

**AUTOMATISATION ET CONTROLE A DISTANCE DE L'INSTRUMENTATION
DU LASER R.I.L.I.S. A ISOLDE**

E. Chevallay

A Isolde, les physiciens utilisent pour leurs expériences des isotopes rares produits par l'interaction d'un faisceau de protons provenant du synchrotron Booster et d'une cible métallique. Derrière cette cible, les isotopes qui sont produits et accélérés ne sont pas tous du même type et de la même masse. Des aimants de spectromètres (GPS ou HRS) sélectionnent les isotopes requis en fonction du rapport masse/charge. De plus, l'utilisation d'un laser de puissance pour ioniser les isotopes, le laser R.I.L.I.S. (Résonance Ionization Laser Ion Source), permet une bien meilleure sélectivité.

Le système de lasers RILIS a été construit par la collaboration Isolde [1] en 1990. Son implication dans le programme de physique d'Isolde représente 50 % des expériences approuvées. Etant l'un des éléments clefs de la production d'isotopes rares à Isolde, il a bien entendu été intégré dans le programme de consolidation lancé en 2000 [2]. La consolidation du laser lui-même n'entre pas dans le cadre de ce document, cette note se concentre sur l'instrumentation laser, son automatisation et son contrôle à distance.

Table des matières

- 1) Introduction**
- 2) Le laser RILIS**
- 3) L'instrumentation**
 - 3.1) Set Up Instrumental**
 - 3.2) La mesure de longueur d'onde**
 - 3.3) La mesure de la position du spot laser**
 - 3.4) La mesure de puissance**
 - 3.5) Contrôle de la position du laser**
- 4) L'automatisation**
- 5) Synoptique de l'environnement informatique et instrumental**
- 6) Le contrôle à distance**
- 7) Equipement module PIEZO (Contrôle de la motorisation)**
 - 7.1) Propriétés pour l'E.M. PIEZO**
 - 7.2) Tableau des données pour l'E.M. PIEZO**
- 8) Equipement module WATT (Acquisition de la puissance laser)**
- 9) Equipement module TVCAM (Mesure de la position laser)**
- 10) Equipement module LAMBDA
(Mesure et Contrôle de la longueur d'onde)**

1) Introduction

A Isolde, les physiciens utilisent pour leurs expériences des isotopes rares produits par l'interaction d'un faisceau de protons provenant du synchrotron Booster et d'une cible métallique. Derrière cette cible, les isotopes qui sont produits et accélérés ne sont pas tous du même type et de la même masse. Des aimants de spectromètres (GPS ou HRS) sélectionnent les isotopes requis en fonction du rapport masse / charge. De plus, l'utilisation d'un laser de puissance pour ioniser les isotopes, le laser R.I.L.I.S. (Résonance Ionization Laser Ion Source), permet une bien meilleure sélectivité.

Le système de lasers RILIS a été construit par la collaboration Isolde [1] en 1990. Son implication dans le programme de physique d'Isolde représente 50 % des expériences approuvées. Etant l'un des éléments clés de la production d'isotopes rares à Isolde, il a bien entendu été intégré dans le programme de consolidation lancé en 2000 [2]. La consolidation du laser lui-même n'entre pas dans le cadre de ce document, cette note se concentre sur l'instrumentation laser, son automatisation et son contrôle à distance.

2) Le laser RILIS

Pour réaliser l'ionisation des isotopes, il faut respecter le schéma d'ionisation propre à chaque isotope [3] (Schéma 1) qui décrit le nombre de faisceaux laser (2 ou 3), la longueur d'onde de chaque faisceau et la puissance requise nécessaire. Le laser RILIS produit physiquement jusqu'à 3 faisceaux laser distincts de longueurs d'ondes différentes. Pour la suite de la note, on considérera le schéma le plus compliqué mais aussi le plus courant à 3 faisceaux.

