

Agraïments

Des del moment en què vaig arribar a França, fins al dia en què escric aquestes línies, he tingut sempre l'ajuda, el recolzament i els ànims de nombroses persones a les quals m'agradaria fer referència.

En primer lloc, agrair a Hervé Rachat-Navarro, responsable del servei SC/MM, els successius intents per integrar-me al si del grup i la seua disponibilitat en relació als meus problemes i inquietuds.

Especialment vull agrair a Jacky Bouchard, el meu tutor a Michelin i un excel·lent especialista en pneumàtica, per la seua acollida, la seua paciència i amabilitat i per haver-me mostrat la importància d'aspectes no sols tècnics sinò també humans del funcionament d'una empresa i per fer-me comprendre que un enginyer ha de ser una persona amb dinamisme que estiga sempre en una posició capdavantera front als desafiaments del món del treball.

Igualment donar les gràcies a tots els membres del servei SC/MM per la seua acollida, en especial a Daniel Vetier qui m'ha ajudat molt als moments difícils, m'ha aconsellat i m'ha introduït perfectament dins del món Michelin per a dur a terme tots els procediments des de la meua arribada a la seu de Carmes.

M'agradaria agrair també a George Dos Santos i als altres companys del servei SC/MA el seu consell tècnic en la disciplina de les xarxes de camp i la seua disponibilitat en el moment de realitzar els tests i les proves amb el seu material.

A totes les persones d'ESIGELEC: Cecilia Brunel, Hélène Vincent, Catherine Duval, Sophie Houlier, Jean-Yves Ertaud i al personal de l'oficina d'estudis. Ells han fet la meua arribada a esta Gran Escola d'Enginyers més fàcil i la meua adaptació més ràpida i han tingut sempre una paraula per aconsellar-me en el moment de tria de *stage*.

No oblidaré mai totes les persones a les quals he tingut la sort de conèixer durant la meua vida francesa: els meus veïns de la residència al tercer pis Momo, Ali, Patrick i la resta, els meus amics espanyols Malena, Ahinoa, Pablo, Miguel, Dani, Dioni, Ruben, els meus companys francesos de classe... El fet d'haver tingut amics de totes les nacionalitats a suposat per a mi una increïble apertura de la meua ment al món: conèixer altres costums, altres experiències de vida, altres maneres de comprendre el món... us ho agraisc a tots.

Algu pot pensar que he oblidat alguns noms als meus agraïments... però no. Ells mereixen tindre un reconeixement especial per la seua amistat, per la seua ajuda, pel seu temps, però principalment pel seu enorme recolzament als moments difícils, sobre tot el dia que vaig rebre l'oferta de stage de Michelin. Els seus ànims son d'una importància que no és pot definir en paraules. Priscila... Hassene... Rapha... Gràcies.

Vull agrair a una preciositat de xiqueta amb qui vam començar fa quasi un any un llarg camí junts ple de dificultats a causa de la distància. Encarni, gràcies per haver estat sempre junt a mi malgrat els quilòmetres que ens han separat físicament durant aquest temps. T'e

Finalment, m'agradaria dir un «gràcies» molt intens als meus pares pel seu suport incondicional durant no sols la meua estància a França, sinò durant tota la meua curta existència. Podria dir-vos mil coses per les quals us estic agraït, des del vostre suport, passant pel vostre patiment durant els moments en què no heu tingut notícies meues, fins als vostres ànims quan estava més trist, però crec que només amb una frase ho resumisc tot. Gràcies per ser tan afortunat de tindre-vos com pares. Us estime molt

INDEX

- 1 Introducció
 - 1.1 L'estandarització a Michelin
 - 1.1.1 Política d'estandarització Michelin
 - 1.1.2 L'estandarització pneumàtica a SC/MM
 - 1.2 Històric del projecte
 - 1.3 Context de les pràctiques

- 2 Michelin
 - 2.1 Presentació
 - 2.2 Cultura d'empresa
 - 2.3 El pneumàtic
 - 2.4 Organització

- 3 Electrovàlvules i illes de distribució pneumàtica
 - 3.1 Introducció
 - 3.2 Inventari illes de distribució
 - 3.3 Síntesi

- 4 Xarxes de Camp
 - 4.1 Introducció
 - 4.2 Guies d'anàlisi dels protocols
 - 4.2.1 Ethernet Industrial
 - 4.2.1.1 Ethernet/IP
 - 4.2.1.2 ProfiNET
 - 4.2.1.3 Modbus/TCP – RTU
 - 4.2.1.4 Ethernet Industrial Temps Real
 - 4.2.1.4.1 EtherCat
 - 4.2.1.4.2 Ethernet Powerlink

4.2.1.4.3 Sercos

4.2.2 ControlNET

4.2.3 DeviceNET

4.2.4 Profibus

4.2.5 AS-i

4.3 Síntesi dels protocols

5 Proves

5.1 Configuració demanada als fabricants

5.2 Normalització ISO15407-2. Interoperabilitat

5.3 Proves de comunicació

5.3.1 Connexions

5.3.2 Mode Test

5.3.3 Comunicació PC – Servidor òlla de distribució

6 Conclusions

6.1 Anàlisi Econòmica

6.2 Futur del mercat de xarxes de camp

6.3 Evolució i restriccions

7 Balanç

7.1 Caracter Tècnic

7.2 Caracter personal

Bibliografia

Annexos

1. Introducció

La pneumàtica és la tecnologia que utilitza l'aire comprimit com a mode de transmissió de l'energia necessària per a desplaçar i fer funcionar qualsevol mecanisme.

Aquesta tècnica és una disciplina fonamental en la indústria hui en dia. Els sistemes automatitzats que empren accionadors pneumàtics són nombrosos als sectors industrials automatitzats. Qualsevol procés automatitzat té necessitat de diversos elements pneumàtics.

Els avantatges de la seua utilització són nombrosos. La facilitat en el tractament i transport de l'aire comprimit fa d'aquesta tècnica una ferramenta molt apropiada. A més, l'aire és net i els components funcionant sota l'energia pneumàtica tenen un cost relativament baix. Els elements que utilitzen l'aire comprimit no tenen grans riscos de deterioració per sobrecàrrega. Un altre aspecte positiu és que l'aire és poc sensible a les variacions de temperatura. Finalment, les fuites d'aire no són gens contaminants. En general, l'utilització de la pneumàtica és ideal en medis explosius.

Malgrat aquests avantatges, també trobem alguns inconvenients. Per a conservar la puresa de l'aire i evitar l'entrada d'elements perillosos al sistema, fa falta afegir elements que proveeixen una filtració correcta. La potència de treball que produeix és escassa, i per a esforços importants és preferible l'utilització de l'energia hidràulica. Les escapades d'aire són sorollosos; en conseqüència cal afegir silenciadors per a evitar el soroll. La producció d'aire comprimit resulta prou cara donat que no trobem aire comprimit en la naturalesa i cal que siga tractat per compressors.

La pneumàtica té nombroses aplicacions a la vida quotidiana: perforadores industrials, utilitatge per a dentistes, sistemes d'obertura de portes als trens, amortidors d'automòbils...

Des de fa alguns anys l'aparició de les noves tecnologies de la informació ha revolucionat el món de l'automatització industrial en general, i el de la pneumàtica en particular. Les necessitats de comunicació, cada vegada més exigents, entre les eines de control industrial (autòmats programables industrials) i els elements que intervenen al procés de fabricació han fet desenvolupar solucions específiques a la disciplina de les xarxes informàtiques. Es parla de la creació del concepte «xarxa de camp». Els alts nivells de rendiment d'aquest tipus de xarxes afegides a les garanties de seguretat que ofereixen les implementacions actuals han franquejat la barrera sempre difícil de l'accés al domini industrial.

1.1. L'Estandarització a Michelin

L'estandarització es el procediment mitjançant el qual definim un estàndar, és a dir, una sèrie de normes ja siga per a actuar d'una mateixa manera, per desenvolupar un producte universal per a tothom o per establir un protocol de xarxa de camp on es descriuen els mecanismes per establir una comunicació entre dos elements.

1.1.1. Política d'estandarització Michelin

Dins del pla «Horizon 2010» posat en marxa per Michelin un dels objectius prioritaris és la reducció de costos de producció.

Per a avastar açò, un dels aspectes més importants és atacar al punt central de la fabricació del pneumàtic, és a dir, les màquines que produeixen eixe pneumàtic donat la magnitud

de la inversió que l'empresa realitza en el seu parc de màquines. Michelin va adoptar una política de «design-to-cost», és a dir, realitzar nous estudis sobre les màquines antigues i actuals de manera que es reduisca el cost del seu disseny i desenvolupament.

1.1.2. L'estandarització pneumàtica a SC/MM

Ara es descriurà el procediment d'estandarització dins del domini de la pneumàtica. L'estandarització pneumàtica és un procés complex pel que fa a temps (entorn a 6 mesos) i a les etapes necessàries per a completar-lo (veure fig. 1.1).

En un primer moment, per llançar l'estudi d'estandarització cal que hi haja una demanda real d'allò que es vol estandaritzar. A més, s'ha d'observar una evolució dels components, dels costos i de les normes existents. Finalment s'analitza allò que està disponible al mercat al moment del començament.

Després d'aquest primer pas comença el treball que conduirà al pre-estudi. Caldrà, doncs, presentar el fet que motiva la futura estandarització. A continuació, la consulta de normes ISO, VDMA o CNOMO resulta inevitable; els productes i elements analitzats han de mantindre sempre una especificació d'acord amb les normes estàndar per entrar en Michelin.

Una vegada que s'han considerat les normes i els productes existents, es redacta un quadre d'especificacions propi de Michelin. Aquest document s'envia als fabricants per conèixer quins estan en disposició de respondre a les exigències tècniques de Michelin.

Aleshores, s'està preparat per a redactar el pre-estudi amb totes les conclusions. Però no és aci on s'acaba l'estandarització. Aquest document s'envia a un equip d'especialistes en la matèria a estandaritzar per a rebre una aprovació. Si després de l'anàlisi del document la majoria de membres d'aquest equip està d'acord, la redacció de la decisió d'estandarització dels components implicats pot iniciar-se.

Després de la realització de la decisió d'estandarització, encara queda un important treball per fer: creació de targetes d'identitat de cada producte, d'un quadre d'especificacions per a la biblioteca de components Michelin i una fitxa tècnica de cada component.

Finalment, els productes estandaritzats queden disponibles per als 1500 usuaris del grup Michelin a tot el món i per a les 500 subcontractes exteriors. També són catalogats seguint les nomenclatures del grup. Poden ser utilitzats pels compradors i ser substituïts amb el codi Michelin sota el sistema que gestiona les peces de recanvi.

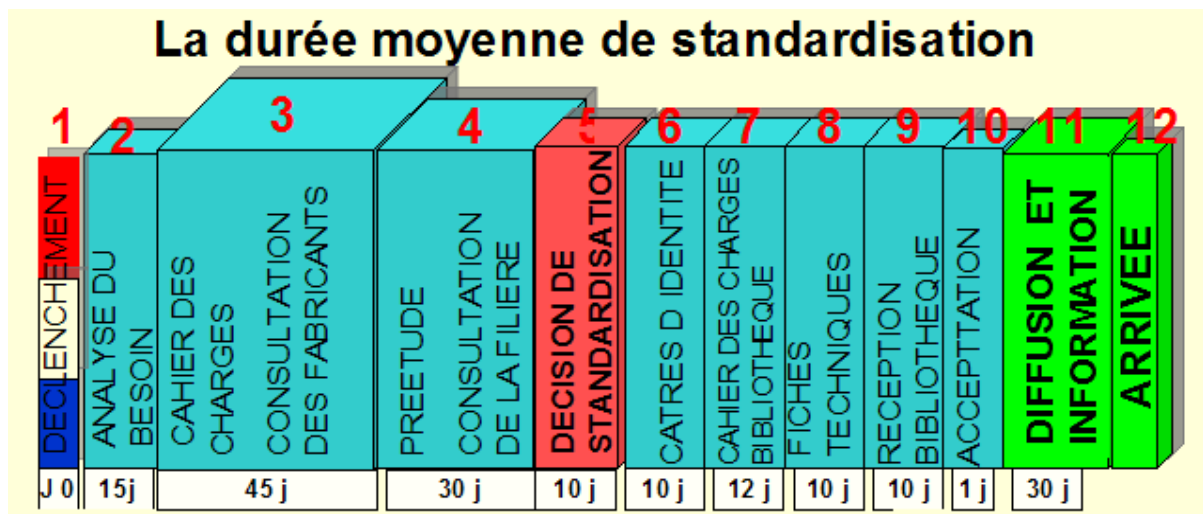


Fig. 1.1 – Etapes i durada de l'estandarització pneumàtica

1.2. Històric del projecte

Com a resultat de l'estudi d'estandarització pneumàtica en 2001 dut a terme per Daniel Vetier i Alain Astier, l'illa de distribució HF03 (veure fig 1.2) de Bosch-Rexroth va estar triada com a estàndar Michelin.

En relació a les xarxes de camp, el protocol DeviceNet va ser l'elecció per a la comunicació entre els autòmats programables industrials i els elements de distribució pneumàtica. Cal afegir que en aquesta època Bosch oferia també la possibilitat del protocol CompoNet. Malgrat aquestes opcions, les connexions fil a fil tradicionals eren possibles afegint un mòdul Sub-D de 19 o 25 pins.



Fig. 1.2 – Illa de distribució HF03 Bosch-Rexroth

1.3. Context de les pràctiques

L'estandarització és un procediment obert a l'evolució dels components i normes existents. Conseqüentment, és necessari realitzar un estudi d'estandarització amb una certa periodicitat.

Els canvis dels mercats i l'aparició de noves generacions de components més desenvolupats i adaptats fan aconsellable un període de 5 o 6 anys per a la realització d'un nou estudi.

L'existència de les normes ISO 15407-1/2, ISO5599-1/2, VDMA i CNOMO en relació al pla d'instal·lació normalitzat a les electrovàlvules pneumàtiques, i l'importància cada vegada més gran de les illes de distribució amb mòduls xarxa de camp en l'automatització han estat les línies principals sobre les quals s'han desenvolupat aquestes pràctiques d'empresa.

El resultat del treball en aquestes pràctiques és el document que correspon al pre-estudi d'estandarització de les illes de distribució pneumàtica connectades en xarxa.

2. Michelin

La «Manufacture Française de Pneumatiques Michelin» (MPFM) és una empresa mundial nascuda a Clermont-Ferrand (França) gràcies a André i Edouard Michelin qui crearen «Michelin et cie.» en 1889. Des de fa més d'un segle Michelin és una societat al servei de la mobilitat: el desenvolupament del primer pneumàtic desmuntable en 1981, el primer automòbil equipat de pneumàtics en 1895, la construcció d'avions per la Primera Guerra Mundial en 1910, la participació en la indústria ferroviària amb la «Micheline» en 1931 o la patent del pneumàtic radial en 1946 són alguns exemples del recorregut històric de l'empresa. Un esdeveniment molt important arriba en 1898 amb el naixement de Bibendum. Aquesta mascota ha esdevingut la imatge inseparable de Michelin per tot el món.

2.1. Présentation de Michelin

Michelin té com principi d'activitat la concepció, desenvolupament, fabricació i distribució de pneumàtics. A més, genera un conjunt de serveis directament relacionats a la mobilitat com plànols i les guies, ViaMichelin, serveis als transport i una línia de productes promocionals sota el nom de *Michelin LyfeStyle*.

Michelin té una implantació internacional als 5 continents amb una presència comercial en més de 170 països i una activitat industrial desenvolupada a les 68 fàbriques de producció al món (veure fig. 2.1). L'empresa té un centre de tecnologia distribuït en 3 seus: Amèrica del Nord, Europa (Ladoux – Clermont-Ferrand) i Japó. A més, dos plantacions d'heveas a Brasil completen el conjunt de localitzacions Michelin al món.



Fig. 2.1 – Implantació industrial de Michelin

Una estructura tan gran i complexa fa que Michelin tinga necessitat d'una gran quantitat de treballadors per estar present al llarg dels 5 continents. L'efectiu humà de l'empresa compta amb 115.755 persones la majoria de les quals estan contractades en França. Com a exemple podem destacar que la seu social reuneix entorn a 13.000 assalariats a les diferents localitzacions de Clermont-Ferrand.

Michelin representa hui un grup dins del qual existeixen diverses marques a més de la principal. L'establiment ha organitzat les seues games de productes entorn a una oferta multimarca per a respondre d'un mode més adaptat als diferents mercats i segments de clients;

Michelin i BFGoodrich estan presents en tot el món, per contra Kleber té un mercat més dirigit a Europa; Taurus desenvolupa pneumàtics per a vehicles agrícoles; Pneu Laurent s'encarrega de la reutilització i reciclatge per a aconseguir nous pneumàtics.

Pel que fa a les xifres clau de l'empresa, en 2006, MFPM ha produït 190 milions de pneumàtics repartits entre totes les games i ha imprès 15 milions de plànols i guies. D'altra banda, la xifra de negoci de 16.400 milions d'euros¹ en el conjunt de 2006 i els resultats positius del primer semestre de 2007 de 8.402 milions d'euros² mostren la dimensió de Michelin al mercat mundial del pneumàtic, sobre tot en Europa i Amèrica del Nord on el percentatge d'aquestes dades és superior. El creixement de les potències asiàtiques és un futur camp de desplegament de la venda de productes Michelin. Es pot observar l'evolució en la figura 2.2.

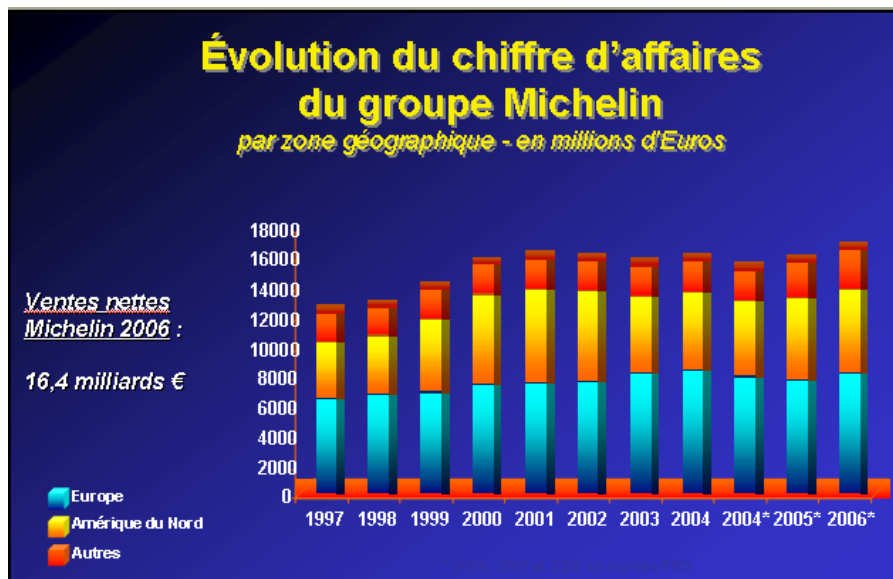


Fig. 2.2 – Evolució del volum de negoci de Michelin

Michelin se situa com la segona manufactura de pneumàtics del món amb una quota de mercat del 17,7 %.

2.2. Cultura d'empresa

La societat atorga una importància clau al desenvolupament de la seua cultura d'empresa entorn de la mobilitat i el seu «savoir-faire» en la manufactura del pneumàtic i també a la seua imatge de marca.

La missió de Michelin és «contribuir al progrés de la mobilitat, dels béns i de les persones, facilitant la llibertat, la seguretat, l'eficàcia i també el plaer de desplaçar-se». El grup mostra aquesta idea sempre amb la seua imatge institucional mitjançant l'eslògan «La millor manera d'avançar» traduït a totes les llengües dels països on Michelin està present per reforçar el caràcter mundial de l'empresa.

El Grup Michelin recolza el seu desenvolupament sobre cinc valors:

- respectar els clients: ells són el principal aspecte a Michelin. L'evolució depèn de la capacitat de satisfer el client al llarg del temps.

¹Vendes netes abans d'impostos

² Es pot consultar els resultats [ací](http://www.michelin.com/corporate/front/templates/affich.jsp?codeRubrique=32&codePage=PAG_RES_1&lang=EN): (http://www.michelin.com/corporate/front/templates/affich.jsp?codeRubrique=32&codePage=PAG_RES_1&lang=EN)

- respectar les persones: intentar avançar harmoniosament amb tots els participants dins del creixement i l'expansió de l'empresa, és a dir, integrar-se a la societat on Michelin està present.
- respectar l'accionariat: assolir un nivell de benefici suficient per recompensar el risc i la inversió de l'accionariat.
- respectar el medi ambient: posar en marxa totes les mesures necessàries per obtenir una mobilitat sostenible.
- respectar els esdeveniments: mantindre una exigència d'objectivitat i honestedat intel·lectual és una condició ineludible al progrés.

L'estratègia de l'empresa es compon de cinc orientacions que dirigeixen la seua política industrial cap a l'expansió i el creixement. Aquestes orientacions són coherents amb els valors abans esmentats:

- I. Posar el «savoir-faire» i la passió per la disciplina del pneumàtic al servei de la mobilitat. Transformar l'empresa més innovadora en aquest camp del pneumàtic i en els serveis associats.
- II. Oferir als clients la millor qualitat de producte i servei, al millor preu, en cada segment de mercat on es decidisca treballar.
- III. Cercar el creixement i l'expansió de les persones a l'exercici de les seues responsabilitats. Desenvolupar la diversitat humana de l'empresa.
- IV. Incrementar sosteniblement el valor de l'empresa maximitzant la rendibilitat de les activitats i de les inversions.
- V. Ser una empresa harmoniosament integrada en la societat. Exercir plenament les responsabilitats del grup practicant els seus valors.

La imatge i la comunicació són aspectes essencials de la MFPM. Des dels primers passos de la societat, els germans Michelin han donat una importància molt forta a la publicitat dels productes. El màxim exponent d'aquest fet és Bibendum.

Creat de la imaginació dels germans Michelin i els pincells d'O'Gallop, el ninot és indissociable de la marca Michelin des de fa més d'un segle. La figura de Bibendum és el millor identificador del Grup. Ell s'encarrega, sempre amb un somriure i bon humor, de promocionar els productes i de donar-los valor. Però la mascota ha evolucionat amb el temps i amb els canvis al si de l'empresa. Els primers cartells de Bibendum mostren una imatge agressiva la qual serveix per a comunicar les característiques de resistència i fiabilitat dels primers pneumàtics. No obstant això, les últimes evolucions mostren una imatge amable, simpàtica i més estilitzada per adaptar-se a l'època actual on Michelin ha definit valors de respecte i desenvolupament sostenible.

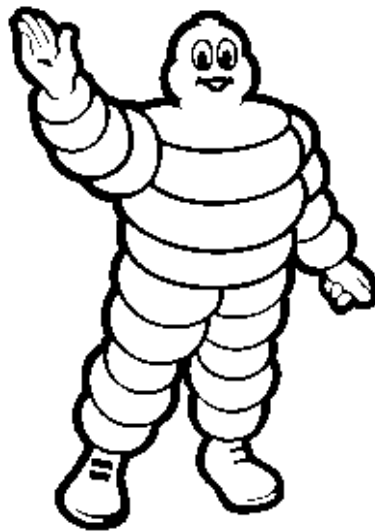


Fig. 2.3 - Evolució de Bibendum des de la seua creació fins l'actualitat

2.3. El Pneumàtic

El principal camp d'acció a Michelin és el pneumàtic. La seua fabricació és el nucli de l'activitat de la manufactura. A més, el «savoir-faire» del gup està representat al llarg de tot el procés de desenvolupament d'un pneumàtic.

La primera observació d'un pneumàtic mostra una forma rodona de cautxú, però malgrat aquesta simplicitat aparent, el pneumàtic és un producte complex de alta tecnologia. Més de 200 elements formen part de la seua composició, repartint-se en cinc famílies:

- Cautxú natural, element principal de les bandes de rodament dels pneumàtics de vehicles pesats.
- Cautxú sintètic, element essencial de les bandes de rodament dels turismes.
- Negre de carbó i silici, emprats com càrrega reforçadora per augmentar especialment la resistència a l'usura i l'eficàcia energètica.
- Cables tèxtils i metàlics, que formen l'esquelet del pneumàtic i li permeten resistir els esforços al llarg de la seua vida útil
- Diferents agents químics necessaris per conferir al pneumàtic propietats afegides.

A més, si es talla un pneumàtic per observar la seua estructura (veure fig. 2.4), es pot comprendre millor la complexitat inherent al producte. Cal que responga a nombroses característiques: adherència, comportament en carretera, confort, eficàcia energètica i preu de cost per quilòmetre.

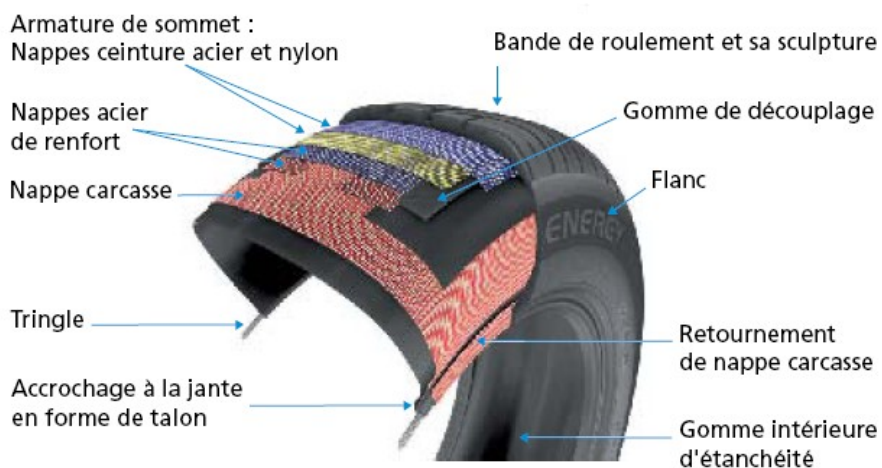


Fig. 2.4 – Estructura interna d'un pneumàtic

La contribució del pneumàtic a la mobilitat i al transport és tan important que aquest producte ha d'assegurar múltiples funcions: rodar, suportar la càrrega del vehicle, assegurar la direcció, transmetre els parells motor i fre, amortir les irregularitats de la carretera, dissipant la menor energia possible. Suposa l'únic punt de contacte entre vehicle i calçada; el lloc que ocupa en la seguretat del vehicle i dels passatgers és fonamental. A més, si es vol assegurar un alt rendiment industrial en relació als clients, un pneumàtic ha de tindre una vida tan llarga com siga possible, és a dir, ha de durar en el temps.

La complexitat del pneumàtic imposa procediments de fabricació d'una gran precisió. L'obtenció sistemàtica del nivell de qualitat òptim es fonamenta sobre un control molt estricte de múltiples paràmetres. El sistema Michelin de control de qualitat és aplicat amb el mateix rigor en totes les fàbriques del grup, per garantir un nivell constant, a qualsvol lloc de fabricació i la marca sota la qual el pneumàtic siga comercialitzat. La qualitat és un treball realitzat per tècnics que controlen mitjançant les tècniques més modernes el compliment dels estàndars de qualitat Michelin.

2.4. Organització

Cada tipus de pneumàtic té característiques pròpies que el fan diferent dels altres. En conseqüència, cal definir una estructura dedicada exclusivament a les necessitats concretes del producte.

Michelin desenvolupa Línies de Producte (LP) per cadascun dels seus productes. Cada LP elabora, desplega i posa en marxa la estratègia mundial de la seua família de productes. Les LP estan encarregades de proveir el producte final als mercats. Les més importants al si de l'empresa per volum de producció i demanda són la LP Turisme i Camionetes i la LP Camions de gran tonatge.

Cadascuna d'aquestes dues LP tenen també una estructura anomenada Unitat Operacional Tàctica (UOT) que té per objectiu analitzar els mercats del seu tipus de pneumàtic i aleshores intentar trobar noves oportunitats i proposar una estratègia a la seua LP. A més cada UOT ha de desenvolupar, fabricar i comercialitzar la seua categoria de productes i, finalment, garantir el rendiment dels seus productes. Cal remarcar que les UOT tenen una importància molt gran ja que agrupen tots els acotrs implicats a Michelin (màrqueting, desenvolupament, fabricació i venda) i decideixen, per exemple, la declinació de games i la programació i desplegament de les seues capacitats industrial.

Els pneumàtics especials tenen la seua pròpia LP, és a dir, els pneumàtics d'avió, vehicles de mineria i enginyeria civil, motocicletes i components. Aquestes games de productes estan sota

la responsabilitat de la Direcció de la Línia de Producte Especialitzat.

Per a les altres activitats que no tenen relació amb la fabricació del pneumàtic no existeix una LP pròpia, però es desenvolupa també una línia que està dedicada als altres serveis tan importants a Michelin com els Plànols i Guies, ViaMichelin i Michelin Lyfestyle Ltd.

La distribució i comercialització també està present a l'empresa. L'organització disposa de xarxes de venda, distribució i serveis relacionats amb el pneumàtic: Euromaster a Europa i TCI a Amèrica del Nord.

El Centre de Tecnologies Michelin, pol de Recerca i Desenvolupament del Grup, comprèn tres centres principals situats a França, Estats Units i al Japó. El centre ha de generar i materialitzar les innovacions tecnològiques associant producte i procediment i posar les competències científiques i tècniques al servei de les UOT i, conseqüentment, de les LP.

El suport funcional està assegurat per deu serveis Grup: Compres, Auditoria, Medi Ambient i Prevenció, Finances, Institucional i Comunicació, Jurídic, Personal, Qualitat i Organització, Cadena de subministrament, Sistemes d'Informació. Més recentment creats, les Direccions de Rendiment Industrial (DPI en francès) i de Màrqueting i Vendes aporten el seu coneixement de la seua especialitat, defineixen l'estàndar Grup i generalitzen la seua aplicació per tot el món.

Finalment, la coherència de les polítiques i els plans d'acció del Grup estan assegurades a nivell regional per cinc estructures «Zones geogràfiques» a Europa, Amèrica del Nord, Amèrica del Sud, Asia-Pacífic i Africa/Orient-Mitjà.

El marc d'aquestes pràctiques ha tingut lloc a una de les dues direccions abans esmentades, concretament al si de la DPI. La denominació d'aquesta direcció estava a punt de canviar de DPI a DPPI a causa de la reestructuració duta a terme a partir de Setembre 2007.

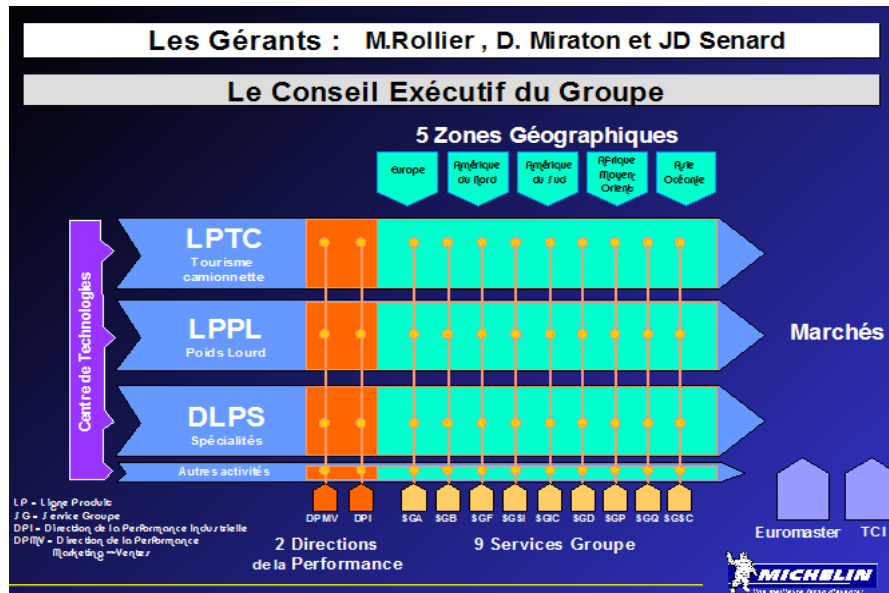
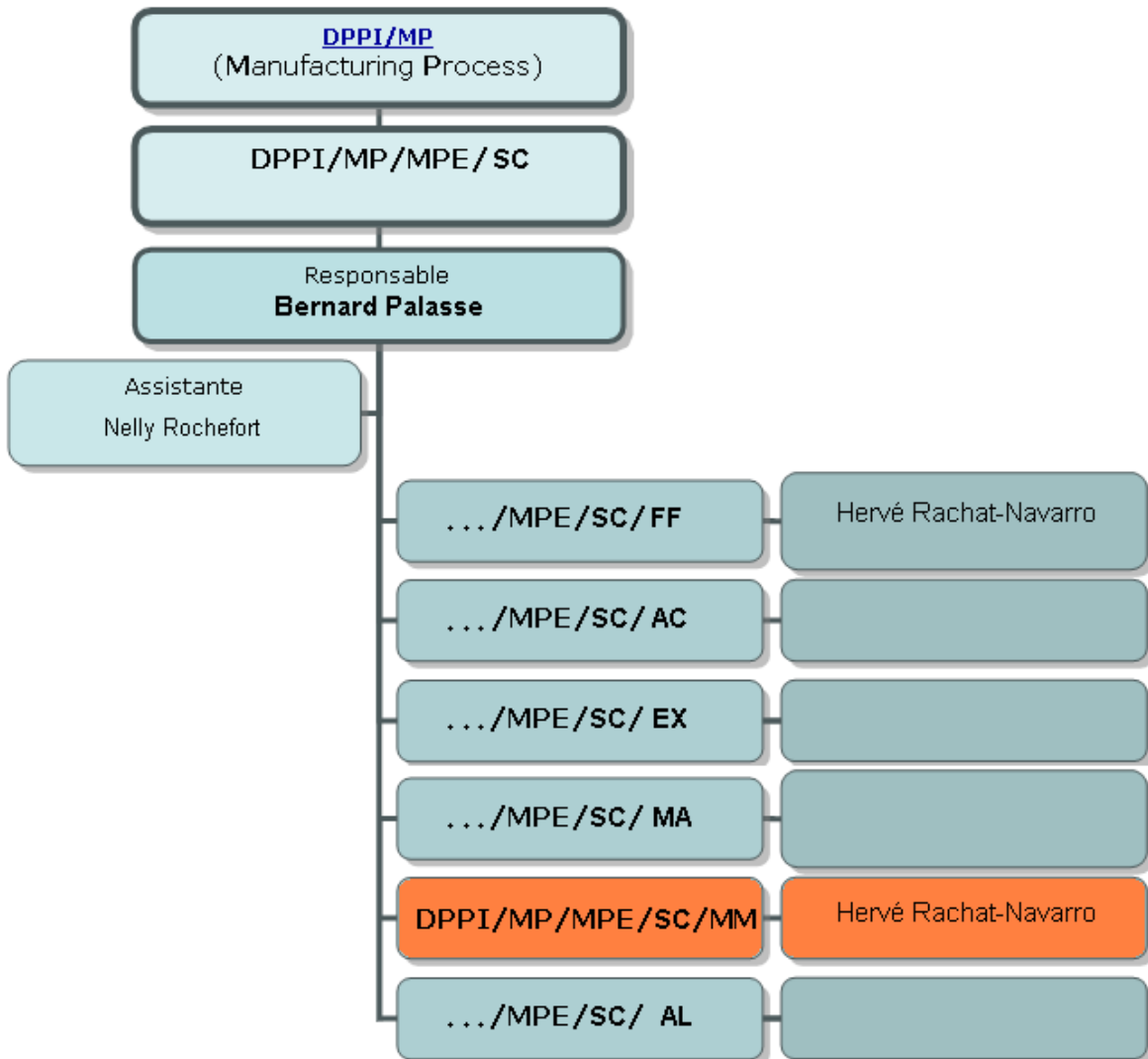


Fig. 2.5 - Visió global de l'organització Michelin

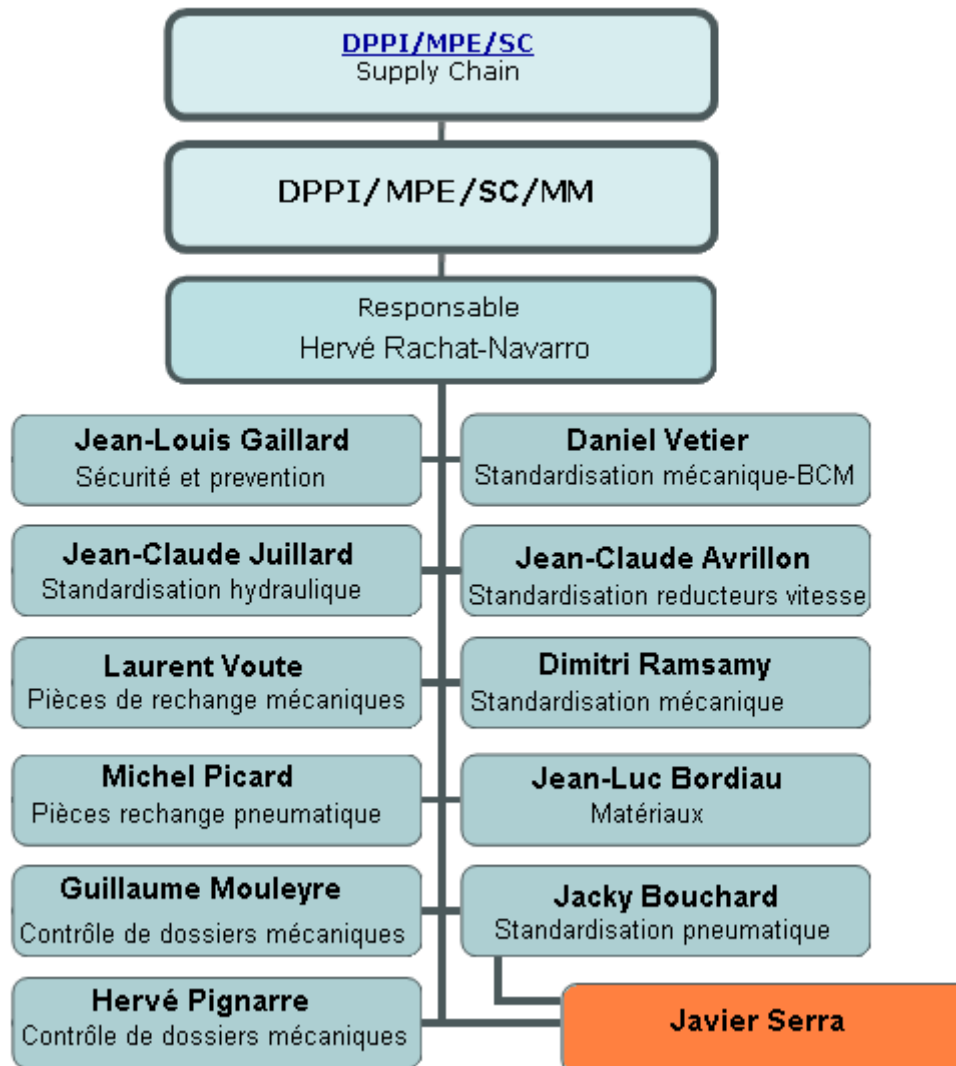
A continuació es mostren els organigrames des del nivell jeràrquic més alt fins al nivell on està situat el servei DPPI/MP/SC/MM (Mètodes Mecànics).

