

# Introduction au bus de terrain WorldFIP

(Z. MAMMERI – UPS)

## 1. Origine et utilisations du réseau WorldFIP

WorldFIP, appelé à l'origine FIP (pour Flux d'Information Processus ou "Factory Instrumentation Protocol"), est un réseau de terrain introduit au début des années 1980 en France au moment où les réseaux de terrain commençaient à apparaître. Actuellement FIP est une norme française (NF C46 601 à NF C46 607) et une norme européenne (EN 50170-3). La promotion et une part d'assistance technique de ce réseau sont effectuées par l'organisation WorldFIP dont le siège se trouve en France.

La cible privilégiée de WorldFIP est l'interconnexion de capteurs, actionneurs et automates dans les systèmes automatisés. Comme la quasi-totalité des réseaux de terrain WorldFIP a une structure en trois couches (*Figure 1*).

## 2 Couche physique

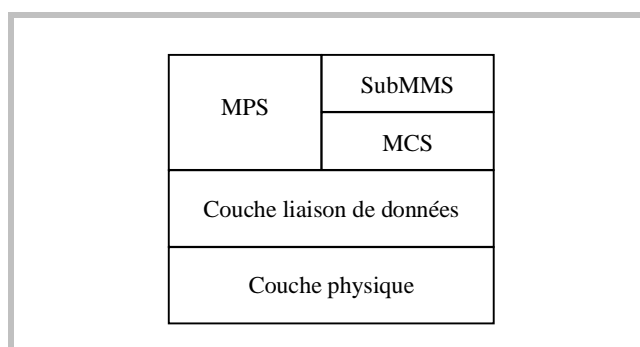
Généralement, les réseaux WorldFIP sont organisés en bus. L'utilisation de répéteurs et de boîtiers de diffusion permet d'obtenir des topologies en étoile ou en arbre. Le support utilisé est la paire torsadée ou la fibre optique. La redondance du support peut être fournie en option.

Actuellement quatre débits sont disponibles : 31,25 kb/s (bus basse vitesse), 1 Mb/s (c'est le débit le plus couramment utilisé) et 2,5 Mb/s (bus haute vitesse) sur paire torsadée et 5 Mb/s sur fibre optique. Un débit de 20 Mb/s est à l'étude pour permettre à des nœuds raccordés à WorldFIP l'accès à Internet (le sigle FIP deviendrait alors "Fieldbus Internet Protocol").

La longueur du bus et le nombre de nœuds dépendent du débit, du type de support et du nombre de répéteurs. Avec un débit de 1 Mb/s, la longueur maximale d'un segment est de 750 m et le nombre maximum de nœuds est de 256.

Les bits qui transitent sur la voie de transmission sont codés en Manchester. Ce code présente l'avantage de véhiculer en même temps l'horloge et les informations.

Enfin, la couche physique de WorldFIP est compatible à la norme IEC 1158-2.



*Figure 1 - Architecture de communication de WorldFIP.*

## 3 Couche liaison de données

### 3.1 Adressage dans WorldFIP

Les deux modes d'adressage (objet et nœud) peuvent être utilisés dans WorldFIP. WorldFIP permet de véhiculer des valeurs *d'objets identifiés* ou des *messages*.

WorldFIP est fondé sur le modèle producteur/distributeur/consommateurs dans lequel les objets (ou variables) échangés sur le réseau sont produits par des nœuds dits *producteurs* et consommés par d'autres

dits *consommateurs*. Chaque objet a un *identificateur* unique. Les identificateurs sont codés sur 16 bits. Les valeurs des objets ont une taille maximale de 128 octets.

Le producteur d'un objet et ses consommateurs sont fixés à la configuration d'une application. Les objets peuvent être échangés, entre producteurs et consommateurs, de manière périodique ou apériodique.

