Cours Réseaux Locaux Industriels

Thierry Vaira

La Salle Avignon

v0.1

Définition

Un **réseau local industriel** (RLI) est un système de communication entre plusieurs équipements de type industriel (capteurs, automates, actionneurs, ...) dans une zone géographique limitée (un « terrain »).
On parle aussi de **« bus de terrain » ou de « réseau de terrain »**.

Il existerait plus de 2000 bus de terrain différents ! Les technologies les plus répandues sont : **Modbus**, Profibus, Interbus-S, ASI, Lonworks et bus CAN.

Modèle OSI

Un **réseau local industriel** (RLI) est basé le plus souvent sur la **restriction du modèle OSI à 3 couches** :

- la couche **Application** (qui peut être vide dans de nombreux réseaux)
- la couche **Liaison** qui doit assurer un transport fiable de quantité assez faible de données mais en respectant des contraintes "temps réel" (déterminisme)
- la couche **Physique** qui doit respecter des contraintes fortes liées à l'environnement (température, vibrations, ...)

La liaison RS-485

EIA-485 (souvent appelée **RS-485**) est une **norme qui définit les caractéristiques électriques de la couche physique d'une interface numérique sérielle** utilisée dans de nombreux réseaux industriels (**Modbus**, Profibus, ...).
Ses caractéristiques essentielles sont :

- liaison multi-point permettant d'interconnecter plusieurs dispositifs (jusqu'à 32 émetteurs et 32 récepteurs)
- bus informatique cablé avec 2 fils (en "half duplex") ou 4 fils (en "full duplex")
- distance maximale de l'ordre du kilomètre en mode différentiel (qui permet d'obtenir une meilleur tolérance aux perturbations)
- débit élévé jusqu'à 10Mbits/s