Organigramme DPPI/MPE/SC



El projecte s'ha desenvolupat principalment al servei SC/MM (Mètodes Mecànics). No obstant això, ha existit un diàleg constant amb el servei SC/MA (Mètodes Automàtics), en concret amb George Dos Santos, encarregat de l'estandarització dels automatismes i xarxes de camp.

Organigramme DPPI/MPE/SC/MM



SC/MM és el servei dedicat a l'estandarització mecànica. A més, els membres de Mètodes Mecànics tenen una funció d'ajuda i assistència tècnica al conjunt del Grup dins del seu domini de competència. Una anàlisi més completa dona com a resultat la classificació dels treballadors d'aquest servei en tres línies: la gestió de peces de recanvi encarregada de la codificació i del sistema P01, l'estandarització mecànica pròpiament dita que realitza els estudis d'estandarització dels components i, finalment, el control dels plànols mecànics la funció principal del qual és l'anàlisi i millora dels dissenys de les màquines industrials.

Jeràrquicament, el projecte ha estat realitzat sota la responsabilitat de Jacky Bouchard, encarregat de l'estandarització pneumàtica i també d'Hervé Rachat-Navarro, responsable del servei SC/MM.

3. Electrovàlvules i ïlles de distribuci3 pneumàtica

En aquest punt es presenta les electrovàlvules pneumàtiques, les ïlles de distribuci3 i la seua relaci3 amb la norma ISO15407-2. A m3s es realitza l'inventari de l'estat del mercat al moment de la redacci3 del pre-estudi d'estandaritzaci3 pneumàtica. Finalment s'extreu una s3ntesi de les soluci3s exposades a l'inventari i es crea un quadre d'especificacions per a seleccionar els proveïdors millor posicionats.

3.1. Introducci3

Una electrovàlvula pneumàtica 3s un pre-accionador que sota l'acci3 de l'aire permet obrir i tancar un o m3s circuits pneumàtics. L'acci3 de l'aire desplaça un mecanisme que actua de corredissa i orienta el pas de l'aire.

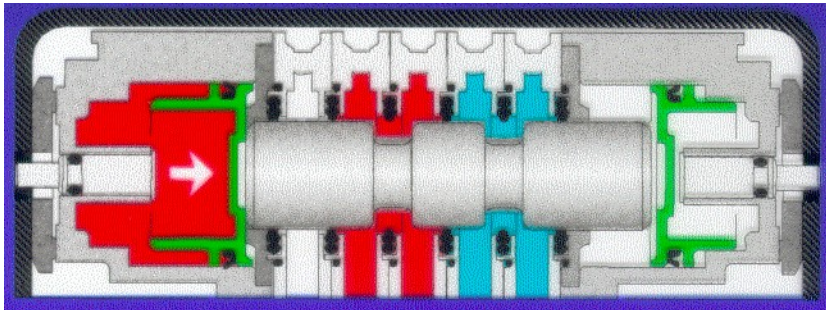


Fig. 3.1 – Esquema d'electrovàlvula amb corredissa

La funci3 habitual d'aquest element 3s desenvolupar i distribuir l'aire a les canalitzacions que assoleixen les cambres del cilindre pneumàtic. Es pot dir que una electrovàlvula pneumàtica 3s el pre-accionador associat a un cilindre pneumàtic en la majoria d'ocasions.

La representaci3 d'una electrovàlvula s'efectua amb l'ajuda de quadres. Existeixen tants quadres com posicions possibles. A l'interior dels quadres, es representa les vies de pas de l'aire per a cadascuna de les posicions. Aquestes vies tenen cadascuna un nombre que representa el rol de les vies a l'electrovàlvula (veure fig. 3.2)

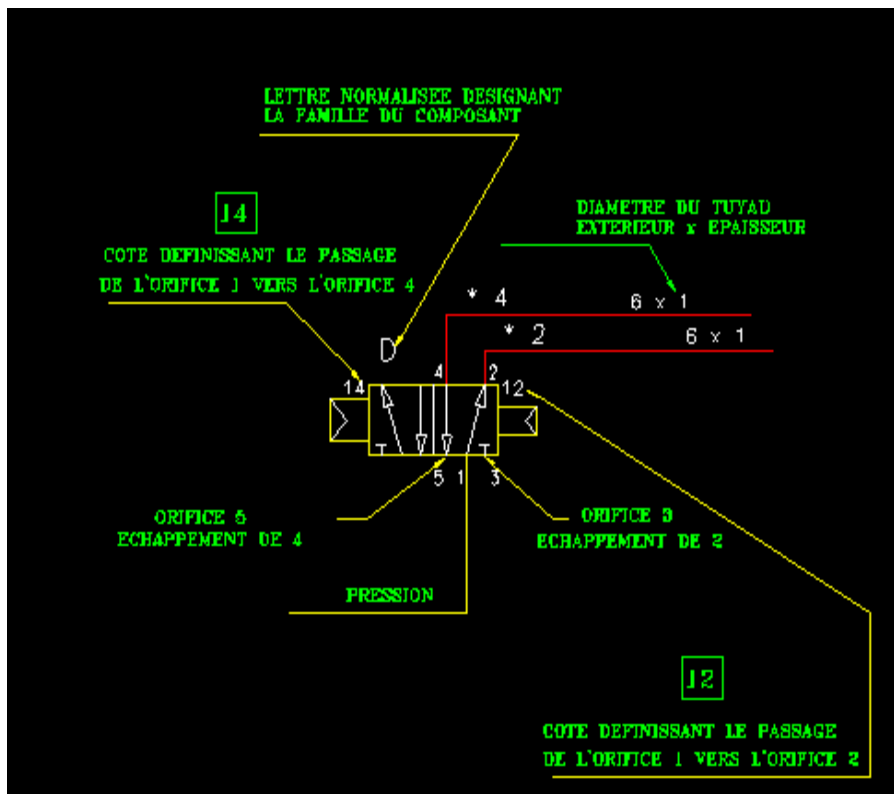


Fig. 3.2 - Nomenclatures de les vies d'una electroválvula

Per caracteritzar una electrovàlvula, és necessari definir el nombre de vies o orificis així com el nombre de posicions (per exemple una electrovàlvula 3/2: aquesta electrovàlvula comprèn 3 orificis i 2 posicions). Es pot observar la nomenclatura de les electrovàlvules en la figura següent.

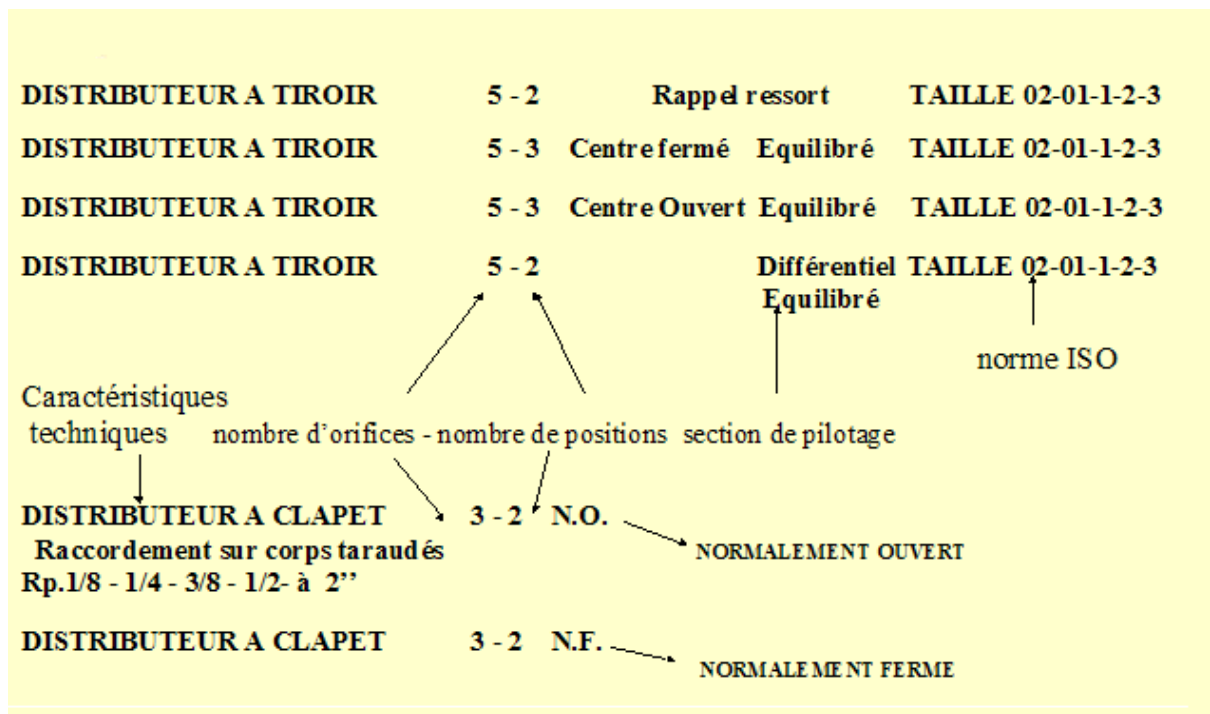


Fig. 3.3 – Esquema de nomenclatures d'una electrovàlvula, realitzat per J. Bouchard

En relació al pilotatge de les electrovàlvules, existeixen diferents tipus. Primer, es troben dos tipus d'electrovàlvula: monoestable, l'electrovàlvula torna a la posició original des del moment en què deixem d'aplicar el senyal, o biestable, on l'electrovàlvula manté la seua posició en absència de senyal (funció memòria). El pilotatge pot ser realitzat de tres maneres: pneumàtic, elèctric o manual. En el marc d'aquest treball s'han estudiat les electrovàlvules pilotades elèctricament i també, la utilització de comandaments manuals. Els comandaments manuals auxiliars faciliten la intervenció de posada a punt a les màquines.

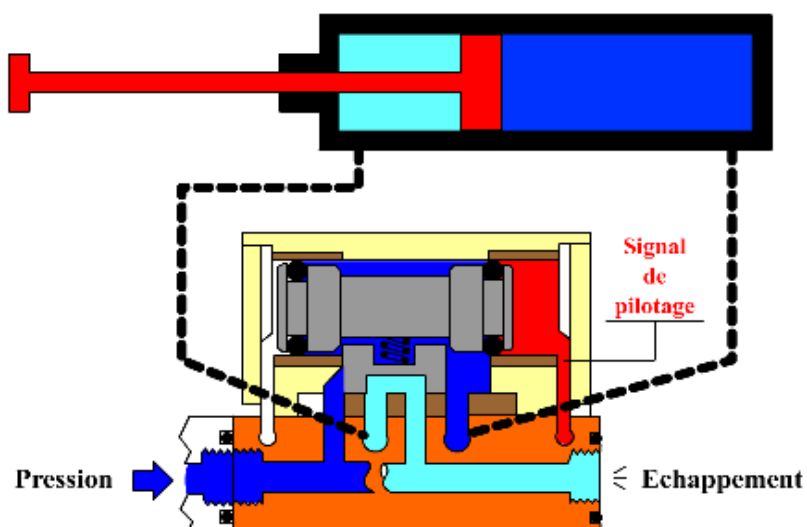


Fig. 3.4a – Etapa d'alimentació d'aire d'un cilindre pneumàtic

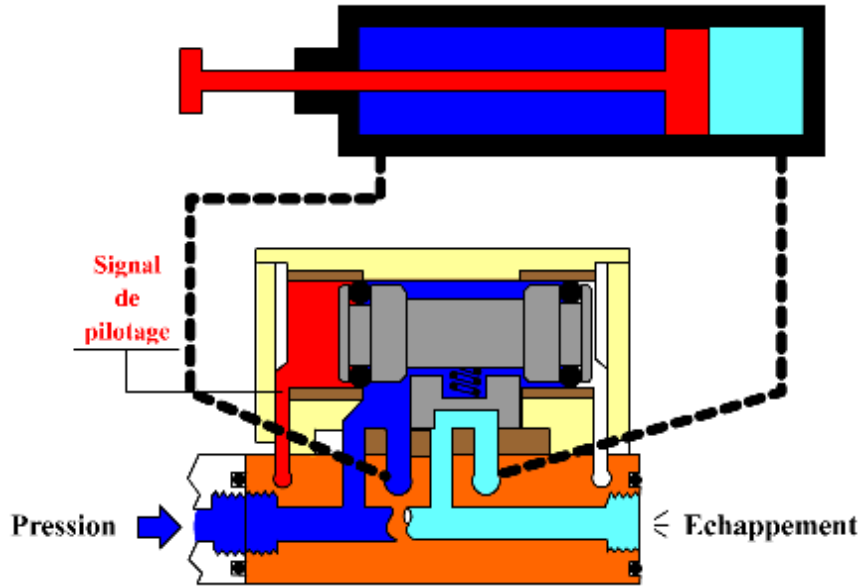


Fig. 3.4b – Etapa de fuga d'aire d'un cilindre pneumàtic

Les electrovàlvules pneumàtiques s'instal·len sobre embasos amb pla d'instal·lació normalitzat segons les diferents normes ISO. Les normes relacionades amb la distribució pneumàtica i els embasos són les següents: ISO5599-2, ISO5599-1, ISO15407-1 i 15407-2. Defineixen la talla de les electrovàlvules i dels embasos, i també les talles i el disseny dels orificis de l'embase. Les normes ISO15407 i les ISO5599 tenen diferències respecte a la talla, i conseqüentment, en el cabal d'aire que l'electrovàlvula pot gestionar. Les talles més grans (talles 1,2 i 3) són a la norma ISO5599, mentre que les talles més petites (talles 01 i 02) estan definides a la norma ISO15407-2 (veure fig. 3.5).

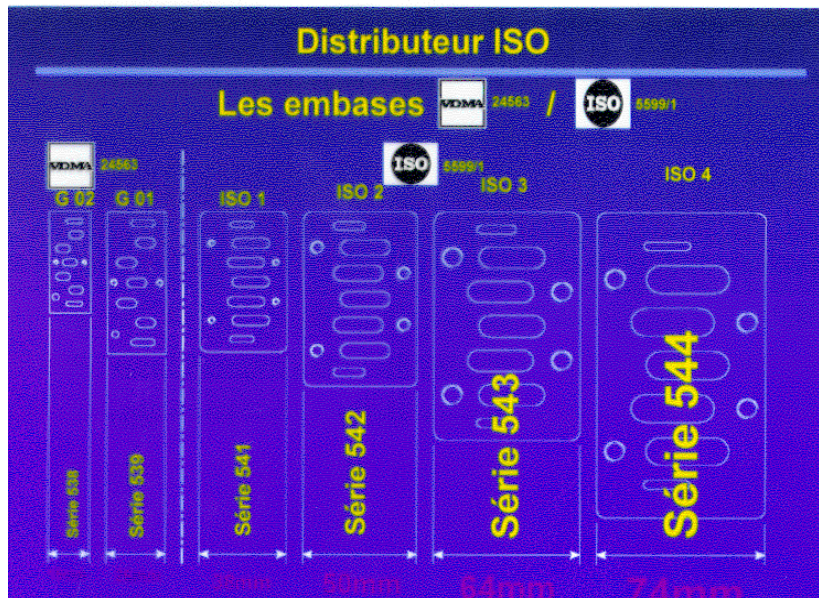


Fig. 3.5 – Esquema del pla d'instal·lació normalitzat per a les normes ISO

Aquestes normes inclouen, a més, el pla d'instal.lació elèctrica amb una connexió estàndar M12 a l'electrovàlvula i a l'embase (veure figs. 3.6 i 3.7).

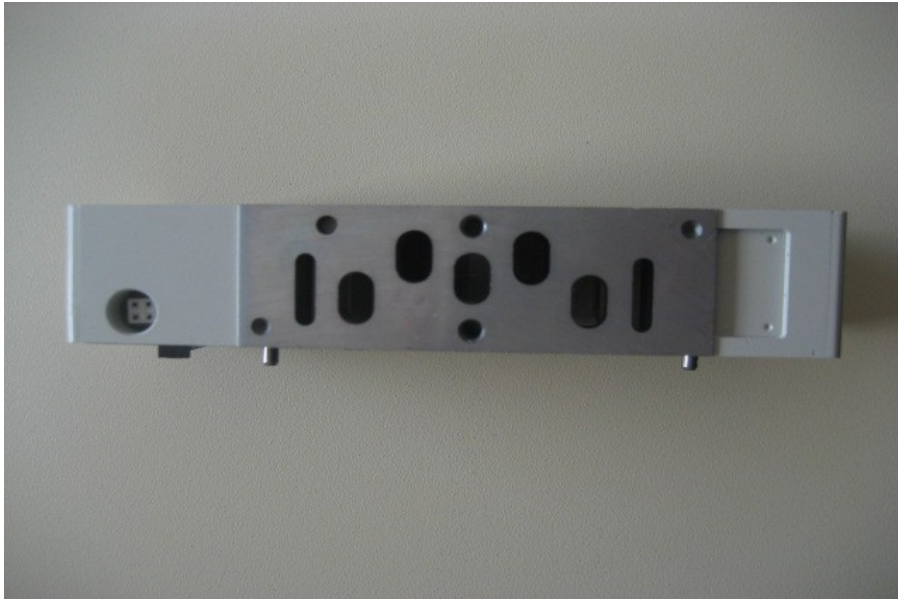


Fig. 3.6 – Vista del pla d'instal.lació normalitzat amb connexions M12 per a l'embase



Fig. 3.7 – Pla d'instal.lació normalitzat amb connexions M12 per a l'electrovàlvula

Un illa de distribució és un conjunt compost de dos parts. D'una banda, un nombre d'embasos determinat on afegir les funcions pneumàtiques amb les fuites d'aire tots en la mateixa direcció. De l'altra banda, una configuració dels mòduls elèctrics, dels mòduls de configuració de xarxes de camp i dels mòduls E/S per realitzar el pilotatge de les electrovàlvules i enviar les informacions d'estat o diagnòstic cap als elements de control industrial i automatismes.

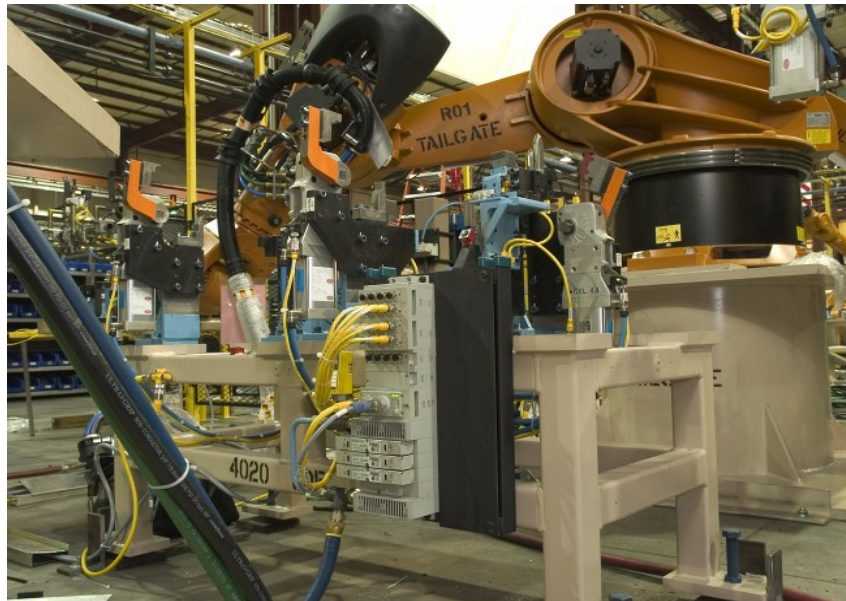


Fig. 3.8 – illa de distribució al costat d'un robot

L'avantatge dels illes de distribució és la reducció del volum ocupat per part de les funcions pneumàtiques. Per exemple, en un armari on co.loquem 50 electrovàlvules independents, podem posar 10 illes de distribució, amb 32 bobines per illa, el que redueix considerablement l'espai utilitzat pels elements pneumàtics. A més, la utilització dels mòduls de bus de camp permet una reducció del cablejat i una major eficàcia per als mecanismes de control i enviament d'informació.

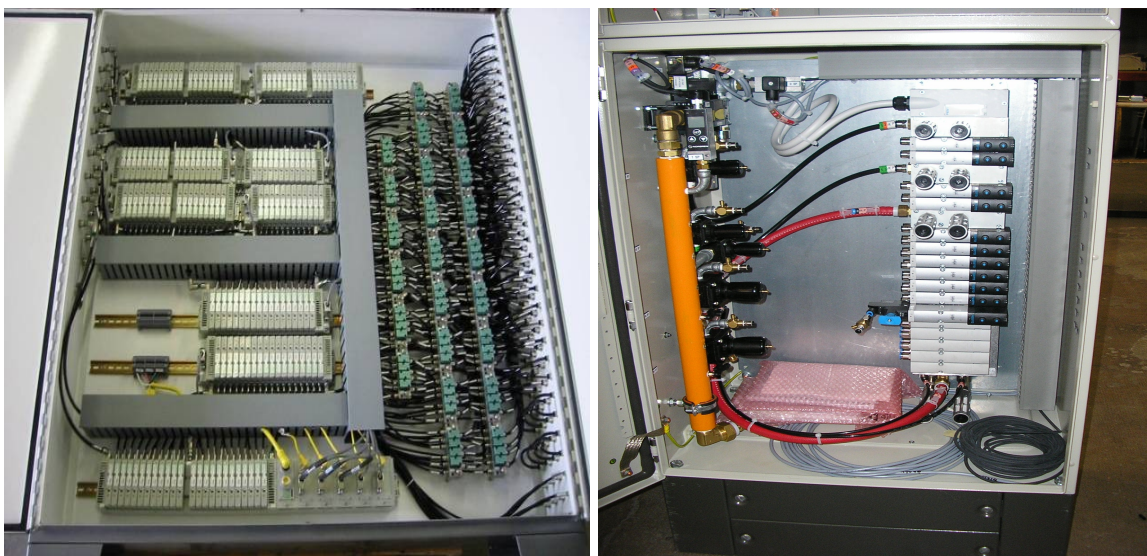


Fig. 3.9 – Illa de distribució amb 150 bobines en un armari i electrovàlvules aïllades

3.2. Inventari de les illes de distribució

La metodologia per a la realització de l'inventari s'ha basat en el document de l'últim estudi d'estandarització pneumàtica. La principal documentació utilitzada ha estat els catàlegs en línia dels llocs webs dels fabricants i alguns dels catàlegs dels productes disponibles al servei SC/MM.

Pel que fa als fabricants, s'ha triat els mateixos que en 2001, llevat de Mac Valve perquè hui en dia aquesta societat no té una solució ISO per a les electrovàlvules pneumàtiques. En el darrer moment s'ha afegit les empreses SMC i BOSCH-Rexroth, com a conseqüència de les presentacions durant les visites a Michelin de les línies ISO15407-2 d'aquests fabricants. Cal remarcar que la gamma d'electrovàlvules VSR8-VSS8 de SMC no apareix al seu catàleg en línia i aleshores, malgrat les explicacions dels representants, no es pot tindre la seguretat de que aquests productes no siguin un antic disseny i siguin fabricats actualment.

Per consultar l'inventari veure annex 1.

3.3. Síntesi i quadre d'especificacions

Després de l'inventari realitzat, es poden extraure les següents conclusions en relació a cada fabricant d'illes d'electrovàlvules pneumàtiques.

A continuació d'aquesta síntesi s'ha redactat un quadre d'especificacions que engloba les característiques requerides per l'estandarització pneumàtica. Aquest document ha estat enviat als fabricants per obtindre una resposta de la seua solució en relació a les necessitats de Michelin.

A més, s'ha realitzat una taula per resumir l'oferta de xarxes de camp de cada fabricant i la seua solució.

Per consultar el quadre d'especificacions i l'engraellat dels protocols veure annexos 2 i 3.

FESTO

FESTO és el fabricant que està més prop de les especificacions establertes en relació a l'estandarització de les illes de distribució. Amb la terminal de de distribució es poden configurar totes les funcions de distribució típiques 5/3, 5/2 biestable, mono ressort, pneumàtica, 2x3/2 NF/NO et NO-NF. Existeix també la junta del pla d'instal.lació normalitzat i una filtració de l'aire de 40 µm. Com la gran majoria de les solucions d'illes de distribució, la corredissa és la tècnica de les electrovàlvules triada.

Proposa l'illa VTS44 com producte normalitzat. Esquema electrovàlvula – regulador – embase factible. Es poden combinar les dues talles 01 i 02 al mateix illes utilitzant un embase per dos distribuïdors talla 02.

Per contra FESTO no proposa solucions ControlNet. La solució Ethernet/IP està disponible amb els mòduls CPX. DeviceNet i Profibus també formen part de l'oferta bus de camp FESTO. Per afegir funcionalitat bus de camp és necessari tindre la terminal CPX que proveïx els mòduls xarxa i E/S, i també la modularitat elèctrica.

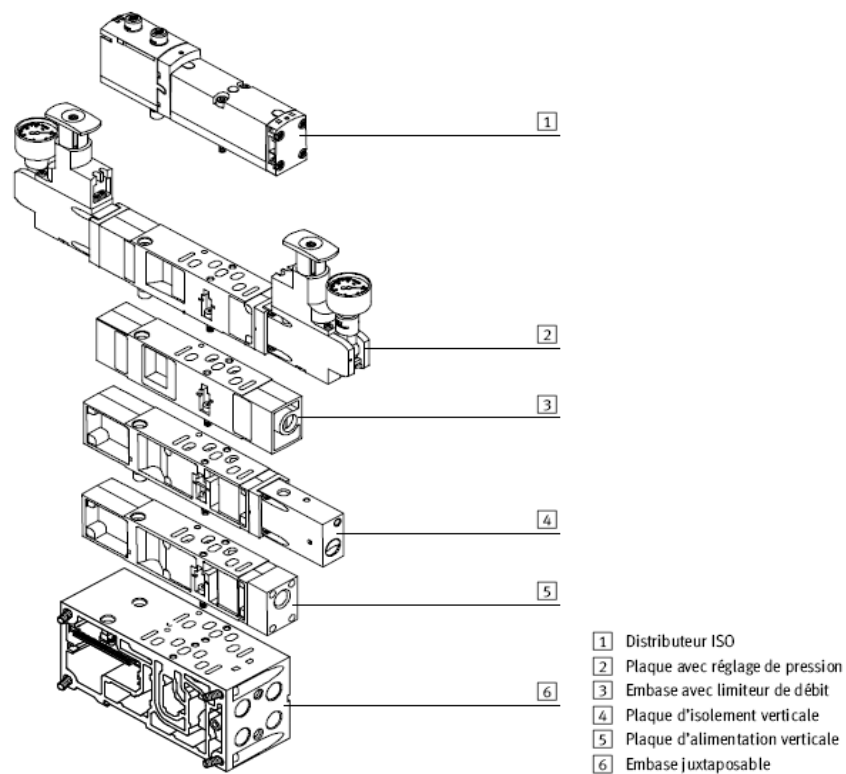


Fig. 3.10 – Estructura embase – regulador/limitador de cabal – electrovàlvula FESTO

NUMATICS

Les sèries 2000 de Numatics són la solució normalitzada en relació amb la distribució pneumàtica. Totes les funcions pneumàtiques estan disponibles amb un cabal molt habitual en talles 01 i 02. La combinació de les dos talles ISO15407-2 és impossible sense afegir una placa de separació intermèdia.

La solució xarxa de camp és molt potent amb els mòduls electrònics G2-1 i G2-2. Les possibilitats de les E/S descentralitzades i el gran nombre de les mateixes fins a 96 entrades i 192 sortides atorguen una gran versatilitat a les illes Numatics. L'oferta de protocols és la més gran del mercat: des de AS-i fins a ControlNet amb una diversitat de connexions amb M12.

BOSCH-REXROTH

BOSCH-Rexroth no ha proposat fins a l'últim moment una illa de distribució malgrat haver estat inclòs en el darrer estudi d'estandarització.

La sèrie CD26-PL proveïxen totes les funcions pneumàtiques i tenen un cabal molt clàssic. La regulació de pressió en «sandwich» entre electrovàlvula i embase és possible en aquesta sèrie. No podem barrejar les dues talles a la mateixa illa perquè només existeix una talla disponible (ISO01 26 mm).

Quant als protocols de xarxes de camp, aquesta societat té grans limitacions. Proposa, amb l'estructura clàssica de bus de camp, només ProfiBus i DeviceNet. Si es vol utilitzar un altre protocol, cal utilitzar els sistemes propietaris de BOSCH anomenats DDL.

Finalment, la visita d'una representació mundial de BOSCH-Rexroth a Clermont-Ferrand al més de Març en el marc dels acords signats entre Michelin i aquesta empresa han servit per obtenir el compromís d'un veritable desenvolupament illa de distribució amb bones prestacions i presentar-lo quan estiga operatiu. Les darreres notícies després de la visita dels responsables de projectes pneumàtics de BOSCH han mostrat un projecte que serà en marxa al 2008. Ens mantenim, doncs, a l'espera per incloure aquesta solució en un futur no llunyà a l'estudi d'estandarització.

NORGREN

La gamma VS18/26 permet l'estructura embase - regulador/limitador de cabal – electrovàlvula a les illes NORGREN VS18/VS26 ISO15407-2. Dues talles poden conviure a la mateixa illa de distribució.

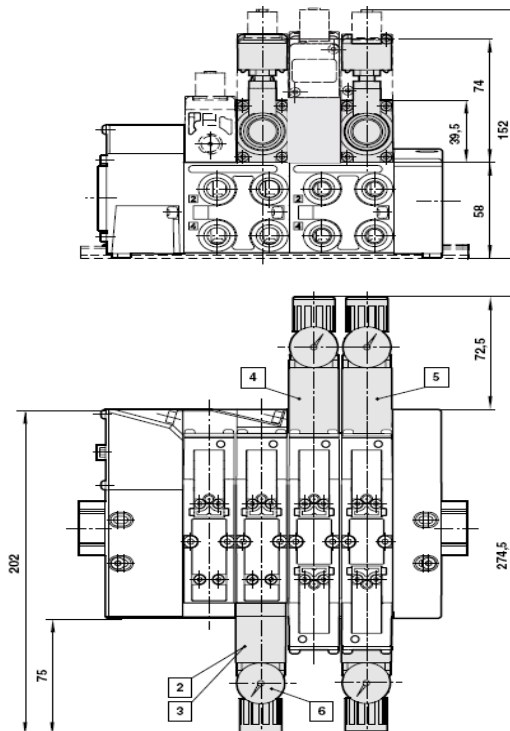


Fig. 3.11 – Vista de conjunt VS18/26 Norgren

PARKER

Amb les Isys Series, Parker proposa una solució illes d'electrovàlvules bus de camp amb les normes ISO15407-2 i 5599/2 amb la possibilitat de fer la regulació de pressió entre embase i electrovàlvula, igual que regulador de pressió. Per contra, existeix un problema que es mostrarà a l'apartat de proves en relació a la compatibilitat del regulador de pressió amb l'electrovàlvula d'altres marques.

Aquesta opció inclou els protocols Ethernet/IP, DeviceNet, ControlNet i Profibus amb la compatibilitat FlexLogix quant a E/S de dades. A més, existeix la possibilitat de tindre els mòduls de comunicació i E/S descentralitzades. L'oferta bus de camp Parker està desenvolupada enterament per Rockwell Automation.

SMC

Les sèries disponibles al catàleg amb la solució bus de camp són les EX250 i EX500. Les electrovàlvules d'aquesta terminal de distribució corresponen a les sèries VSR8-4 i VSS8-4 en talla 01 només i conseqüentment la combinació de talles és impossible. El regulador de pressió en «sandwich» està disponible.

El nom de protocols és molt important. Es troben Ethernet/IP, ControlNet, DeviceNet, AS-i, i Profibus. Però el punt fort dels mòduls SI de SMC és el desenvolupament del protocols Ethernet Industrial com també Modbus/TCP, ProfiNet i Ethernet Industrial Temps Real i Ethercat.

4. Xarxes de camp

Les xarxes de comunicació són hui un dia un element habitual en una gran part de les nostres activitats, especialment a l'oficina i en casa. Per contra, la introducció de sistemes d'intercomunicació digitals en un ambient industrial no està tan estès, però cada vegada són més utilitzats, amb una implantació de sistemes creixent a la indústria. Aquesta nova metodologia dels sistemes d'automatització de processos ofereix una eficiència més gran i una optimització dels recursos, des de la instal·lació de sistemes distribuïts en un simple procediment de fabricació fins a la integració dels diferents nivells de l'empresa (fabricació, gestió de producció, emmagatzematge, control de qualitat, vendes, distribució, etc.) permetent una eficiència superior al procés de fabricació.