Attention, généralement dans un réseau on parle de message pour désigner tout ce qui est échangé sur le réseau. Dans FIP, il y a une distinction entre objets identifiés (échangés en mode diffusion en utilisant des identificateurs) et les messages (échangés en mode point à point en utilisant des adresses de nœuds). Comme c'est l'adressage objet qui est le plus approprié à la communication pour les capteurs et actionneurs, notre présentation est limitée à l'échange d'objets identifiés.

### 3.2 Méthode d'accès du réseau WorldFIP

Le réseau WorldFIP est fondé sur une structure centralisée dans laquelle un nœud, dit *arbitre de bus*, donne le droit d'émettre aux autres nœuds. En fonction des contraintes (essentiellement les périodes) de consommation des objets, on construit une table dite *table d'arbitre de bus* qui permet d'indiquer l'ordre dans lequel les objets doivent être échangés sur le bus.

Pour les objets périodiques, la table d'arbitre de bus est construite hors ligne (c'est-à-dire de manière statique). La taille de cette table correspond au PPCM (Plus Petit Commun Multiple) des périodes de transmission. La plus petite période de transmission est appelée microcycle de l'arbitre de bus. Les objets apériodiques (c'est-à-dire les objets échangés de manière aléatoire) sont intégrés dynamiquement dans la table d'arbitre de bus pour être échangés quand il reste du temps libre dans un microcycle après échange des objets périodiques (Figure 2). Le macrocycle est répété indéfiniment jusqu'à l'arrêt de l'application. La figure 3 montre un exemple de table d'arbitre de bus pour cinq objets périodiques.

Dans un réseau WorldFIP, à chaque objet identifié, on associe un tampon, au niveau du nœud producteur, pour déposer la dernière valeur de l'objet et un tampon, au niveau de nœud consommateur, pour stocker la dernière valeur véhiculée par le réseau. Le premier tampon est appelé *tampon de production*, et le second, *tampon de consommation*. Comme le montre la figure 4, le déroulement d'un échange de données s'effectue selon les étapes suivantes :

1. En utilisant sa table, l'arbitre de bus diffuse une trame (appelée *ID-Dat*) contenant l'identificateur d'un objet (il s'agit de l'objet que la table d'arbitre de bus indique comme étant l'objet à échanger à l'instant courant).
2. En "lisant" l'identificateur diffusé, le producteur et le(s) consommateur(s) de l'objet diffusé se reconnaissent.
3. Après un temps dit temps de retournement (fixé à quelques dizaines de  $\mu$ s pour un débit de 1 Mb/s), le producteur diffuse une trame (dite *RP-Dat*) contenant la valeur du tampon de production associé à l'objet dont l'identificateur a été diffusé par la dernière trame *ID-Dat*.
4. Le(s) consommateur(s) de l'objet met(tent) à jour la valeur de son (leur) tampon de réception à partir de la valeur contenue dans la trame *RP-Dat*.
5. Après un intervalle de temps égal au temps de retournement, l'arbitre de bus passe à l'identificateur suivant dans sa table (quand le dernier identificateur de la table a été diffusé, l'arbitre de bus repart à partir du premier identificateur de la table).

Les formats des trames *ID-Dat* et *RP-Dat* sont donnés par la figure 5.

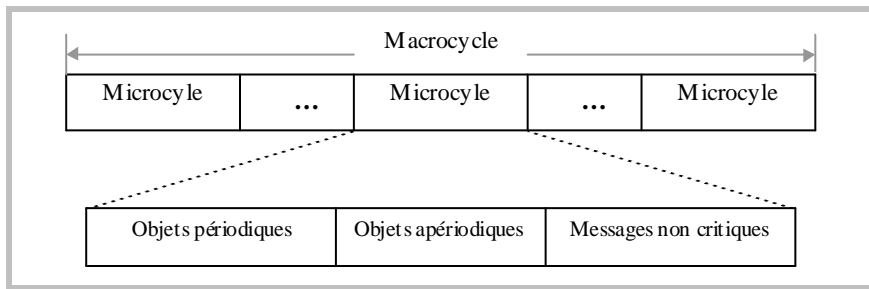


Figure 2 - Décomposition du temps de fonctionnement de l'arbitre de bus.