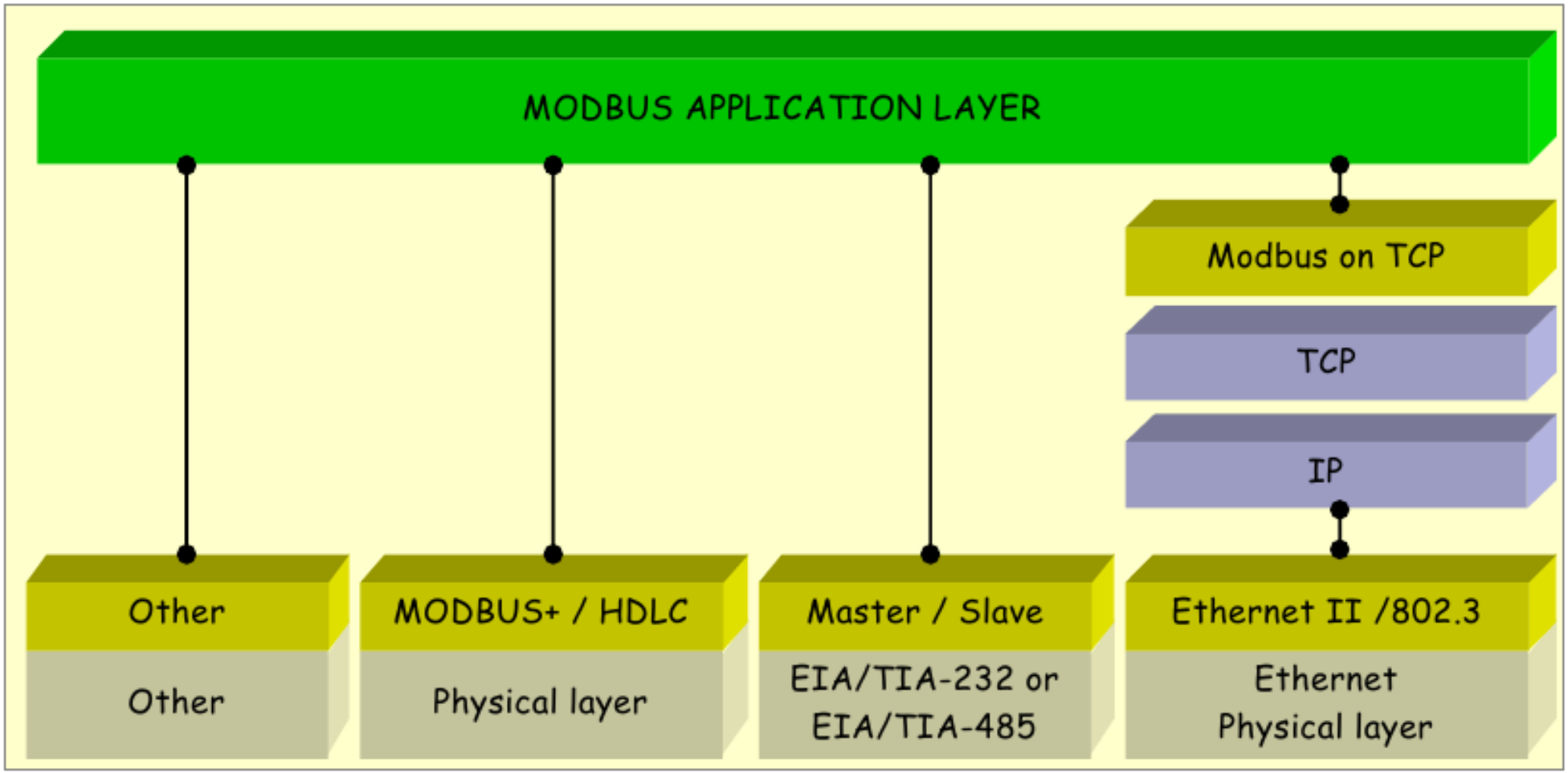
Modbus

Modbus est un **protocole de communication utilisé pour des réseaux d'automates programmables** (API).
Il fonctionne sur le mode **maître/esclave** pour l'échange des trames.
Le protocole Modbus peut être utilisé :

- directement sur **une liaison série** de type RS-422 ou **RS-485** ou TTY (boucle de courant) avec des débits et des distances variables
- via **TCP/IP avec Ethernet** : on parle alors de Modbus TCP/IP ou **Modbus TCP**
- via **Modbus Plus (ou Modbus+)**. Modbus Plus est un réseau à passage de jetons à 1 Mb/s, pouvant transporter les trames Modbus et d'autres services propre à ce réseau.

Frères des Ecoles Chrétiennes Saint-Jean-Baptiste de la Salle - Avignon

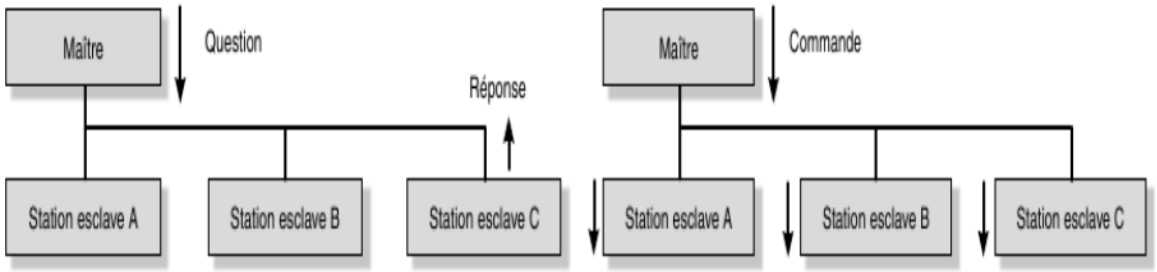
Les différentes versions de Modbus



Selon des études récentes, Modbus TCP serait le protocole *Ethernet* Industriel le plus utilisé au monde.

Le mode maître/esclave

Le **maître envoie une demande** à un **esclave** et **attend une réponse** de celui-ci.



Les régles de fonctionnement sont les suivantes :

- Les esclaves sont identifiés par une adresse (sur 8 bits soit un octet).
- Aucun esclave ne peut envoyer un message sans une demande préalable du maître.
- Le dialogue entre les esclaves est impossible.
- Le maître peut diffuser un message à tous les esclaves présents sur le réseau (diffusion générale ou *broadcast*). Pour cela, il utilise l'adresse 0.

Trames Modbus

Les trames sont de 2 types :

- mode RTU (*Remote Terminal Unit*) : les données sont sur 8 bits
- mode ASCII : les données sont codées en ASCII (il faut deux caractères pour représenter un octet, exemple 0x03 sera codé '0' et '3')

La question

Elle contient un code fonction indiquant à l'esclave adressé le type d'action demandé.
Les données contiennent des informations complémentaires dont l'esclave a besoin pour exécuter cette fonction.
Le mot de contrôle permet à l'esclave de s'assurer de l'intégralité du contenu de la question.

