

ADVANCED VIRGO

(Cascina-Italie)

Contrôle de l'enceinte à vide

Physique : Fabien Cavalier

Technique: Michel Gaspard

Patrick Cornebise

Eric Jules

- En 1995 Construction de Virgo : Détecteur d'ondes gravitationnelles (Interféromètre de Michelson)
L'équipe Ctrl-Cmd du LAL avait réalisé le contrôle de l'enceinte à vide .
- En 2008 ADVirgo : Augmenter de la sensibilité du détecteur
 - Réduire vibrations mécaniques, acoustiques.
 - Réduire les EMC.
 - Améliorer la qualité du laser.

= > Impact sur le vide:

Atténuer les vibrations des équipements .

Augmenter la capacité de pompage.

Ancien système de contrôle obsolète .

C'est reparti pour l'équipe (réduite) Ctrl-Cmd du LAL !

Topologie

- Volume 7200 m³ de vide à contrôler (3^e volume au monde).
- Répartition en 7 sous-systèmes fonctionnels :

CryoTrap (4 stations).

Tours UHV et HV (10 stations).

Tube (12 stations).

Link-Gated Valves (3 stations).

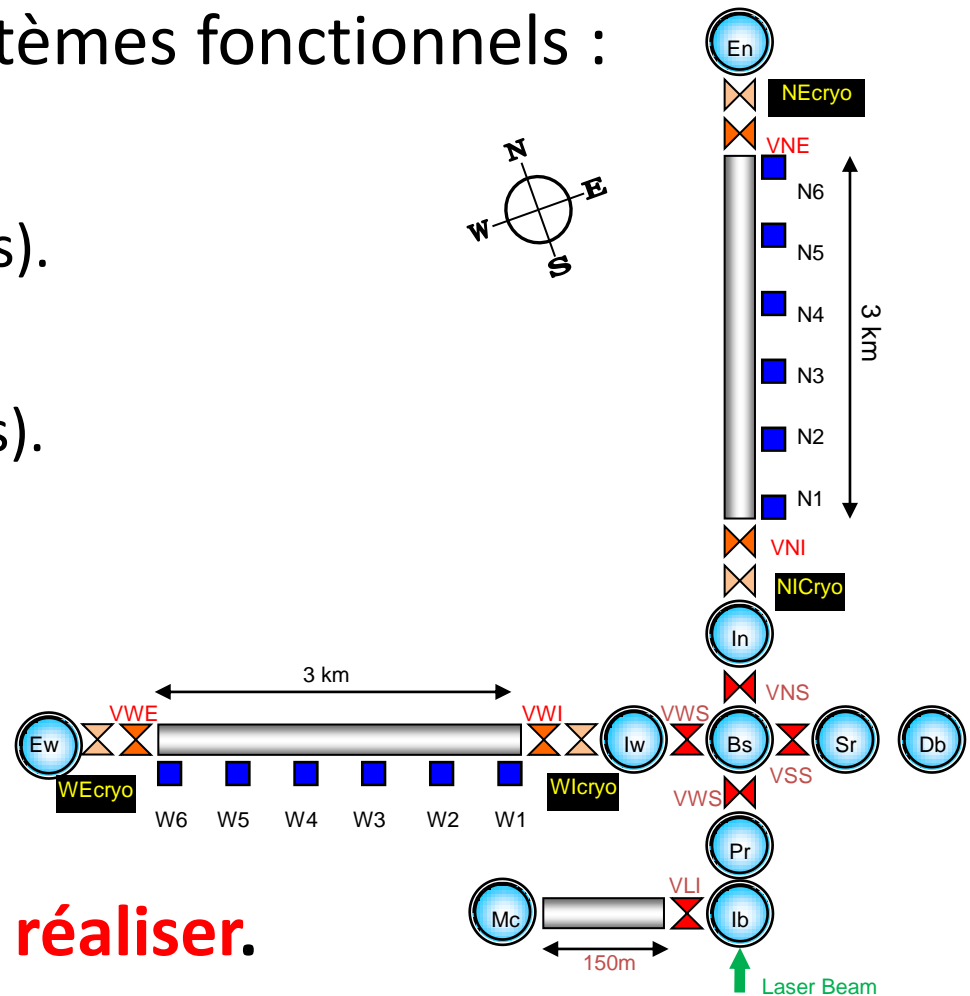
Remote-Scroll (1 station).

Link-Pump (1 station).

31 Stations à contrôler.

=> **31 Racks de contrôle à réaliser.**

Environ 300 paramètres par station.