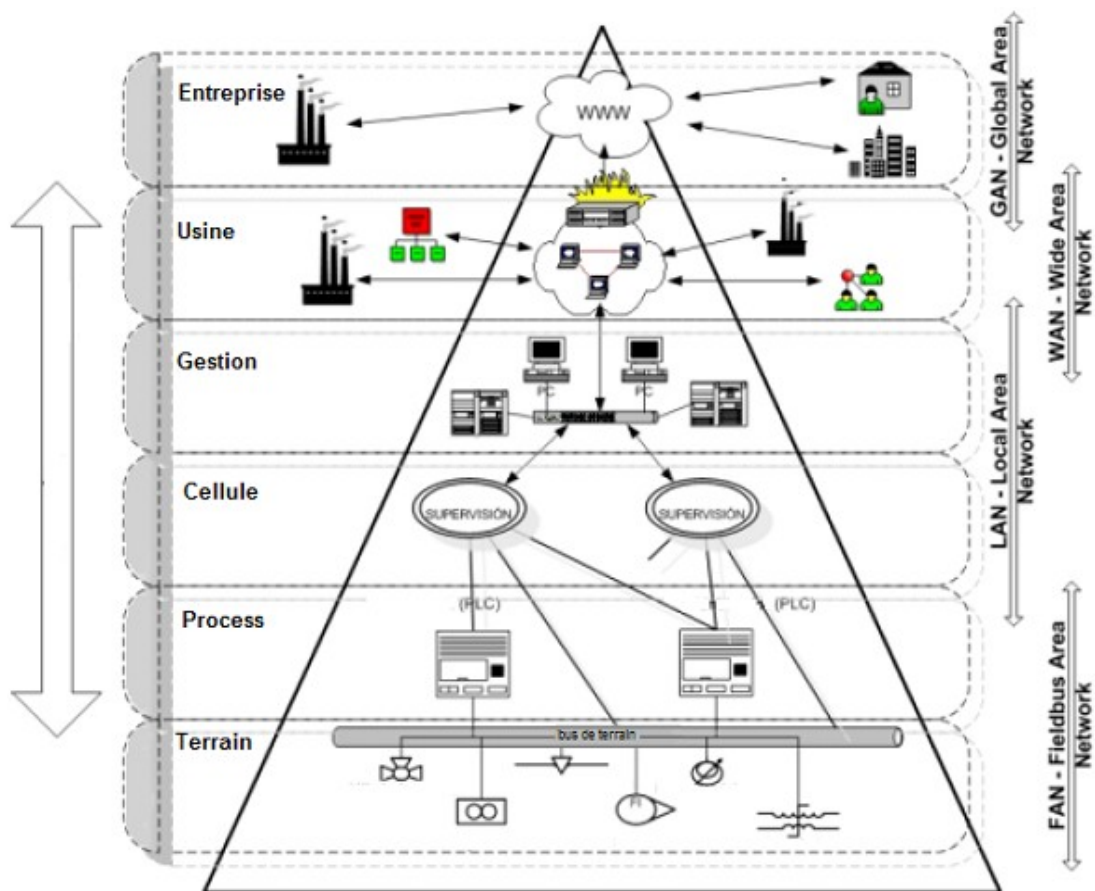


Fig. 4.1 – Jerarquització de les xarxes. Piràmide CIM

En conseqüència, és necessari analitzar les diferents possibilitats al moment d'implantar nous elements en una fàbrica, ja que si no es dirigeix cap a una gestió integral, és necessari que tots els aspectes de la mateixa siguin concebuts per la comunicació amb la resta. Aleshores, des dels elements d'automatització (APIs, sensors, accionadors, IHM, etc.) fins elements de gestió i supervisió sense oblidar els dispositius de control industrial, tots han de ser capaços d'intercanviar i comunicar entre ells a través de les xarxes industrials destinades per a eixe objectiu.

4.1. Introducció

Un bus de camp és un sistema de transmissió d'informació (dades) que simplifica la instal·lació i operació de màquines i equipament industrial utilitzats al procés de producció.

L'objectiu d'un bus de camp és substituir les connexions fil a fil entre els elements de camp i l'equip de control clàssic 4-20 mA. Típicament, ens trobem que els busos de camp són xarxes sèrie digitals (més precis que els mètodes analògics), bidireccionals, multipunt, que connecten dispositius industrials.

Cada dispositiu té una certa capacitat de procés, fet que el transforma en un dispositiu intel·ligent, amb un cost reduït. Cadascun d'aquests elements serà capaç d'executar funcions simples de diagnòstic, control i manteniment., inclús establir una comunicació bidireccional a través del bus. D'aquesta manera un nucli de la xarxa pot remuntar una informació en cas de fallada del dispositiu associat i, en general, de qualsevol anomalia. Aquest mecanisme de monitorització permet augmentar l'eficiència i reduir el nom d'hores de manteniment.

Es busca reemplaçar els sistemes de control centralitzats per xarxes de control distribuïdes per millorar la qualitat del producte i l'eficiència i, per tant, reduir els costos.

En resum, un bus de camp és la suma d'un protocol i una tecnologia de comunicació, els resultats de la qual és una xarxa industrial de caràcter digital i que realitza un transport d'informació.

Les xarxes de camp tenen diverses característiques en comú. A continuació, es descriuen les més importants:

- El bus de camp només defineix una part del model OSI-ISO de comunicació basat en capes, concretament el nivell 1 (físic), 2 (enllaç de dades) i la 7 (aplicació). Els altres nivells no són necessaris, però algunes funcions pròpies dels nivells 3 i 5 estan implementats als nivells 2 i 7 per crear un enllaç entre les dues (veure fig. 4.2.)

Emetteur	Récepteur	Désignation et rôle des différentes couches de l'édifice OSI	
7	7	Application	Véritable interface entre le réseau et le programme d'application, dotée de commandes applicatives (lecture, écriture)
6	6	Présentation	Représentation (codage) des données en vue de permettre leur analyse et interprétation par la couche suivante
5	5	Session	Établissement et libération de liaisons temporaires entre stations ; synchronisation des communications
4	4	Transport	Gestion de la transmission pour la couche 5 (erreurs d'acheminement, découpage en paquets)
3	3	Réseau	Établissement et libération de liaisons, mise en œuvre de mécanismes pour éviter la congestion du réseau
2	2	Liaison de données	Gestion des règles d'accès au bus (<i>Medium Access Control</i> , MAC) et de sécurisation des échanges
1	1	Physique	Caractéristiques mécaniques, électriques et fonctionnelles de la liaison (connectique, codage et débit des signaux)
Support de transmission			

Fig. 4.2 – Model ISO-OSI i funcions de les capes

- El nivell aplicació, interfície entre usuari i protocol, en general és propi de cada fabricant. Per exemple CIP o la capa d'aplicació ProfiBus.
- El nivell més important del model OSI per a bus de camp és el nivell d'enllaç de dades perquè és ací on definim el mètode d'accés al medi físic (subcapa MAC) i les trames de comunicació (subcapa LLC).
- El protocol gestiona una xarxa amb una estructura lògica mestre-esclau. El control de la xarxa sempre és treball del mestre. Existeix xarxes de camp que proposen la possibilitat d'un mestre canviant o multimestre.
- Les especificacions d'un bus permeten més d'un tipus de solució de cablejat i connexions entre les opcions normalitzades.
- Encara que una gran part del trànsit és periòdic, gestiona el trànsit aperiòdic d'una manera molt eficient i la seua capacitat per gestionar missatges està orientada per missatges curts o de talla petita.
- Posseeixen mecanismes de control d'errors molt optimitzats i redundància per evitar fallades que deixen el bus fora de servei.

La instal·lació i desplegament dels protocols bus de camp en el medi industrial representa un avanç molt positiu per la producció. Així doncs, la introducció de les xarxes de camp proveïxen nombrosos avantatges a la fàbrica:

- Reducció de costos gràcies a la reducció de cablejat i la disponibilitat de les ferramentes que permeten la reducció de les hores d'instal·lació i posada en funcionament.
- Simplificació en la manera d'obtenir informació del procés des dels sensors.
- Comunicació bidireccional entre dispositius i sistemes de control, però també entre els propis dispositius de camp.
- Flexibilitat al moment de disseny del sistema.
- Manteniment de la xarxa menys freqüent.

Però aquesta tecnologia no és perfecta i implica un nombre no menyspreable d'inconvenients:

- Complexitat. Els usuaris han de tindre una alta qualificació i una formació important.
- El preu de compra dels components és superior.
- Díficil estandarització a causa de l'àmplia gamma de protocols i productes existents al mercat.

Encara que les tecnologies de bus de camp estan presents des de 1988, el desenvolupament d'un estàndar internacional ha prés molt de temps. Les guerres de les empreses per imposar el seu protocol ha provocat un retard considerable en la generalització de l'ús d'aquests sistemes. Finalment, a l'any 2000, un grup d'empreses van crear l'IEC 61158, document prés com a referència hui com estàndar al sector de les xarxes industrials. IEC 61158 defineix 8 protocol anomenats "tipus" a causa dels problemes per arribar a un sol protocol com a referència estàndar. Aquests 8 protocols són:

- 1) FOUNDATION Fieldbus H1
- 2) ControlNet
- 3) ProfiBus
- 4) P-Net
- 5) FOUNDATION Fieldbus HSE (High Speed Ethernet)
- 6) Interbus
- 7) SwiftNet
- 8) WorldFIP

4.2 Guia d'anàlisi dels protocols

Abans de començar a redactar aquest document s'ha estudiat la situació de Michelin en relació als autòmats programables. El parc d'automatismes del Grup està proveït exclusivament per Rockwell Automation – Allen Bradley.

Aquest fet ha condicionat en certa manera aquestes guies d'anàlisi. S'han focalitzat en l'estudi més aprofundit d'Ethernet Industrial, i més concretament del protocol Ethernet/IP. Per completar tots els nivells de la piràmide CIM en relació als busos de camps, s'ha analitzat també, el bus propietari ControlNet de Rockwell i la solució a nivell de dispositiu DeviceNet, les especificacions del qual són propietat de l'organització ODVA (Rockwell és el membre principal que la dirigeix).

No obstant això, no s'ha volgut tancar aquesta anàlisi a l'altra gran família de protocols. Parlem de ProfiNet, ProfiBus i AS-i. Aquestes xarxes de camp tenen una especificació oberta, excepte la capa aplicació de ProfiNet, i estan desenvolupats per la divisió automatització industrial de Siemens. També formen part d'aquest document.

4.2.1 Ethernet Industrial

Com a conseqüència de l'èxit d'Ethernet a l'oficina, l'industrial ha pensat en posar en marxa aquest tipus de xarxa en la fàbrica. L'augment de l'importància d'Ethernet ha fet possible la creació de desenvolupaments específics per a la fàbrica. El creixement del mercat de les xarxes locals industrials i les necessitats d'alts rendiments fan d'Ethernet Industrial el protocol del present i del futur de l'automatització industrial als nivells superiors en l'escala de producció.

Per aquest pre-estudi, la metodologia que anem a emprar és la següent. Primer parlarem de les característiques d'Ethernet segons l'estàndar IEEE 802.3. Farem un recorregut pel nivell enllaç de dades i físic del model OSI, i, finalment, presentarem les diferents solucions Ethernet Industrial presents al mercat d'aquest bus de camp.

Ethernet Industrial utilitza el model OSI/ISO com estàndar "de facto" a l'àmbit de les xarxes de comunicacions. Tallem el procés de comunicació en 7 capes que tenen atribuïts serveis ben definits.

En relació a la talla de les dades i a la velocitat de comunicació tenim dues direccions en la pila OSI/ISO. A mesura que descendim les necessitats de velocitat augmenten i la grandària de les dades es redueix fins arribar a l'octet del nivell enllaç de dades. Finalment, al nivell físic s'esperen velocitats de l'ordre del Mb/s i la grandària de les dades esdevé el senyal físic segons la codificació definida per cada tipus de xarxa.

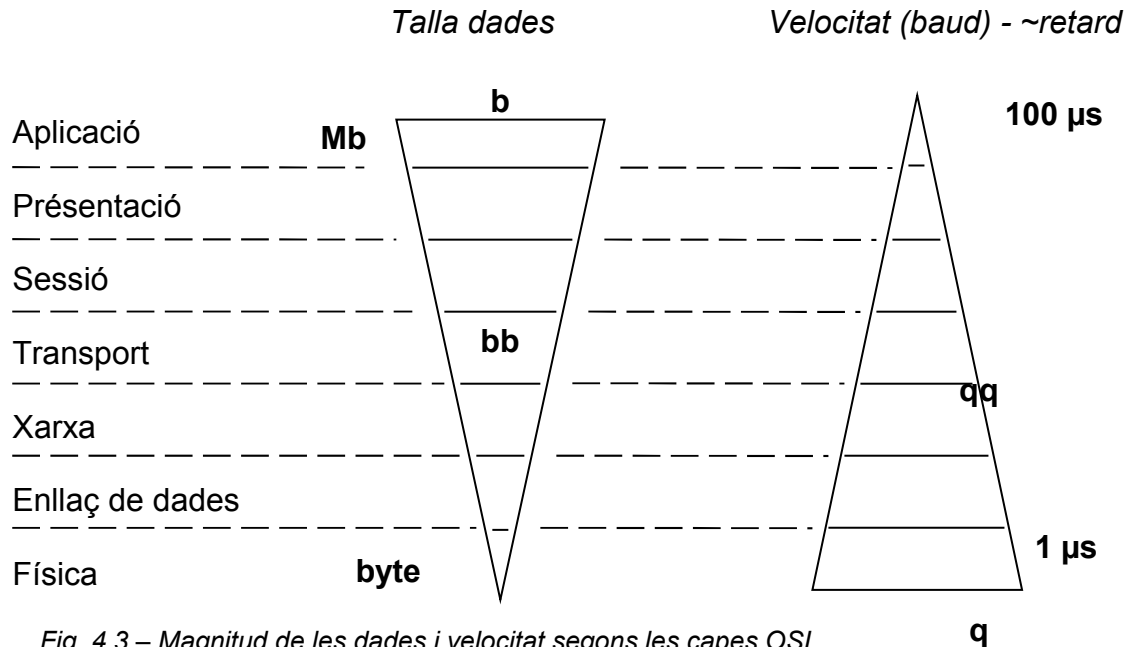


Fig. 4.3 – Magnitud de les dades i velocitat segons les capes OSI

A continuació es descriu els diferents camps de la trama Ethernet Industrial estàndar segons la norma IEEE 802.3 (veure Fig. 4.4) en relació al nivell MAC (Medium Access Control).

Preamble (PRE):

Compost de 7 octets. Aquest camp alterna zeros i uns. Açò significa que diguem a les estacions receptores que la trama està a punt d'arribar, i açò ens proporciona una manera de sincronitzar la porció de recepció de trama de la capa física receptora amb el flux de bits d'entrada.

Delimitador de començament de trama (Start-of-frame delimiter – SOF):

Compost d'un octet. Aquest camp està format de zeros i uns, acabant amb dos 1 consecutius que indiquen que el pròxim bit és el bit més a l'esquerra a l'octet més a l'esquerra de l'adreça de destinació.

Adreça de destinació:

Composta de 6 octets. El camp d'adreça de destinació identifica quina estació ha de rebre la trama. El bit més a l'esquerra d'aquest camp indica si l'adreça és individual (indicat per un zero) o de grup (indicat per un 1). El segon bit més a l'esquerra indica l'administració global o local (0 o 1). Els 46 bits restants són un valor només assignats que identifiquen una sola estació, un grup definit d'estacions o totes les estacions de la xarxa.

Adreça d'origen:

Composta de 6 octets, L'adreça d'origen identifica l'estació emissora. El camp sempre correspon a una adreça individual i el bit més a l'esquerra pren el valor zero.

Longitud/Tipus:

Compost de 2 octets. Aquest camp indica o bé el nombre d'octets de dades del client MAC que estan continguts en el camp de dades de la trama, o bé l'identificador del tipus si la trama és assemblada o formada amb un format opcional. Si el valor Longitud/Tipus és inferior a 1500, el nombre d'octets LLC del camp de dades és igual al valor d'aquest camp. Si el camp és superior a 1536, la trama és una trama de tipus opcional i aleshores Longueur/Type indica el tipus particular de trama enviada o rebuda.

Dades:

Seqüència de n octets amb qualsevol valor, on n és inferior o igual a 1500. Si la longitud de les dades és inferior a 46, aquest camp ha de ser plenat (un "pad") fins que arribi a aquest nombre.

Seqüència de verificació de trama (Frame check sequence – FCS):

Composta de 4 octets. La seqüència conté un valor CRC32 creat per la MAC emissora és recalculada per la MAC receptora per verificar les trames corruptes. Aquesta seqüència és generada a partir de l'adreça de destinació, l'adreça d'origen, la longitud/tipus i el camp de dades.

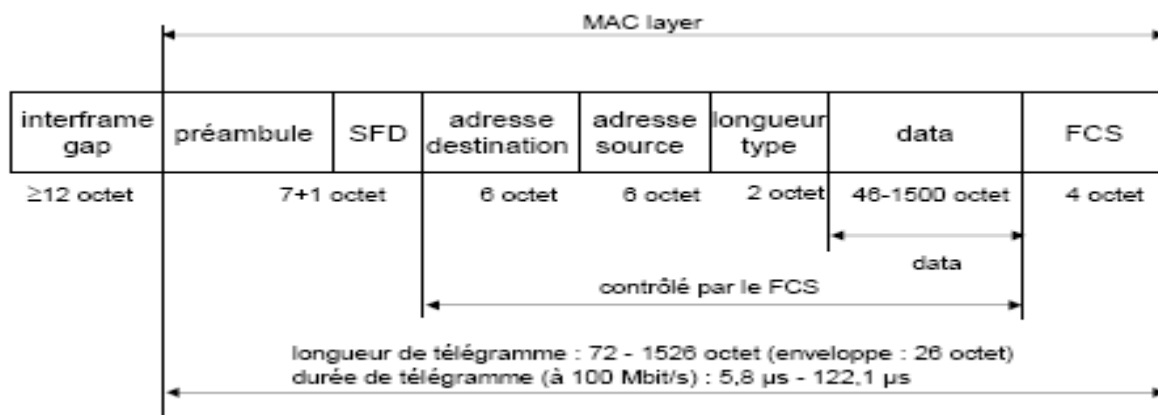


Fig. 4.4 – Trama Ethernet estàndard

El principal problema d'Ethernet Industrial és el seu caràcter no determinista a causa de l'utilització de l'algorisme CSMA/CD (Carrier Sense Multiple Access/ Collision Detection) per l'accés al medi físic. No es pot garantir l'entrega i enviament de les dades en un temps concret. Anem a explicar perquè no és possible amb la descripció de l'algorisme.

Un element de la xarxa que vol transmetre «escolta» el medi físic per saber si és possible començar la transmissió. Si el medi físic està ocupat el node espera fins al moment on el medi estiga lliure i comença. Si dos elements comencen una comunicació al mateix temps es produirà una col·lisió. Tots els nodes implicats en la col·lisió utilitzen l'algorisme probabilista Binary Exponential Backoff per reintentar la transmissió.

Per la primera col·lisió els nodes que transmeten prenen aleatoriament el temps d'espera entre un i dos "slots". Un slot és el temps que un node pren per entregar el missatge més petit Ethernet a una velocitat donada. Si una altra col·lisió té lloc, els nodes a punt de transmetre prenen un temps "back off" aleatori entre 0,1,2 o 3 temps de slot. La fórmula general per l'algorisme és 2^{n-1} on n és el nombre d'intents per retransmetre. El valor màxim de n és 10 que ens dona un retard màxim de 1023 temps de slot per al darrer intent de retransmissió. Després de la setena col·lisió, el controlador envia un missatge de fallada de l'aplicació.

Per obtenir una xarxa determinista Ethernet l'utilització de xarxes commutades de switches i comunicacions full-duplex per crear més d'un camí per l'enviament i la recepció de les trames són les solucions proposades al mercat actual.

En la figura 4.5 es pot observar un esquema del funcionament de l'algorisme CSMA/CD

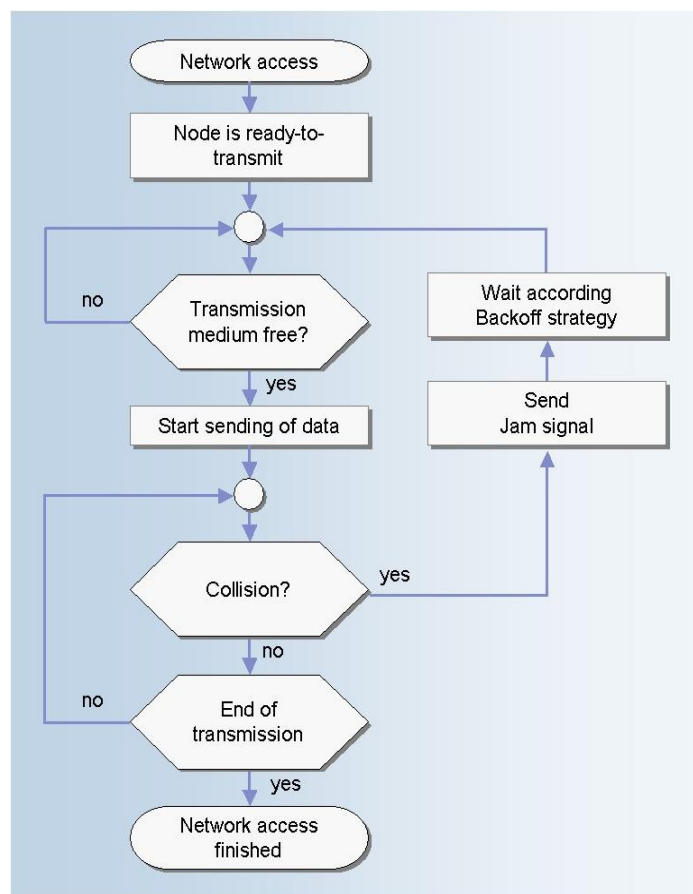


Fig. 4.5 – Algorisme CSMA/CD

Existeixen diferents velocitats per a Ethernet Industrial, però els fabricants han dirigit els seus desenvolupaments cap als 10/100 Mb/s, és a dir, 10Base-T i FastEthernet. Malgrat aquest rendiment teòric, Ethernet es manté com una xarxa amb una taxa d'utilització d'amplària de banda molt petita a causa de la gran talla de la trama de comunicació.

Les topologies més habituals per aquest protocol són l'estrela a causa de la utilització de xarxes amb switch, topologia de bus o línia (originària d'Ethernet), i l'anell amb la possibilitat de redundància lògica per atorgar un grau de seguretat més alt als elements de la xarxa.

La base del IEEE 802.3 o Ethernet està definida sobre la codificació Manchester diferencial. Quan utilitzem aquest tipus de codificació cada bit és dividit en dos intervals. Un "1" lògic es transmet quan el senyal està a nivell alt durant el primer interval i baix durant l'altra meitat del bit. Per transmetre un "0", s'utilitza la inversa que per enviar un "1". El nivell d'un senyal alt correspon a +0.85 V i -0.85 V per un senyal baix.

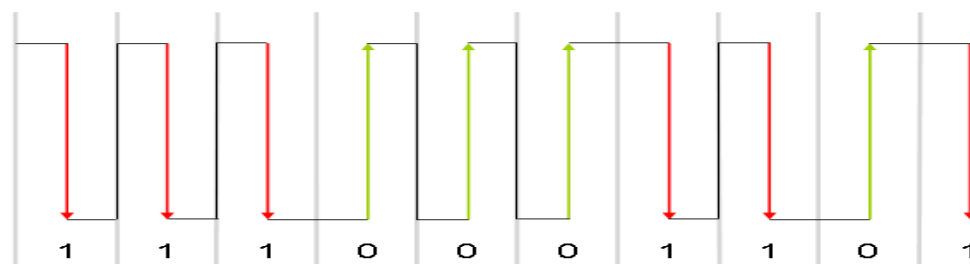


Fig. 4.6 – Exemple de senyal segons Manchester diferencial

Pel que fa al cablejat existeix un debat entre dos solucions. L'Ethernet d'oficina utilitza el RJ45 amb comunicació creuada. La versatilitat i fiabilitat d'instal·lació fan d'aquest desenvolupament una connexió molt agradable per a l'ambient clàssic del camp de les xarxes, però a la fàbrica existeixen restriccions front a les quals RJ45 no està preparat. Per adaptar aquest tipus de connexió al medi industrial cal considerar caputxes per una protecció IP67. Fabricants com Siemon, Hart o Phoenix desenvolupen aquest tipus de solució per Rockwell, Siemens o Schneider.



Fig. 4.7 – RJ45 segons IP67

Malgrat aquests intents per adaptar el RJ45 a un ambient industrial, aquest cablejat és una solució ideal només per a la part d'automatismes amb limitacions inferiors en relació a la protecció IP (IP20).

Analitzades les limitacions del medi industrial, la millor solució passa per una integració dels dos sistemes al mateix temps. Es poden utilitzar preses RJ45 per l'interior d'un armari on està col·locat l'automatisme i preses M12 per a l'exterior, el que afegeix resistència al medi industrial, més exigent amb el material.

El tipus de cable habitual per altes velocitats en aquest protocol és la fibra òptica, però s'utilitza també el cable coaxial com solució clàssica.

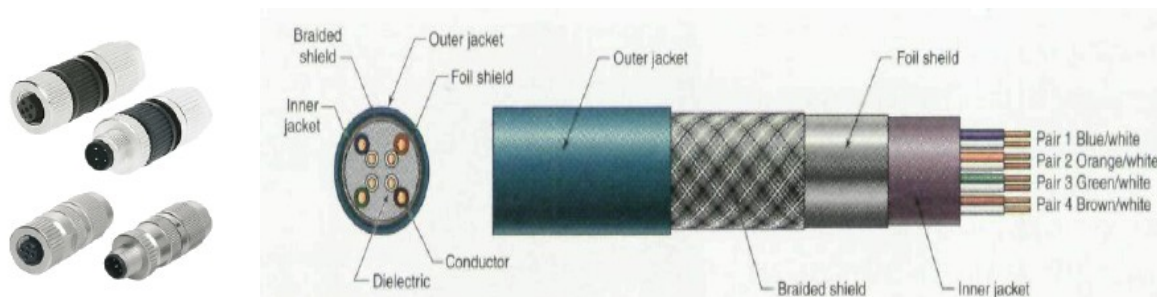


Fig. 4.8 – M12: connectors i perfil del cable

Ethernet industrial sense fil

En una anàlisi a llarg termini caldria incloure les xarxes locals industrials sense fil. El desenvolupament d'estàndards com IEEE 802.11 estableix i documenta una solució Ethernet Wi-Fi la qual podria ser útil en aquest estudi.

Quan s'introdueix el concepte Wi-Fi cal remarcar la utilització de routers que aporten la intel·ligència necessària per a l'encaminament, però també les interferències, el soroll i la compatibilitat electromagnètica. Evidentment la velocitat en relació al bitrate no és tan elevada com en una solució Ethernet cablejat: parlem d'al voltant de 5 a 11 Mb/s (actualment FastEthernet arriba a velocitats de l'ordre dels 100 Mb/s)

En el mercat existeix un nombre prou important de fabricants de models de routers. Pel que fa a la solució industrial que ací tractem, existeixen routers industrials addients. Si ens referim a fabricants concrets, CISCO és sense cap dubte una de les empreses més fortes i amb més experiència a l'àmbit del desenvolupament de xarxes en general i de routers en particular. Altra empresa important en aquest sector és 3Com, que acumula un important prestigi.

4.2.1.1 Ethernet/IP

Ethernet/IP és el protocol Ethernet Industrial proposat per Rockwell. Està compost de dos parts en relació al model OSI. La capa aplicació està desenvolupada recolzant-se sobre el protocol aplicatiu CIP i les capes física i enllaç de dades segueixen l'Ethernet estàndard IEEE 802.3.

Ethernet/IP utilitza el protocol de transport i control de l'Ethernet clàssic, és a dir, el protocol de control de transport (TCP) i el protocol Internet (IP). Aquesta implementació d'Ethernet Industrial és compatible en relació a les especificacions del medi físic i accés a dades sobre el bus. Per contra la capa aplicació es manté com una solució tancada no estàndard.

La utilització de tecnologia Ethernet estàndard per la capa física facilita la integració d'Ethernet/IP en la xarxa de la fàbrica i els productes desenvolupats per aquesta funció. El hardware anomenat off-the-shelf i l'estàndard TCP/IP pot ser utilitzat també és possible amb aquesta implementació. La pila de protocols Ethernet/IP està disponible per diferents tipus d'aplicació.

Aquest protocol té algunes adaptacions per perfils de seguretat emprants el protocol CIP Safety sobre Ethernet. Els dispositius Ethernet/IP Safety desenvolupen les extensions CIP Safety sobre una xarxa Ethernet/IP.

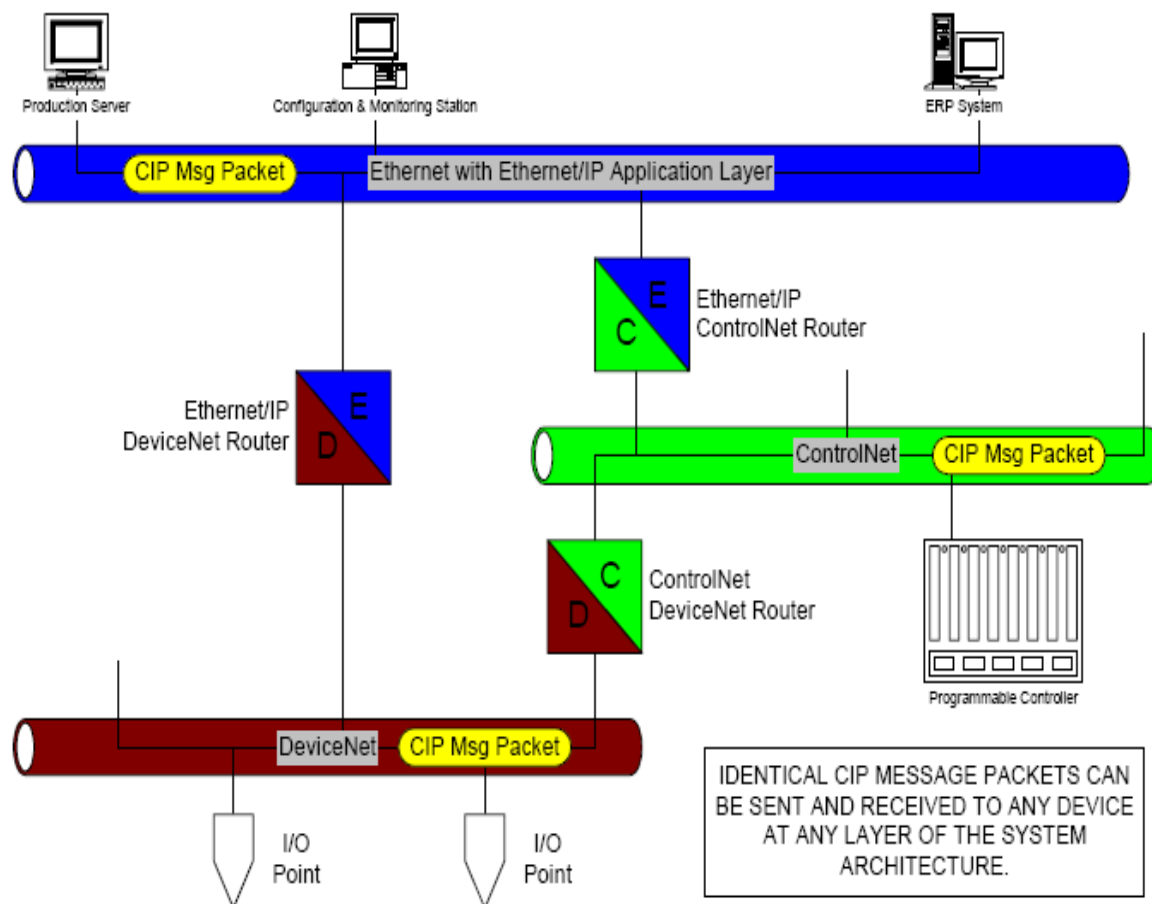


Fig. 4.9 – Arquitectura Ethernet, ControlNet i Devicenet

Els avantatges d'aquest protocol són nombrosos. La proposició d'una capa d'aplicació CIP que ofereix tots els serveis per als dispositius amb un sol punt d'accés i configuració simplifica la utilització. La classificació de tots els dispositius com objectes redueix considerablement la formació necessària quan un nou dispositiu s'afegeix a la xarxa. Ethernet/IP al punt més alt de la piràmide ofereix un rendiment ben adaptat a l'intercanvi d'informació gràcies a un temps de resposta petit i una productivitat d'enviament de les dades superior. Així doncs, CIP ofereix una capa aplicació molt consistent per als nivells de la producció automatitzada.

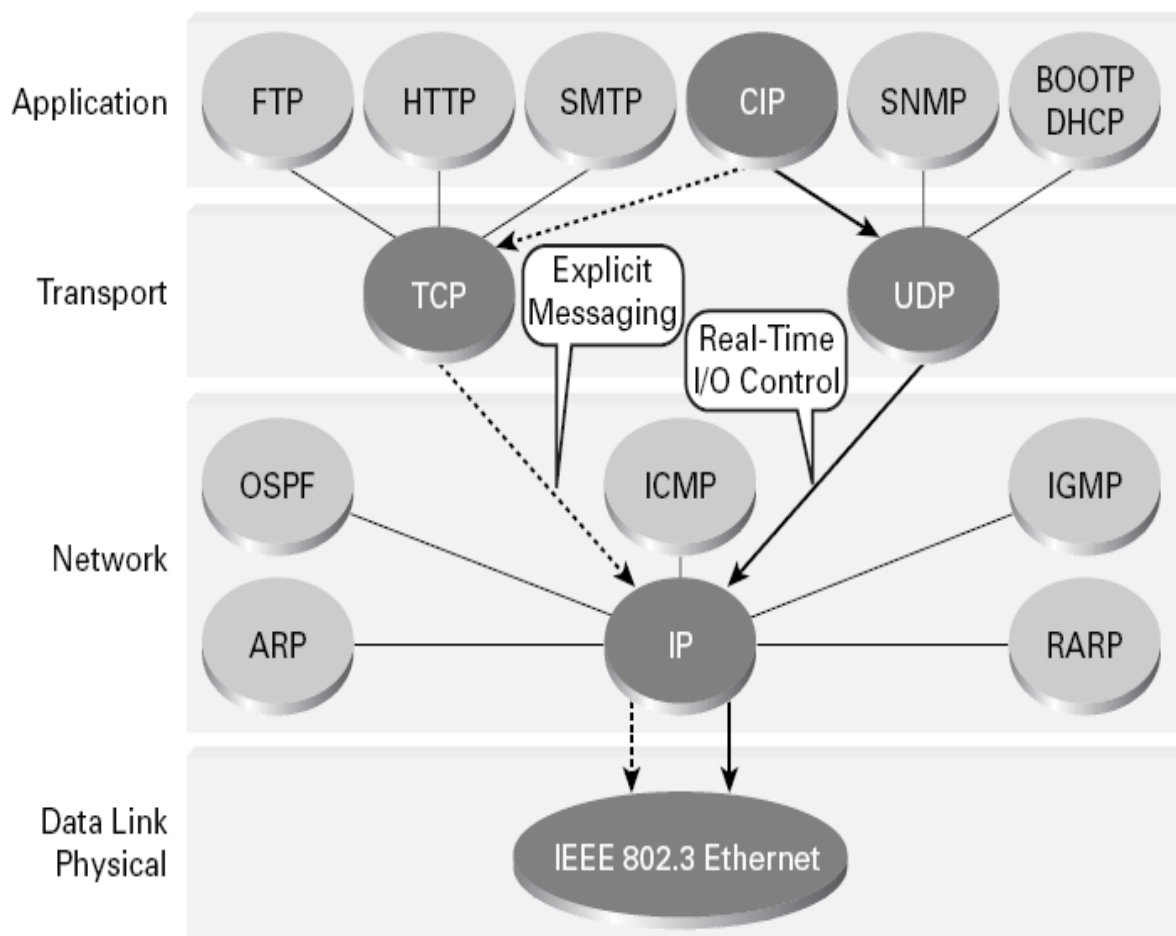


Fig. 4.10 - Relació entre capes en Ethernet/IP

Malgrat aquests punts forts, la concepció del sistema canvia la mentalitat dels usuaris i desenvolupadors i ha de ser acompanyat d'una formació més àmplia per comprendre tots els aspectes de la xarxa. A més la interoperabilitat queda com a punt febre de la xarxa per la propietat de la seua especificació.

