étendu.</li></ul>

### II-4-2 Les profils des esclaves

Tous les esclaves disposent d'un profil, ce qui signifie qu'ils sont considérés comme des périphériques "asifiés" comportant un circuit ASIC. Font partie de cette catégorie les composants dédiés (tels que les actionneurs intelligents) et les interfaces (qui connectent des composants traditionnels au système AS-Interface).

Les profils, semblables à des cartes d'identité, ont été définis afin de distinguer les actionneurs et les capteurs en les répartissant dans de grandes familles.  
Le système des profils est particulièrement utile lorsqu'il s'agit de remplacer un esclave. Par exemple, deux actionneurs fabriqués par différents constructeurs mais ayant le même profil sont fonctionnellement interchangeables sans programmation ni adressage.

Chaque esclave AS-i comporte un profil défini par le fabricant. Le profil est déterminé et stocké dans l'esclave en usine. Chaque profil comporte un code au format X.Y, où :

➤ **Profile esclave :**

**X . Y**

Le code d'entrée/de sortie (E/S).

Le code d'identification (ID).

Le code d'E/S : c'est un nombre hexadécimal compris entre 0 et F, permettant 16 codes d'E/S.

Ce code caractérise l'esclave en fonction de ses entrées et sorties, c'est-à-dire qu'il définit le nombre de ports d'entrée et de sortie et le nombre de ports bidirectionnels. Ces informations sont contenues dans quatre bits, de D0 à D3, qui sont stockés dans l'esclave et accessibles au système AS-i via des échanges de données standard.

Les codes d'E/S possibles sont détaillés dans le tableau ci-dessous :

Code d'E/S	D0	D1	D2	D3
0	E	E	E	E
1	E	E	E	S
2	E	E	E	E/S
3	E	E	S	S
4	S	S	E/S	E/S
5	E	S	S	S
6	E/S	E/S	E/S	E/S
7	E/S	E/S	E/S	E/S
8	S	S	S	S
9	S	S	S	E
A	S	S	S	E/S
B	S	S	E	E
C	S	S	E/S	E/S
D	S	E	E	E
E	S	E/S	E/S	E/S
F	E/S NULL			

Code d'identification : étant donné que le code d'E/S n'est pas propre à un esclave donné, le code d'identification sert à faire la différence entre les types d'esclaves comportant le même code d'E/S.

Le code d'identification est un nombre hexadécimal compris entre 0 et F (où F est réservé à des applications spéciales ou lorsqu'un nouveau type d'esclave est en attente d'attribution d'un code d'identification propre).

Si un fabricant introduit un nouveau type d'esclave, son code d'identification doit être défini en accord avec les membres de l'association AS-i

					"Identification Code"																
					0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	A	B	C	D	E	F	
I / O C O D E	0	IN	IN	IN	IN	X,0	0,1													L I B R E	
	1	IN	IN	IN	OUT		1,1														
	2	IN	IN	IN	IN/OUT																
	3	IN	IN	OUT	OUT		3,1														
	4	IN	IN	IN/OUT	IN/OUT																
	5	IN	OUT	OUT	OUT																
	6	IN	IN/OUT	IN/OUT	IN/OUT																
	7	IN/OUT	IN/OUT	IN/OUT	IN/OUT		7,1	7,2										7,D	7,E		
	8	OUT	OUT	OUT	OUT	8,1															
	9	OUT	OUT	OUT	IN	R															
	A	OUT	OUT	OUT	IN/OUT	X,0															
	B	OUT	OUT	IN	IN	R	B,1														
	C	OUT	OUT	IN/OUT	IN/OUT	X,0															
	D	OUT	IN	IN	IN	R	D,1														
	E	OUT	IN/OUT	IN/OUT	IN/OUT	X,0															
	F	IN/OUT/NUL				Inutilité															X,F
																			V		

Le tableau suivant fournit des exemples de profil d'esclave et les types d'esclaves correspondantes

Profil	Type d'esclave
0.1	Deux capteurs
1.1	Capteur unique avec contrôle
7.D	Démarrateur moteur électronique
7.E	Variateur électronique
B.1	Deux actionneurs avec retour
D.1	Actionneur unique avec contrôle
X.0	Entrée/Sortie distantes

### **III Profil de communication**

#### **III-1 Temps de réponse du réseau AS-i**

Le protocole AS-i est basé sur le fonctionnement Maître/Esclave .Le maître interroge cycliquement tour à tour, chacun des esclaves.  
Ces temps de cycle sont garantis : le système AS-i est un bus déterministe.

Le temps de cycle d'AS-i est :

$$\text{Cycle\_AS-i} = 156 \mu\text{s} + (156 \mu\text{s} * \text{nbre d'esclaves})$$

On définit le temps de réponse comme le temps entre le changement d'état d'un capteur et le déclenchement du signal de l'actionneur. Son calcul dépend du type de maître AS-i utilisé :

- ✓ Maître coupleur automate.
- ✓ Maître passerelle raccordé à un bus de niveau supérieur.

#### **III-2 Cas d'utilisation d'un maître coupleur automate**

Dans ce cas le temps de réponse Tps-Rep est lié :

Au temps de cycle automate : Cycle\_PLC, qui comprend le traitement proprement dit et le temps du cycle du coupleur.

Au temps de cycle du réseau AS-i : Cycle\_AS-i.

En général le temps de cycle automate est très supérieur au temps de cycle AS-i.

Cycle\_PLC >> Cycle\_AS-i

De ce fait, le temps de réponse typique sera voisin du temps de cycle automate :

$$\text{Tps-Rep typ} = \text{Cycle\_PLC}$$

La valeur max du temps de réponse est :

$$\text{Tps-Rep max} = 2 * (\text{Cycle\_AS-i} + \text{Cycle\_PLC})$$

#### **III-3 Cas d'utilisation d'un maître passerelle**

Dans ce cas le temps de réponse Tps-Rep est lié :

Au temps de cycle de l'automate relié au niveau supérieur : Cycle\_PLC.

Au temps de cycle du réseau de niveau supérieur : Cycle\_Res.

Au temps de traitement de la passerelle : Trait\_Pass.

Au temps de cycle du réseau AS-i : Cycle\_AS-i.

En négligeant le temps de cycle du réseau AS-i et de passerelle devant le temps de cycle de l'automate et le temps de cycle du réseau.

La valeur typique du temps de réponse est égale à :

$$\text{Tps-Rep}_{\text{typ}} = (2 * \text{Cycle\_Res}) + \text{Cycle\_PLC}$$

La valeur max du temps de réponse est :

$$\text{Tps-Rep}_{\text{max}} = 2 * (\text{Cycle\_PLC} + \text{Cycle\_Res} + \text{Trait\_Pass} + \text{Cycle\_AS-i})$$