Bâtiment Central

Super-Atténuateurs supportant les miroirs

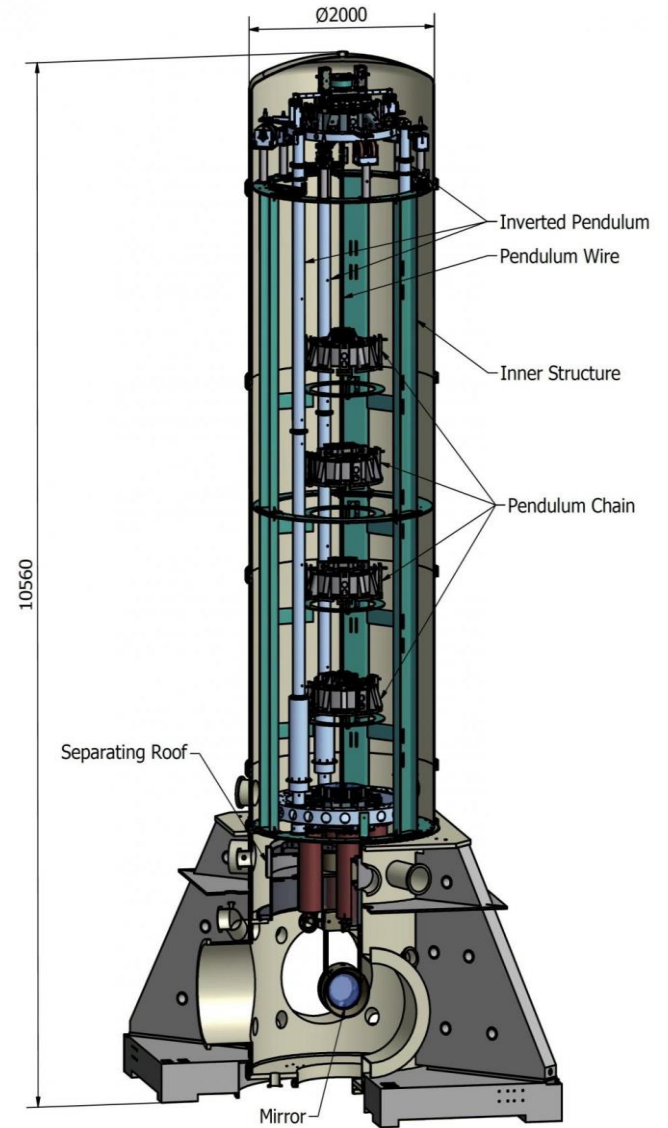


Bâtiment de fin de bras



Exemples d'élément de 3 Sous-systèmes

LG Valve & CryoTrap



Super-atténuateur Tour

Réalisation d'un rack de contrôle

- 1- Cahier des charges établi avec collègues italiens.
 - Description des équipements à contrôler.
 - Détaille le procédé de mise sous vide.
 - Listing des interlocks pour sécurité humaine et matérielle.

- 2- Etude électrotechnique et informatique en //.

- 3- Appel d'offre pour achat (sauf informatique).

- 4- Réalisation d'un rack prototype au LAL.

- 5- Validation au LAL par les collègues italiens.

- 6- Fabrication en série des racks supplémentaires .

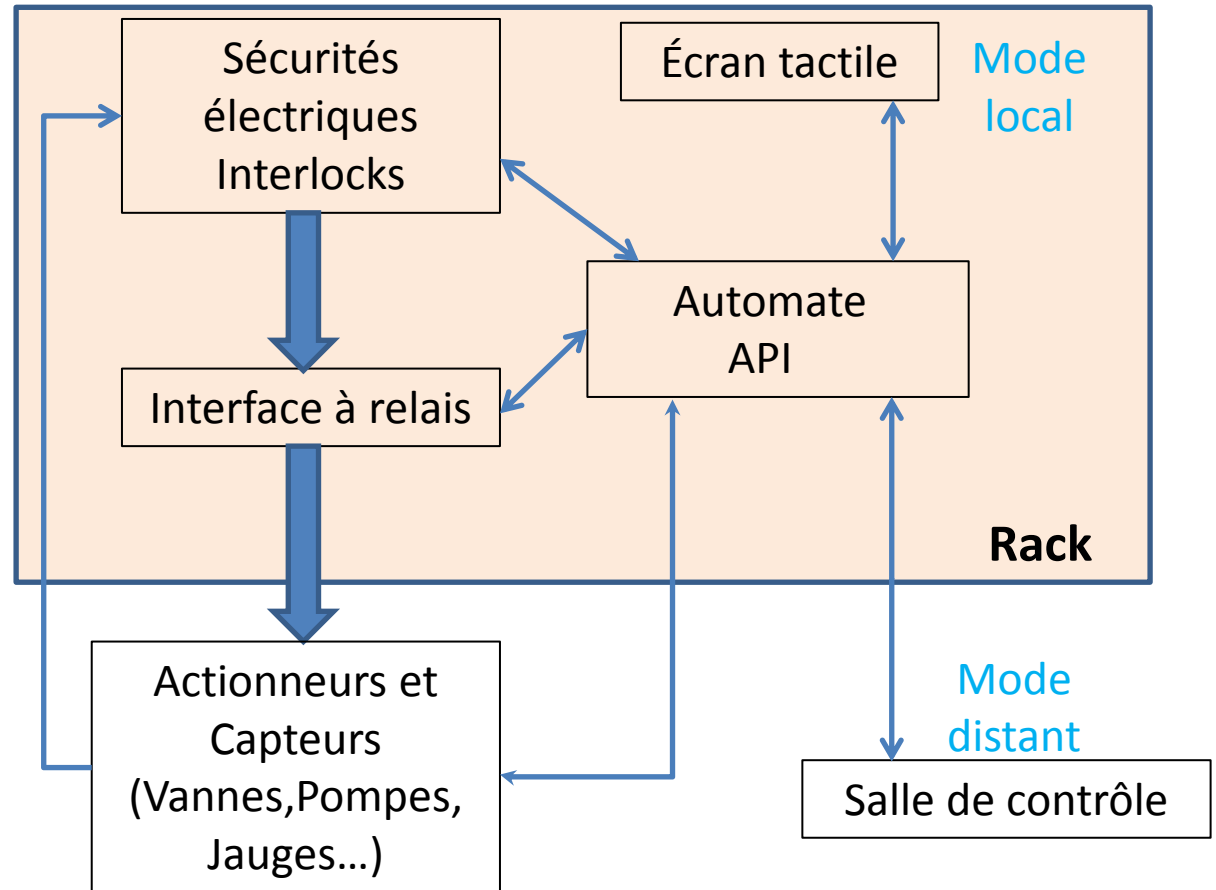
Exemple Interlocks (cahier des charges)