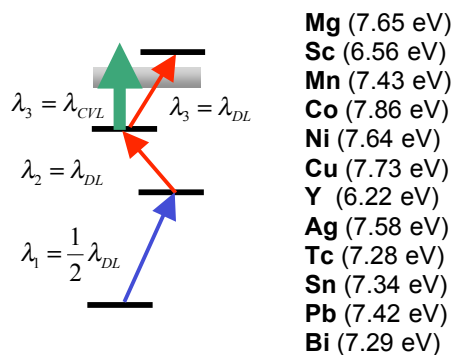


Schéma 1

Table 1

Exemple de Schéma de l'ionisation par résonance atomique relatif aux isotopes mentionnés dans la table 1 (V. Fedosseev)

Les trois faisceaux laser de longueurs d'onde différentes comme décrits ci-dessus sont des faisceaux de lumière quasi continu (CW), des paquets de 18 ns pulsés à 11 kHz sont ainsi produits. Les faisceaux laser doivent être guidés individuellement depuis le local laser RILIS, jusque vers la source de production des isotopes, «le front-end» et sa cible. Cela représente un chemin optique d'environ 20 m. L'ensemble des faisceaux est focalisé dans une zone de 3 mm de diamètre.

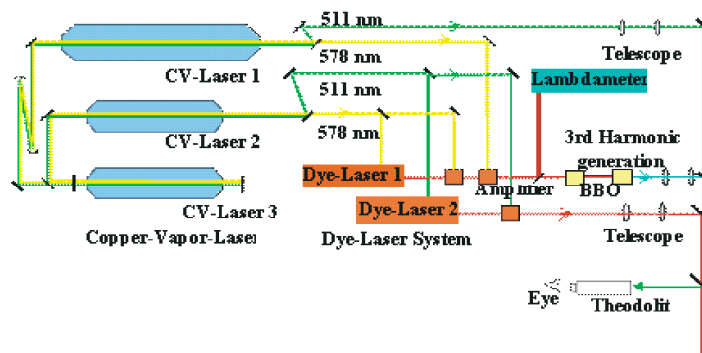


Schéma 2 - Synoptique du laser R.I.L.I.S.

3) Instrumentation

3.1) Set-Up Instrumental

Pour mettre en œuvre certaines des mesures des 3 faisceaux laser, il faudrait avoir accès à la zone cible, ce qui n'est pas possible en cours d'exploitation. Pour pallier à cet inconvénient, la technique habituelle utilisée est de prélever une faible fraction du faisceau laser le plus près possible de la zone cible, puis de renvoyer cette petite fraction sur un autre chemin optique dans la zone instrumentale du local laser. Le Schéma 3 ci-dessous détaille la zone instrumentale. Dans cette zone, est positionnée une plaque avec un trou de 3 mm de diamètre si le faisceau prélevé passe par ce trou, on admet alors que le chemin optique est bien aligné. L'optimisation finale se fera en ajustant les paramètres de chaque faisceau laser tout en observant en parallèle l'efficacité de production d'isotopes avec une coupe de Faraday insérée sur le passage du faisceau d'ions.

En addition, il est prévu de mesurer «on-line» une des caractéristiques du faisceau laser directement sur la table optique à différents points clés de la génération des faisceaux lasers, ainsi une éventuelle détérioration des performances peut-être immédiatement détectée.

Pour garantir la production d'isotopes, il est nécessaire d'avoir accès pour chacun des trois faisceaux laser aux paramètres suivants :

- La longueur d'onde
- La position géographique du spot laser
- La puissance
 - o La puissance globale,
 - o La puissance lors des différentes phases de génération.

Les mesures de position et de puissance globale sont réalisées dans la zone de set-up instrumental. Les mesures de puissance pendant les différents stades de production sont réalisées sur la table optique. Les mesures de longueur d'onde sont aussi réalisées sur la table optique.

Par ailleurs, on souhaite pouvoir contrôler la position du laser en pilotant les moteurs de montures optiques motorisées. Cette opération fait partie de l'exploitation routinière du laser R.I.L.I.S.