L'organització que recolza Ethernet/IP és l'ODVA, el membre principal de la qual és el propietari de l'especificació i principal desenvolupador Rockwell Automation. Encara que existeix molta informació difosa, aquest protocol no és un bus de camp estàndard al nivell aplicatiu, ja que només respecta l'estàndard per la capa física i enllaç de dades segons l'estàndard IEEE 802.3 d'Ethernet.

CIP (Common Industrial Protocol)

CIP, sigles de Communication and Information Protocol o Common Industrial Protocol segons bibliografies, és el protocol de comunicació que serveix com capa aplicatiu per l'Ethernet/IP, ControlNet i DeviceNet. Aquest protocol té com funció la transmissió de dades entre dos dispositius en l'àmbit de l'automatització industrial. Al protocol CIP, cada dispositiu de la xarxa representa una sèrie d'objectes. Cada objecte és simplement un reagrupament dels valors d'identificador d'objecte en un dispositiu. L'objecte identificador conté valors de dades anomenats atributs. Els atributs per l'objecte que identifica reagrupa l'identificador del fabricant, la data de fabricació, el número de sèrie del dispositiu i altres dades d'identificació. CIP no especifica com estan implementades les dades, només quins valors han de ser suportats i que aquestes dades han d'estar disponibles pels altres dispositius enllaçats a una xarxa CIP.

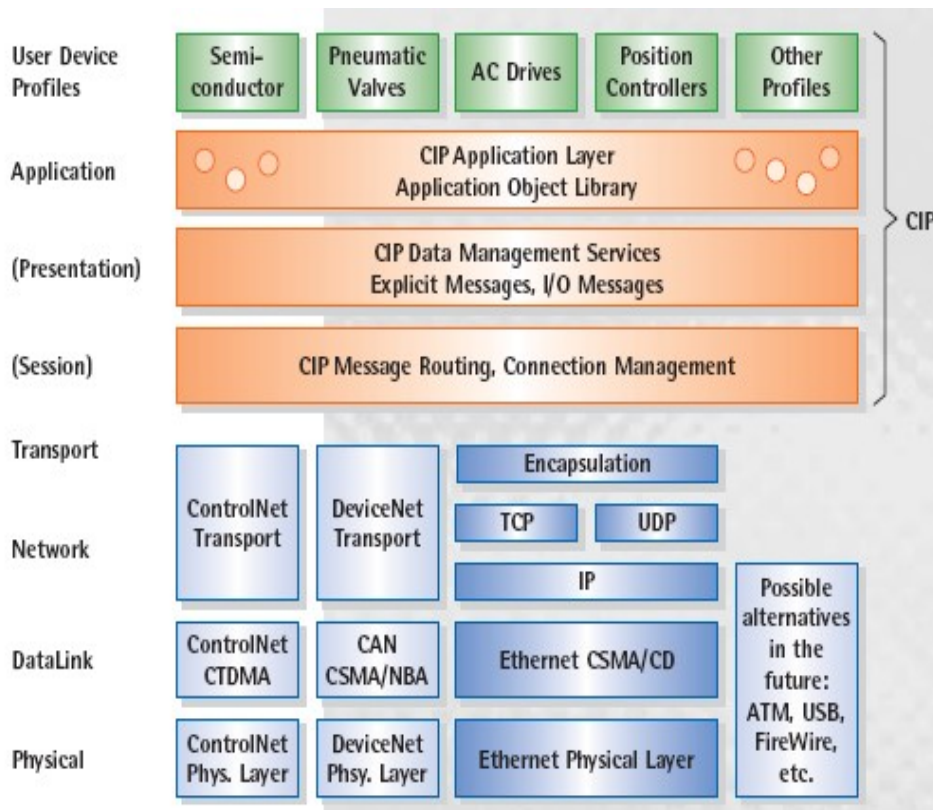


Fig. 4.11 – Model Ethernet/IP / CIP per aplicació

4.2.1.2 ProfiNet

ProfiNet és l'estàndar obert Ethernet Industrial (IEC 61158) per l'automatització industrial. Aquest protocol es recolza sobre l'estàndar IEEE 802.3 (Fast Ethernet 100 Mb/s i tecnologia switch).

Aquest bus de camp té com principal punt fort la seua ampla gamma de perfils per totes les situacions dins de la fàbrica: automatització descentralitzada (ProfiNet IO), seguretat (ProfiSafe) i motion control (ProfiDrive). L'adaptació per cada nivell de la piràmide CIM fan d'aquest protocol una solució molt atractiva en l'àmbit d'Ethernet Industrial obert.

ProfiNet cobreix la gamma completa d'aplicació d'automatització industrial. Existeixen tres propietats de comunicació bàsiques per aquest protocol:

- **comunicació TCP i UDP sense temps real:** constitueix la base de la comunicació per la parametrització i la configuració de l'estàndar TCP/IP.
- **Temps Real:** s'utilitza Real-Time per les dades crítiques en relació amb el temps, com per exemple, les dades cícliques d'usuari o les interrupcions programades. ProfiNet emprava un canal de comunicació optimitzat per les restriccions de temps real. Açò redueix el temps de cicle i permet aconseguir una augment de velocitat per les dades d'actualització del procés. Aquest rendiment és comparable amb el dels busos de camp, i permet temps de resposta entre 1 i 10 ms (veure fig. 4.12). Al mateix temps, la velocitat del processador al dispositiu és molt reduïda. Els components de les xarxes estàndar poden ser utilitzats per aquesta solució.

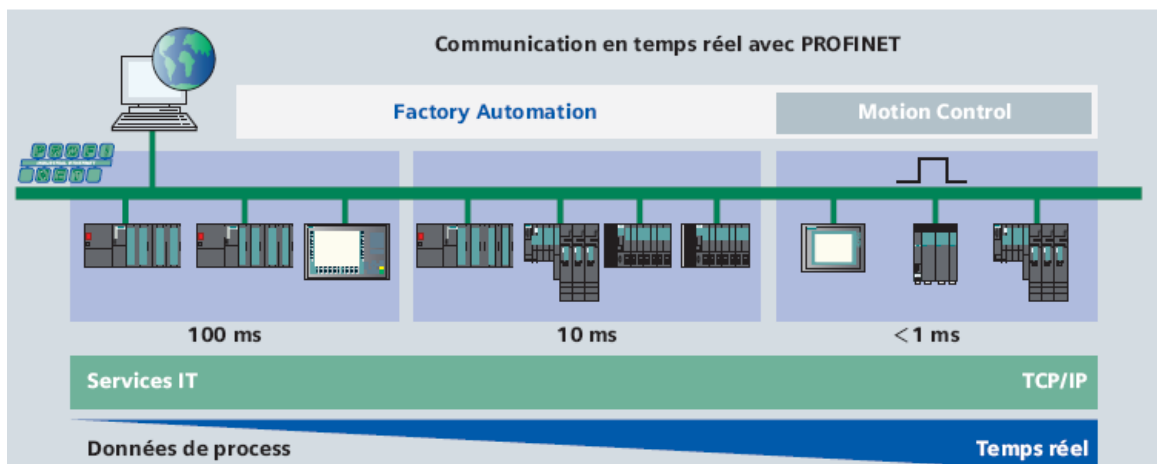


Fig. 4.12 – Temps Real ProfiNet

- **IRT (Isochronous Real-Time):** Adaptat per al perfil motion control i per les aplicacions d'alta velocitat en l'automatització industrial. IRT permet un temps de cicle de 250 μ s amb una resolució de menys d'1 μ s. Per obtenir aquesta velocitat el cicle de comunicació es divideix en una part determinista i una part oberta (veure fig. 4.13) El missatge IRT cíclic es transmet en la part determinista, i el missatge TCP i RT en la part oberta. Els dos tipus de trama existeixen l'un al costat de l'altre, però sense interferència mútua. Açò significa que els usuaris poden connectar un ordinador portàtil en qualsevol lloc per accedir a les dades del dispositiu sense efectes negatius al control isòcron.

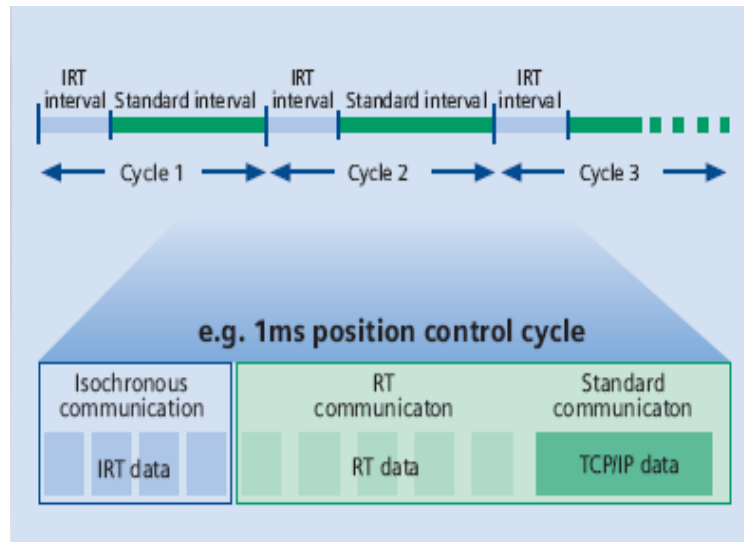


Fig. 4.13 – Mecanisme Isochronous Real Time

ProfiNet es basa en la tecnologia de commutació (switch) 100 Mb/s. Els commutadors permeten transmetre a les estacions al mateix temps. Hi ha sempre un enllaç punt a punt al pròxim commutador. Aquesta característica és també bidireccional, açò vol dir que obtenim una amplària de banda de 200 Mb/s. Els avantatges són nombrosos: les àrees de la xarxa que no tenen necessitat de recepció de trames no les reben, amb una reducció evident de la càrrega de la xarxa.

Les topologies més freqüents són l'estrela, la línia amb extensions, estructura d'arbre i anell amb redundància lògica. Les estructures per a la fàbrica més utilitzades consisteixen en una combinació de topologies. Es poden implementar les estructures de xarxa amb un cable típic de coure i fibra òptica (per distàncies molt llargues).

Aquest protocol bus de camp té una característica molt important. ProfiNet pot ser controlats per clients web. Açò esdevé realitat amb les tecnologies estàndards d'Internet com HTTP, XML, HTML o mitjançant scripts. Les dades són transmises d'una forma estàndar amb els formats XML i HTML i poden ser visualitzades amb els navegadors web. Aquest fet permet una integració de la informació ProfiNet dels dispositius als moderns sistemes d'informació basats en tecnologies multimèdia.

La integració amb servidors web estableix ProfiNet com un protocol adaptat al manteniment i diagnòstic. A més, per a l'usuari representa una interfície més amigable que un IHM clàssic.

ProfiNet està suportat des de les organitzacions ProfiBus i ProfiNet International. A més, la indústria de l'automòbil empra aquest protocol com a millor solució adaptada per la construcció de vehicles al a fàbrica. El principal desenvolupador de ProfiNet és Siemens. La plataforma Step 7 i Simatic Net treballa sobre la base de la configuració ProfiNet i ProfiBus com protocols principals.

4.2.1.3 Modbus: ASCII/RTU i TCP

Modbus és un protocol de comunicació sèrie publicat per Modicon en 1979 per l'utilització amb els seus autòmats programables. Des de la compra de Modicon per part de Schneider Electric, Modbus ha esdevingut el protocol proposat per als automatismes d'aquesta societat. Hui en dia, Schneider Electric és membre de l'ODVA. Açò significa que Modbus serà una solució amb un pes important en un futur no molt llunyà.

Modbus és un protocol obert de capa aplicada (model OSI – 7), que proveix una comunicació client/servidor entre dispositius connectats sobre diferents tipus de xarxes. Existeixen diverses tècniques de transmissió per aquest tipus de xarxa: RS485, RS232, fibra òptica, ràdio,...

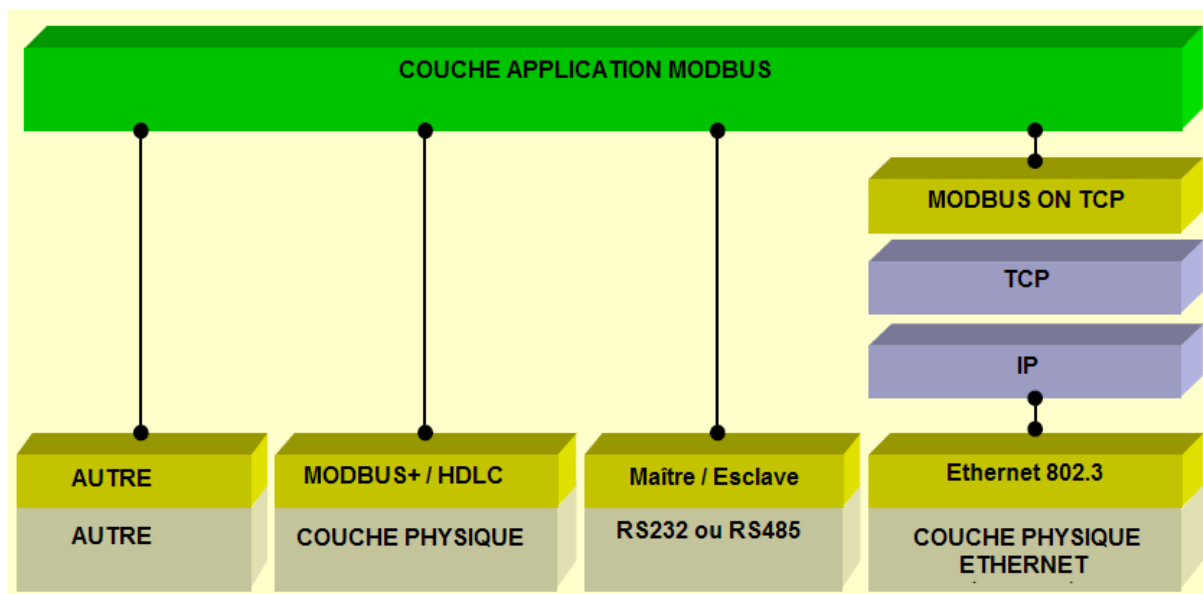


Fig. 4.14 – Pila de comunicació Modbus

El protocol Modbus permet una comunicació simple amb tots els tipus d'arquitectura de xarxa (veure fig 4.15). Cada tipus de dispositiu (API, IHM, Mòduls E/S,...) poden utilitzar Modbus per llançar una operació a distància.

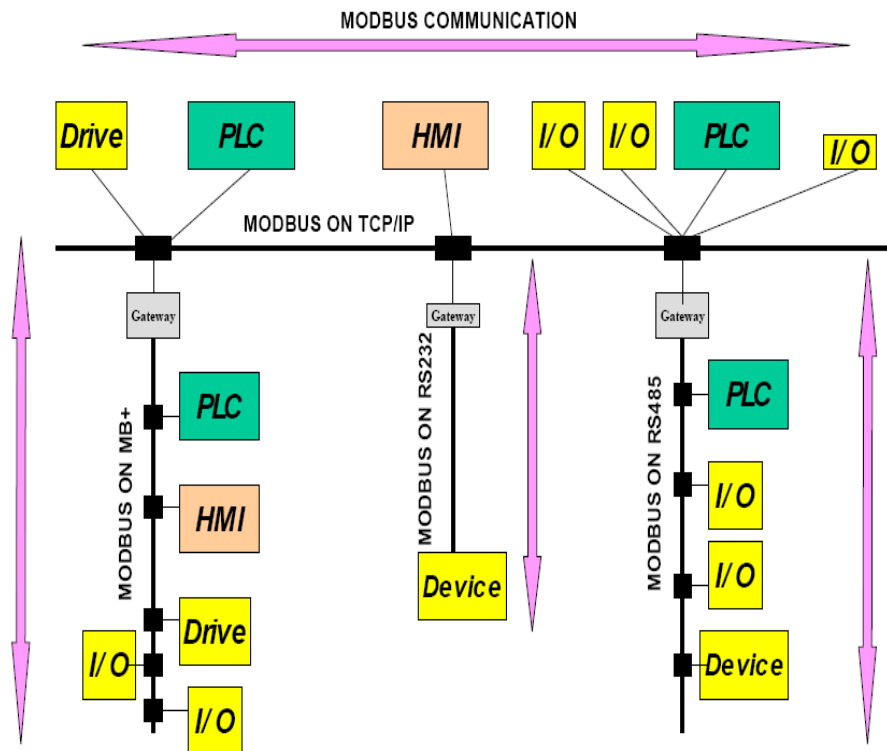


Fig. 4.15 – Exemple d'arquitectura Modbus

Aquest protocol defineix per a la seua trama una unitat de dades de procol simple (PDU: Protocol Data Unit) independent de les capes de comunicació que són per baix. La correspondència de Modbus sobre xarxes específiques pot introduir camps addicionals sobre la unitat de dades d'aplicació (ADU: Application Data Unit).

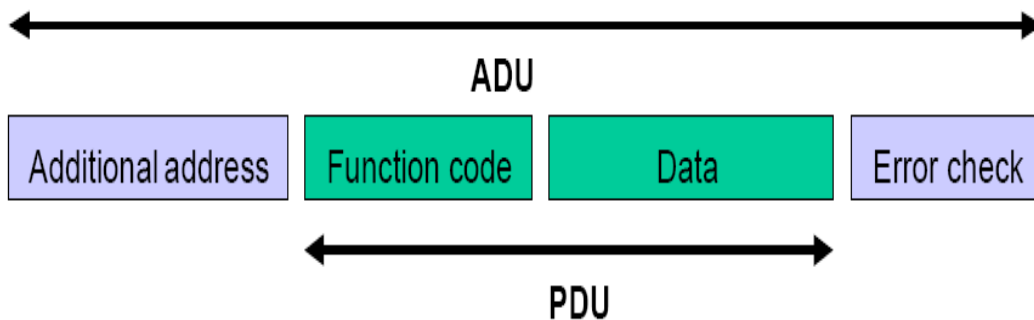


Fig. 4.16 – Missatge Modbus general

El client que comença la transacció Modbus compon l'ADU. El codi funció indica al servidor quin tipus d'acció ha de realitzar. El protocol d'aplicació Modbus estableix el format d'una petició llançada pel client.

Modbus ASCII/RTU

L'especificació original Modbus ofereix dos modes de transmissió possibles: ASCII i RTU (Remote Terminal Unit). Modbus RTU és la implementació més habitual. Aquest mode empra la codificació binària i una verificació d'errors CRC de 16 bits. Els missatges Modbus ASCII són menys eficients i utilitzen una verificació d'errors LRC, que és menys efectiva. El mode ASCII utilitza caràcters ASCII, que formen el missatge. És per això que aquest mode és més "humà" i més "verbal" ja que es pot llegir el contingut del missatge. Per contra açò representa un problema per la seguretat de les dades. Els dos modes són incompatibles; un dispositiu configurat ASCII no pot comunicar-se amb un element RTU.

Modbus TCP

Modbus/TCP és un desenvolupament recent, creat per permetre al protocol Modbus/TCP de transmetre sobre xarxes TCP/IP. Modbus/TCP col·loca el missatge estàndard Modbus en trames TCP/IP. Encara que la implementació siga simple, les característiques associades presenten algunes consideracions a tindre en compte. Per exemple, els mestres Modbus esperen i demanen respostes a les seues peticions amb un temps de trama donada. Aleshores cal estar atent a l'aspecte no determinista de TCP/IP.

Un encapçalament dedicat s'utilitza sobre TCP/IP per identificar l'ADU de Modbus (veure fig. 4.17). S'anomena encapçalament MBAP (Modbus Application Protocol Header).

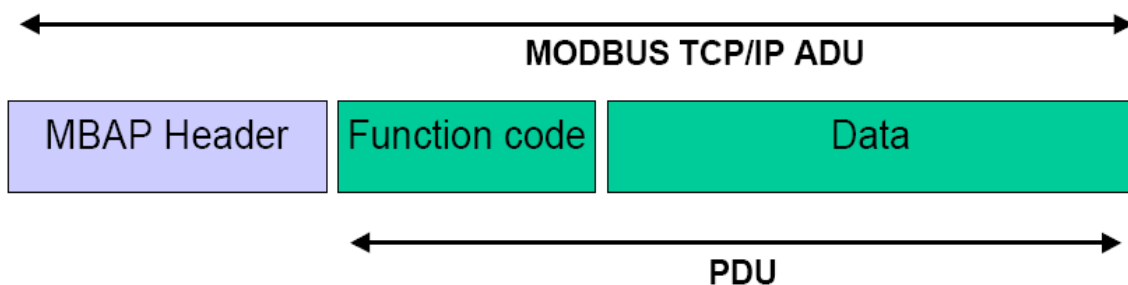


Fig. 4.17 – Trama Modbus sobre TCP/IP

Modbus/TCP configura les connexions entre nuclis de la xarxa enviant peticions via TCP half-duplex. TCP permet posar en una cua múltiple peticions en una memòria intermèdia esperant de ser ateses. Modbus/TCP té la capacitat d'emprar identificadors de transacció (nombre de seqüència), però alguns fabricants de material Modbus no l'utilitzen. Si una petició d'un mestre es perd, o conté un codi de funció incorrecte, l'esclau no respon. El mestre ha de relançar la petició, o potser existeix altres peticions que esperen. Les respostes a peticions antigues poden provocar problemes de desincronització i el mestre pot enllaçar la resposta correcta a una petició. Els símptomes que poden aparèixer a causa d'aquest problema són l'aparició de dades incorrectes des d'un esclau, la caiguda dels esclaus o l'augment progressiu del temps de resposta.

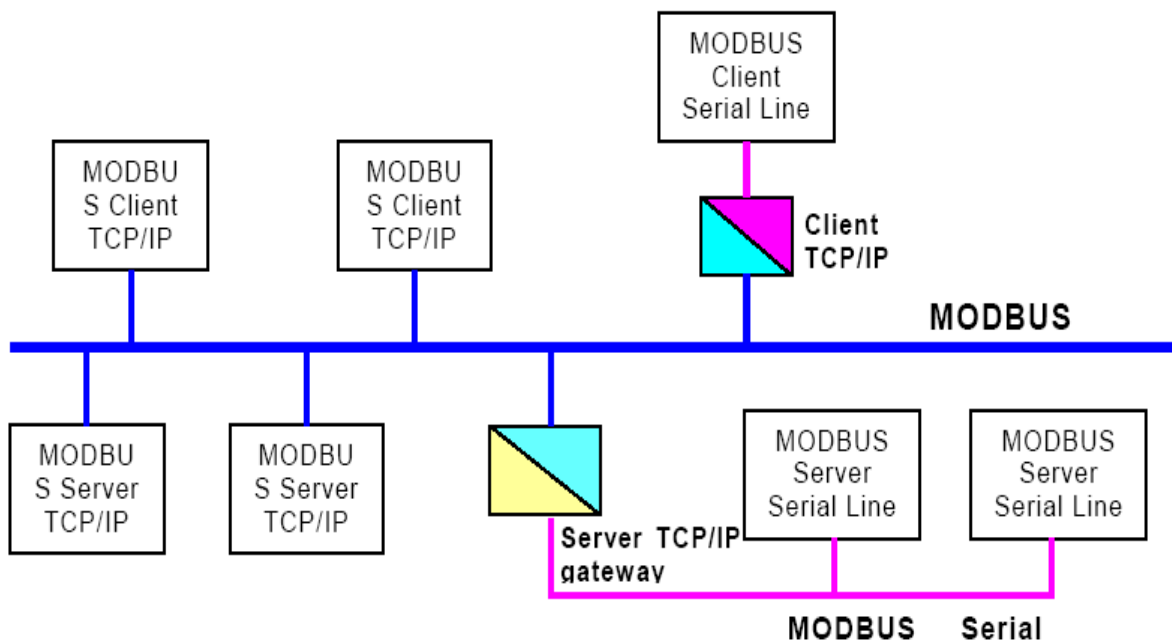


Fig. 4.18 – Arquitectura de comunicació Modbus TCP/IP

4.2.1.4 Ethernet Industrial Temps Real

El problema del determinisme en Ethernet Industrial limita molt el creixement d'aquest protocol en el camp de la indústria. No obstant això, com ja s'ha descrit, el alt nivell de rendiment i els avantatges d'Ethernet donen una gran potència per la fàbrica. Conseqüentment, cal trobar una solució que elimine o reduisca aquest inconvenient.

Nombroses universitats, centres de recerca i empreses han dirigit gran quantitat de recursos per resoldre aquesta problemàtica. La conclusió d'aquests estudis ha donat com a resultat el concepte "Temps Real" a l'àmbit d'Ethernet Industrial.

El temps real consisteix a crear mètodes de sincronització entre els elements de la xarxa i el repartiment del temps de comunicació gràcies a algorismes específics i a la definició dels camps especials en les trames.

Existeixen diferents implementacions d'aquest concepte al mercat. Hem triat tres dels protocols Ethernet Industrial Temps Real més coneguts hui en dia. Estan recolzats i desenvolupats per un gran nombre de societats presents al món industrial.

4.2.1.4.1 EtherCat

Aquest bus de camp és un protocol obert d'alta velocitat basat en els estàndards Ethernet. L'objectiu del desenvolupament es l'aplicació d'Ethernet en les aplicacions d'automatització industrial amb requeriments de temps d'actualització per ràfegues de dades molt curtes (també anomenat temps de cicle) amb una baixa precisió i cost reduït en relació al hardware.

Habitualment les xarxes de camp típiques es caracteritzen per longituds de dades petites per cada nucli de la instal.lació, típicament inferiors a la càrrega que suposa les trames Ethernet. Si les trames Ethernet són utilitzades de manera individual per cadascun dels equipaments, la taxa de dades útils esdevé en principi molt feble. Les trames Ethernet més curtes compten amb 84 octets (tenint en compte el retard inter-trama).

El protocol EtherCat s'encapsula dins de les trames Ethernet (veure figs. 4.20 i 4.21) gràcies a un camp Ethertype específic. Aquest consisteix en una sèrie de sub-telegrames, adreçant zones de memòria particulars de la imatge lògica del procés, podent arribar a una talla de 4 Gb. La seqüència de les dades és independent de l'ordre en què les terminals són enllaçades físicament; l'adreçament pot també ser efectuat en qualsevol ordre. La transferència directa de les trames Ethernet s'utilitza en el cas on necessitem altes velocitats i quan els components EtherCat operen a l'interior d'una mateixa subxarxa. (veure fig. 4.19).

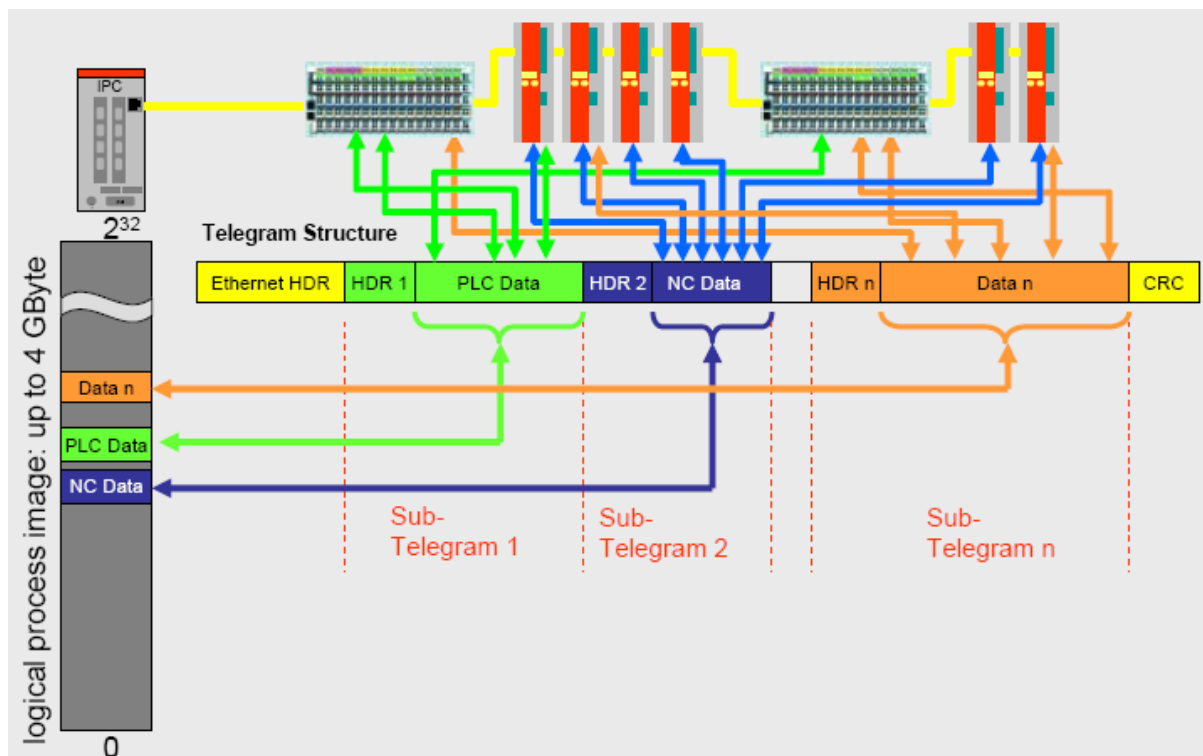


Fig. 4.19 – Principi de funcionament EtherCat

Quant a la instal.lació d'una xarxa EtherCat totes les topologies són possibles: bus, línia o estrela.

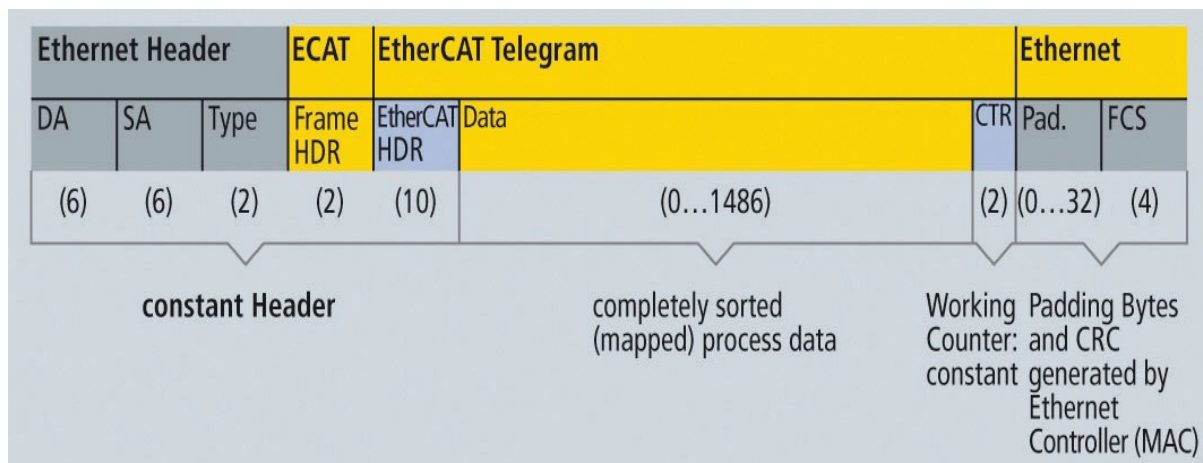
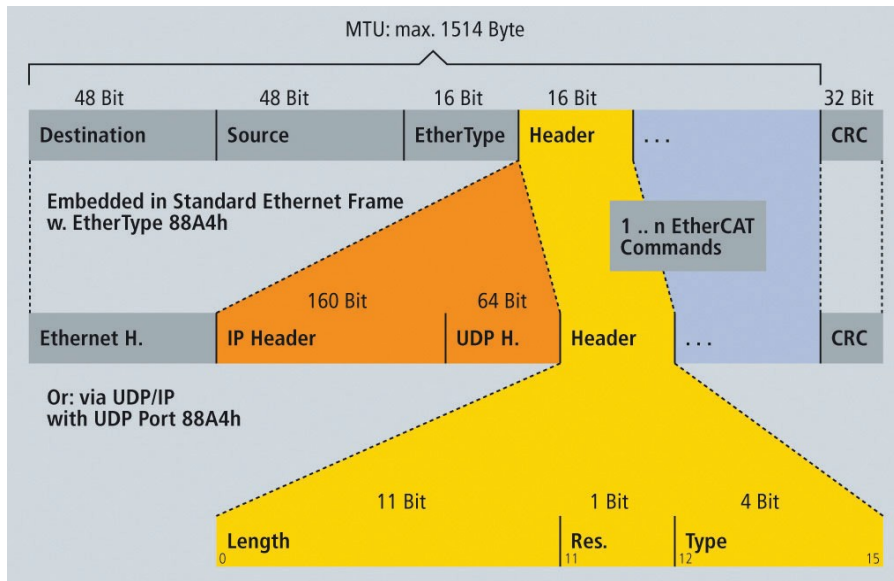


Fig. 4.20 i 4.21 – Composició de les trames EtherCat

L'EtherCat Technology Group és l'organització encarregada d'aquesta solució Ethernet Industrial Temps Real. En aquest grup internacional trobem representants de la indústria automòbil com BMW o IVECO. Cal destacar que FESTO i SMC pertanyen a aquesta organització. De fet, SMC és l'únic proveïdor pneumàtic analitzat que proposa aquesta solució pel seu mòdul bus de camp.

A més, aquest grup manté una col.laboració molt estreta amb els grups de treball de comunicació digital de l'IEC. L'especificació del protocol és un estàndard publicat com IEC/PAS 62407 en 2005 i ha estat integrat com un dels estàndards internacionals de bus de camps IEC 61158 i IEC 61784-2. EtherCat forma part també de la norma ISO15745-4 on es troba la descripció de l'estàndard XML.

Les aplicacions típiques per aquest protocol són la robòtica, la injecció de motles, les ferramentes de semiconductors i, en general, les màquines de control.

Finalment, la utilització actual és baixa en el medi industrial a causa de la lenta implantació de l'Ethernet Industrial, però aquest bus de camp té un gran futur gràcies al suport dels industrials i a l'especificació oberta Temps Real.

4.2.1.4.2 Ethernet Powerlink

Ethernet Powerlink (EPL) és un protocol determinista temps real per l'estàndar Ethernet Industrial.

EPL ha estat creat respectant l'estàndar. Desenvolupa una expansió de l'Ethernet estàndar amb un mecanisme mixt de sondeig i ranures de temps. A continuació, enunciem les principals característiques:

- Garantia de transferència de les dades temporals crítiques en un cicle isocrònic molt curt amb temps de resposta configurable.
- Sincronització de temps per tots els nuclis de la xarxa amb una alta precisió.
- Transmissió de les dades menys crítiques en un canal asíncron reservat.

Les implementacions modernes han arribat a temps de cicle per baix de 200 µs i una precisió temporal inferior a 1 µs.

Per aconseguir una implementació Ethernet Industrial determinista EPL pren la decisió de desactivar CSMA/CD mitjançant mecanismes de tractament i eliminació de col·lisions en relació a l'algorisme de planificació EPL.

A més del cicle bàsic de funcionament (fase d'inici, fase isòcrons, fase asíncrons) un altre mètode Temps Real consisteix a multiplexar el temps d'utilització en ranures de temps per optimitzar l'ample de banda (veure fig. 4.22).