5	A, HW	Same as above	Rotating freq. P71 < threshold	Close V71 and V72	V72 operation is more complex because needs to be opened also when P71 is OFF, see Id 9 and 10
6	A, HW	Prevent not having the possibility to close valves	Compressed air low (relay)	Close all valves	Must be activated before the air is too short
7	C, SW	Prevent to open the valve in front of the turbo if tower is not under vacuum	Gc1 > 2 mbar OR Vc1 closed	Forbid V51 opening	
8	C, SW	Prevent to open the valve in front of the turbo if tower is not under vacuum	Gc1 > 2 mbar OR Vc1 closed	Forbid V71 opening	Could be due also HW
9	C, SW	Prevent to open the valve in front of the turbo if tower is not under vacuum	IF P71 ON AND (Gd1 > 2 mbar OR Vd1 closed)	Forbid V72 opening	Could be due also HW
10	C, SW	Protect gate valve at high pressure	IF P71 OFF AND (Gc2 < 990 mbar OR Vc1 closed) OR Gc2-G72 > 10 mbar OR V92 closed)	Forbid V72 opening	Could be due also HW
11	C, SW	Protect gate valve at high pressure	V41 OR V42 OR V91 closed OR G72 < 990 mbar	Forbid V92 opening	Could be due also HW
12	A, SW	Prevent <u>backstreaming</u> when starting a pump	P41 is switched ON AND G41 < 1 mbar	Delay about 30s before allowing opening of V43	

Fonctionnalités d'un rack de contrôle

- Transformer grandeurs physiques en signaux électriques puis en données numériques (réciproque).
- Assurer les échanges de données avec une supervision distante.

- Gérer le procédé de vide .
- Contrôle Local .
- Assurer la logique de sécurités.



Prototype au LAL





Systeme informatique bas niveau: Choix d'un API

Equipements hétérogènes en grande quantité =>

- Facilité d'intégration (Modulaire).
- Fiabilité (hard et soft) , maintenabilité (20 ans).
- Conforme aux règles EMC sur ADVirgo.
- Doit supporter protocole dialogue avec une supervision (Serveur Modbus-TCP à implanter).
- Modification à chaud de l'application software.

Inconvénients :

- Assez cher (~4000€ par API).
- Développement sous Windows.
- Licences payantes (serveur Modbus-TCP & librairie graphique).
- Pression de la collaboration (Nickhef) .

2 API testé au LAL: **SCHNEIDER M340** & **BECKHOFF CX1020** .

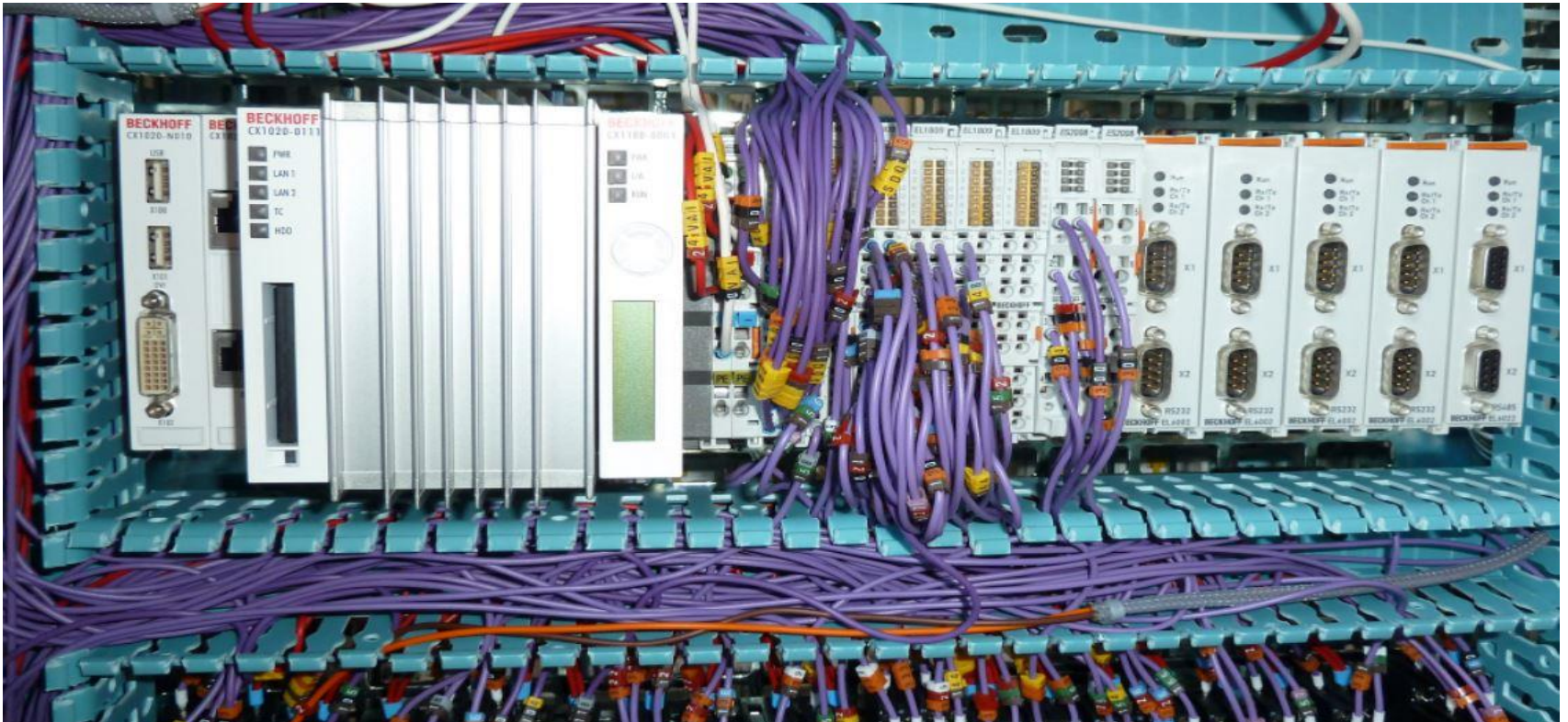
Beckhoff : Fonctionnalités + adaptées pour le contrôle des équipements de vide par RS232-485 + Isolation galvanique des port RS.