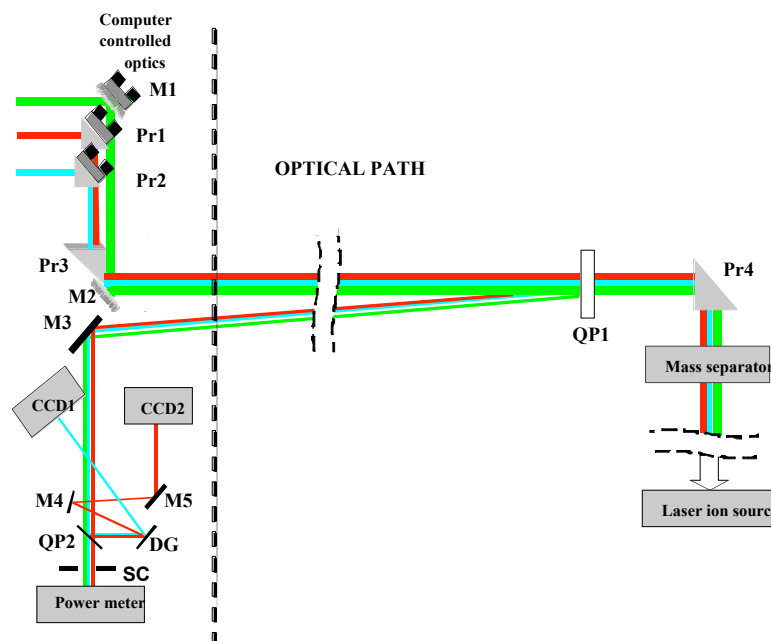


Schéma 3 - (M1–M5 Mirrors, Pr1–Pr4 quartz prisms, QP1–QP2 quartz plates, DG diffraction grating, SC screen with reference hole). Set-Up instrumental du laser R.I.L.I.S.

3.2) La mesure de longueur d'onde

La mesure de longueur d'onde est réalisée par un λ -mètre spécialisé (ATOS LM-007) d'une très grande précision. Cet appareil est actuellement interfacé dans un PC dédié et ne dispose pas d'une liaison externe directe (RS-232-C ou autre) mais d'une interface PC type bus ISA. Le software est une application tournant sur MS-DOS/W95. Notons que l'application software délivre en plus les mesures de longueurs d'onde sur le port série du PC. Ces deux derniers points (hard+soft) et le coût élevé de l'appareil en cas de remplacement nous amènent à conclure que le λ -mètre ne sera pas intégré dans le contrôle à distance dans la première phase de consolidation.

3.3) La mesure de la position du spot laser

La mesure de la position transversale du spot laser est réalisée dans la zone de set-up instrumental par une caméra (une par faisceau), un frame-grabber et un programme spécialisé (cps imager) mis au point par le groupe instrumentation [4]. L'ensemble des trois faisceaux laser est séparé en trois faisceaux indépendants de longueurs d'onde distinctes par un grating optique. Chaque faisceau individuel est atténué (s'il y a lieu) puis envoyé directement dans le capteur CCD d'une caméra. Le signal vidéo de chacune de ces caméras est connecté à un frame-grabber qui est implanté dans un PC DSC sous Linux. Le programme cps_imager calcule et enregistre le barycentre des faisceaux ainsi visualisés au travers de l'équipement module TVCAM. Cette partie du projet est actuellement en opération et donne satisfaction [5].

Description du matériel : Camera MICAM VHR 2000
Frame-Grabber TWIST3

3.4) La mesure de puissance

La mesure de puissance s'effectue par un powermeter. Le powermeter est généralement constitué d'une tête de mesure et d'un contrôleur. La tête de mesure reçoit la totalité ou une fraction du faisceau laser. L'appareil effectue la mesure en watt. L'information est disponible en local sur la face avant de l'appareil et à distance via une liaison RS-232-C ou autre. Un premier powermeter monocanal est disponible mais on souhaite le conserver pour des mesures ponctuelles lors d'interventions. Pour le moment le moniteur multicanaux correspondant à nos spécifications n'a pas été trouvé.