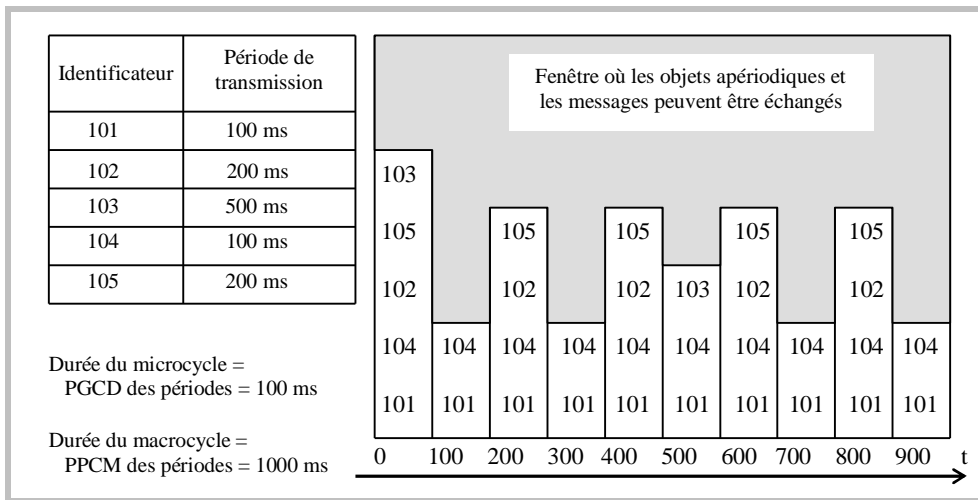


Figure 3 – Exemple de table d'arbitre de bus WorldFIP.

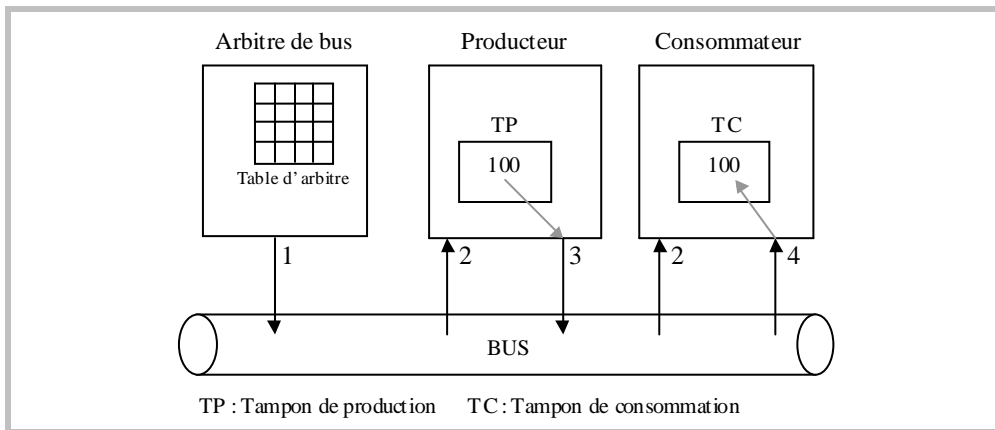
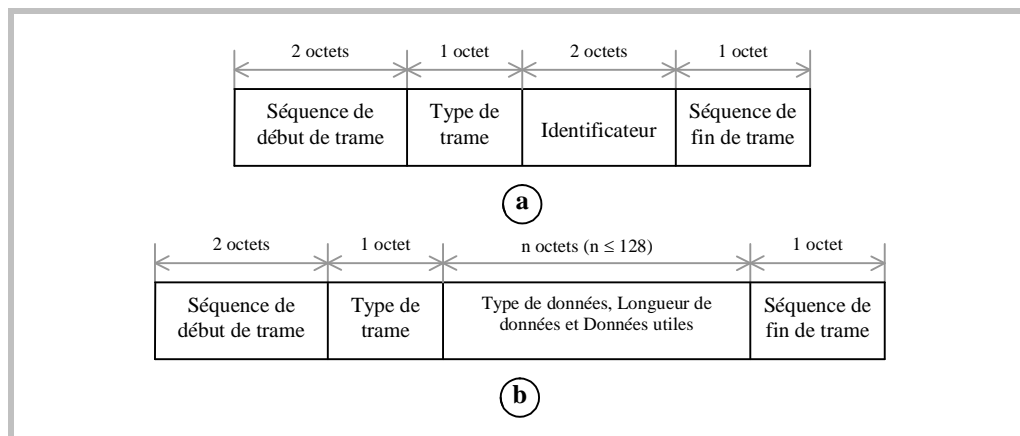