Intégration Modulaire :

Modules E/S-TOR (~80 Entrées et ~20 Sorties par station).

Modules Analogique (PT100, 4-20mA) .

Modules de Communication (4 à 10 ports par station).



Contrôle à distance (en salle de contrôle)

Solutions évoquées: **PVSS** - **PanoramaE²** - **Tango + GUI.**

Tango a été choisi :

- Fonctionne sous Linux .
 - Bien approprié pour la gestion d'objets distribués (31 stations).
 - Bien maîtrisé par ADVirgo (Martin Mohan).
 - Librairie Modbus-TCP facilement intégrable.
 - Tango prévu pour ThomX => Connaissance partagée .
- L'élément de base géré par Tango est appelé Device .
Device: Représentation informatique d'une station matérialisée par son API .
- Le Device-Server est l'application software gérant le Device (C/C++).
Rôle de transfert de données entre API et son Device.
Transfert en Polling par protocole Modbus-TCP.

Tango

Device : VAC/Tower/BS
4 propriétés et 300 attributs.

Device-Server :
VacUHVTower VacTowerBS



GUI

NetBeans IDE



DAQ ADVirgo

Translateur Modbus-CM



Salle de Contrôle

Réseau Ethernet
Transferts Modbus-TCP

Réseau Ethernet
Transferts Modbus-TCP

API : ~300 paramètres



Equipements hétérogènes

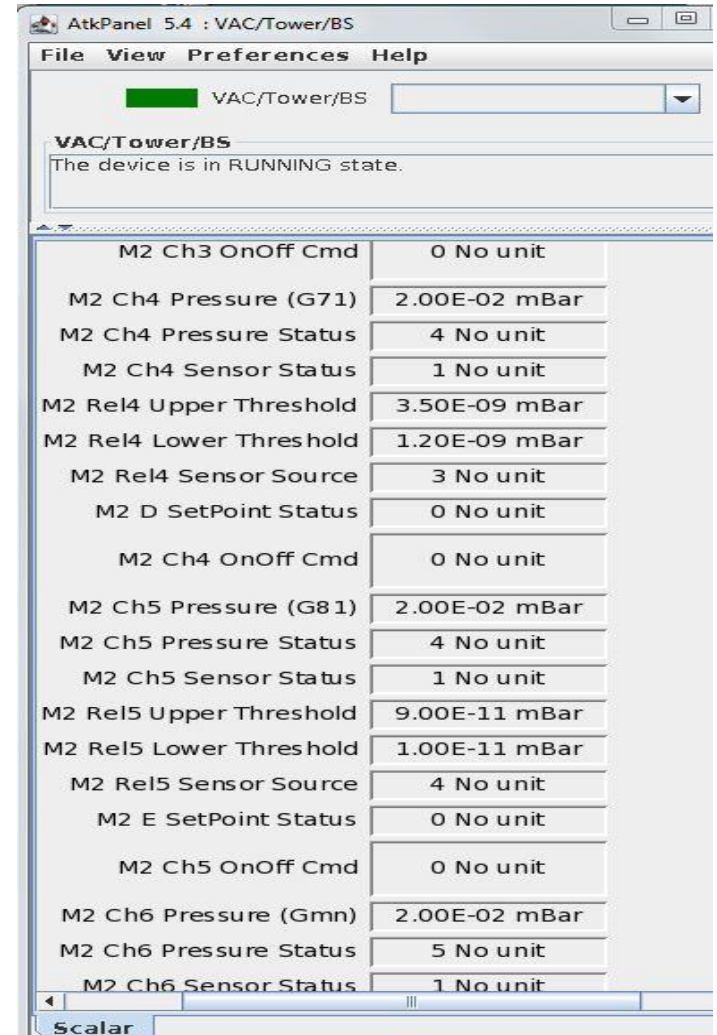


Station de pompage

Device Tour UHV Beam-Splitter



Liste Device-Server



La Configuration et Données d'un Device mémorisées dans TangoDb (MySQL).

GUI - Salle de Contrôle:

ADVirgo n'impose rien => choix de NetBeans (java) + Jdraw.