3.5) Contrôle de la position du laser

Le réglage de la position des faisceaux laser est réalisé en ajustant les angles des différents miroirs du chemin optique transportant le faisceau. A la sortie du local laser une série de miroirs installés à une position clef, un par faisceau, sont dédiés à ce type d'ajustement. Ces miroirs sont montés sur des montures optiques motorisées. Le matériel existant, qui donne satisfaction, est une monture optique de New Focus basée sur des picomoteurs à déplacement piézoélectrique. L'ensemble des moteurs est piloté par un contrôleur unique accessible par liaison RS-232-C.

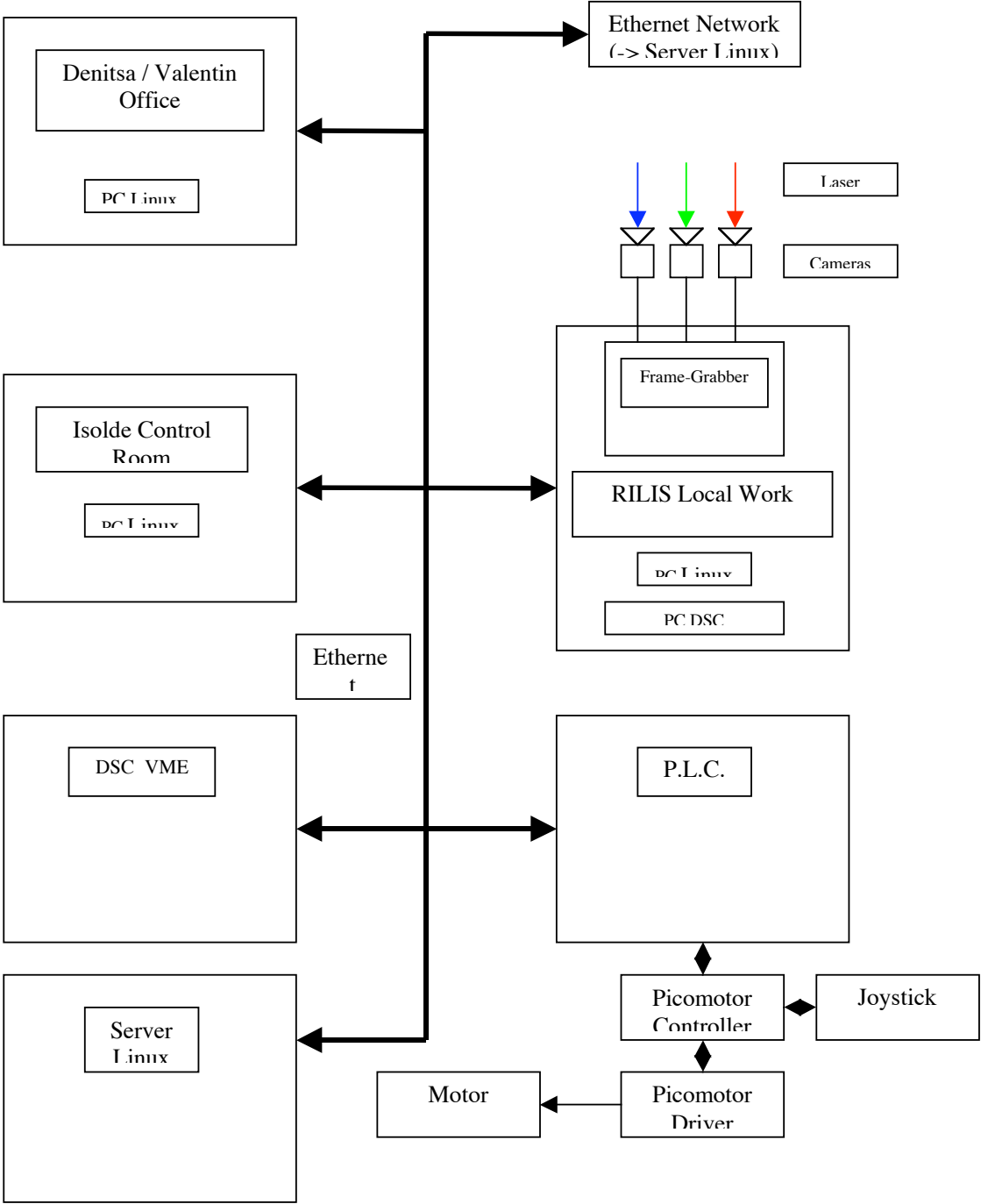
4) Automatisation

Les concepts de base retenus pour l'automatisation sont :

- Instrumentation à poste fixe opérationnelle en permanence
- Interface avec le système de contrôle des accélérateurs.

Toutes les mesures et contrôles décrits ci-dessus devront être gérés via un ordinateur local et ses interfaces. L'ensemble sera intégré dans le système de contrôle des accélérateurs, il a été naturel de retenir un contrôleur de type automate programmable industriel ou P.L.C. sur lequel est basé l'actuel système de contrôle d'Isolde. Pour ce faire et après consultations, nous avons retenu comme "contrôleur" le PLC type SIEMENS S7-400. Les raisons de notre choix sont, en autres, l'intégration dans le système de contrôle existant d'Isolde à base de PLCs et la robustesse de ce type d'appareil vis à vis des perturbations électromagnétiques qui sont nombreuses dans le local du laser RILIS.

5) Synoptique de l'environnement informatique et instrumental



6) Le contrôle à distance