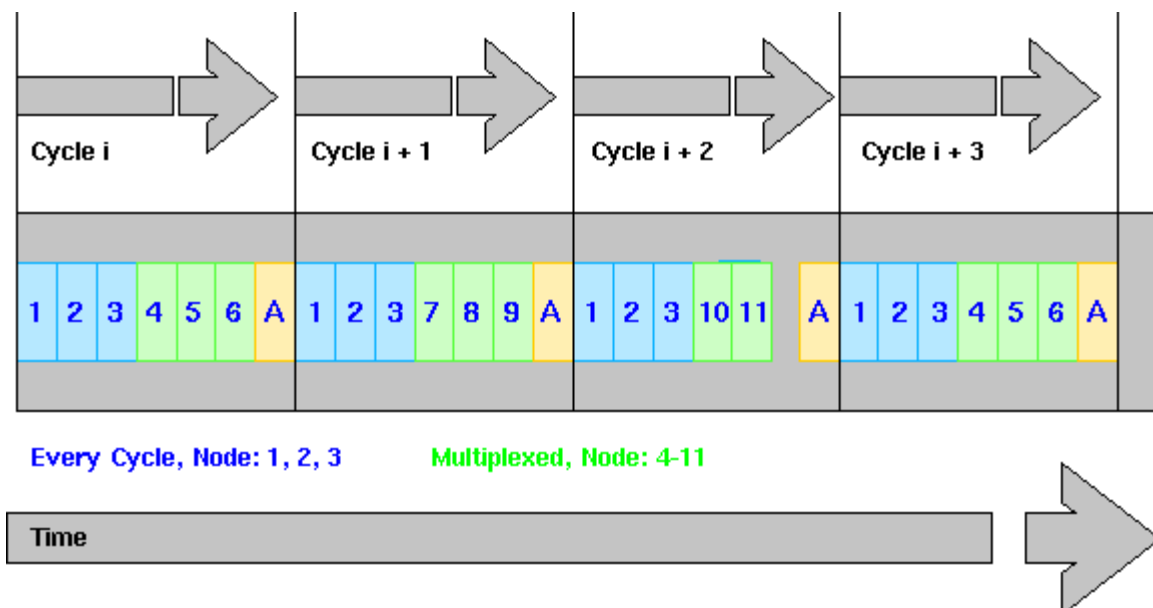


Fig. 4.22 – Multiplexació de l'ample de banda en ranures de temps

EPL és un estàndar desenvolupat per l'EPSPG (Ethernet Powerlink Standardisation Group). Aquesta organització va ser creada en Juny de 2003 com una associació independent. El seu principal interès és l'estudi de les avantatges dels sistemes Temps Real d'altres prestacions en relació a l'Ethernet Industrial. L'EPSPG coopera amb organitzacions internacionals com CiA (CAN in Automation) i l'IEC.

4.2.1.4.3 Sercos

SERCOS és un acrònim anglés, les sigles del qual signifiquen SERIAL Realtime COmmunications System.

El protocol està concebut per assegurar comunicacions sèries ràpides (2, 4, 6 i 8 Mb/s) en temps real sobre fibra òptica. Es reconegut per la seua rapidesa i el seu comportament determinista. La interfície SERCOS assegura sincronització amb una precisió de μs per qualsevol nombre de dispositius enganxats a la xarxa. Es pot escollir un temps de cicle de 62, 125, 250 μs i múltiples de 250 μs fins a 65 ms.

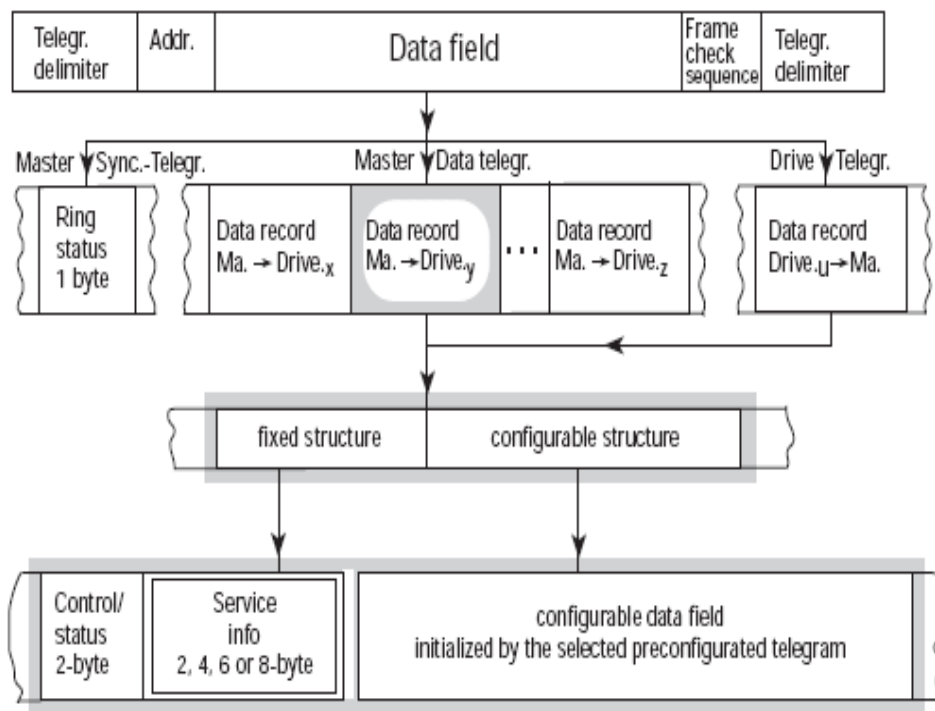


Fig. 4.23 – Estructura de la trama i mètodes de sincronització SERCOS

La gamma de productes i aplicacions industrials utilitzades sovint en les xarxes SERCOS és important. Es poden afegir interfícies automàtica, mòduls E/S, controls numèrics, vàlvules electrohidràuliques, eixos mecànics, motors lineals...

Aquest protocol defineix un estàndar d'interfície digital utilitzat majoritàriament en robòtica. La interfície SERCOS és un estàndar per als dispositius de CNC publicat en la norma IEC61491 des de Novembre de 1995 i EN61491 des d'Agost de 1998. L'organització encarregada del treball d'estandarització és la SERCOS Interface Organization. Cal destacar que BOSCH-Rexroth pertany a aquesta organització i juga un paper molt important per al desenvolupament d'aquesta xarxa de camp.

Malauradament, aquesta empresa no proposa aquest bus per a les illes de distribució pneumàtica.

4.2.2. ControlNet

ControlNet és un protocol creat per Allen-Bradley, hui en dia part de Rockwell Automation. Aquest protocol té la possibilitat de ser utilitzat a tots els nivells de l'automatització industrial, però on realment ofereix les millors prestacions és al nivell cèl.lula-control. També és emprat per al nivell de camp quan intentem posar en marxa una configuració ràpida d'automatisme del seu desenvolupador.

La trama de comunicació ControlNet és prou complexa com a conseqüència de la utilització d'un nou model de comunicació molt habitual a l'àmbit dels busos de camp que és el model productor/consumidor. S'explicarà aquest model després de definir tots els camps del missatge ControlNet.

Quan una aplicació vol transmetre qualsevol informació, aquest s'organitza en Link Packets (Lpackets). Un o més Lpackets pot estar a la trama de comunicació del nivell MAC enviat als nodes pel medi físic.

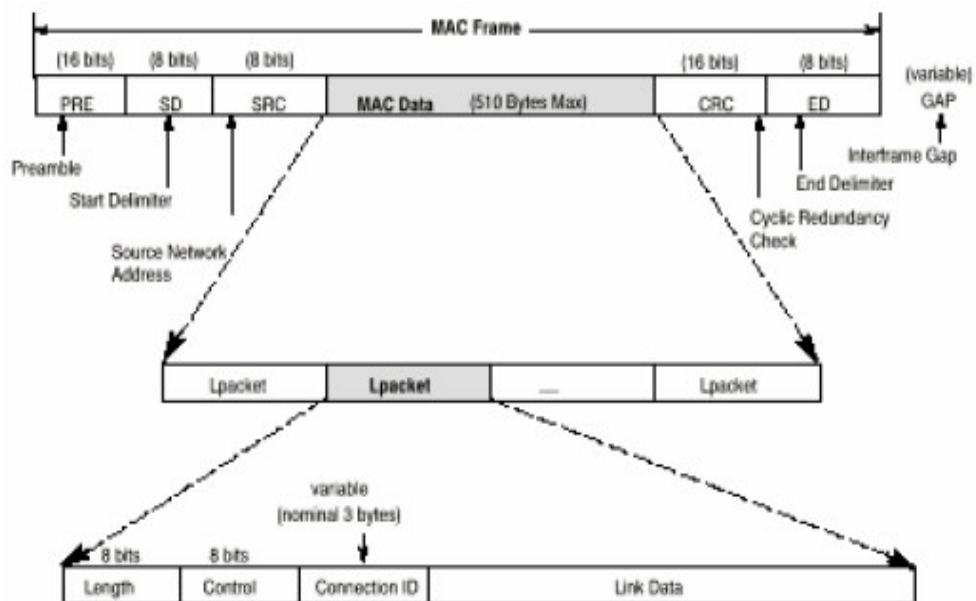


Fig. 4.24 – Trama ControlNet

En aquesta transmissió, cada estació pot emetre una sola trama MAC, amb un màxim de 510 octets. Tots els Lpackets estan situats al camp MAC Data i al voltant d'aquest camp existeixen camps clàssics de servei: Preàmbul, Start Delimiter, Adreça d'origen, CRC, End Delimiter... però falta l'adreça destinació a causa del model productor/consumidor. Aquests camps tenen la mateixa funció que en Ethernet.

Cada Lpacket està compost al mateix temps d'una sèrie d'elements (veure fig. 4.25): la longitud, un camp de controlador, un identificador de connexió que pot ser fixe (2 octets) o general (3 octets) i que representa un mètode eficaç per localitzar un missatge d'objecte particular, i, finalment, les dades pròpiament dites.

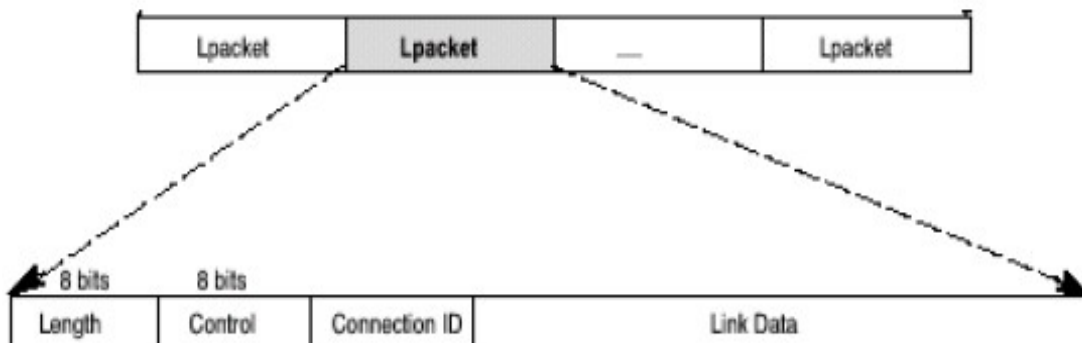


Fig. 4.25 – Contingut de cada Lpacket

El model productor/consumidor s'utilitza per a l'intercanvi d'informació sobre ControlNet. La base d'aquest model és l'existència d'un productor que és l'emissor de les dades i el consumidor que és el destinatari. Cada node pot actuar com a productor o consumidor en instants diferents de temps.

Les principals diferències respecte al model clàssic origen/destinació són les següents:

- Els consumidors poden “consumir” les dades produïdes per un sol productor.
- Els nodes poden ser sincronitzats.
- L'ample de banda s'optimitza per aconseguir millors prestacions.
- Xarxes millor adaptades per la programació i la comunicació.

Trame Source/Destination



Trame Producteur/Consommateur



Fig. 4.26 – Models de comunicació

CTDMA, sigles de **C**oncurrent **T**ime **D**omain **M**ultiple **A**ccess, és l'estratègia algorísmica d'accés al medi físic de la xarxa ControlNet. El determinisme de ControlNet s'obté permetent l'accés al medi físic d'una part dels nodes solament un interval de temps preestablert.

L'objectiu que es busca amb CTDMA és provar a regular el temps d'accés de les estacions mitjançant un temps d'actualització configurable de 2 a 100 ms anomenat NUT (Network Update Time) que és la base de l'accés al medi físic de ControlNet.

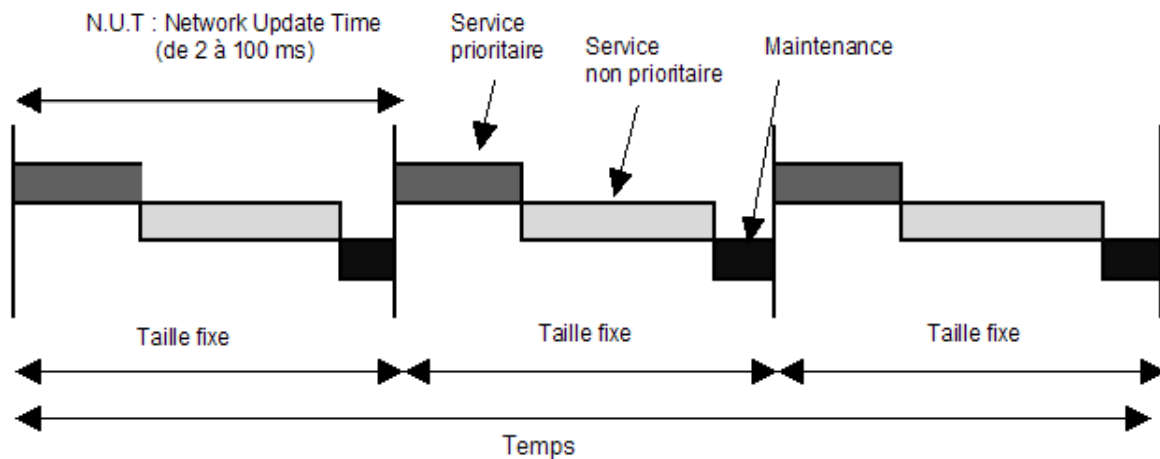


Fig. 4.27 – Principi de funcionament de CTDMA

NUT correspon a la freqüència amb la qual l'interval de temps en el qual les dades poden ser enviades (Network Update Interval: NUI) es repeteix. NUI es divideix en tres sessions:

- Servei prioritari (scheduled service): E/S TOR, E/S no TOR, repartiment de dades
- Servei no prioritari (unscheduled service): per enviament de missatges o supervisió IHM.
- Manteniment (guardband): manteniment de la xarxa, part de la trama generada pel vigilant.

La primera part del NUI està reservada al trànsit determinista (time-critical data) que ha de ser transmesa en un temps i velocitat concrets.

En aquesta primera part, S_{max} , o S , segons bibliografies, representa l'adreça més gran de la xarxa que pot reservar una part del temps prioritari del NUI. En aquest interval, tots els nodes que tenen una adreça inferior al paràmetre S_{max} tenen l'oportunitat de transmetre una trama MAC com a màxim. Cada node amb una adreça entre 1 i S_{max} té l'oportunitat de transmetre a cada NUT. Els nodes amb una adreça superior no poden enviar durant aquesta part de temps prioritari. L'adreça 0 es reserva per a utilitzacions futures, però no pot ser utilitzada per un node.

La segona part del temps comença després que tots els nodes amb requeriments de temps crític hagen tingut la possibilitat de transmetre. Aquesta part es reserva per la transmissió no determinista. Ací existeix un paràmetre, U_{max} o U , que és l'adreça de xarxa més gran que té el dret de transmetre durant el temps no prioritari de NUT, per defecte $U_{max} = S_{max} + 8$. Com amb S_{max} , els nodes amb adreça superior a U_{max} no poden transmetre durant el temps no prioritari.

El token, durant aquest temps no prioritari, passa d'una adreça n a una adreça U_{max} o a una adreça $n+1$ i obtindrà la possibilitat de transmetre en aquest moment al NUT. Aconseguim una tècnica de rotació de l'oportunitat de transmetre.

La tercera part de NUI està reservada pel manteniment de la xarxa. Els nodes amb l'adreça més petita exerceixen el paper de “keeper” (vigilant). La seua funció és transmetre una trama que conté els valors actualitzats dels paràmetres S_{max} i U_{max} , i el NUT per al servei prioritari o scheduled. Un keeper actiu és el node vigilant que gestiona la xarxa.

Totes les parts es presenten a l'esquema de la figura 4.28.

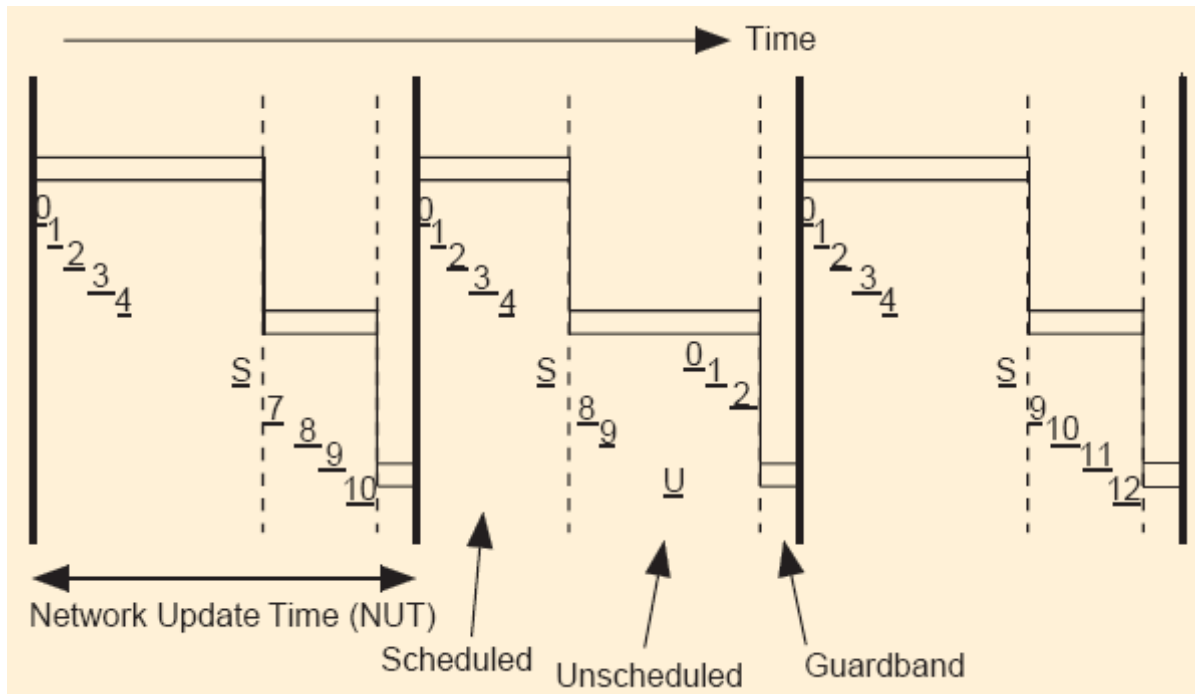


Fig. 4.28 – S_{max} (S) i U_{max} (U) sobre les parts del NUT

Pel que fa al cablejat existeixen diferents possibilitats, però la principal solució per al medi físic ControlNet és el cable coaxial amb connectors RG-6 i RG-6F, o BNC. Per grans distàncies s'utilitza la fibra òptica.

ControlNet accepta més d'una topologia: línia amb tirants, estrela, estructura d'arbre, i anell redundat. Per crear altres topologies cal utilitzar repetidors. Un punt fort de l'estructura topològica d'aquest protocol és la redundància física.

La xarxa ControlNet preveu la instal·lació d'un segon cablejat anomenat medi redundat per raons de robustesa i fiabilitat. Els nodes transmeten el senyal al mateix temps pels dos cables i el receptor fa una comparació contínua per prendre el millor dels dos. És evident que el segon cable s'utilitza la major part del temps en cas de fallades i manteniment del primer (veure fig. 4.29).

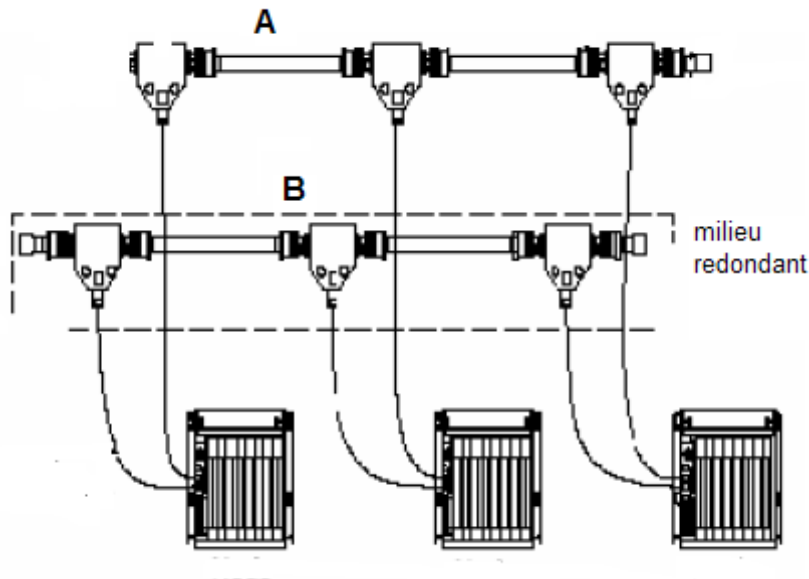


Fig. 4.29 – Estructura ControlNet redundat

El nombre màxim d'elements d'una xarxa ControlNet és 99. La distància depèn del nombre de nodes en un segment, que és una secció de cable en una estructura lineal amb tirants amb terminacions als dos extrems de 75 ohms. La velocitat de ControlNet arriba als 5 Mb/s.

La fórmula general que s'utilitza pel càlcul de la distància ControlNet és la següent:

$$1000 \text{ m} - 16.3 * (\text{Nombre de nodes} - 2)$$

Per guanyar distància o afegir elements cal utilitzar repetidors seguint la gràfica de la figura 4.30 (amb cable RG-6). La longitud màxima d'una xarxa ControlNet pot arribar fins als 20 km.

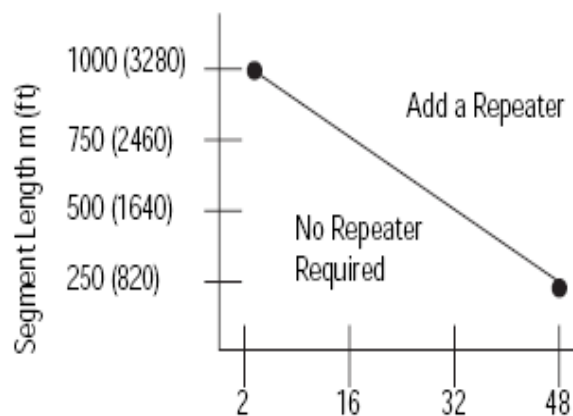


Fig. 4.30 – Relació entre distància i repetidors ControlNet

La utilització de l'estructura de token per la lògica de la xarxa esdevé clau per aconseguir el determinisme a ControlNet amb una productivitat i una eficiència excel·lents amb elevades càrregues d'informació. Durant les operacions de xarxa la utilització del token permet afegir o suprimir elements dinàmicament. Els segments Scheduled i Unscheduled a cada cicle NUT fan de ControlNet un protocol perfectament adaptat per als missatges de temps crític o no crític.

Per contra, l'estructura de token no és gens eficient per càrregues febles de trànsit. En general, quan hi ha molts nodes a la xarxa, la major part del temps és utilitzat en passar el token entre nodes quan els trànsit de dades és baix.

ControlNet és un dels perfils inclosos a l'estàndar EN50170 i a l'IEC61184. L'associació que recolza aquest protocol és ControlNet Internacional que és la propietària de l'especificació, tancada, d'aquest bus de camp.

Aquesta xarxa de camp té com a punt positiu la seua facilitat de configuració per al catàleg d'automatismes Rockwell Automation amb les col·leccions de software RSNetwork, RSLinx i la seua gamma d'autòmats ControlLogix. El principal avantatge és la seua aproximació molt "software" que simplifica molt la configuració per al desenvolupador.

4.2.3. DeviceNet

DeviceNet és un protocol de nivell de camp dissenyat per la comunicació entre dispositius, sensors, accionadors i controladors industrials.

El bus de camp d'Allen-Bradley utilitza els serveis de capa aplicativa proporcionats pel protocol CIP ja explicat en l'apartat d'Ethernet/IP d'aquest mateix estudi.

Per la capa enllaç de dades, el protocol CAN és l'especificació triada per la implementació del nivell MAC de DeviceNet. L'especificació CAN defineix dos estats de bus anomenats dominant (zero lògic) o recessiu (un lògic). Qualsevol estació pot dur el bus a un estat dominant. El bus pot estar només a l'estat recessiu quan no existeixen nodes en l'estat dominant. Aquest és el principi d'arbitratge emprat per CAN.

Existeixen diferents tipus de trames CAN: trames de dades, de sobrecàrrega, "remotes", trames d'error... Les dades es desplacen cap a DeviceNet mitjançant les trames de dades. Les altres trames són poc freqüents en DeviceNet. En la figura 4.31 es mostra l'estructura de la trama de dades.

CAN és una xarxa portadora de senyal. Un node pot transmetre quan els altres no envien informació. Aquest fet proveix capacitats p2p. Si dos o més nodes CAN proven d'accedir a la xarxa al mateix temps l'algorisme CSMA/NBA (Carrier Sense Multiple Access with Non destructive Bitwise Application) arbitra de manera que ni les dades ni l'ample de banda siguin perduts. Tots els receptors de la xarxa se sincronitzen amb el camp Start of Frame amb la transició recessiu-dominant.

Per entrar més detalladament al funcionament de DeviceNet un coneixement de l'especificació CAN és imprescindible. Aquest no és l'objectiu d'aquest estudi, ja que no es preten descriure amb gran precisió els mètodes d'aquest protocol, sinó quedar-nos en una anàlisi més general de la xarxa DeviceNet. Animem al lector d'aquest estudi a consultar l'especificació Bosch 2.0 del protocol CAN que està disponible lliurement.

Aquest protocol de camp utilitza un model de comunicació productor/consumidor amb dos tipus d'estació: mestres i esclaus. Aquests últims han de ser classificats en un tipus de servei E/S per l'intercanvi amb el mestre entre tres possibilitats: Change of Stage, Strobe i Polling.

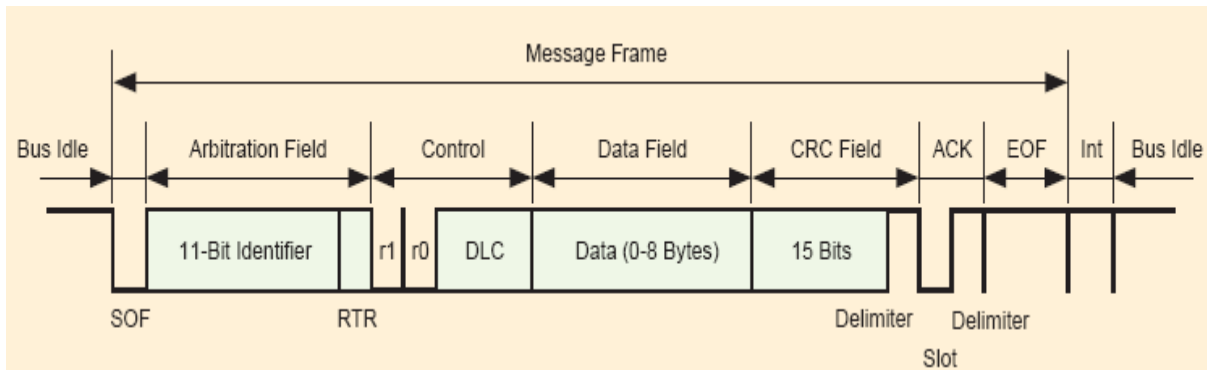


Fig. 4.31 – Trama estàndard CAN corresponent a l'especificació 1.0

DeviceNet utilitza una topologia linial que anomenem trunk/drop line, és a dir, es pot afegir al bus principal línies amb nodes sense importar quina siga l'estructura com observem en la figura 4.32. Podem tindre un nombre màxim de 64 nodes en aquesta xarxa de camp. Les prestacions en termes de velocitat depenen de les distàncies utilitzades en la planificació de la xarxa: 125, 250 i 500 Kb/s per 500, 250 i 100 metres respectivament. Pel que fa al cablejat s'utilitza el par trenat. Per als extrems del bus principal cal emprar resistències de terminació de 120 ohms.

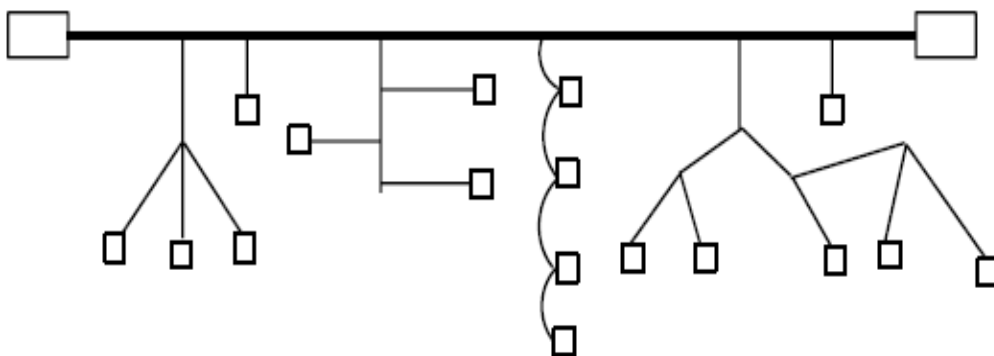


Fig. 4.32 – Topologia DeviceNet

En resum, es pot dir que DeviceNet és la suma dels protocols CIP per la capa aplicació i CAN per les capes enllaç de dades i física.

CAN és un protocol determinista optimitzat per a missatges curts. La prioritat dels missatges s'especifica en el camp d'arbitratge. Els missatges d'alta prioritat sempre guanyen l'accés al medi físic durant l'arbitratge. Així doncs, es pot garantir un retard determinat per als missatges prioritaris.

Per contra, el major inconvenient de CAN respecte a altres xarxes de camp és una velocitat de transmissió massa lenta (màxim de 500 Kb/s). La productivitat està limitada si fem la comparació amb altres protocols de nivell dispositiu. La sincronització de bit demandada pel protocol CAN limita també la longitud de la xarxa DeviceNet. CAN no és tampoc la solució més adaptada per la transmissió de missatges llargs, a causa dels 8 octets de dades en la trama del protocol.

DeviceNet és recolzat per l'organització ODVA (Open Devicenet Vendor Association). Les possibilitats de futur d'aquest protocol per al nivell dispositiu són enormes gràcies a la utilització d CAN en la capa enllaç de dades.

CAN és una tecnologia oberta i estàndar que té una gran acceptació en la indústria de l'automòbil. A més, les grans empreses com Motorola, Philips, NEC, Hitachi, o Siemens tenen una ampla gamma de xips amb implementacions del protocol CAN.

4.2.4. Profibus

Profibus és una especificació de xarxa de camp oberta responent als requeriments d'un llarg ventall d'aplicacions, majoritàriament de l'industrial i del procés, però també de l'automatització d'edificis. Aquest sistema de bus pot ser utilitzat per la transmissió de dades exigint una extrema reactivitat, amb temps de resposta curts, o per als intercanvis d'informació complexos.

Profibus va ser un projecte finançat en 1987 pel govern alemany amb la participació d'una desena d'empreses com per exemple ABB, AEG o Siemens. L'objectiu de la creació i desenvolupament d'un estàndar de comunicació xarxa de camp concebut tant per a l'industrial com per al procés.

Aquest bus de camp ha esdevingut una norma alemanya en 1991/1993 (DIN 19245-1 a 3), i després norma europea en 1996 (EN50170). A més, la comunicació Profibus respecta les normes IEC61184 i IEC61784. Aquest marc normatiu respon a les necessitats d'obertura i independència front als proveïdors, garantint la interoperabilitat, és a dir, la comunicació entre equipaments de diferents fabricants.

L'estandarització de Profibus és una de les raons més importants del reconeixement, de la promoció i de l'èxit d'aquest bus de camp al sector industrial. Donat el seu origen alemany, és evident que Profibus té una forta implantació europea, sobretot gràcies al recolzament de Siemens.

Hui en dia, Profibus està gestionant per Profibus International (PI) i també per la Profibus User Organization (PNO). Aquestes organitzacions s'encarreguen de la promoció, desenvolupament i certificació dels equips i assistència tècnica de Profibus. També tenen una missió molt important que és la protecció de la inversió dels usuaris i dels fabricants, gràcies a la seua participació activa en el treball de normalització.

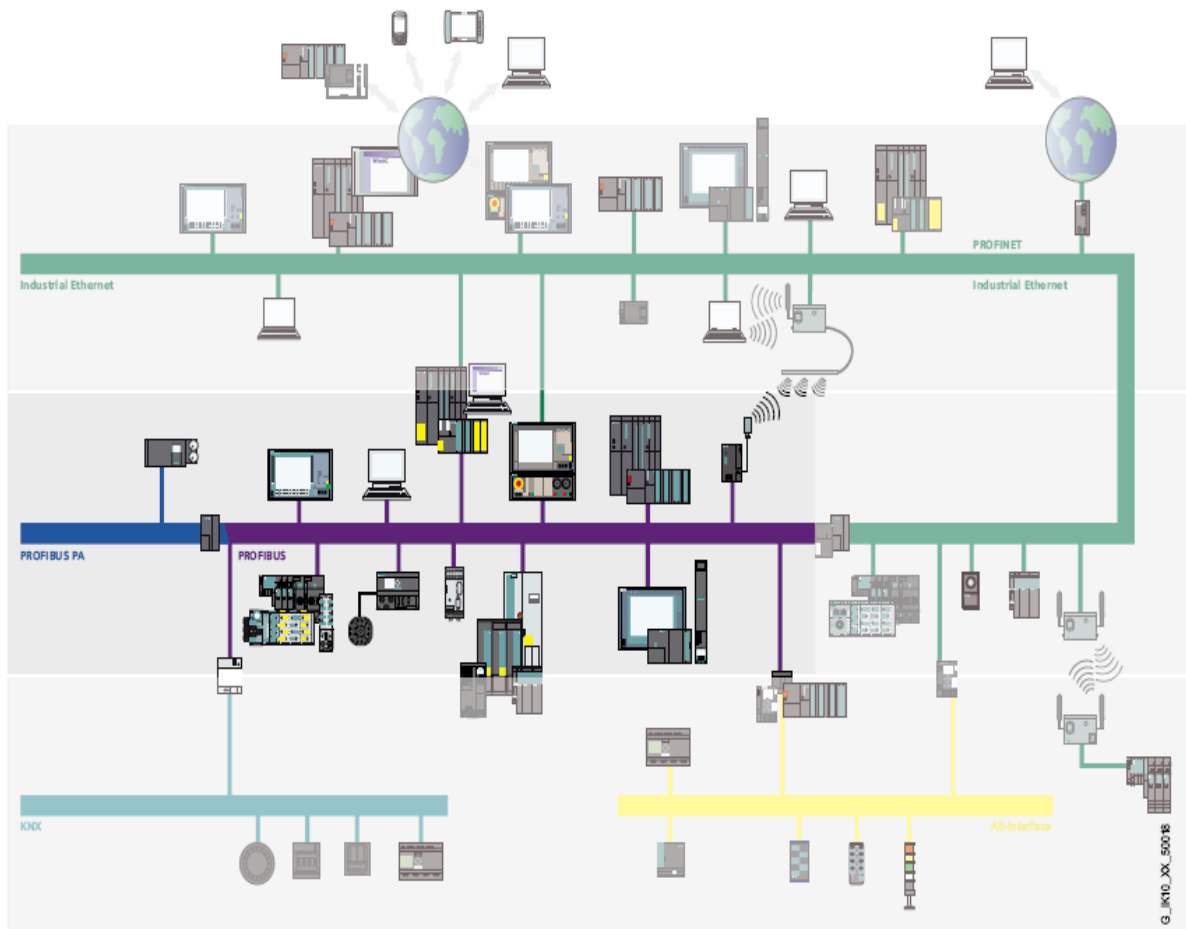


Fig. 4.33 – Profibus i les connexions de comunicació

Profibus especifica diverses versions de la capa física segons la tècnica de transmissió (veure fig. 4.36), les quals són conformes a les normes internacionals IEC61158 i IEC61784.

Les tres tècniques RS-485, MBP i fibra òptica estan optimitzades per una utilització concreta.

RS-485 és una tècnica simple i econòmica convenient sobretot en tasques que exigeixen velocitats elevades. El seu suport físic de transmissió és el par trenat blindat. L'usuari pot triar prestacions des de 9,6 kb/s i 12 Mb/s.

Tots els equips estan enllaçats al bus seguint una estructura linial. Un màxim de 32 estacions es poden connectar i per damunt d'aquest nombre o en cas d'extensió de la xarxa caldrà utilitzar repetidors per enllaçar els diferents segments del bus. La longitud del cable depèn de la velocitat de transmissió (veure fig. 4.34).