Communication avec Tango Device-Server : bibliothèques Tango-ATK

Beam Splitter Tower

Valve Legend

- Close (Green)
- Open (Yellow)
- Move (Red)
- Error (Red)

P51 Turbo Pump Control

P51 ON	P51 Standby ON
P51 BOX Temperature OK	P51 Temperature OK
P51 Box Error	0 No unit
P51 Actual Speed	400 Hz
P51 Final Speed	600 Hz
P51 Pump Current	2.80E-01 A
P51 Pump Power	1.4 W
P51 Operating Hours	65535 H

Full Control

Code Authorization:

State Mode: Full Control

Clean Messages List

- 2017 04 12 16:13:01 Monitor FullControl Status State Mode: F
- 2017 04 12 16:13:01 Inhibit V92 opening Status Activated
- 2017 04 12 16:13:01 G72 Lower 990mB Relay Status Activated
- 2017 04 12 16:13:01 Q4 Status ON
- 2017 04 12 16:13:01 Q3 Status ON
- 2017 04 12 16:13:01 Q3 Failure Status OK
- 2017 04 12 16:13:01 K2 Relay Status ON
- 2017 04 12 16:13:01 Electrical Network Status OK
- 2017 04 12 16:13:01 Emergency Stop 2 Status OFF
- 2017 04 12 16:13:01 Emergency Stop1 Status OFF
- 2017 04 12 16:13:01 Inhibit V72 opening Status Activated
- 2017 04 12 16:13:01 Cmd RCAOut Status ON
- 2017 04 12 16:13:01 G5 to O10 and O P41 OP61 Status OK



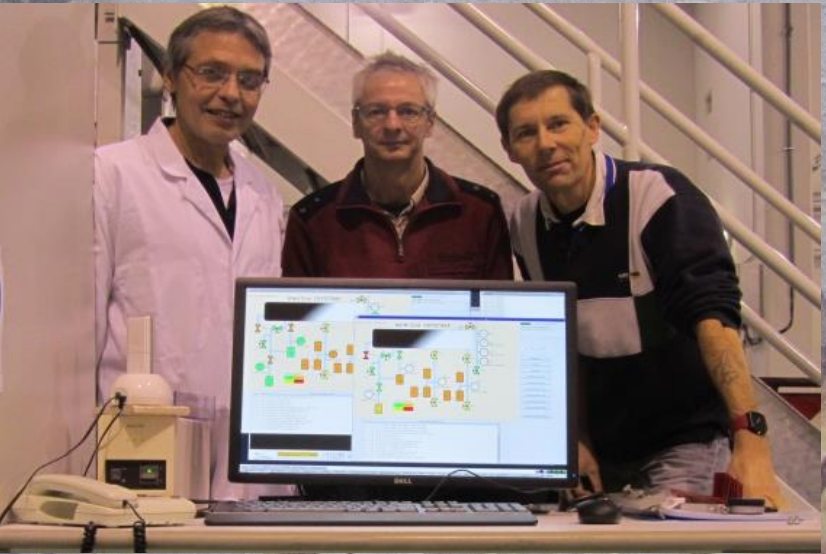
 **LEONI** 
Azienda Agrituristica
di Leoni Gaetano



FIN

Merci pour l'écoute ... Questions !

ccreria • Pizzeria
Dabbe
Bernardo 20 Pisa tel. 050 5003



API: Ordinateur durci réalise une synchronisation des flux d'entrées avec les flux de sorties.

- Contrôle strict par temps de cycle .
- CX1020 : TDC (E/S 1ms, Procédé 50 ms) + Visu locale 200ms.
- 2 outils Beckhoff : Configurer et développer l'application.

The image displays two windows from the Beckhoff TwinCAT environment. The left window, 'UHVTowerVac_V1test.tsm - TwinCAT System Manager - 'CX_08C2C4'', shows the configuration tree on the left and the 'Règles de l'amorçage (cible)' tab in the center. The configuration includes: AmsNetId: 5.8.194.196.1, Nom d'hôte: CX_08C2C4, Adresse IP fixe: 192.168.0.111, Masque: 255.255.255.0, Passerelle défaut: 255.255.255.255, and Serveur DNS fixe: 255.255.255.255. The right window, 'TwinCAT PLC Control - TestModBusProfibusRs232RS422_V3b.pro', shows the project tree on the left with 'Profibus (PRG)' selected. The main area displays the ladder logic code for the Profibus program, including variable declarations and logic for data exchange and sensor status.

```
0001 varProfibus (%IB48);
0002 varProfibus2 (%IB80);
0003 varProfibus3 (%IB102);
0004 varProfibus4 (%IB188) = 28928;
0005 cmdProfibus (%QB250);
0006 VaRecopi = <0221e4ff>;
0007 PressionTabl;
0008 chainePression = '4.9.9E-34,9.9E+34,1.0E+04,1.0E+0';
0009 counter = 9;
0010 ConfTabl;
0011 chaineConfig = 'CP300 x 9N,NO P,IF300';
0012 SensorSTTabl;
0013 chaineSensorST = '1,1,0,0';
0014 etat_DP_State (%B184) = 31;
0015 EtatDP = FALSE;
0016 etat_ELB731 (%B192) = 8;
0017
0018
0001 varProfibus;
0002 varProfibus2;
0003 varProfibus3;
0004
0005 (* transformation des tableau de word
0006 VaRecopi := ADR(varProfibus);
0007 FOR counter:=0 TO 31 BY 1 DO
0008   PressionTabl[counter]:= VaRecopi;
0009 VaRecopi := VaRecopi +1;
0010 END_FOR;
0011 chainePression := BYTEARR_TO_M;
0012
0013 (* transformation des tableau de word
0014 VaRecopi := ADR(varProfibus2);
0015 FOR counter:=0 TO 22 BY 1 DO
0016   ConfTabl[counter]:= VaRecopi;
0017 VaRecopi := VaRecopi +1;
0018 END_FOR;
```