Pour l'intégration dans le système de contrôle, il est nécessaire de structurer nos besoins sous forme d'équipements modules permettant l'établissement du dialogue à distance entre le software spécialiste et les programmes d'application. Plutôt que de choisir un seul équipement module intégrant la totalité de nos besoins, il est apparu plus judicieux de réaliser une structure d'E.M (équipement module) modulaire :

- La structure modulaire permet un découpage logique d'E.Ms spécifiques à un sujet
- Les E.Ms deviennent réutilisables et génériques.
- Le développement des équipements modules peut être réalisé par étape.

Il est donc proposé une structure du type :

Nom de L'équipement Module	Fonction	Existe	A Développer
PIEZO	Contrôle et acquisition des moteurs	Non	Oui
WATT	Mesure de la puissance laser	Non	Oui
LAMBDA	Mesure et Contrôle de la longueur d'onde	Non	Oui
TVCAM	Mesure de la position laser	Oui	Non

Parmi ces 4 équipements modules, les ordres de priorité sont :

- PIEZO est le plus urgent et aussi le plus avancé au niveau « software spécialiste »
- WATT est de seconde priorité mais il est aussi requis.
- LAMBDA n'est pas envisagé dans la première phase de la consolidation mais est à prévoir pour le long terme.
- TVCAM existe déjà, il est contenu dans un PC type DSC.

7) Equipement module PIEZO (Contrôle de la motorisation)

Il est nécessaire de définir pour chaque équipement module, la table des propriétés qui seront appelées par les programmes d'application pour avoir accès aux données.

7.1) Propriétés pour l'E.M. PIEZO

Quand c'est possible, la similitude avec l'équipement module STEPS sera conservée.