La réponse

Si une erreur apparaît, le code fonction est modifié pour indiquer que la réponse est une réponse d'exception (MSB*=0 : pas d'erreur ; MSB=1 : erreur).
Les données contiennent alors un code (code d'exception) permettant de connaître le type d'erreur.
Code d'exception :

01	Fonction illégale (erreur sur le code fonction)
02	Erreur sur l'adresse du registre ou du coil
08	Erreur de transmission (suite au contrôle du CRC ou du Timing)

Question :

N° station esclave	Code fonction + bit d'erreur	Information spécifique concernant la demande	Mot de contrôle
1 octet	1 octet	n octets	2 octets

Réponse :

N° station esclave	Code fonction + bit d'erreur	Données transmises	Mot de contrôle
1 octet	1 octet	n octets	2 octets

Réponse lors d'une erreur :

N° station esclave	Code fonction + bit d'erreur	Code d'exception	Mot de contrôle
1 octet	1 octet	1 octet	2 octets

Mot de contrôle

Le **mot de contrôle** d'une trame Modbus est un **code de vérification d'erreur** appelé **contrôle de redondance cyclique sur 16 bits ou CRC16**.

- Le CRC (*Cyclical Redundancy Check*) est calculé par l'émetteur avant d'être transmis.
- Le récepteur calcule aussi un CRC avec la trame reçue et le compare avec le CRC reçu : des valeurs différentes indiqueront une erreur dans la transmission du message.

Le CRC utilisé par Modbus est basé sur un calcul utilisant un OU EXCLUSIF (XOR).

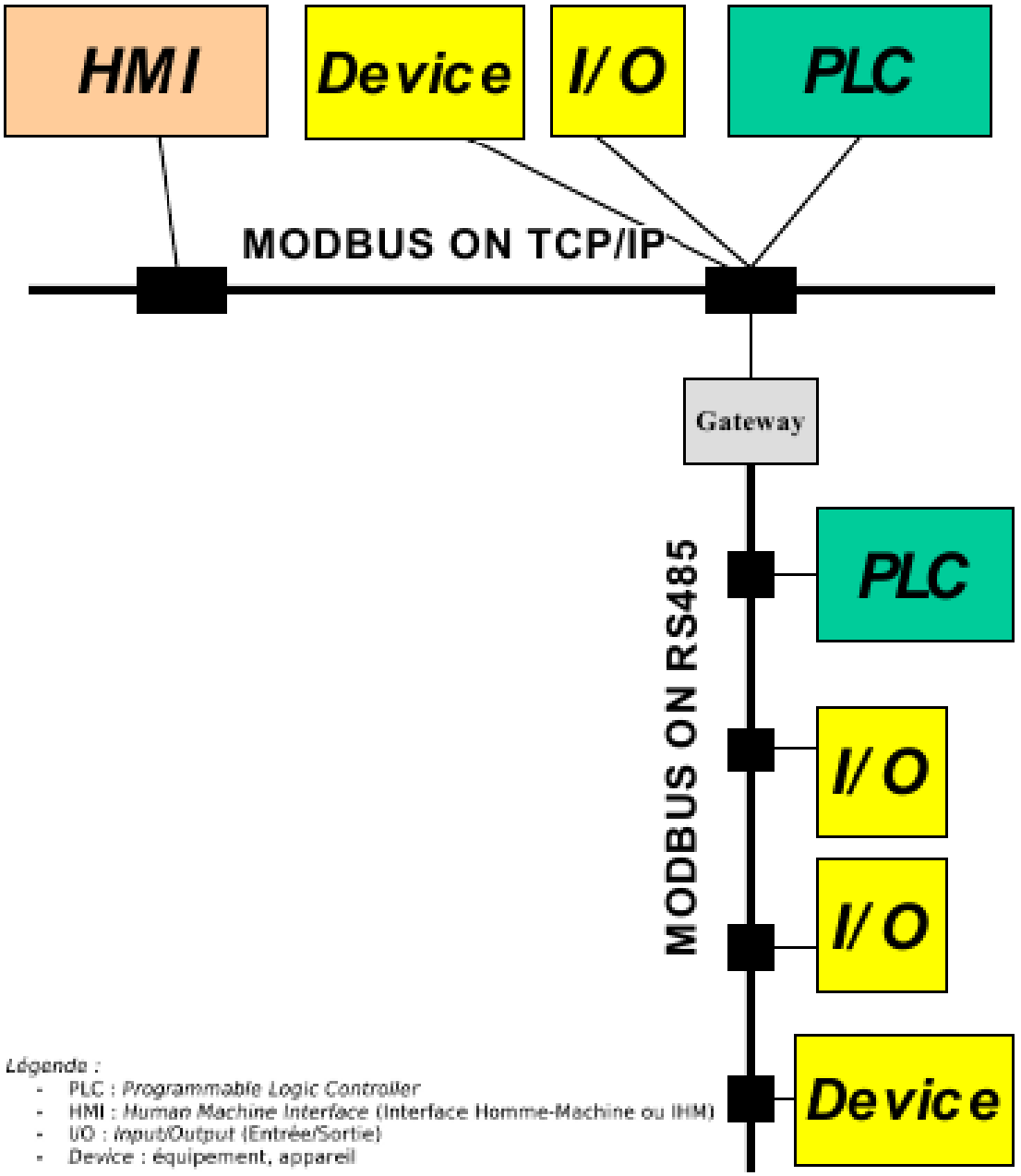
Frères des Ecoles Chrétiennes Saint-Jean-Baptiste de la Salle - Avignon