Débit [kbit/s]	Longueur de segment [m]
9,6/19,2/45,45/93,75	1200
187,5	1000
500	400
1500	200
3000/6000/12000	100

Valeurs données pour un câble de type A aux caractéristiques suivantes :

Impédance 135 à 165 Ω
 Capacité . 30 pF/m
 Résistance de boucle . 110 Ω /km
 \varnothing conducteur > 0,64 mm
 Section conducteur > 0,34 mm²

Fig. 4.34 – Correspondència velocitat/longitud de segment per RS485

Existeix la versió d'aquesta interfície RS485 per zones de seguretat intrínseca anomenada RS-485 IS.

La transmissió MBP té implícit en les seues sigles el tipus de codificació, en aquest cas **M**anchester, i una alimentació elèctrica dels dispositius de camps directament pel bus, és a dir, **B**us **P**owered. Aquesta tècnica representa una transmissió asíncrona, a velocitat fixa de 31,25 kb/s. Correspon al perfil Profibus-PA. Està implantada en el procés ja que respon a les dues exigències de la química i la petroquímica: seguretat intrínseca i alimentació dels instruments sobre el bus mitjançant un cable bifilar. Fa de Profibus una xarxa segura i explotable en ambients explosius.

Profibus sobre MBP accepta topologies amb estructura d'arbre o linials en T, podent combinar ambdues. Per regla general, aquesta transmissió es relega a un segment específic de la fàbrica (equipament de camp en zones perilloses el qual és de seguida enllaçat al segment RS-485 (sistema de pilotatge i instruments d'enginyeria en la sala de control) amb l'ajuda d'acopladors de segments o unions (veure fig. 4.35)

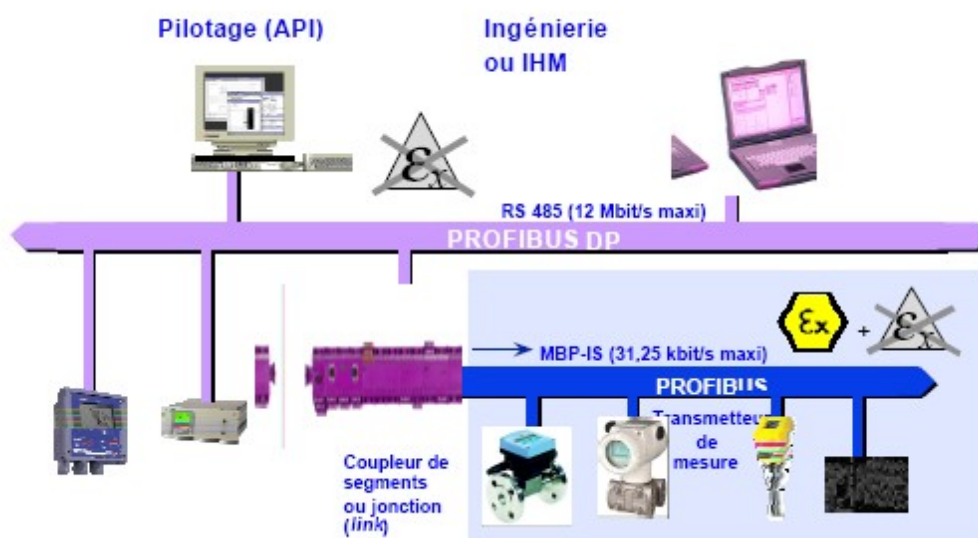


Fig. 4.35 – Topologia de xarxa i telealimentació dels equips de camp sobre bus en transmissions MBP

Finalment, la transmissió per fibra òptica està recomanada per al medi industrial amb forta pol·lució electromagnètica o en xarxes de llarga extensió.

Tres topologies poden ser configurades: estrela, anular i linial. En el cas més senzill, una xarxa òptica se serveix d'acopladors elèctrics/òptics, connectats a l'equipament de fibra òptica sobre una interfície RS-485 que permeten canvia d'un suport de transmissió a l'altre segons les circumstàncies.

	MBP	RS 485	RS 485-IS	Fibre optique
Transmission	Numérique, synchrone orienté bit, codage Manchester	Numérique, différentielle, signaux non référencés au 0 V	Numérique, différentielle, signaux non référencés au 0 V	Numérique, optique, signaux non référencés au 0 V
Débit	31,25 kbit/s	9,6 à 12 000 kbit/s	9,6 à 1500 kbit/s	9,6 à 12 000 kbit/s
Sécurisation	En-tête, caractères de début et de fin protégés contre les erreurs	Distance de Hamming = 4, bit de parité, caractères de début et de fin	Distance de Hamming = 4, bit de parité, caractères de début et de fin	Distance de Hamming = 4, bit de parité, caractères de début et de fin
Support	Paire torsadée blindée	Paire torsadée blindée, type A	Câble à 4 fils torsadés blindés, type A	Fibre de verre multimode ou monomode, PCF, fibre plastique
Téléalimentation	En option, sur fil de données	Sur fil supplémentaire	Sur fil supplémentaire	Sur ligne mixte
Protection en zone explosible	Sécurité intrinsèque (EEx ia/ib)	-	Sécurité intrinsèque (EEx ib)	-
Topologie	Linéaire et/ou arborescente avec terminaison	Linéaire avec terminaison	Linéaire avec terminaison	Étoilée et annulaire en standard ; linéaire possible
Nombre maxi de stations	32 par segment ; 126 au total par réseau	32 par segment sans répéteur ; 126 avec répéteur	32 par segment sans répéteur ; 126 avec répéteur	126 par réseau
Nombre maxi de répéteurs	4	9 avec rafraîchissement du signal	9 avec rafraîchissement du signal	Illimité avec rafraîchissement du signal (retard du

Fig. 4.36 – Caractéristiques techniques de transmissió Profibus

L'accés al bus, gestionat per la capa enllaç de dades del model OSI, defineix el procediment entre mestre i esclaus, i també la comunicació intermestre pel mètode de token (veure fig. 4.37). La capa 2 s'encarrega igualment d'assegurar la seguretat de les dades i el tractament de trames.

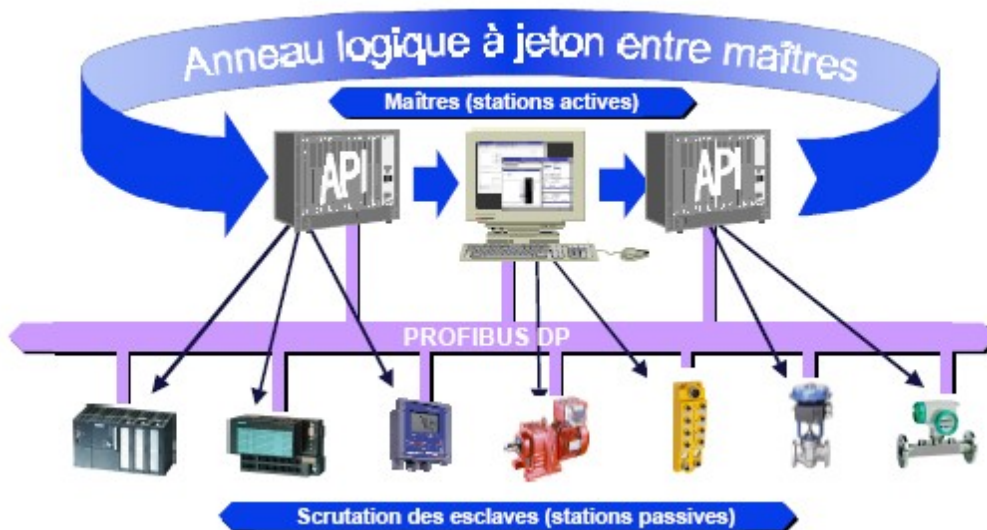


Fig. 4.37 – Gestió d'accés a Profibus

Aquest mètode d'accés és determinista, de manera que una sola estació té el dret d'accedir al bus a cada moment. Els dos objectius del mecanisme són:

- Assegurar el temps suficient per a que cada estació realitzi les seues tasques de comunicació en un interval de temps definit.
- Les tasques de comunicació cícliques seran implementades de la manera més senzilla per permetre la comunicació entre un mestre i un o més esclaus.

El mecanisme de pas de token garanteix el dret d'accés al bus de cada mestre durant un període de temps. El pas de token és una trama especial que permet la cessió al nucli que el rep, del dret d'accedir al bus. El token segueix una seqüència seguint un anell lògic, amb un temps màxim fixat per la rotació completa del token.

La comunicació mestre-esclau permet que el mestre que té el token en un instant precís es comuniqui amb els esclaus que depenen d'ell. El mestre pot enviar missatges als esclaus i llegir la resposta d'ells. D'aquesta manera és possible tindre un sistema amb un únic mestre i diferents esclaus, un sistema compost únicament per estacions actives (multimestre), o un sistema híbrid.

Les trames Profibus utilitzen delimitadors de principi i final de trama i també de bits de paritat segons l'estàndar IEC 870-5-1.

Preàmbul	Delimitador d'inici	Séqüència PhSDU (FDL-Telegram)	Delimitador de fi
-----------------	----------------------------	---------------------------------------	--------------------------

Fig. 4.38 – Format de trama Profibus

Profibus ofereix tres perfils, compatibles entre ells, cadascun d'entre ells adaptats per un nivell concret al si de la comunicació en la fàbrica:

- **Profibus-FMS:** (Fieldbus Message Specification) destinat principalment a la gestió de cèl·lules, és a dir, al diàleg entre automatismes (API i PC)
- **Profibus-DP:** (Decentralized Periphery) reservat als intercanvis simples, ràpids, cíclics i deterministes a nivell de camp. Optimitzat per aplicacions d'alta velocitat i cost reduït. Està dissenyat per la comunicació entre sistemes de control (APIs) i la perifèria descentralitzada al nivell de dispositiu (sensors i accionadors). És el perfil més utilitzat i el més estès en el món industrial.
- **Profibus-PA:** (Process Automation) ocupa el troç de mercat de l'automatització de procés. Aquest perfil està dissenyat per ambients explosius on existeixen fortes restriccions de seguretat.

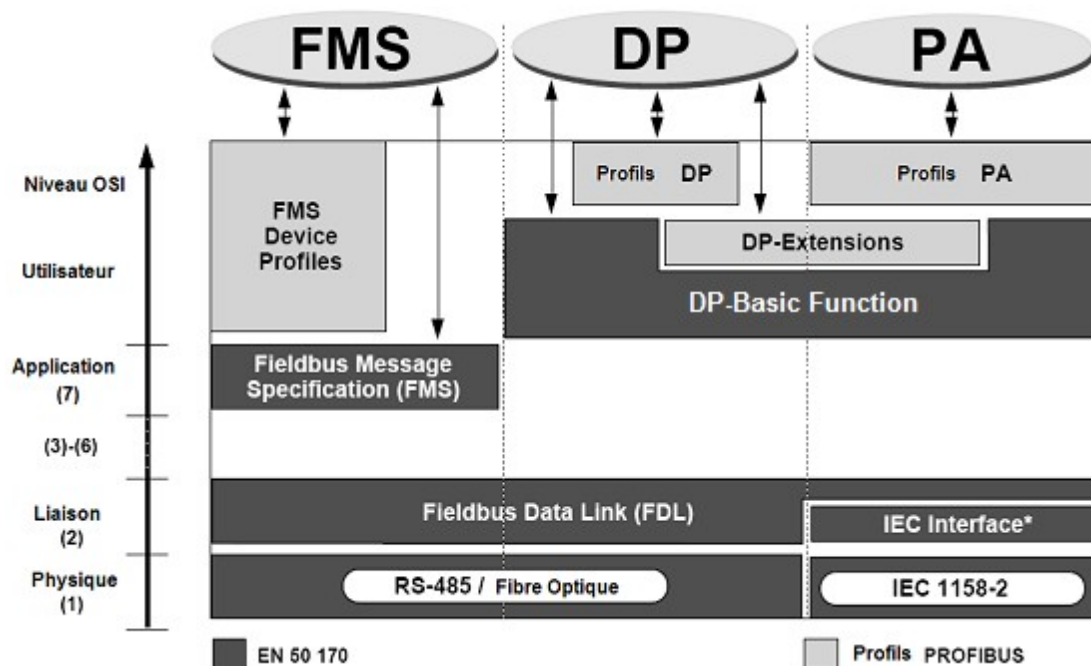


Fig. 4.39 – Arquitectura Profibus

4.2.5. AS-i

El protocol AS-i (Actuator Sensor Interface) és el més simple dels busos de camps utilitzats amb Autòmats Programables Industrials, sistemes d'automatització basats en PC i altres elements de control industrial.

Aquest bus està present al nivell més baix de la piràmide CIM, és a dir, és un excel·lent bus del nivell de dispositiu. Així doncs, està dissenyat per connectar dispositius TOR com accionadors, sensors i aplicacions de procés amb un únic cable. És una tecnologia oberta que està recolzada per nombroses empreses d'automatització, com Siemens.

AS-i és una xarxa alternativa molt eficient si comparem amb sistemes de cablejat 4-20 mA clàssics i fil a fil. Les aplicacions on aquest bus de camp s'utilitza són també nombroses: cintes transportadores, electrovàlvules de control de procés, línies d'embotellat i producció d'aliments, ascensors...

El grup encarregat del desenvolupament del protocol a posat en funcionament un perfil AS-i especial per la seguretat anomenat Asi-Safe que s'utilitza en casos d'emergència i d'aturades d'urgència en la fàbrica. Es poden afegir els dispositius de seguretat amb aquesta especificació en el mateix cable que AS-i i s'aconsegueix el suport de seguretat SIL 3 en relació a l'estàndar IEC 61508.

Es possible substituir el cable AS-i (famós cable groc) per un cable rodó estàndar amb dos conductors. La longitud màxima d'un segment AS-i és de 100 metres; no obstant això és possible augmentar aquesta distància utilitzant repetidors arribant al límit de distància entre autòmata i el darrer dispositiu que és de 300 metres.

La popularitat d'aquesta xarxa de camp, gràcies a la seua simplicitat d'instal·lació i desplegament representa un punt molt positiu per la continuïtat durant llarg temps d'AS-i en el mercat de l'automatització industrial. L'únic inconvenient és la seua baixa velocitat en relació a les noves xarxes de camp existents hui en dia.

4.3. Síntesi de protocols

En resum, podem classificar els principals protocols de camp en dos grans famílies.

D'una banda la família que podem anomenar Rockwell on trobem el protocol Ethernet Industrial Ethernet/IP per al nivell d'intercanvi d'informació i cèl.lula, controlNet per al nivell de cèl.lula, i finalment DeviceNet per la comunicació dels dispositius de camp. Hui en dia aquesta estructura inclou una capa aplicativa comú amb el protocol CIP (veure fig. 4. 40). Aquesta família té el gran inconvenient de ser tancada i propietària.

D'altra banda es troba la família de protocols Siemens (veure fig. 4.41): ProfiNet com solució Ethernet Industrial, Profibus com xarxa per al control, i As-i per al nivell de camp. Aquest conjunt de protocols tenen especificacions obertes i formen part dels estàndars IEC en relació a l'àmbit de les xarxes de camp. La interoperabilitat està assegurada gràcies al desenvolupament de productes segons les normes establertes. Obtenim prestacions semblants.

En un altre ordre, l'anàlisi d'Ethernet Industrial ens dirigeix cap al concepte Temps Real. Hui en dia, és difícil d'afrontar una solució Ethernet Temps Real abans d'una implantació d'Ethernet Industrial clàssic (Ethernet/IP, ProfiNet, Modbus...) a la fàbrica.

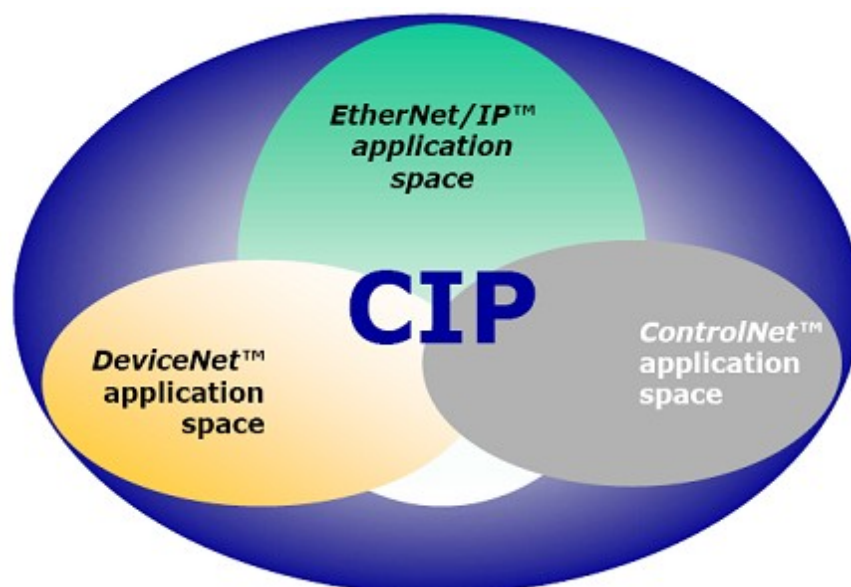


Fig. 4.40 – Concepte CIP per la família Rockwell

La gran versatilitat de les característiques dels busos de camp similars fan complicat triar una en concret, però la falta de sentit dels busos propietaris en la situació del mercat actual dirigeixen les decisions industrials per a xarxes de camp en favor d'especificacions obertes seguint els estàndars.

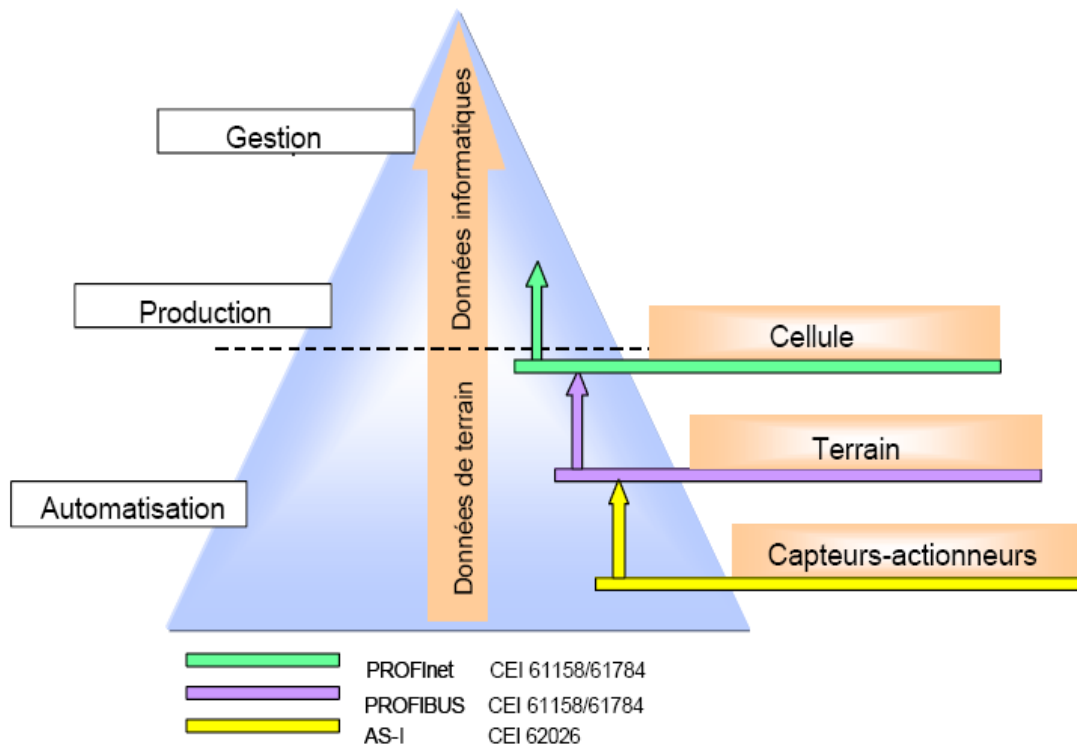


Fig. 4.41 – Família Siemens

5. Proves

S'han realitzat dos tipus de proves: d'una banda una part que correspon a la verificació de la norma ISO15407-2 i al quadre d'especificacions establert. D'altra banda s'ha provat la part xarxa de camp amb configuracions la finalitat de les quals era observar el correcte funcionament elèctric de les electrovàlvules i dels diferents mòduls de comunicació pel que fa a cada tipus de xarxa, a les connexions i als mòduls E/S.

5.1. Configuració demanada als fabricants

A partir del quadre d'especificacions que s'ha realitzat després de l'inventari d'illes de distribució existents al mercat, s'ha enviat aquest document als fabricants per obtenir mostres i poder provar i verificar els components estàndars que eixsteixen als catàlegs dels proveïdors.

D'una banda, l'especificació principal exigida quant a les electrovàlvules pneumàtiques consistia en la possibilitat d'afegir un regulador de pressió en "sandwich" entre l'embase del pla d'instal.lació normalitzat i l'electrovàlvula. A més, una segona opció requerida va ser la combinació de les dos talles estàndar ISO15407-2 01 i 02 (26 i 18 mm) en una mateixa illa sense afegir plaques de pressió intermèdia que anul.len un embase per poder utilitzar un altre distribuïdor. Altres aspectes menys prioritaris, donat que tots els fabricants tenen solucions que cobreixen aquesta petició, ha estat l'existència d'electrovàlvules mono i biestable amb totes les funcions possibles.



Fig. 5.1 – Conjunt de les illes de distribució provades

D'altra banda, la configuració demanada pel que fa a les xarxes de camp tenia la intenció de verificar la disponibilitat de protocols i analitzar els diferents sistemes de connexions que cada proveïdor desenvolupa per un mateix mòdul bus de camp. A més, s'han rebut mòduls E/S amb l'objectiu de veure el correcte funcionament del mòdul bus de camp inclús quan el mòdul E/S estiga assemblet sense modificar l'estat de les entrades o sortides.

5.2. Pla d'instal.lació normalitzat ISO15407-2: Intercambiabilitat

La finalitat de l'estandarització de les electrovàlvules pneumàtiques és poder combinar sense cap problema les diferents solucions del fabricant, és a dir, amb un embase de pla d'instal.lació normalitzat d'un proveïdor no hi ha cap dificultat per afegir una electrovàlvula d'una altra empresa (veure fig. 5.2). La intercambiabilitat ha de ser respectada al 100% quan hem dissenyat un element pneumàtic segons la norma ISO15407-2 perquè defineix un conjunt d'especificacions les quals han de ser respectades al moment de la concepció i desenvolupament del producte.

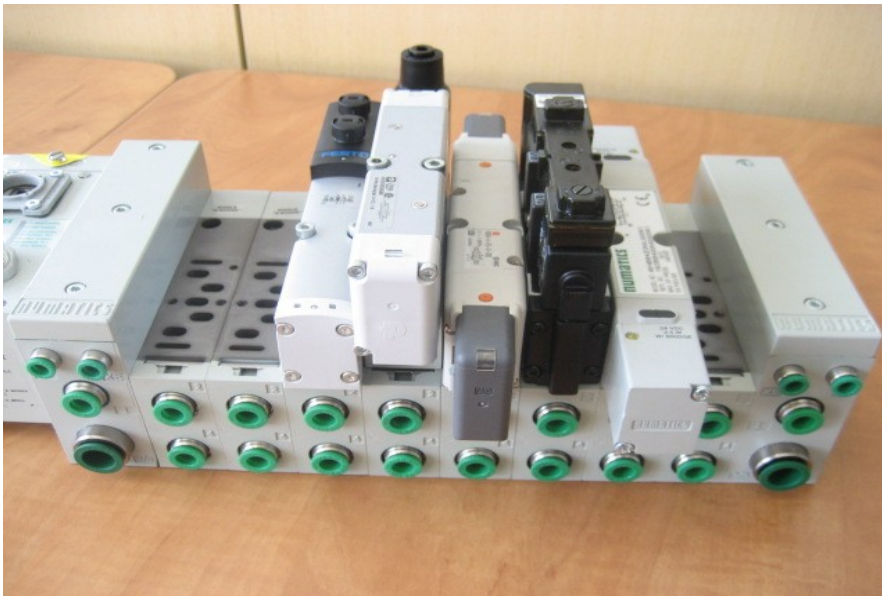


Fig. 5.2 – Illa Numatics amb electrovàlvules FESTO, Parker, SMC i BOSCH-Rexroth

A continuació s'analitzarà cada solució de cadascun dels fabricants després d'haver provat totes les configuracions possibles.

Numatics

La norma ISO es respecta completament. Es pot incloure qualsevol electrovàlvula a l'embase i al regulador de pressió. A més, els distribuïdors estan dissenyats de manera que es pot posar-los a les altres illes i reguladors sense cap problema.

Els comandaments manuals i els LEDs estan situats per a les electrovàlvules biestables al costat de cada sortida d'electropilotatge.

Per contra, existeix un problema amb la connexió M12 del regulador de pressió. A diferència dels altres fabricants, els connectors no estan protegits i poden trencar-se al moment en què hem de desmuntar el regulador per la fragilitat d'aquest tipus de material (veure fig. 5.3 i 5.4).



Fig. 5.3 – Connexió M12 del regulador de pressió Numatics



Fig. 5.4 – Connexió M12 protegida del regulador de pressió Parker

FESTO

La norma ISO es respecta completament. Es pot incloure qualsevol electrovàlvula a l'embase i al regulador de pressió. A més les electrovàlvules estan dissenyades de manera que podem posar-les en altres illes i reguladors sense cap problema.

Els comandaments manuals estan situats al costat del connector M12. També cal destacar que FESTO és l'únic proveïdor que té una solució per bloquejar els comandaments manuals. Els LEDs també estan en la mateixa part del distribuïdor que Numatics



Fig. 5.5 – Comandaments manuals i LEDs del distribuïdor FESTO

BOSCH-Rexroth

La norma ISO es respecta completament. A l'igual que FESTO i Numatics es pot incloure qualsevol electrovàlvula a l'embase i al regulador de pressió. A més les electrovàlvules estan dissenyades de manera que podem posar-les en altres illes i reguladors sense cap problema.

No obstant això, la concepció de l'electrovàlvula (veure fig. 5.6) amb el pilotatge elèctric afegit a la funció pneumàtica mitjançant un mòdul per dalt sense estar integrat en un mateix conjunt, com els altres fabricants ho fan, suposa un problema: si es vol desmuntar una electrovàlvula que està al costat d'un regulador de pressió amb una altra electrovàlvula dalt, l'accés al cargol per desinstal·lar la primera electrovàlvula resulta prou complicada a causa de les dimensions del conjunt regulador-electrovàlvula. La solució per arribar-hi passarà per desmuntar primerament eixe conjunt i després l'electrovàlvula desitjada amb els problemes de pèrdua de temps i funcionalitat conseqüents (veure fig. 5.7 i 5.8).



Fig. 5.6 – Electrovàlvula ISO15407-2 BOSCH-Rexroth

Un altre problema és la localització dels comandaments manuals i els LEDS, que pot generar confusió pel color negre del mòdul elèctric. No queda clar a primera vista on estan aquests elements (veure fig. 5.9).

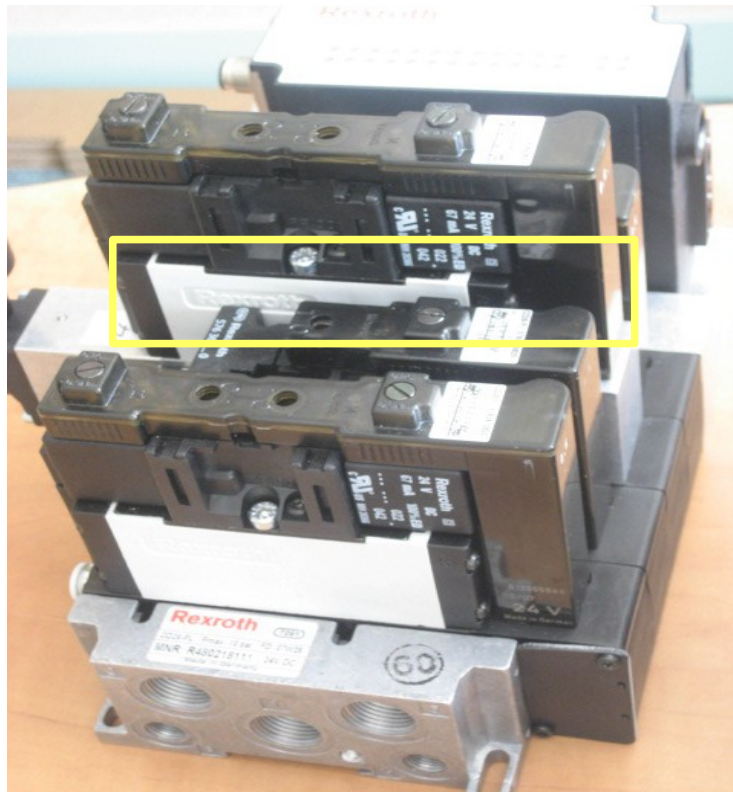


Fig. 5.7 – Zona problemàtica entre electrovàlvules i reguladors de pressió BOSCH-Rexroth

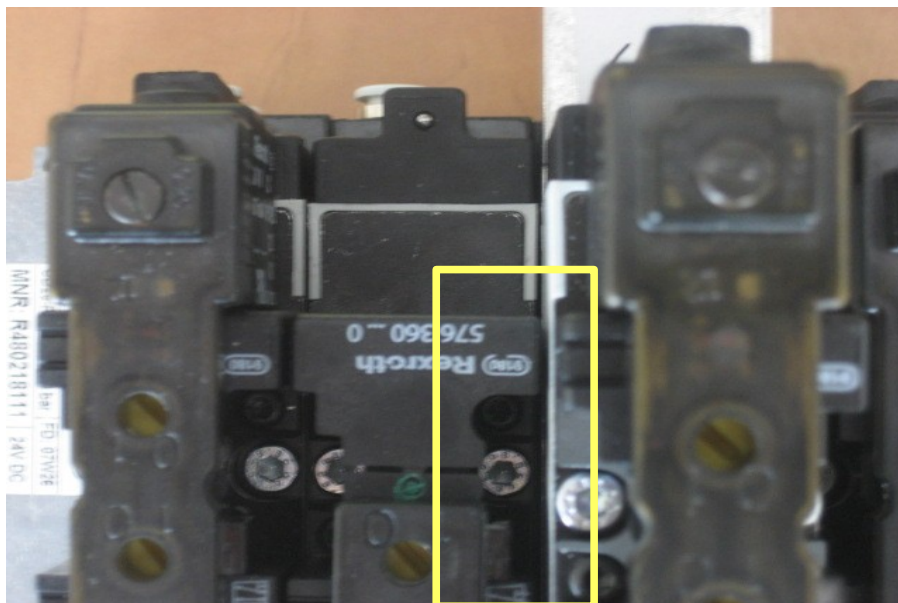


Fig. 5.8 – Vista zenital de la zona problemàtica

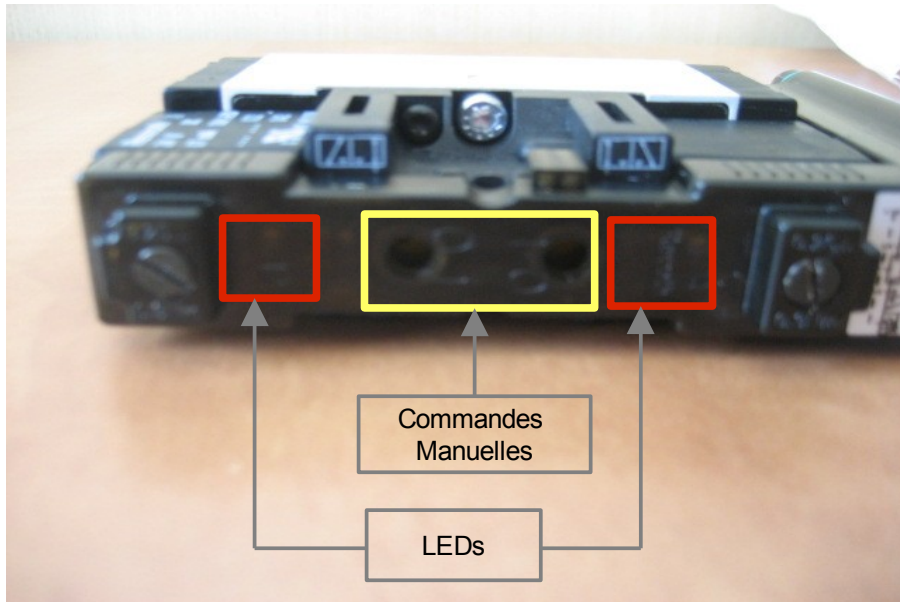


Fig. 5.9 – Comandaments maunals i LEDs de l'electrovàlvula BOSCH-Rexroth

SMC

La norma ISO es respecta completament. A l'igual que els fabricants analitzats fins ara, es pot incloure qualsevol electrovàlvula a l'embase i al regulador de pressió. A més les electrovàlvules estan dissenyades de manera que podem posar-les en altres illes i reguladors sense cap problema.

Els reguladors de pressió SMC estan units a l'embase d'una manera diferent als altres fabricants. La solució proposada consisteix en unir el regulador a l'embase amb dos petits cargols just al costat de la base del regulador i l'embase. Els altres proveïdors utilitzen dos cargols units directament a l'embase i després s'afegeix el regulador. Es pot observar aquesta situació en les figures següents.



Fig. 5.10 – Cargol entre embase i regulador de pressió SMC



Fig. 5.11 – Regulador de pressió Numatics

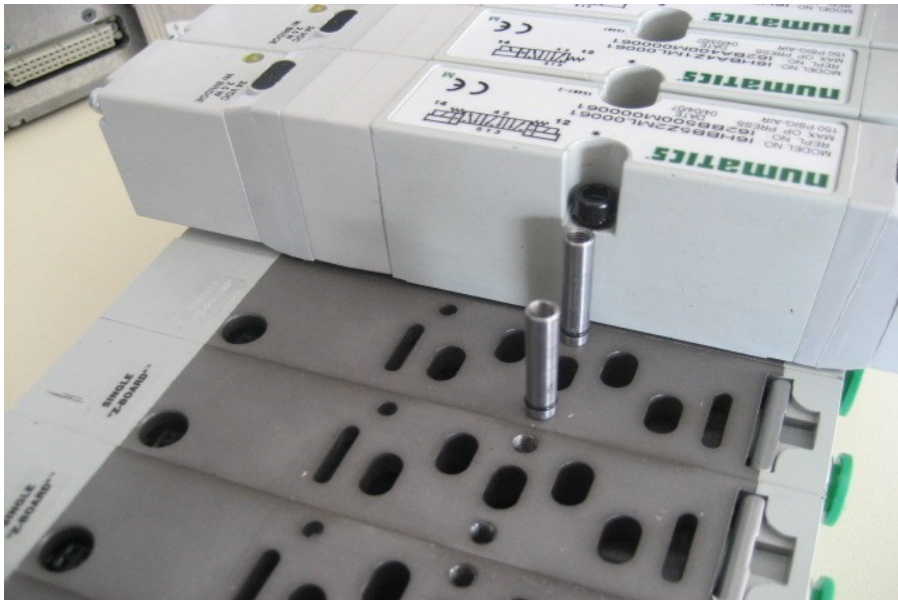


Fig. 5.12 – Sistema d'unió per embases i regulador Numatics.

Parker

La norma ISO no es respecta completament. Només es poden afegir electrovàlvules Parker i BOSCH-Rexroth al regulador de pressió perquè la situació de l'indicador de pressió del mateix (veure figs. 5.13 i 5.15) ho impedeix. Per contra les electrovàlvules Parker estan dissenyades de manera que es poden incloure en illes i reguladors dels altres fabricants sense cap problema.

Els comandaments manuals i els LEDs se situen al costat de cada bobina d'electropilotatge a les electrovàlvules biestables.