API Exemple VISU Interface locale

Tubes Local Control

Station Name: VacTu3000N

IP Num: 192.168.0.11

2017-02-16-15:24:13.602

versions TubeVac V1.pro and V1.tsm

Change Code

Synoptic

Sensors

Electro Valves

Pumps

Midivac Ionic

Maxigauge

Ga4 Gauge

Alarms

4UHV Ionic

Full Control

Monitoring

code Authorization

Monitoring-FullControl

Local Cmd

Remote Cmd

Local/Remote

Cooling Fan

Heating

On Off Rack Power Supply

Rack On

Rack Off

Rack Power ON

RCA Cmd Out

CB Q4 Status

Emergency Stop 1

Emergency Stop 2

I/O Modules Status

DI 01

DI 02

DI 03

EL3202Ch1

EL3202Ch2

EL3052Ch1

EL3052Ch2

DO 01

SerialLink Status

Maxigauge

Turbo Pump P21

XGS600 Ga4

Titane Pump P31

Titane Pump P32

Midivac Ionic P33

4UHV Ionic P33

Tableur: Liste des variables Modbus

284	Gc3Sensor1type	NO	BYTE	MB	356	12466	StationName/Gc3Sensor1type	Gc3 sensor type for ITR100 Gauge Upper measurement
285	Gc3EmissionStatus	NO	BYTE	MB	358	12467	StationName/Gc3EmissionStatus	Gc3 emission Status (1=On 0=Off) for ITR Gauge Upper measurement
286	Gc3DegasStatus	NO	BYTE	MB	360	12468	StationName/Gc3DegasStatus	Gc3 degas Status (1=On 0=Off) for ITR Gauge Upper measurement
287	Gc3ITRStatus	NO	BYTE	MB	362	12469	StationName/Gc3ITRStatus	Gc3 ITR Status (0:Ok 1:Electronic Fail 2:Sensor Warning 3:Electronic Warning 4:Sensor Fail
288	Gc3RS232Status	NO	BYTE	MB	364	12470	StationName/Gc3RS232Status	Gc3 RS232 Status (0:Ok 1:String too long 2:Illegal Message 3:Timeout 4:Bad Parameter 5:W
289	Gc3EmissionOnOffCmd	NO	BYTE	MB	366	12471	StationName/Gc3EmissionOnOffCmd	Gc3 emission command for ITR100 Gauge Upper measurement (0=NoCmd, 1=On, 2=Off)
290	Gc3DegasOnOffCmd	NO	BYTE	MB	368	12472	StationName/Gc3DegasOnOffCmd	Gc3 degas command for ITR100 Gauge Upper measurement (0=NoCmd, 1=On, 2=Off)
291								
292	Gd3PressureValue	NO	REAL	MW	370	12473	StationName/Gd3PressureValue	Gd3 pressure for ITR100 Gauge Lower measurement
293	Gd3SensorType	NO	BYTE	MB	374	12475	StationName/Gd3SensorType	Gd3 sensor type for ITR100 Gauge Lower measurement
294	Gd3EmissionStatus	NO	BYTE	MB	376	12476	StationName/Gd3EmissionStatus	Gd3 emission Status (1=On 0=Off) for ITR100 Gauge Lower measurement
295	Gd3DegasStatus	NO	BYTE	MB	378	12477	StationName/Gd3DegasStatus	Gd3 degas Status (1=On 0=Off) for ITR100 Gauge Lower measurement
296	Gd3ITRStatus	NO	BYTE	MB	380	12478	StationName/Gd3ITRStatus	Gc3 ITR Status (0:Ok 1:Electronic Fail 2:Sensor Warning 3:Electronic Warning 4:Sensor Fail
297	Gd3RS232Status	NO	BYTE	MB	382	12479	StationName/Gd3RS232Status	Gc3 RS232 Status (0:Ok 1:String too long 2:Illegal Message 3:Timeout 4:Bad Parameter 5:W
298	Gd3EmissionOnOffCmd	NO	BYTE	MB	384	12480	StationName/Gd3EmissionOnOffCmd	Gd3 emission command for ITR100 Gauge Lower measurement (0=NoCmd, 1=On, 2=Off)
299	Gd3DegasOnOffCmd	NO	BYTE	MB	386	12481	StationName/Gd3DegasOnOffCmd	Gd3 degas command for ITR100 Gauge Lower measurement (0=NoCmd, 1=On, 2=Off)
300								
301	P51PumpStatus	NO	BYTE	MB	388	12482	StationName/P51PumpStatus	On-Off Status of Turbo pump TCM1601
302	P51PumpStdbystatus	NO	BYTE	MB	390	12483	StationName/P51PumpStdbystatus	Standby Status of Turbo pump
303	P51PumpTemperatureStatus	NO	BYTE	MB	392	12484	StationName/P51PumpTemperatureStatus	Temperature Status of Turbo pump NoExcess=0 Excess=1
304	P51BoxTemperatureStatus	NO	BYTE	MB	394	12485	StationName/P51BoxTemperatureStatus	Box Temperature Status of Turbo pump
305	P51BoxError	NO	INT	MW	396	12486	StationName/P51BoxError	Box Error of Turbo pump
306	P51ActualSpeed	NO	INT	MW	398	12487	StationName/P51ActualSpeed	Actual Speed (Hz) of Turbo pump

Modbus-TCP

Principe client serveur .

C'est une **couche application Modbus** sur un **réseau Ethernet/TCP-IP** pour communiquer dans une architecture d'automatisme industriel .

Accès aux variables de l'API par référence à leurs adresses.

API (Serveur Modbus)

Device Tango (client Modbus)

Gd3Pressure @ %MW370 ↔

Gd3Pressure @ 12473.

Lectures & écritures de variables unitaire ou par bloc .