Codes de fonctions

MODBUS offre 19 fonctions différentes. Tous les équipements ne supportent pas tous les codes fonctions.

Code	Nature des fonctions MODBUS	TSX 37
H'01'	Lecture de n bits de sortie consécutifs	*
H'02'	Lecture de n bits de sortie consécutifs	*
H'03'	Lecture de n mots de sortie consécutifs	*
H'04'	Lecture de n mots consécutifs d'entrée	*
H'05'	Ecriture de 1 bit de sortie	*
H'06'	Ecriture de 1 mot de sortie	*
H'07'	Lecture du statut d'exception	
H'08'	Accès aux compteurs de diagnostic	
H'09'	Téléchargement, télé déchargement et mode de marche	
H'0A'	Demande de CR de fonctionnement	
H'0B'	Lecture du compteur d'événements	*
H'0C'	Lecture des événements de connexion	*
H'0D'	Téléchargement, télé déchargement et mode de marche	
H'0E'	Demande de CR de fonctionnement	
H'0F'	Ecriture de n bits de sortie	*
H'10'	Ecriture de n mots de sortie	*
H'11'	Lecture d'identification	*
H'12'	Téléchargement, télé déchargement et mode de marche	
H'13'	Reset de l'esclave après erreur non recouverte	

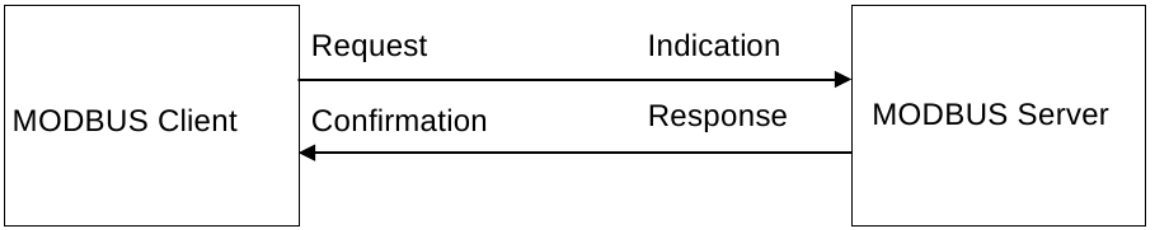
Exemple de réseaux Modbus



Client/Serveur en Modbus TCP

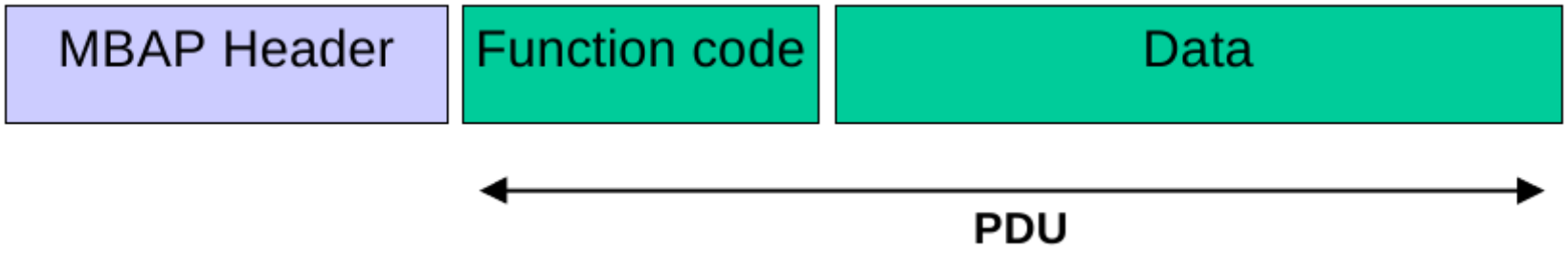
Évidemment la communication **Modbus TCP** est basée sur l'**architecture client/serveur**. Pour permettre l'établissement des connexions et l'échange de données entre équipements, le processus serveur Modbus TCP "écoute" sur le **port TCP 502**.
Le fonctionnement de base est le suivant :