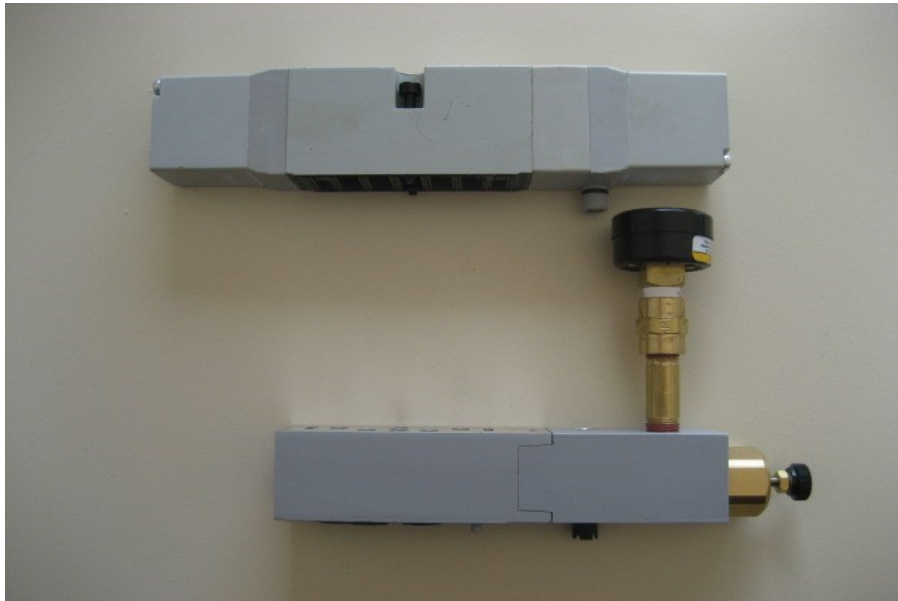
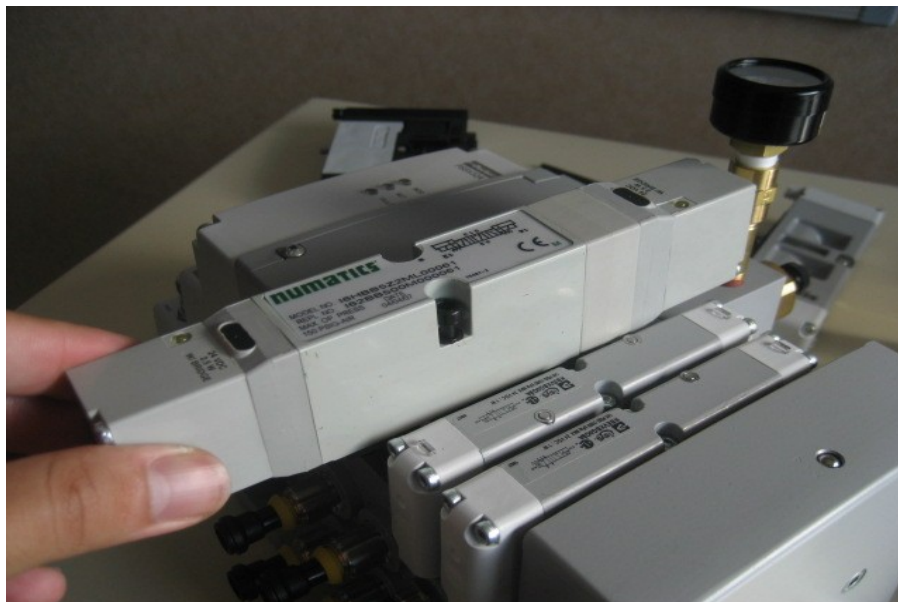


Fig. 5.13 – Electroválvula Numatics i regulador de pressió Parker



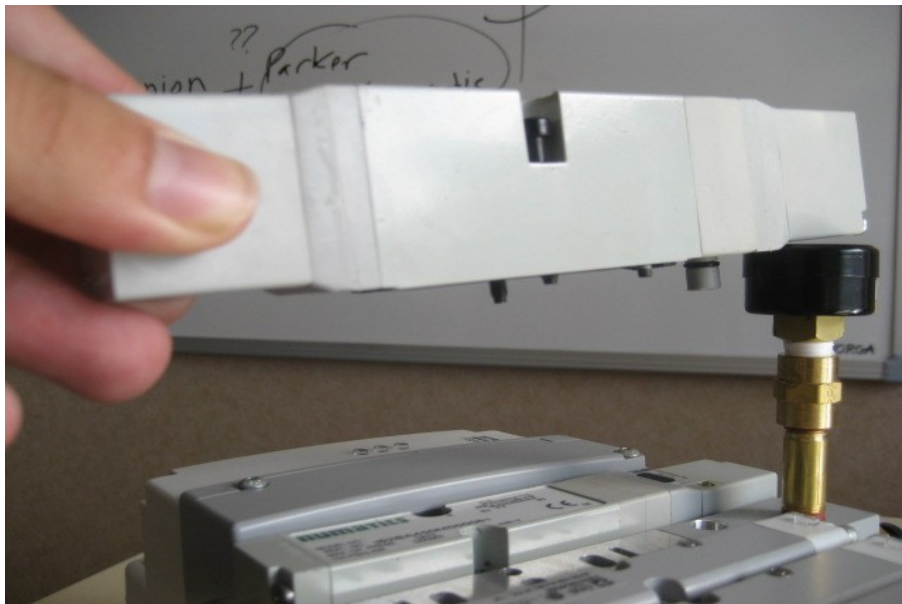


Fig. 5.14, 5.15 i 5.16 – Incompatibilitat de les electrovàlvules amb regulador de pressió Parker



Fig. 5.17 – Compatibilitat de les electrovàlvules BOSCH-Rexroth amb reguladors Parker

Finalment, cal destacar dos aspectes pel que fa als cargols de les electrovàlvules i els indicadors de pressió. D'una banda, s'adonem que les talles dels cargols de les electrovàlvules són diferents els uns dels altres. D'altra banda els indicadors de pressió són massa petits, ja que les illes se situen sovint en emplaçaments de difícil accés i no ens podem apropar per observar les mesures de pressió. Així doncs, caldrà llevar aquests elements dels reguladors de pressió i incloure un veritable manòmetre per al conjunt de la instal.lació pneumàtica.

5.3. Proves de comunicació

Per realitzar les proves dels mòduls xarxa de camp s'han pres algunes decisions en relació amb el material disponible al servei SC/MA i les mostres proveïdes pels fabricants.

El fort interès del servei SC/MA per l'estat del mercat i el desplegament del protocol Ethernet/IP al sector industrial ha estat una raó molt important per testar aquests mòduls bus de camp. A més, quatre dels cinc proveïdors estudiats desenvolupen solucions Ethernet Industrial.

No obstant això, l'absència d'un estàndar definit pel sistema de connexió fa que cada empresa propose una solució diferent. Després d'haver analitzat els connectors a les instal.lacions de SC/MA s'ha decidit utilitzar el més estès dels connectors per a Ethernet: RJ-45. Una vegada presa aquesta decisió s'ha triat l'illa de distribució que disposa de l'estàndar "de facto" a l'àmbit de l'Ethernet clàssic: l'illa Numatics. Es veritat que el connector RJ-45 no està adaptada al medi industrial, però per la realització del les nostres proves és la tria ideal.

Els tests de comunicació han estat dividits en tres parts: el sistema de connexió dels mòduls, una verificació de la il.luminació dels LEDS de les electrovàlvules i una comunicació entre PC i el servidor intern de l'illa de distribució Numatics.



Fig. 5.18 – Illa de distribució Numatics

5.3.1. Connexions

Les empreses que desenvolupen mòduls Ethernet Industrial amb una implementació del protocol Ethernet/IP són: Numatics, FESTO, SMC i Parker.

Numatics

Com ja s'ha mencionat, Numatics utilitza la connexió RJ-45 per la comunicació Ethernet/IP. Malgrat el seu cost reduït i la seua facilitat d'instal.lació, el RJ-45 no és una bona solució al medi industrial a causa de les exigents restriccions de temperatures, esforços i vibracions. La connexió per l'alimentació correspon a una presa clàssica al medi industrial amb 4 pins.



Fig. 5.19 – Connexions del mòdul Ethernet/IP de Numatics

FESTO

FESTO proposa un sistema de connexió estàndar M12 amb cinc pins. L'alimentació també es compon d'una presa de cinc pins. El mòdul Ethernet/IP de FESTO disposa d'una alimentació suplementària.



Fig. 5.20 – Connexions del mòdul Ethernet/IP de FESTO

SMC

La connexió M12 és l'elecció també per part de SMC per la comunicació bus de camp Ethernet/IP en l'extrem del sistema d'informació EX250. L'aspecte positiu de SMC és el cablejat amb dos extrems que s'adapten perfectament al medi industrial i a les comunicacions amb la targeta Ethernet/IP de qualsevol automàta. SMC proposa un cable amb presa M12 en la part de l'illa i una presa RJ-45 en la part automàta o PC (veure fig. 5.23). L'alimentació consisteix en una presa de 4 pins.



Fig. 5.21 – Mòdul EX250 aïllat



Fig. 5.22 – Mòdul EX250 cablejat i assemblet a l'illa

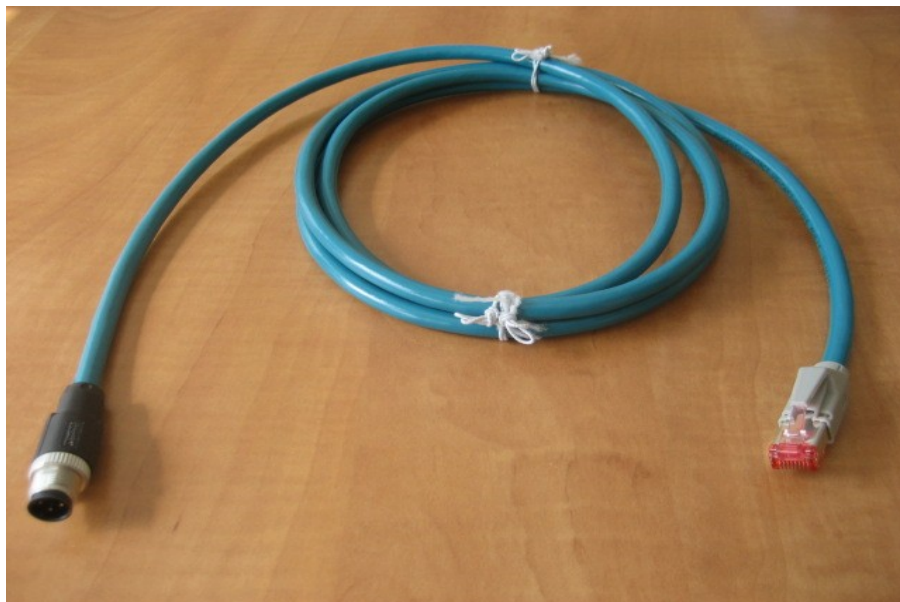


Fig. 5.23 – Cablejat SMC per Ethernet/IP

Parker

El mòdul Ethernet/IP de Parker utilitza connexions M12 de cinc pins. La connexió per l'alimentació és una presa clàssica al medi industrial de 4 pins.



Fig. 5.24 – Mòdul Ethernet/IP de Parker i detall de la connexió

5.3.2. Mode test

Hem aprofitat un dels mòduls de l'illa Numatics, dedicats al diagnòstic, per verificar el correcte funcionament elèctric de les electrovàlvules (veure annex 4). Aquest mòdul, anomenat MCM (Manual Configuration Mode) implementa mitjançant DIP i Switches rotatius dos modes de test que han estat molt útils per als objectius marcats en aquestes proves.

Primer, s'ha provat una configuració en què il.luminàvem successivament els LEDs de les bobines de les electrovàlvules per a tots els fabricants.



Fig. 5.25 – Captures dels LEDs il.luminats

Després, s'ha provat l'altre mode de funcionament proposat pel MCM, amb el qual il.luminàvem els LEDs corresponents a les bobines imparelles. Cal remarcar que la bobina 0 correspon a l'electrovàlvula més propera al mòdul MCM i la bobina n a l'electrovàlvula més allunyada.



Fig. 5.26 – Il.luminació de les bobines imparelles

Com s'ha observat a les imatges totes les electrovàlvules han tingut una resposta correcta en relació a les peticions del mòdul MCM.

5.3.3. Comunicació PC – Servidor illa de distribució

Un dels avantatges dels busos de camp és el fet d'introduir els mecanismes de control a l'interior dels dispositius que es van a instal·lar al llarg de la xarxa. La utilització de la xarxa Ethernet al medi industrial permet integrar desenvolupaments del món de les xarxes locals per millorar els mètodes clàssic de l'enginyeria de control.

Una ferramenta que ha traspasat les fronteres de l'oficina cap a la indústria és el servidor web. En aquest àmbit esdevé cada vegada més una IHM (Interfície Home Màquina) utilitzada per al procés industrial. Amb un navegador web es poden realitzar connexions via web amb el nostre dispositiu i controlar-lo des de qualsevol lloc de treball habitual. El servidor suposa una revolució en relació al model de control i vigilància habitual en què cal estar al costat del dispositiu a la fàbrica.

Les illes de distribució integren habitualment servidors web que permeten forçar l'estat de les bobines de les electrovàlvules i també de les entrades/sortides.

Aquesta prova ha consistit en una comunicació des d'un PC portàtil amb el servidor implementat en els circuits de l'illa (veure fig. 5.27). Per realitzar aquest test s'ha utilitzat un cable RJ-45 estàndar utilitzat per la connexió de les xarxes locals clàssiques a l'àmbit de l'oficina.

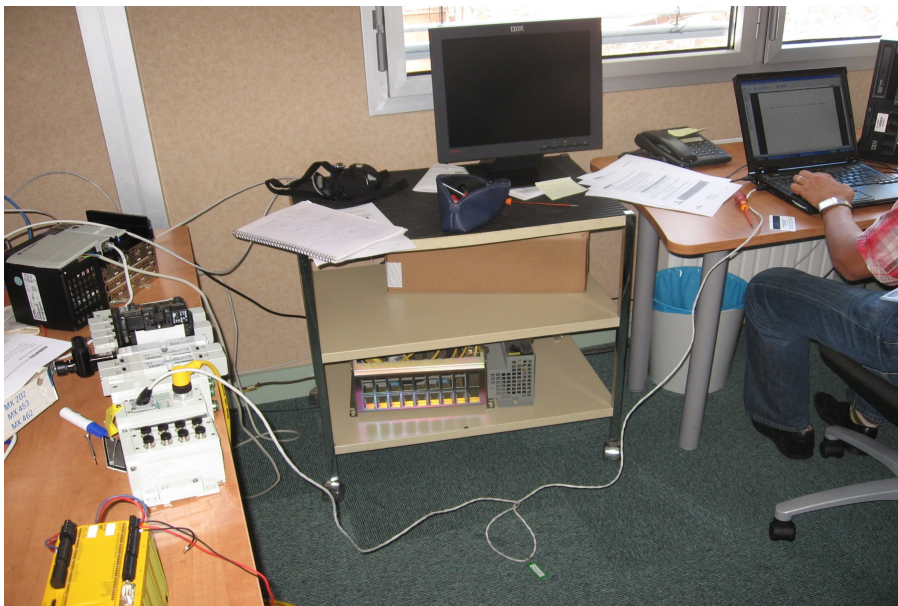


Fig. 5.27 – Arquitectura desplegada per a les proves PC – Illa de distribució

Primer s'ha configurat l'adreça IP del servidor amb els DIP i els Switch Rotatius (veure fig. 5.28) segons la documentació de Numatics (consultar annex 4): amb els DIP switch s'ha forçat els dos primers bytes per obtenir l'adreça 192.168.6.1 i amb els Switches rotatius s'ha realitzat una configuració per no mantenir l'estat de les bobines, és a dir, dels LEDs, una vegada acabada la comunicació amb el PC.

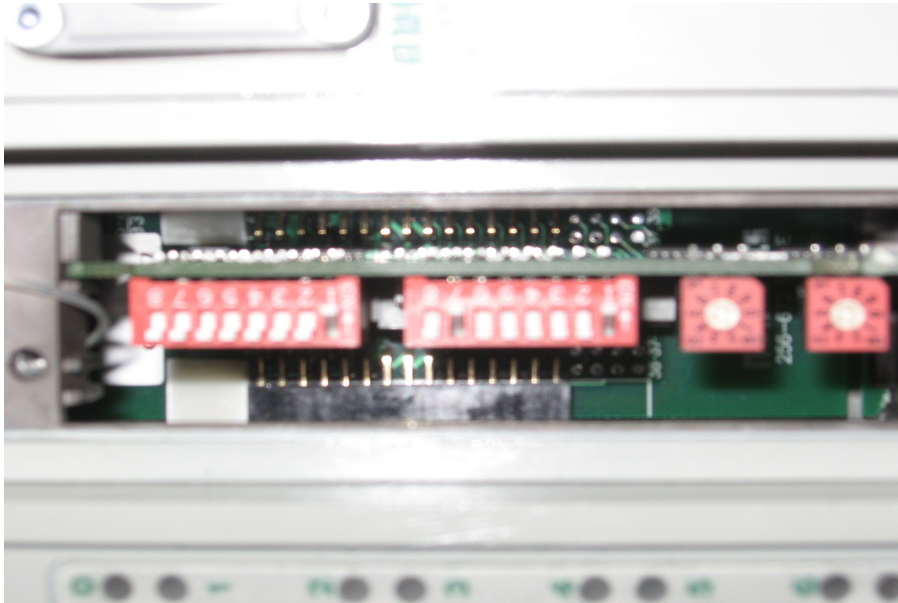


Fig. 5.28 – Switches DIP i Rotatius

A continuació, a l'ordinador portàtil s'ha definit l'adreça 192.168.6.1 com a element amb el qual s'anava a comunicar. Després s'ha llançat el navegador web i s'ha introduït eixa IP en la barra d'adreça per començar la comunicació (veure fig. 5.29) Una vegada establerta, el servidor de l'illa a mostrat una pàgina web HTML a partir del qual existeixen diferent opcions realitzables.

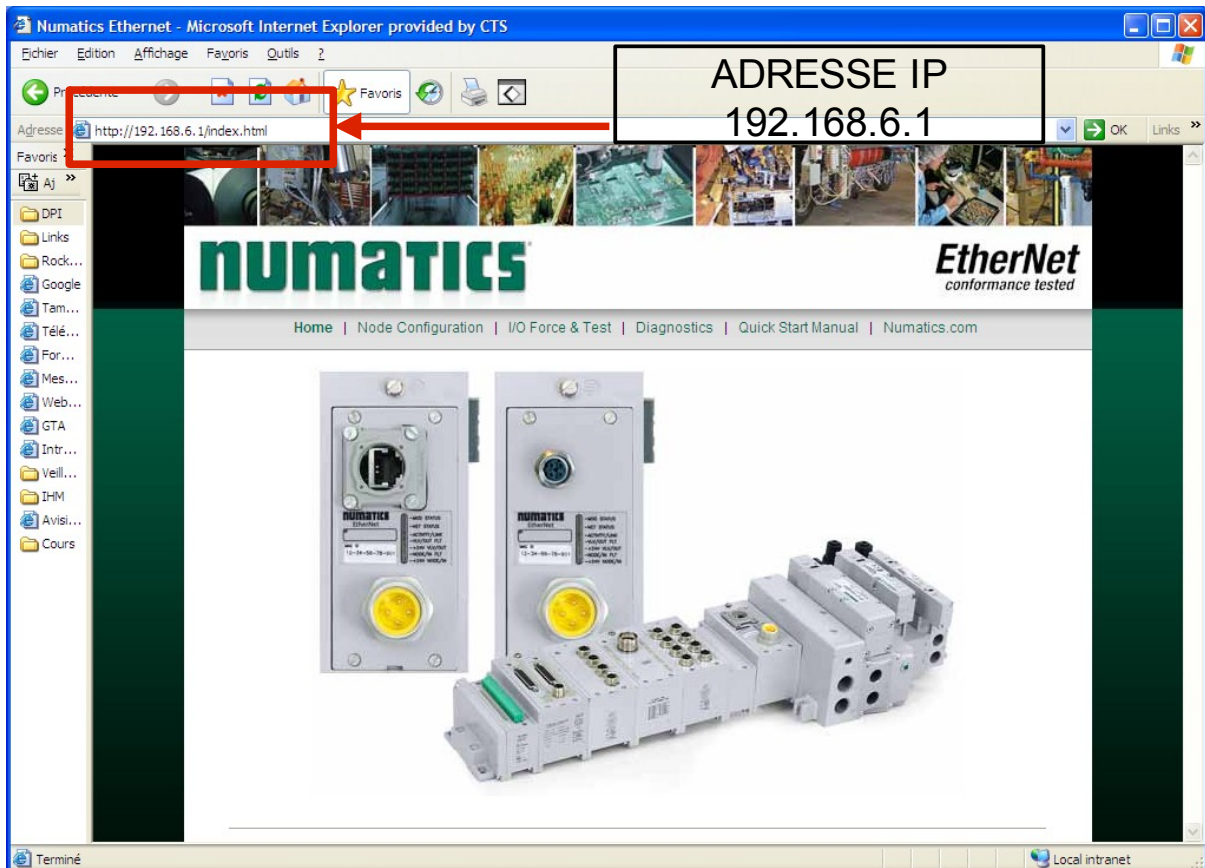


Fig. 5.29 – Pàgina web HTML del servidor

La pàgina web ens permet realitzar algunes accions sobre l'illa: configurar directament l'adreça IP sense haver de modificar l'estat dels switches, forçar les E/S per realitzar un test, verificar l'estat dels bits (bobines), descarregar la documentació i finalment visitar el web del fabricant. (veure fig. 5.30).

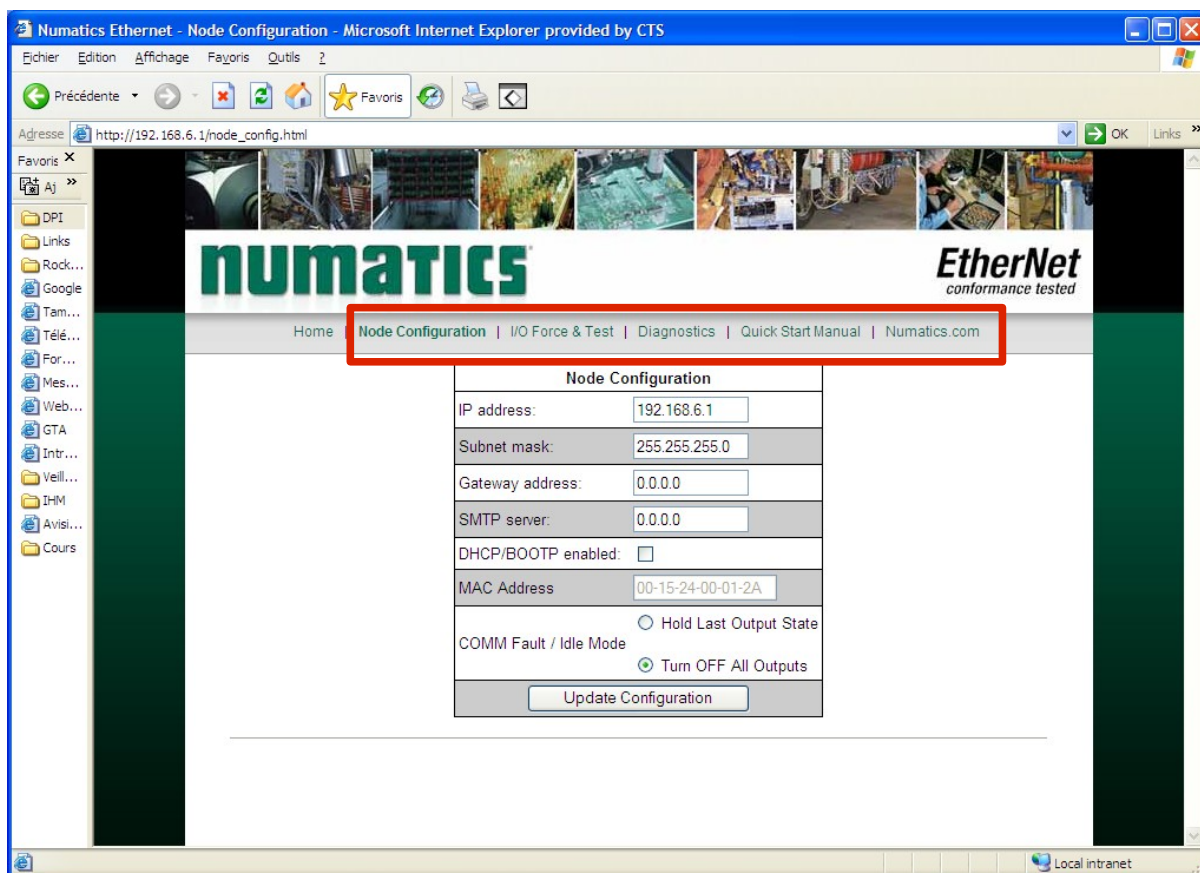


Fig. 5.30 – Opcions possibles sobre l'illa

Arribar a l'objectiu del test de comunicació ha sigut possible gràcies a l'opció de forçat de les E/S. El comandament al web ha consistit en seleccionar totes les bobines de l'illa segons el mapping d'entrades i eixides (consultar annex 5) que s'ha trobat a la documentació i també a il.luminar tots els LEDs per verificar el correcte funcionament elèctric en relació a la petició del servidor. Cal destacar la precisió dels mecanismes de control del servidor ja que quan s'ha volgut forçar les E/S un missatge de seguretat es mostrava per recordar-nos les mesures de prevenció de riscos abans de confirmar l'acció (veure fig. 5.31 i 5.32).

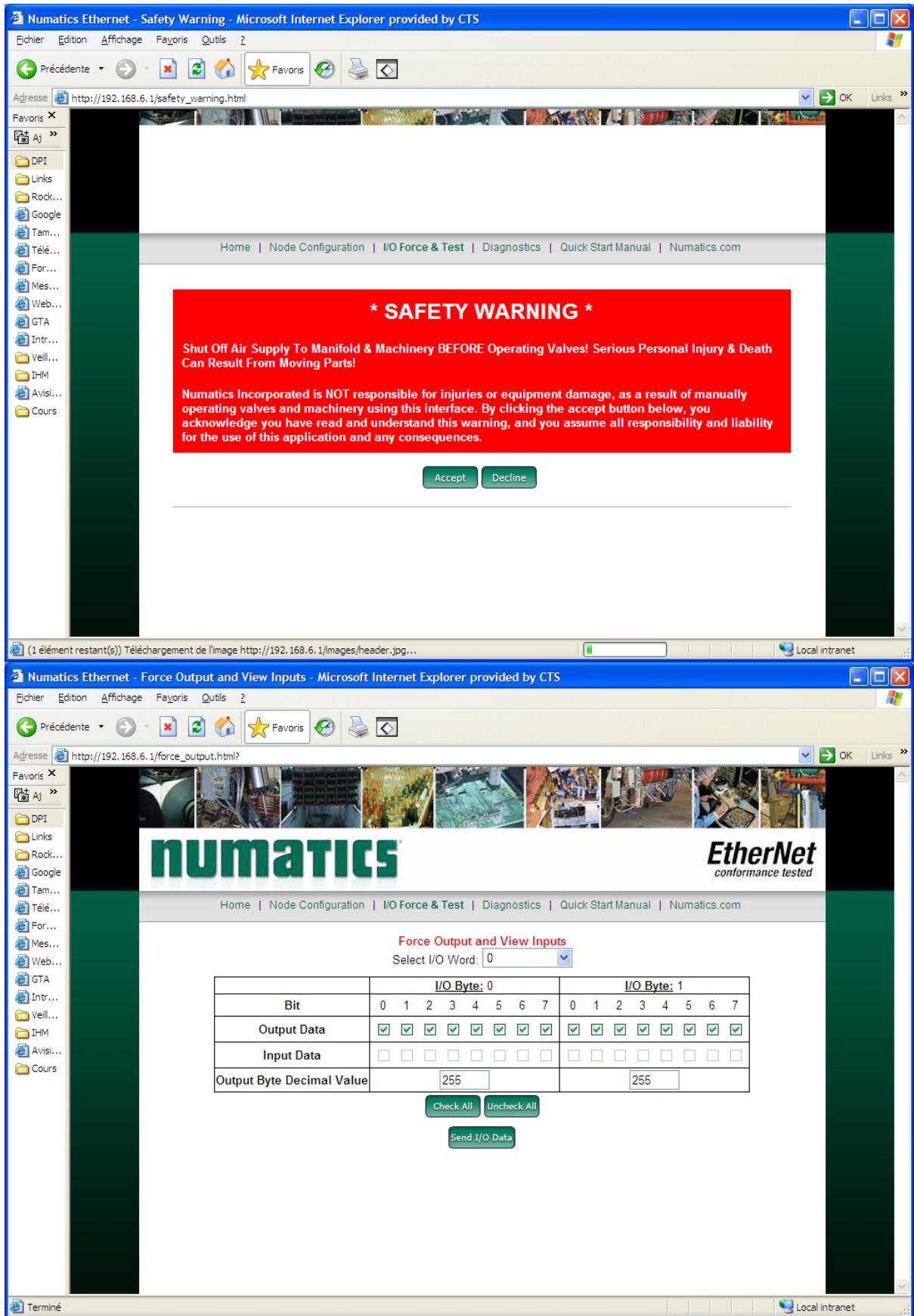


Fig. 5.31 i 5.32 – Missatge de seguretat i captura de forçat de les E/S



5.33 – Enllumenat dels LEDS

Després de la realització d'aquesta part del test, hem aprofitat la ferramenta de diagnòstic (veure fig. 5.34) i hem observat que la informació de l'illa cap al servidor i el PC corresponia exactament a allò que observàvem a les electrovàlvules.

numatics EtherNet
conformance tested

Home | Node Configuration | I/O Force & Test | **Diagnostics** | Quick Start Manual | Numatics.com

MAC Address	00-15-24-00-01-2A
Serial Number	2400012A
Firmware Revision	2.1 - 39157

Valve Diagnostics Table							
Bit	Bit	Bit	Bit	Bit	Bit	Bit	Bit
0	1	2	3	4	5	6	7
✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓
8	9	10	11	12	13	14	15
✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓
16	17	18	19	20	21	22	23
✗	✗	✗	✗	✗	✗	✗	✗
24	25	26	27	28	29	30	31
✗	✗	✗	✗	✗	✗	✗	✗

5.34 – Ferramenta de diagnòstic del servidor

Una vegada més, les electrovàlvules han tingut una resposta correcta en relació al funcionament elèctric.

6. Conclusions

Després de l'anàlisi que s'ha realitzat en aquest document, es poden extreure un conjunt de conclusions necessàries per prendre la decisió d'estandaritzar les illes de distribució pneumàtica instal·lades en xarxa de camp.

6.1. Anàlisis econòmiques

A diferència d'altres productes industrials, l'avaluació econòmica concreta d'una illa de distribució resulta molt complicada de realitzar a causa de la gran diversitat d'opcions, mòduls i sistemes que la utilització del bus de camp implica. Les solucions dels fabricants per un mateix protocol tenen moltes diferències i aleshores, no es pot comparar en preu perquè realment no comparem el mateix producte.

Per contra, es poden descriure en general quins són els costos i els beneficis d'una inversió en relació a la instal·lació de xarxes de camp en pneumàtica.

En primer lloc, la complexitat dels busos de camp precisa d'una quantitat important de diners per la formació dels operadors en la fàbrica. Cal un coneixement d'alt nivell per aquests sistemes. A més, és veritat que els costos d'adquisició dels productes són elevats. El món industrial es manté ací habitualment, però cal canviar la manera de pensar front a aquests elements.

La inversió bus de camp suposa l'obtenció de beneficis a llarg termini. Potser la compra inicial dels productes no siga atractiva en relació a la reducció de costos, però hi ha altres aspectes on realment trobem les raons per les quals invertir.

La instal·lació d'aquests sistemes és molt més senzilla i ràpida que les antigues solucions d'automatització, per exemple la reducció de cablejat representa un estalvi de temps en una instal·lació amb menor nombre de connexions. Conseqüentment, el temps d'instal·lació i posada en funcionament és inferior. Així doncs, estalviem en temps d'instal·lació que suposa un cost molt seriós. Quan més ràpidament estiga una màquina preparada, més ràpidament produïm i guanyem diners.

Els temps de les aturades de producció a causa de les fallades del sistema és molt costós quan una màquina està avariada. Cada minut compta. Un dels principals beneficis dels busos de camp és la reducció d'eixe temps. El manteniment és més ràpid. Existeixen LEDs sobre els mòduls dels protocols que indiquen quin és l'estat de la xarxa i mostren amb precisió on es troba el problema. La reducció del cablejat permet també una identificació més ràpida per al diagnòstic. A més, la major part de les solucions tenen ferramentes d'autodiagnòstic que poden remuntar la informació d'un error abans que siga crític. Si tenim un problema, la xarxa el comunicarà més ràpid. Guanyem temps de producció que és un concepte capital al sector industrial.

Finalment, l'elecció del bus de camp representa ella mateixa una oportunitat per estalviar. La utilització d'un protocol obert és, en general, menys cara i juga un paper important al mercat actual. El naixement d'estàndars com IEC61159 dona la possibilitat de tindre en uns anys gammes més amples de productes estàndars i aleshores arribar a reduccions de preu gràcies a la competència dels fabricants. El fet d'estar compromés amb un bus propietari fa que el fabricant de la solució tinga el control absolut sobre el preu.

6.2. Futur del mercat de les xarxes de camp

El futur de les xarxes de camp està des de la seua creació molt lligat al futur de l'automatització industrial. El paper i la presència cada vegada més importants de la informàtica industrial en la fàbrica és un esdeveniment clau en l'evolució de les xarxes de camp.

En els anys a vindre, la instal·lació de PCs industrials per tots llocs serà farà necessària la utilització d'adaptacions de les xarxes locals a la indústria. És a dir, Ethernet Industrial esdevindrà el protocol més important per a l'intercanvi d'informació i per al nivell de control.

El desenvolupament de les solucions Ethernet Industrial Temps Real són una possibilitat a tindre en compte per la implantació d'Ethernet al nivell de dispositiu. És veritat que existeixen altres protocols que estan més adaptats per aquest nivell. No obstant això, les altes prestacions i la versatilitat d'Ethernet per tots els nivells de la piràmide d'automatització fan d'Ethernet un protocol molt atractiu en un context on el PC serà més i més present.

Cal no oblidar que l'estandarització és un objectiu essencial per al sector industrial. Ethernet ja és un estàndar IEEE (IEEE802.3) i les implementacions concretes com ProfiNet, EtherCat o SerCos han estat publicades als estàndars IEC61158 i IEC61784.

Finalment, creiem tindre suficients indicis per anunciar un futur on Ethernet Industrial serà la xarxa de camp més estesa.

6.3. Evolució i limitacions a Michelin

La finalitat d'aquest estudi és l'anàlisi de les illes de distribució i les xarxes de camp. No es preten jutjar la política d'automatismes de Michelin. Però cal mostrar els perills de la mateixa i els reptes per al futur.

En un context de reducció de costos i estandarització, el fet de tindre un únic proveïdor com ho és Rockwell Automation i mantindre's en les xarxes propietàries com ControlNet és extremadament perillós.

El proveïdor té el control absolut sobre el preu, les especificacions, el manteniment i té un poder tal sobre l'empresa que és capaç d'imposar una illa de distribució com Parker amb la qual té un acord de cooperació comercial.

Una empresa de la talla i de l'excel·lència mundial de Michelin ha d'obrir les seues portes a solucions obertes. L'elecció d'estàndars internacionals i protocols amb especificacions obertes per a tot el món són els punts clau perquè Michelin siga a la capdavantera del sector de l'automatització industrial i lògicament del sector industrial.

Cal un esforç per canviar la direcció i no arribar massa tard en un context on les noves tecnologies en la indústria evolucionen a una velocitat molt important.

7. Balanç

Aquestes pràctiques en empresa de 6 mesos a Michelin m'han aportat un gran nombre de coses tant a nivell tècnic com a nivell personal.

7.1. Balanç Tècnic

La realització de les pràctiques en empresa al si d'una empresa és un aspecte destacable per al meu recorregut professional. Gràcies a aquest període a Michelin he tingut l'ocasió d'adquirir una visió més pròxima del món de l'empresa. He après el funcionament i l'organització d'una gran estructura i les restriccions, limitacions i problemes de la indústria.

Aquesta experiència m'ha fet comprendre moltes idees i conceptes dels quals tenia un desconeixement molt important a causa de la gran distància que separa les escoles d'enginyers i l'empresa.