Figure 4 - Principe d'échange d'objet périodique sur FIP.



**Figure 5 – Formats simplifiés de trames du réseau WorldFIP :**  
 a) Format de trame ID-Dat  
 b) Format de trame RP-Dat.

#### REMARQUE

Comme on considère que les objets identifiés sont utilisés de manière périodique et leurs valeurs ne sont valides que pendant une période bien définie, les mécanismes de contrôle de flux, de retransmission et d’acquiescement ne sont pas retenus, au niveau liaison de données, pour les objets identifiés. Les messages peuvent être acquiescés, mais il n’y a pas de contrôle de flux.

## 4 Couche application

La couche application de WorldFIP offre deux catégories de services :

- MPS (“Manufacturing Periodical/aperiodical Services”) : services pour les échanges d’objets identifiés.
- Sub-MMS (“Manufacturing Message Specification”) : des services pour la communication dans les applications temps réel et réparties, notamment des services pour : la gestion de connexion, la création et contrôle de tâches à distance, l’accès à des variables distantes, la signalisation d’événements, le partage de ressources (à l’aide de sémaphores), la création et consultation de journaux et la manipulation de fichiers. MMS a été introduit fin des années 1980 comme moyen de communication dans les RLI et la plupart des réseaux de terrain choisissent d’implanter un sous-ensemble de MMS (sub-MMS) ; MMS étant trop complexe et tous ses services ne sont pas utiles pour toutes les applications.

Pour la partie MPS, les objets identifiés peuvent avoir différents types, entier, réel, chaîne de caractères, tableau, etc. L’utilisateur dispose de :

- Service de lecture locale qui permet de lire le tampon de consommation d’un objet sans échange sur le réseau. La valeur consommée est celle issue de la dernière mise à jour par le réseau.
- Service d’écriture locale qui permet d’écrire le tampon de production d’un objet sans échange sur le réseau. La valeur produite est mise à disposition du système de communication qui se chargera de la diffuser à l’ensemble de ses consommateurs.
- Service de lecture distante qui permet de déclencher un échange sur le bus afin de demander au producteur de diffuser la valeur la plus récente d’un objet.
- Service d’écriture distante qui permet à un producteur de diffuser spontanément sur le bus sa dernière valeur.
- Services d’indication qui permettent d’informer un producteur (respectivement un consommateur) de l’émission (respectivement de la réception) d’une valeur d’objet. Ces services permettent de vérifier le bon fonctionnement de l’entité de communication, et également de se synchroniser à partir de l’émission ou la réception de variables de synchronisation.

- Informations sur la validité des données élaborées par la couche application : il s'agit des statuts de rafraîchissement, de promptitude et de cohérence spatiale. Les deux premiers accompagnent une valeur d'objet et le troisième s'applique à une liste d'objets (par exemple, quand on veut que deux mesures de température, une mesure de tension et une mesure de courant, soient cohérentes entre elles). Le statut de rafraîchissement indique, lorsqu'il est égal à *vrai*, que le producteur a respecté la période de production. Le statut de promptitude indique, lorsqu'il est égal à *vrai*, que le réseau a délivré la valeur en respectant la période de transmission de l'objet. Le statut de cohérence spatiale d'une liste d'objets indique, lorsqu'il est égal à *vrai*, que toutes les instances d'une même liste d'objets consommées par plusieurs consommateurs sont identiques.