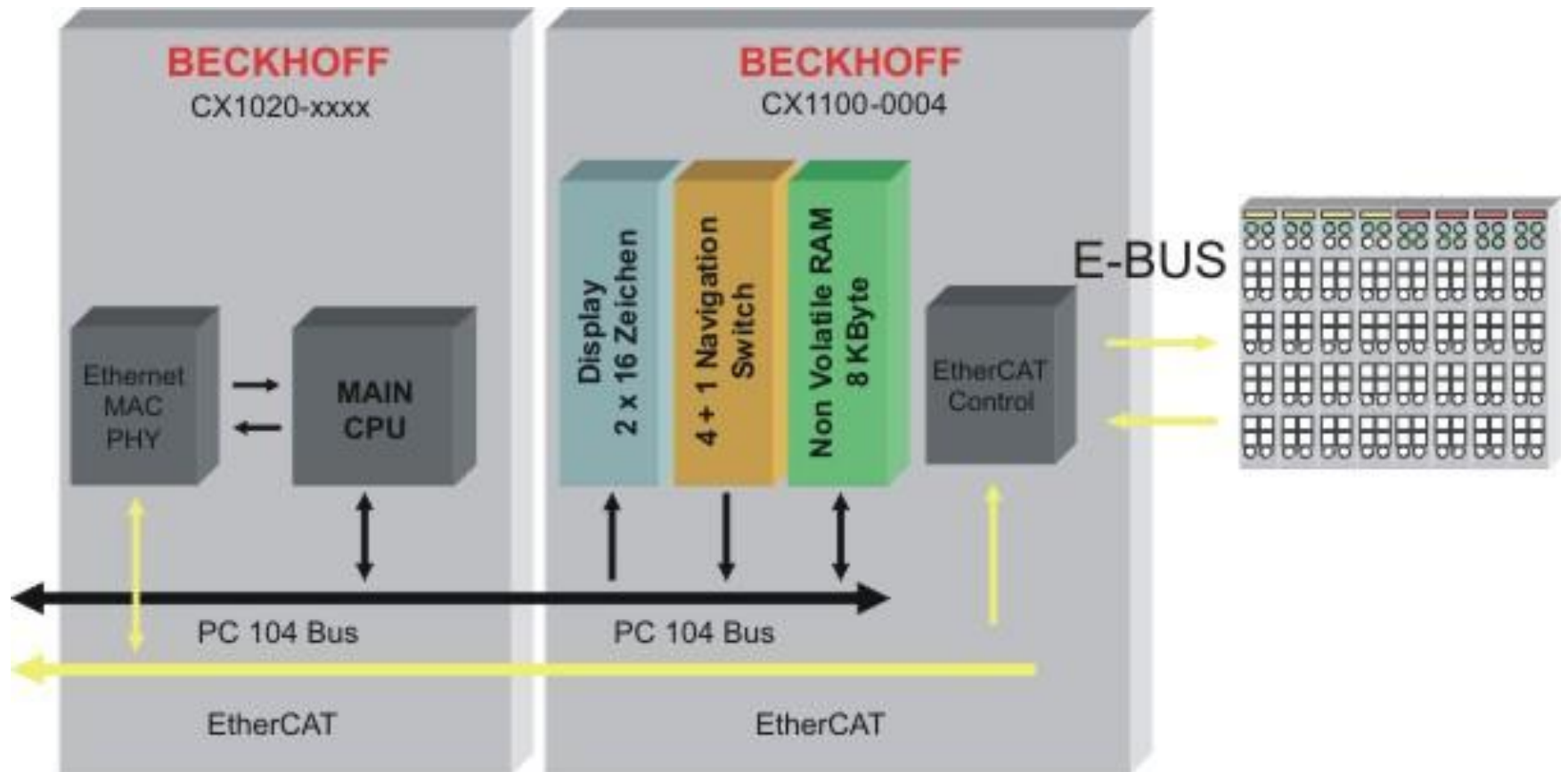
ReadBit() ReadWord() WriteBit() WriteWord()

ReadMutipleBits() WriteMutipleBits() ReadMutipleWords()

Standard Mapping Modbus

Modbus areas	Modbus address	ADS area	
Digital inputs	0x0000 - 0x7FFF	Index group	Index offset
		0xF021 - process image of the physical inputs (bit access)	0x0
	0x8000 - 0x80FF	Name of the variables in the PLC program	Data type
		.mb_Input_Coils	ARRAY [0..255] OF BOOL
Digital outputs (coils)	0x0000 - 0x7FFF	Index group	Index offset
		0xF031 - process image of the physical outputs (bit access)	0x0
	0x8000 - 0x80FF	Name of the variables in the PLC program	Data type
		.mb_Output_Coils	ARRAY [0..255] OF BOOL
Input registers	0x0000 - 0x7FFF	Index group	Index offset
		0xF020 - process image of the physical inputs	0x0
	0x8000 - 0x80FF	Name of the variables in the PLC program	Data type
		.mb_Input_Registers	ARRAY [0..255] OF WORD
Output registers	0x0000 - 0x2FFF	Index group	Index offset
		0xF030 - process image of the physical outputs	0x0
	0x3000 - 0x5FFF	0x4020 - PLC memory area	0x0
	0x6000 - 0x7FFF	0x4040 - PLC data area	0x0
	0x8000 - 0x80FF	Name of the variables in the PLC program	Data type
.mb_Output_Registers		ARRAY [0..255] OF WORD	

Architecture API CX1020 1Ghz 2Go RAM



Device : Propriétés et Attributs

The screenshot displays a software interface with a menu bar (File, Edit, Tools, Filter) and a toolbar. The main window title is "Server:VacUHVTower/VacTowerBS/VacUHVTower/VAC/Tower/BS". Below the toolbar, there are tabs for "Class", "Alias", "Att. Alias", "Property", and "Device". The "Device" tab is active, showing a tree view of the device hierarchy. The selected device is "VAC/Tower/BS", which has sub-items: "Properties", "Polling", "Event", "Attribute config", "Pipe config", "Attribute properties", and "Logging".