En relació al tema de les pràctiques, puc dir a dia de hui que he adquirit un domini prou gran de l'àmbit de les xarxes de camp i la seua importància al món de l'enginyeria de control industrial. A mesura que rebien les mostres per a les proves, la teoria de la documentació ha esdevingut pràctica, és a dir, he provat i he verificat el material (connexions, mòduls E/S, mòduls de xarxa, cablejat...) del qual tenia un coneixement per la informació dels fabricants i dels desenvolupadors dels elements d'una xarxa industrial.

A més, he descobert un sector, la pneumàtica, que desconeixia completament. L'inventari de les illes d'electrovàlvules pneumàtiques m'ha aportat els coneixements tècnics d'una tecnologia molt present dins de l'automatització industrial.

Malgrat les dificultats que he tingut al moment de buscar les especificacions de cada protocol bus de camp, la recerca de bibliografia per les guies d'anàlisi m'ha mostrar la gran quantitat de bases de dades, documentació i informació que està disponible per consultar i la importància dels sistemes d'informació existents quan es pretén realitzar qualsevol projecte.

Finalment, vull destacar que la redacció de la memòria en una llengua diferent a la meua i el fet de resumir tot el meu treball de 6 mesos ha estat un moment molt complicat. Gràcies a la realització d'aquest document tècnic he desenvolupat una capacitat de síntesi i d'anàlisi que és clau per a un enginyer.

7.2. Balanç Tècnic

Per a un futur enginyer existeix una part humana tan important com la part purament tècnica.

Aquesta part personal ha representat per mi un valor afegit en el període de les pràctiques. M'he adonat de la importància de l'aspecte relacional al món de la indústria i de l'empresa. L'ofici d'enginyer no és únicament tècnica; també és relacions, contactes i dinamisme amb la finalitat de dur endavant un grup de persones cap a un objectiu més alt en un projecte determinat. Aquesta idea que sembla evident no estava present en la meua manera de ser i pense que amb aquesta experiència a Michelin he començat a desenvolupar aquesta capacitat poc a poc cap a un enriquiment personal com professional al món de l'empresa.

A més, he descobert el concepte de *management*, o gestió, de l'organització i de les relacions amb les altres empreses que m'agrada molt i que havia menyspreat abans d'aquest període de pràctiques. Gràcies a açò, estic preparat per a recórrer noves vies que me dirigeixen cap a un desenvolupament de la professió no només tècnica sinò també cap a una posició

d'enginyer de projectes o enginyer comercial.

El conjunt d'aquests aspectes positius fan d'aquest període de pràctiques en empresa a Michelin un moment que romandrà inoblidable durant tota la meua vida.

Bibliografia

- Feng-Li Lian, James R. Moyne et Dawn M. Tilbury, «Performance Evaluation of Control Networks: Ethernet, ControlNet, and DeviceNet»
- Héctor kaschel C. et Ernesto Pinto L., «Análisis del estado del arte de los buses de campo aplicados al control de procesos industriales»
- IEEE, «IEEE Std. 802.3™ - 2002 Part 3: Carrier sense multiple access with collision detection (CSMA/CD) access method and physical layer specifications»
- Kevin Bothamley et Jim Rodgerson, «Emerging Ethernet Protocols»
- Richard McLaughlin, «Exploring the Opportunities of Industrial Ethernet Fieldbus»
- Alessio Rubini, «Automazione con Bus di Campo. Prima Parte», Dipartimento di Elettrotecnica, Politecnico di Milano, 2004
- Paul G. Otaneza, Jonathan T. Parrott, James R. Moyne, et Dawn M. Tilbury, «Implications of Ethernet as a Control Network», Department of Mechanical Engineering, University of Michigan
- Stefano Panzieri, «Reti e Sistemi per l'Automazione. ControlNet»
- David J. gee, «Communication network with time coordinated station activity by time slot and periodic interval number», US Patent No. 5,537,549 Juillet 1996
- Ron Holl et Dave VanGompel, «DeviceNet, adaptation of IEEE 1588», Rockwell Automation, Septembre 2004
- «Apuntes del curso Redes Industriales», Departamento de Ingeniería de Sistemas y Automática, Universidad de Oviedo, 2004
- Martin Rostan, «EtherCat, the versatile high speed Ethernet Fieldbus», EtherCat Technology Group
- Johnny Nordin et Marie Persson, «Industrial Ethernet, Ethernet/IP», *Master thesis in computing engineering*, Department of Computer Science and Engineering, Mälardalen University, Février 2003
- Siemens, «ProfiNet», Avril 2007
- BOSCH, «CAN specification 2.0»
- CISCO Systems, «Industrial Ethernet: A Control's Ethernet Guide»
- Max Felser, «Profibus et ProfiNet, les leaders mondiaux», Profibus Suisse, Haute Ecole Spécialisée Bernoise

- Winston Fong et Jim Rodgerson, «The viability of Ethernet for Automation & Control». Department of Electrical and Electronic Engineering. Manukau Institute of Technology, Auckland
- Larry Komareck, «Industrial Ethernet Connections», Phoenix Contact Inc.
- Hubert Zimmermann, «OSI Reference Model – The ISO Model of Architecture for Open Systems Interconnection», IEEE Transactions on Communications, Vol. COM-28, No. 4, Avril 1980
- <http://www.ethercat.org>
- <http://www.profibus.com>
- <http://ethernet.industrial-networking.com>
- <http://www.can-cia.org>
- <http://www.ieee.org>
- <http://www.fieldbus.org>
- <http://www.odva.org>

Annexos

Annex 1. Inventari de les illes de distribució

ASCO – JOUCOMATIC

Fabricant	ASCO-JOUOMATIC
Sèrie	MULTIPOL – VDMA/ISO01-ISO02

Críteris	
Associació de diferents talles	No, 2 possibilitats talla 01 (950 l/min) 02 (500 l/min)
Modularitat pneumàtica	Si
Seccionament de pressió	No
Nombre d'emplaçaments	4-16 emplaçaments per electrovàlvules
Funcions pneumàtiques	5/2, 5/3, biestables o monoestables
Funcionament en buit	No
Talla dels orificis (Alim, Esc.)	1-3-5: G3/8 (01) G1/4 (02) 2-4: G1/4 (01) G1/8 (02)
Comandament manual dels pilots	Comandament manual auxiliar a impulsíó.
Tècnica de l'electrovàlvula	Corredissa
Junta de pla d'instal.lació	Junta d'estanqueitat
Filtració recomanada	30 µm
Pilotatge intern/extern	No, únicament extern (opció)
Mòdul ControlNet	No
Mòdul DeviceNet/CANopen	No
Mòdul Profibus	No
Mòdul ASI	No
Multipol	Si, connexió M23 amb 19 pins
Modularitat elèctrica	Si
Illa descentralitzada	No
Mòduls E/S	Si
Nombre d'E/S	32 entrades / 32 sortides (Màxim quatre mòduls: opcions 8 eixides, 8 entrades, 16 entrades)
Protecció IP	IP65
Visualització	LED en cada bobina de les electrovàlvules pilotades
ODVA	Si
Manteniment	Si
Preu	
Observacions	Opció configuració 2 pressions: Màxima capacitat amb Sub -D: 16 electrovàlvules + 32 entrades. Màxima capacitat amb M23: 8 electrovàlvules. Electrovàlvules normalitzades sèrie 538 539
Apectes positius	
Aspectes negatius	

<i>Fabricant</i>	ASCO-JOUCOMATIC
<i>Sèrie</i>	<i>MULTIPOL – ISO5599 Talla 1 i 2</i>

Críteris	
Associació de diferents talles	No, 2 possibilitats talla 1 (1400 l/min) o 2 (2800 l/min)
Modularitat pneumàtica	Si
Seccionament de pressió	Si, 2 pressions amb placa d'obturació
Nombre d'emplaçaments	8 emplaçaments per electrovàlvules
Funcions pneumàtiques	5/2 retorn ressort, pneumàtic, 5/3, biestables ou monoestables
Funcionament en buit	Si
Talla dels orificis (Alim, Esc.)	1 : G ½ (1) G ¾ (2) 3 – 5 : G ½ (1) G ¾ (2) 2 – 4 : G ¼ (1) G ½ (2)
Comandament manual dels pilots	Comandament manual auxiliar a impulsíó sobre les electrovàlvules pilotades i electrovàlvules amb o sense comprovador manual
Tècnica de l'electrovàlvula	Corredissa
Junta de pla d'instal.lació	Si, Junta d'estanqueïtat
Filtració recomanada	30 µm
Pilotatge intern/extern	Si
Mòdul ControlNet	No
Mòdul DeviceNet	No
Mòdul Profibus	No
Mòdul ASI	No
Multipol	Si, connexió M23 amb 19 pins
Modularitat elèctrica	Si
Illa descentralitzada	No
Mòduls E/S	No
Nombre d'E/S	
Protecció IP	IP65
Visualització	LED a cada bobina de l'electrovàlvula pilotada
ODVA	Si
Manteniment	Si
Preu	
Observacions	Electrovàlvules normalitzades 541 i 542
Aspectes positius	
Aspectes negatius	

<i>Fabricant</i>	ASCO-JOUCOMATIC
<i>Sèrie</i>	BUSLINK - VDMA 24563 - ISO 15407/1 talles 01 i 02

Críteris	
Associació de diferents talles	No, 2 possibilitats talla 01 (950 l/min) o 02 (500 l/min)
Modularitat pneumàtica	Si
Seccionament de pressió	Si, fins a 2 pressions (opció)
Nombre d'emplaçaments	16 electrovàlvules
Funcions pneumàtiques	5/2 ou 5/3, monoestables ou biestables
Funcionament en buit	No
Talla dels orificis (Alim, Esc.)	1-3-5: G3/8 (01) G1/4 (02) 2-4: G1/4 (01) G1/8 (02)
Comandament manual dels pilots	Comandament manual a impulsió
Tècnica de l'electrovàlvula	Corredissa
Junta de pla d'instal.lació	Junta d'estanqueïtat
Filtració recomanada	30 µm
Pilotatge intern/extern	Si, alimentació externa (opció)
Mòdul ControlNet	No
Mòdul DeviceNet	Si, connexió embase M28 amb 4 pins
Mòdul Profibus	Si, connexió embase M12 amb 5 pins
Mòdul ASI	Si
Multipol	No
Modularitat elèctrica	Si
Illa descentralitzada	No
Mòduls E/S	32 entrades / 32 sortides (Màxim quatre mòduls : opcions 8 sortides, 8 entrades, 16 entrades)
Nombre d'E/S	32 E / 32 S
Protecció IP	IP65
Visualització	LED indicant tensió en cada bobina per cada entrada/sortida
ODVA	Si
Manteniment	
Preu	
Observacions	(opció a consultar) Electrovàlvules normalitzades Sèrie 538 et 539
Aspectes positius	
Aspectes negatius	

<i>Fabricant</i>	ASCO-JOUCOMATIC
<i>Sèrie</i>	BUSLINK – ISO 5599 Talla 1 i 2

Críteris	
Associació de diferents talles	No, 2 possibilitats talla 1 (1400 l/min) ou 2 (2800 l/min)
Modularitat pneumàtica	Si
Seccionament de pressió	Si, placa selectora
Nombre d'emplaçaments	8 emplaçaments per electrovàlvula
Funcions pneumàtiques	5/2 - 5/3 monoestables ou biestables
Funcionament en buit	Si
Talla dels orificis (Alim, Esc.)	1 – 3 – 5: G1/2 (1) G3/4 (2) 2 – 4: G1/4 (1) G1/2 (2)
Comandament manual dels pilots	Comandament manual a impulsíó
Tècnica de l'electrovàlvula	Corredissa
Junta de pla d'instal.lació	Si,
Filtració recomanada	30 µm
Pilotatge intern/extern	Si, alimentació externa (opció)
Mòdul ControlNet	No
Mòdul DeviceNet	Si
Mòdul Profibus	Si, per connector M12 amb 5 pins
Mòdul ASI	Si
Multipol	No
Modularitat elèctrica	Si
Illa descentralitzada	No
Mòduls E/S	Si. Màxim quatre mòduls: opció 8 sortides, 8 entrades, 16 entrades
Nombre d'E/S	32 E / 32 sortides
Protecció IP	IP65
Visualització	LED indicant tensió en cada bobina per cada entrada/sortida
ODVA	Si
Manteniment	
Preu	
Observacions	
Aspectes positius	
Aspectes negatius	

NUMATICS

<i>Fabricant</i>	NUMATICS
<i>Sèrie</i>	CL18/26

**Utilització mòduls Electrònica bus de camp i E/S G2-1 i G2-2*

Críteris	
Associació de diferents talles	No, 2 possibilitats CL18 400 NI/min o CL26 800 NI/min
Modularitat pneumàtica	Si
Seccionament de pressió	No
Nombre d'emplaçaments	
Funcions pneumàtiques	5/3, 5/2 mono o biestable, retorn ressort o electro-pilotat
Funcionament en buit	Si
Talla dels orificis (Alim, Esc.)	G1/8 (Manifold CL18) G1/4 (Manifold CL26)
Comandament manual dels pilots	Si, no especificats (amb bloqueig o sense)
Tècnica de l'electrovàlvula	Corredissa inoxidable
Junta de pla d'instal.lació	no
Filtració recomanada	>= 40µm
Pilotatge intern/extern	intern
Mòdul ControlNet	No
Mòdul DeviceNet	No
Mòdul Profibus	No
Mòdul ASI	No
Multipol	No
Modularitat elèctrica	
Illa descentralitzada	No
Mòduls E/S	
Nombre d'E/S	16 E/S
Protecció IP	IP65
Visualització	LED
ODVA	Si
Manteniment	
Preu	
Observacions	Connexió M12. Embases juxtaposables. Illes xarxa de camp no disponible.
Aspectes positius	
Aspectes negatius	Utilització d'adaptació pla d'instal.lació per algunes sèries d'illes d'electrovàlvules.

<i>Fabricant</i>	NUMATICS
<i>Sèrie</i>	2000 - ISO15407-2

**Utilització mòduls Electrònica bus de camp i E/S G2-1 i G2-2*

Críteris	
Associació de diferents talles	No, 2 possibilitats: talla 01 1180 NI/min , talla 02 550 NI/min
Modularitat pneumàtica	Si
Seccionament de pressió	Si, amb regulació de pressió
Nombre d'emplaçaments	32 bobines
Funcions pneumàtiques	5/3 biestable, 5/2 mono o biestable retorn ressort o pneumàtic
Funcionament en buit	Si
Talla dels orificis (Alim, Esc.)	1/8
Comandament manual dels pilots	Si, amb bloqueig extensible
Tècnica de l'electrovàlvula	Corredissa amb parets d'acer inoxidable
Junta de pla d'instal.lació	Oui
Filtració recomanada	
Pilotatge intern/extern	Si
Mòdul ControlNet	Si
Mòdul DeviceNet	Si, connexió 12 mm 5 pins
Mòdul Profibus	Si, connexió 12 mm 5 pins
Mòdul ASI	Si, connexió IDC
Multipol	No
Modularitat elèctrica	Si
Illa descentralitzada	Si, mode distribuït, aprofitem 1 cap per 4 illes
Mòduls E/S	Si,
Nombre d'E/S	96E / 192 S
Protecció IP	IP65
Visualització	LED
ODVA	Si
Manteniment	
Preu	
Observacions	Utilització mòdul bus de camp G2-2 Numatics
Aspectes positius	
Aspectes negatius	

FESTO

<i>Fabricant</i>	FESTO
<i>Sèrie</i>	44 VTSA

Críteris	
Associació de diferents talles	2 talles associables 700 l/min et 1400 l/min
Modularitat pneumàtica	Si
Seccionament de pressió	Si, amb placa d'alimentació
Nombre d'emplaçaments	32 emplaçaments per electrovàlvules / 32 bobines
Funcions pneumàtiques	5/3, 5/2 biestable, mono ressort, pneumàtic, 2x3/2 NF/NO i NO-NF
Funcionament en buit	Si
Talla dels orificis (Alim, Esc.)	1-3-5: enroscat d'entroncament G1/4-1/8-1/2-3/8 exterior del tub 6-12 mm 2-4 : G1/8, QS-G1/8-8, QS-G1/8-6 G1/4, QS-G1/4-10, QS-G1/4-8
Comandament manual dels pilots	Si, comandament manual auxiliar a impulsió o amb col.locació pressió-gir
Tècnica de l'electrovàlvula	Pistó corredissa
Junta de pla d'instal.lació	Si
Filtració recomanada	40 µm
Pilotatge intern/extern	Si, selecció per placa d'alimentació o placa a l'extremitat dreta.
Mòdul ControlNet	? esperem una resposta per part de FESTO ?
Mòdul DeviceNet	Si, 2xM12 IP65/67 (terminal CPX)
Mòdul Profibus	Si, sub D 9 pols (terminal CPX)
Mòdul ASI	Si, connector M12 5 pols, IP20-65/67
Multipol	Si
Modularitat elèctrica	Si
Illa descentralitzada	?
Mòduls E/S	9 mòduls E/S + interfície elèctrica + node bus de camp
Nombre d'E/S	64 E/ 64 S
Protecció IP	IP65
Visualització	Si, LED groc i taronja
ODVA	Si
Manteniment	Si
Preu	
Observacions	Esperem una resposta pel que fa a la protecció IP67-20 i al bus de camp ControlNet
Aspectes positius	
Aspectes negatius	

Fabricant	FESTO
Sèrie	04 VTSA

Críteris	
Associació de diferents talles	2 talles associables ISO011000 l/min, ISO02 500 l/min
Modularitat pneumàtica	Si
Seccionament de pressió	Si, amb placa d'adaptació
Nombre d'emplaçaments	16 electrovàlvules/ 26 bobines
Funcions pneumàtiques	2x3/2 NO/NF i NO-NF, 5/2 mono pneumàtic i ressort, biestable, biestable dominant, 5/3
Funcionament en buit	Si
Talla dels orificis (Alim, Esc.)	1-3-5: G1/4 G1/8 (embase) 2-4 : G1/4 G1/8 (embase)
Comandament manual dels pilots	Si, comandament manual auxiliar a impulsíó, retorn automàtic/amb bloqueig
Tècnica de l'electrovàlvula	Corredissa
Junta de pla d'instal.lació	Si
Filtració recomanada	
Pilotatge intern/extern	Si
Mòdul ControlNet	? esperem resposta per part de FESTO ?
Mòdul DeviceNet	No
Mòdul Profibus	No
Mòdul ASI	No
Multipol	Si
Modularitat elèctrica	Si, connexió M12 centralitzada
Illa descentralitzada	?
Mòduls E/S	
Nombre d'E/S	
Protecció IP	IP65
Visualització	Si, LED
ODVA	Si
Manteniment	?
Preu	
Observacions	
Aspectes positius	
Aspectes negatius	

<i>Fabricant</i>	FESTO
<i>Sèrie</i>	14 VTSA

Críteris	
Associació de diferents talles	2 talles associables 700 l/min et 1400 l/min
Modularitat pneumàtica	Si
Seccionament de pressió	Si, amb placa d'alimentació
Nombre d'emplaçaments	16 emplaçaments per electrovàlvules / 32 bobines
Funcions pneumàtiques	
Funcionament en buit	Si
Talla dels orificis (Alim, Esc.)	1-3-5: Enroscat d'entroncament G1/4-1/8-1/2-3/8 exterior del tub 6-12 mm 2-4 : G1/8, QS-G1/8-8, QS-G1/8-6 G1/4, QS-G1/4-10, QS-G1/4-8
Comandament manual dels pilots	Si, comandament manual auxiliar a impulsió o amb col.locació pressió-gir
Tècnica de l'electrovàlvula	Pistó corredissa
Junta de pla d'instal.lació	Si
Filtració recomanada	40 µm
Pilotatge intern/extern	Si, selecció per placa d'alimentació o placa d'extremitat dreta
Mòdul ControlNet	? esperem una resposta per part de FESTO ?
Mòdul DeviceNet	Si, 2xM12 IP65/67 (terminal CPX)
Mòdul Profibus	Si, sub-D 9 pols (terminal CPX)
Mòdul ASI	Si, connector M12 5 pols, IP20-65/67
Multipol	Si
Modularitat elèctrica	Si
Illa descentralitzada	?
Mòduls E/S	9 E/S + interfície elèctrica + node bus de camp
Nombre d'E/S	64 E/ 64 S
Protecció IP	IP65
Visualització	Si, LED groc i taronja
ODVA	Si
Manteniment	Si
Preu	
Observacions	Esperem resposta en relació amb la protecció IP67-20 i bus de camp ControlNet
Aspectes positius	
Aspectes negatius	

NORGREN

<i>Fabricant</i>	NORGREN
<i>Sèrie</i>	VS18 (talla 02: 18 mm)

Críteris	
Associació de diferents talles	1 talla 550 - 650 l/min, depenent de funcions
Modularitat pneumàtica	Si
Seccionament de pressió	Si, placa d'obturació i plaques intermediàries (alimentació)
Nombre d'emplaçaments	32 amb multipol sub-D 44 / 32 bobines
Funcions pneumàtiques	2x3/2 NO/NF i NO-NF, 5/2 si 5/3
Funcionament en buit	Si
Talla dels orificis (Alim, Esc.)	1-3-5 : G1/8 connexió M12 2-4 : G1/8 connexió M12 12-14 : G1/8 connexió M12
Comandament manual dels pilots	Si, a impulsió pressió-gir
Tècnica de l'electrovàlvula	Corredissa
Junta de pla d'instal.lació	Si
Filtració recomanada	40 µm
Pilotatge intern/extern	Si
Mòdul ControlNet	No
Mòdul DeviceNet	Si, M12 5 pins
Mòdul Profibus	Si, Sub-D 9 pins, 2xM12 5 pins
Mòdul ASI	Si, estructura 1 o 2 esclaus, M12 5 pins
Multipol	Si, Sub-D 9/15/25/44 pins
Modularitat elèctrica	Si
Illa descentralitzada	?
Mòduls E/S	?
Nombre d'E/S	
Protecció IP	IP65
Visualització	LED verd
ODVA	Si
Manteniment	?
Preu	
Observacions	Mòdul E/S existent en http://www.machpro.fr però no en norgren.com/fr. Impossible localitzar nombre d'E/S
Aspectes positius	
Aspectes negatius	

<i>Fabricant</i>	NORGREN
<i>Sèrie</i>	VS26 (talla 01: 26 mm)

Críteris	
Associació de diferents talles	1 talla 550 - 650 l/min, depén de funcions
Modularitat pneumàtica	Si
Seccionament de pressió	Si, placa d'obturació i placa intermèdia (alimentació)
Nombre d'emplaçaments	32 amb multipol sub-D 44 / 32 bobines
Funcions pneumàtiques	2x3/2 NO/NF i NO-NF, 5/2 et 5/3
Funcionament en buit	Si
Talla dels orificis (Alim, Esc.)	1-3-5 : G1/4 connexió M12 2-4 : G1/4 connexió M12 12-14 : G1/8 connexió M12
Comandament manual dels pilots	Si, a impulsó pressió-gir
Tècnica de l'electrovàlvula	Corredissa
Junta de pla d'instal.lació	Si
Filtració recomanada	40 µm
Pilotatge intern/extern	Si
Mòdul ControlNet	No
Mòdul DeviceNet	Sii, M12 5 pins
Mòdul Profibus	Si, Sub-D 9 pins, 2xM12 5 pins
Mòdul ASI	Si, estructura 1 o 2 esclaus, M12 5 pins
Multipol	Si, Sub-D 9/15/25/44 pins
Modularitat elèctrica	Si
Illa descentralitzada	?
Mòduls E/S	
Nombre d'E/S	IP65
Protecció IP	LED verd
Visualització	Si
ODVA	?
Manteniment	
Preu	Mòdul E/S existent en machpro.fr... però no en norgren.com/fr. Impossible de localitzar nombre E/S
Observacions	
Aspectes positius	
Aspectes negatius	

PARKER

<i>Fabricant</i>	PARKER
<i>Sèrie</i>	ISYS Series

Criteria	
Associació de diferents talles	2 talles associables, 500 – 6000 NI/min
Modularitat pneumàtica	Si
Seccionament de pressió	Si, placa de regulació
Nombre d'emplaçaments	
Funcions pneumàtiques	5/3
Funcionament en buit	Si
Talla dels orificis (Alim, Esc.)	G estàndar (G1/8, G1/4... no indicat)
Comandament manual dels pilots	No
Tècnica de l'electrovàlvula	Corredissa
Junta de pla d'instal.lació	Si
Filtració recomanada	
Pilotatge intern/extern	Si
Mòdul ControlNet	Si
Mòdul DeviceNet	Si
Mòdul Profibus	Si
Mòdul ASI	Si
Multipol	
Modularitat elèctrica	Si, Connexió M23 12 pins
Illa descentralitzada	Si
Mòduls E/S	Si, fins a 63
Nombre d'E/S	264E / 264S
Protecció IP	IP65
Visualització	LED
ODVA	Si
Manteniment	
Preu	
Observacions	Mala informació en la documentació de parker.com
Aspectes positius	
Aspectes negatius	

S M C

Fabricant	SMC
Sèrie	VSR8-4/VSS8-4 – ISO15407-2 (talla 01)

Críteris	
Associació de diferents talles	No, només talla 01 1000 L/min
Modularitat pneumàtica	Si
Seccionament de pressió	
Nombre d'emplaçaments	
Funcions pneumàtiques	5/3, 5/2 biestable, mono ressort, pneumàtic, 2x3/2 NF/NO i NO-NF
Funcionament en buit	Si
Talla dels orificis (Alim, Esc.)	
Comandament manual dels pilots	Si, a impulsíó, amb bloqueig, amb bloqueig empotrat
Tècnica de l'electrovàlvula	Corredissa inoxidable
Junta de pla d'instal.lació	Junta elàstica
Filtració recomanada	
Pilotatge intern/extern	Si
Mòdul ControlNet	No
Mòdul DeviceNet	Si
Mòdul Profibus	Si
Mòdul ASI	Si
Multipol	
Modularitat elèctrica	
Illa descentralitzada	Si
Mòduls E/S	Si
Nombre d'E/S	32E / 32S
Protecció IP	IP65
Visualització	Si, LED groc
ODVA	Si
Manteniment	
Preu	
Observacions	No trobem aquesta sèrie al catàleg d'internet ControlNet en fase de desenvolupament
Aspectes positius	EtherCat amb el mòdul SI EX250
Aspectes negatius	La talla ISO02 no està disponible

BOSCH-Rexroth

<i>Fabricant</i>	BOSCH-Rexroth
<i>Série</i>	Série CD26-PL

Críteris	
Associació de diferents talles	No, talla 01 1000 L/min
Modularitat pneumàtica	Si
Seccionament de pressió	
Nombre d'emplaçaments	12 electrovàlvules
Funcions pneumàtiques	5/3, 5/2 biestable, mono ressort, pneumàtic, 2x3/2 NF/NO i NO-NF
Funcionament en buit	Si
Talla dels orificis (Alim, Esc.)	G1/8, G1/4,
Comandament manual dels pilots	Si, a impulsíó, amb bloqueig, amb bloqueig empotrat
Tècnica de l'electrovàlvula	Corredissa inoxidable
Junta de pla d'instal.lació	Junta elàstica
Filtració recomanada	
Pilotatge intern/extern	si
Mòdul ControlNet	No
Mòdul DeviceNet	Si
Mòdul Profibus	No
Mòdul ASI	No
Multipol	Si, Sub-D 25
Modularitat elèctrica	
Illa descentralitzada	Si
Mòduls E/S	Si
Nombre d'E/S	64E/64S
Protecció IP	IP65
Visualització	Si, LED
ODVA	Si
Manteniment	
Preu	
Observacions	Per tindre una gamma més ampla de protocols cal seleccionar la solució DDL propietària BOSCH. Les opcions bus de camp corresponen a BDC (Bus Direct Control) que és l'estructura de Michelin per als automatismes i xarxes de camps
Aspectes positius	
Aspectes negatius	No disposen d'illes normalitzades, només electrovàlvules normalitzades sobre embase

Annex 2. Quadre d'especificacions

CARACTERÍSTIQUES DE L'ELECTROVÀLVULA

- **Funció de l'electrovàlvula:**
 - 5/2, 5/3, 2 x 3/2
 - NO, NF, NO-NF
 - monoestable, biestable
 - retorn pneumàtic o per ressort

- **Junta de pla d'instal.lació imperdible**
- **Cargols imperdibles**

- **Tècnica de distribució:** corredissa

- **ESTANDARITZACIÓ:**
 - Normes **ISO 5599/2**, ISO 5599/1
 - Normes **ISO 15407-2**, ISO 15407-1
 - Norma VDMA 24563

- **Tensió d'alimentació:** 24V

- **Pilotatge extern**

- **Filtració recomanada:** 40 µm

- **Visualització:** LED (establir la significació de cada color en relació a la indicació de l'estat)

- **Tipus d'entroncament per a l'alimentació:**
 - *Norma ISO 15407-2*
 - Talla 02 (18 mm) G 1/4
 - Talla 01 (26 mm) G 1/8

 - *Norma ISO 5599/*
 - Talla 1-2-3
 - 1-3-5: G1/2 (1) G3/4 (2)
 - 2-4: G1/4 (1) G1/2 (2)

- **Cabal:** 1700 NI/min

- **Consum:** 1.2 W

- **Grau / Índex de protecció:** IP65 (fora d'armari, IP20 a l'armari)

- **Comandament manual:** a impulsió, amb possibilitat de bloqueig o sense comandament
- **Pressió d'utilització:** buit o pressió màxima 10 bar

CARACTERÍSTIQUES DE COMUNICACIÓ

- **Protocol (bus de camp):** Ethernet/IP, ControlNet, DeviceNet, (Profibus ?).
- **Connexions**
 - M8, M12, M23.
 - Modularitat elèctrica: Sub-D 9/15/19/25/44 pins
- **Mòdul Entrades/Sortides**
 - 32 E/S mínim
 - E/S descentralitzades

ELEMENTS DEL SISTEMA PORTA-ELECTROVÀLVULA

- Plaques laterals o d'extremitat per embase
- **Embase juxtaposable**
- **Limitador de cabal**
- **Regulació de pressió:** Regulador entre embase i electrovàlvula sobre els orificis 1,3 o 5 segons l'esquema.
- **Alimentació en el buit**

Annex 3. Fabricants Pneumàtics i Protocols

<u>Protocol</u> <u>Fabricant</u>	<u>Model</u>	<u>DeviceNet</u>	<u>ControlNet</u>	<u>Ethernet/IP</u>	<u>Ethernet Temps Real</u>			<u>ProfiNet</u>	<u>Profibus</u>	<u>AS-i</u>
					<u>Sercos</u>	<u>EtherCat</u>	<u>Powerlink</u>			
<u>Bosch-Rexroth</u>	CPDL-26	Si	Si	Si*	Si	No disponible	No disponible	DP**	Si	
<u>Numatics</u> (<u>Asco-Ijouomatic</u>)	<u>Sèries</u> 2005-2012	Si	Si	Si	No disponible	No disponible	No disponible	DP	Si	
<u>SMC</u>	<u>VSR8-4</u> <u>VSS8-4</u>	Si	Si	Si	No disponible	Si	Si	Si	Si	
<u>Parker</u>	<u>Isys Series</u>	Si	Si	Si	No disponible	No disponible	No disponible	Si	No disponible	
<u>Festo</u>	VTSA-44	Si	No disponible	Si	No disponible	No disponible	No disponible	Si	No disponible	

* Amb sistema propietari DDL (Drive and Diagnostic Link) de Bosch

** Connector M12 o 7/8"

Annex 3. Fabricants Pneumàtics i Protocols

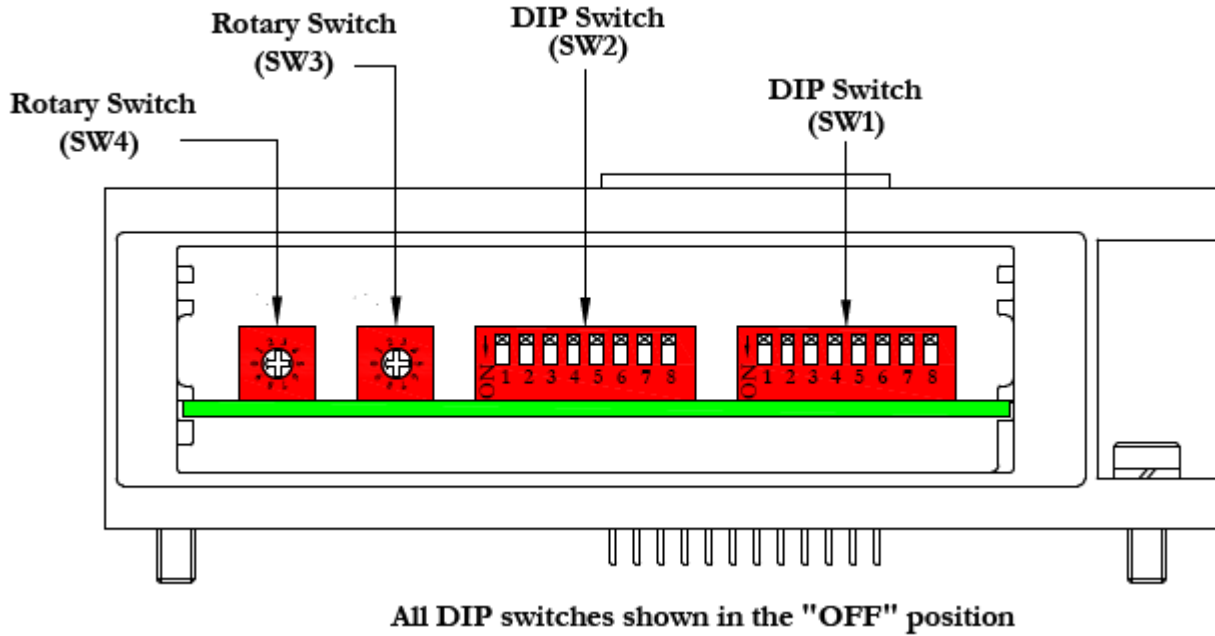
<u>Protocol</u> <u>Fabricant</u>	<u>Model</u>	<u>DeviceNet</u>	<u>ControlNet</u>	<u>Ethernet/IP</u>	<u>Ethernet Temps Real</u>			<u>ProfNet</u>	<u>Profibus</u>	<u>AS-i</u>
					<u>Sercos</u>	<u>EtherCat</u>	<u>Powerlink</u>			
<u>Bosch-Rexroth</u>	CPDL-26	Si	Si	Si*	Si	No disponible	No disponible	DP**	Si	
<u>Numatics</u> <u>(Asco-joucomatic)</u>	Sèries 2005-2012	Si	Si	Si	No disponible	No disponible	Si	DP	Si	
<u>SMC</u>	VSR8-4 VSS8-4	Si	Si	Si	No disponible	No disponible	Si	Si	Si	
<u>Parker</u>	<u>Isys Series</u>	Si	Si	Si	No disponible	No disponible	No disponible	Si	No disponible	
<u>Festo</u>	VTSA-44	Si	No disponible	Si	No disponible	No disponible	No disponible	Si	No disponible	

* Amb sistema propietari DDL (Drive and Diagnostic Link) de Bosch

** Connector M12 o 7/8"

Annex 4. Numatics G2-2 Series Ethernet/IP™ Quick Start Manual

DIP and Rotary Switches



Instructions Self-Test Mode

- 1) **Disconnect power and air from the manifold!**
- 2) Record current MCM settings.
- 3) Set the rotary switches to 99 (SW3 and SW4).
- 4) Make sure that SW1-5, SW2-1, and SW2-7 are in the "ON" position.
- 5) Select the desired test mode with SW2-8 (see table below)

Switch	Testing Mode	Setting	Description
SW2-8	Output	Off	Sequentially turns all the outputs ON and OFF.
	Input/Output	On	Causes all of the odd outputs to come on and stay on until an input is made. When an input is made, the outputs will toggle to the even outputs.

- 6) Make sure that all of the other switches are in the "OFF" position.

The initial conditions are now set. To enable the Self-Test Mode, apply power to the manifold and make the following changes within 5 to 10 seconds:

- 1) Set SW2-6 to the "ON" position.
- 2) Set SW2-7 to the "OFF" position.

IO Mapping Example