- Le module client Modbus construit une requête sur la base des informations transmises par l'application
- Un module serveur Modbus est, quant à lui, chargé de recevoir les requêtes et de mettre en oeuvre des actions (de lecture et d'écriture notamment) afin d'y répondre.



Protocole Modbus TCP

Le protocole Modbus définit une « unité de données de protocole », ou PDU (*Protocol Data Unit*), indépendante des autres couches de communication. L'encapsulation du protocole Modbus sur TCP/IP introduit un champ supplémentaire le *MBAP Header*.



MBAP Header

Le contenu du *MBAP Header* est le suivant :

Fields	Length	Description -	Client	Server
Transaction Identifier	2 Bytes	Identification of a MODBUS Request / Response transaction.	Initialized by the client	Recopied by the server from the received request
Protocol Identifier	2 Bytes	0 = MODBUS protocol	Initialized by the client	Recopied by the server from the received request
Length	2 Bytes	Number of following bytes	Initialized by the client (request)	Initialized by the server (Response)
Unit Identifier	1 Byte	Identification of a remote slave connected on a serial line or on other buses.	Initialized by the client	Recopied by the server from the received request

L'adressage et le routage en Modbus TCP

Le champ "*Unit Identifier*" est utilisé pour le routage lorsqu'on s'adresse à un périphérique sur un réseau série Modbus derrière une passerelle (*gateway*) :

- Dans ce cas, le champ "*Unit Identifier*" contient l'adresse esclave de l'appareil distant. Et l'adresse IP identifie la passerelle et non l'esclave.

Sinon le champ "*Unit Identifier*" est inutile et la valeur `0xFF` doit être utilisée. C'est le cas pour les équipements sur le réseau TCP/IP qui sont identifiables par leur adresse IP.

Capture Modbus TCP

```
Source          Destination   Protocol Info
10.98.0.254     10.98.0.3     Modbus/TCP query [ 1 pkt(s)]: trans:1;
unit: 5  func: 16: Write Multiple Registers
Ethernet II, Src: (00:16:d3:64:8e:14), Dst: (00:20:4a:b2:38:6c)
Internet Protocol, Src: (10.98.0.254), Dst: (10.98.0.3)
Transmission Control Protocol, Src Port: (30261), Dst Port: (502),
Seq: 0, Ack: 0, Len: 65
Modbus/TCP                                          ——— ModbusTCP
    transaction identifier: 1                       ––– Modbus
    protocol identifier: 0
    length: 59
    unit identifier: 5
    Modbus
        function 16:  Write Multiple Registers
        reference number: 0
        word count: 26
        byte count: 52
        Data
00 20 4a b2 38 6c 00 16 d3 64 8e 14 08 00 45 00   . J.8l...d....E.
00 69 26 56 40 00 80 06 be 74 0a 62 00 fe 0a 62   .i&V@....t.b...b
00 03 76 35 01 f6 87 5a 7a 9b 04 2d 9a b8 50 18   ..v5...Zz..-..P.
ff ff 16 20 00 00 00 01 00 00 00 3b 05 10 00 00   ... .......;....
                                        ––––––
00 1a 34 24 46 31 24 4d 31 24 4c 30 34 49 6e 66   ..4$F1$M1$L04Inf
6f 72 6d 61 74 69 6f 6e 20 76 6f 79 61 67 65 75   ormation voyageu
72 20 3a 20 6c 69 67 6e 65 20 43 20 65 6e 20 70   r : ligne C en p
61 6e 6e 65 24 46 30                              anne$F0
```

Encapsulation Modbus TCP