The right-hand pane, titled "Device Info", displays the following information:

```
- Device Info -----  
Device:          vac/tower/bs  
type_id:         IDL:Tango/Device_4:1.0  
iiop_version:   1.2  
host:           olserver112.virgo.infn.it (90.147.137.12)  
port:           38863  
Server:         VacUHVTower/VacTowerBS  
Server PID:     17577  
Exported:       true  
last_exported:  31st August 2016 at 14:40:01  
last_unexported: 8th March 2016 at 13:45:00  
  
- Polling Status -----  
  
Polled command name = UpdateAllAttributes  
Polling period (mS) = 3000  
Polling ring buffer depth = 10  
Time needed for the last command execution (mS) = 21.630  
Data not updated since 0 mS  
Delta between last records (in mS) = 2999, 3000, 2999, 3000  
  
Polled attribute name = PLCDataValidStatus  
Polling period (mS) = 1500  
Polling ring buffer depth = 10  
Time needed for the last attribute reading (mS) = 0.108  
Data not updated since 760 mS  
Delta between last records (in mS) = 1499, 1500, 1500, 1499
```


Sensors Status & Diagnostics

AlarmComonicPump Status	OK	Q11 Fail Status	OK	P2 Normal Speed K18 Relay status	OFF
AlarmComMaxigauge1 Status	OK	Q12 Fan Fail	OK	Ve1 Closed K7 Relay status	OFF
AlarmComMaxigauge2 Status	OK	Q13 P2 Pump Fail Status	OK	V1 Closed K6 Relay status	ON
AlarmComTitane1 Status	OK	Q5 Q13 QM Status	OK	V21 Closed K8 Relay status	ON
AlarmComTitane2 Status	OK	Emergency Stop Status	OFF	V21OutByPassSpv	OFF
AlarmComTitane3 Status	Fail	EmergencyStop K1Relay Status	OFF	Inhibit V21 Opening Status	Activated
AlarmComTitane4 Status	Fail	EmergencyStop K5Relay Status	OFF	Bypass Inhib V21 Status	No
AlarmComTM700 Status	OK	Rack Power ON K2 Relay Status	ON	V22 Closed K9 Relay status	ON
AlarmDIDO Status	OK	CmdRCAOut Status	ON	VCryo Opened K10 Relay status	ON
Q3 Fail status	OK	Electrical Network status	Fail	VCryo LV Interlock K22 Relay Status	Activated
Q3 Status	ON	Local Remote Status	LOCAL	Ge1 Upper 5mB Relay Status	Activated
Q4 Status	ON	Air Compressed K11Relay status	Fail	Ge1 Upper 1mB Relay Status	Activated
Q5 P31i Fail Status	OK	Air Compressed status	Fail	Cryo Rack Interlocks Status	OFF
Q6 P32i Fail Status	OK	P1Magnetic Fail status	OK	Cable IT Cryo Status	Activated
Q7 P33i P33e Fail Status	OK	P1 Thermal Fail status	OK	Cryo High Temperature Interlock Status	OFF
Q8 P31e Fail Status	OK	P1 ON K21Relay status	OFF	CryoRack Malfunc Relay Status	OFF
Q9 P32e Fail Status	OK	P1 Default K4 Relay Status	OFF	LN2 High Interlock Status	OFF
Q10 Maxigauges Fail Status	OK	P2 NoError K17Relay Status	ON	LN2 Low Interlock Status	OFF
				Inhibit VCryo Opening Status	No
				VCryo Closed K25 Relay status	OFF
				Ge2 Upper 5mB Relay Status	Activated

```

2014 11 26 10:27:46 P2 NoError K17Relay Status ON
2014 11 26 10:27:46 AlarmComTM700 Status OK
2014 11 26 10:27:46 AlarmComTitane2 Status OK
2014 11 26 10:27:46 AlarmComTitane1 Status OK
2014 11 26 10:27:07 Rack Power ON K2 Relay Status ON
2014 11 26 10:27:07 Q4 Status ON
2014 11 26 10:27:07 CmdRCAOut Status ON
2014 11 26 10:26:59 Local Remote Status LOCAL
2014 11 26 10:26:05 Ge2 Upper 5mB Relay Status Activated
    
```

xterm

```

2014 11 26 10:26:11
2014 11 26 10:26:15
2014 11 26 10:26:21
2014 11 26 10:26:26
2014 11 26 10:26:36
2014 11 26 10:26:41
2014 11 26 10:26:46
2014 11 26 10:26:51
2014 11 26 10:26:56
2014 11 26 10:27:01
2014 11 26 10:27:06
2014 11 26 10:27:11
2014 11 26 10:27:16
2014 11 26 10:27:21
2014 11 26 10:27:26
2014 11 26 10:27:31
2014 11 26 10:27:36
2014 11 26 10:27:41
2014 11 26 10:27:46
2014 11 26 10:27:51
2014 11 26 10:27:56
2014 11 26 10:28:01
    
```

version table

on - 403 x 332 - Ricerca tramite immagine
in table]

Visualizza immagine

Me	Me	Me	Me
...
...
...