PROPERTY	BASE CLASS	R/W	TYPE	DIM	Description
AQN	PIEZO	R	D	1	Acquire the current position relatively "0 ref." (Units: mm)
AQND	PIEZO	R	I	1	The same as AQN. (Units: steps of motor)
BUSY	PIEZO	R	I	1	Status of motor (which action)
CCV	PIEZO	R/W	D	1	Write: move the motor to the specified position relatively to "0 reference" (units: mm) Read : current programmed position
CCVD	PIEZO	R/W	I	1	The same as CCV (units: steps of motor)
CCV1	PIEZO	R/W	D	1	Specify position for property MOVE: movement relatively current position (units: mm)
DELAY	PIEZO	R/W	I	1	R/W acceleration of the motor (in units of motor)
GAP	PIEZO	R/W	D	1	R/W the position of "0 reference". Represents the distance from "0 mechanical" to this position (units: mm)."0 mechanical" is a middle position of a total motor movement
HIGH	PIEZO	R/W	I	1	R/W the nominal speed of motor (units of motor)
INCCV	PIEZO	R/W	D	1	Move the motor relatively the current position. (Units: mm)
INITL	PIEZO	R/W	I	0	global initialization of the system
MAXV	PIEZO	R/W	D	1	R/W max position of motor relatively "0 mech." (Units: mm)
MAXV3	PIEZO	R/W	I	1	R/W max acceleration of the motor (in units of motor)
MINV	PIEZO	R/W	D	1	R/W min position of motor relatively "0 mech." (Units: mm)
MINV2	PIEZO	R/W	I	1	R/W min nominal speed of the motor (in units of motor)
MINV3	PIEZO	R/W	I	1	R/W min acceleration of the motor (in units of motor)
MOVE	PIEZO	W	I	1	move motor to the position defined by the property CCV1
RSET	PIEZO	R/W	I	0	preset the motor's internal counter
SCL	PIEZO	R	D	1	Read scaling factor
SETA	PIEZO	W	I	0	Reset the defaults motor's parameters
STAQ	PIEZO	R	I	1	Status of motor (read logical entries)
STATUS	PIEZO	R/W	I	1	R/W software status
STP	PIEZO	R/W	I	0	Stop motor
TOLA	PIEZO	R/W	D	1	R/W absolute tolerance for the position (units: mm)
TOLR	PIEZO	R/W	D	1	R/W relative tolerance for the position
ADR1	EMCLASS	R	I	1	Read base Hardware address
BUS	EMCLASS	R	I	1	Read bus type (1=CAMAC, 2=VME or MIL1553)
MODNO1	EMCLASS	R	I	1	Read the hardware module number corresponding to ADDRESS1
UNITA	EMCLASS	R	C	6	Read acquisition units
UNITS	EMCLASS	R	C	6	Read the units string for the main acquisition value
ALARM	ALARMS	R	I	1	Read the alarm status of the equipment
EMNUM	CMCLASS	R	I	1	Read control module number
EQNAME	CMCLASS	R	C	16	Read the equipment name (16 characters with trailing blanks)

7.2) Tableau des données pour l'E.M. PIEZO

La table des données ci-dessous décrit la structure de données dans le PLC pour faire le lien entre le software spécialiste et la partie équipement module.

ARGUMENT	BASECLASS	ACCESS	TYPE	DIM	Description
ABTOL	PIEZO	RW	I	1	Tolerance absolute
AQ	PIEZO	RW	I	1	Acquired position of motor rel. "0 ref" (steps)
CCAC	PIEZO	RW	I	1	Motor status (property BUSY)
CCAC1	PIEZO	RW	I	1	Motor status (property STAQ)
CCVA	PIEZO	RW	I	1	Position of motor relatively "0 ref" (steps)
CCVA1	PIEZO	RW	I	1	Movement relatively current position (steps)
DEL	PIEZO	RW	I	1	Acceleration
HAD1	PIEZO	RO	I	1	Motor number at a link
HI	PIEZO	RW	I	1	Speed nominal of motor moving (units of motor)
MN	PIEZO	RW	I	1	Min position relatively "0 mech." (steps)
MN2	PIEZO	RW	I	1	Min V nominal of motor (units of motor)
MN3	PIEZO	RW	I	1	Min acceleration (units of motor)
MX	PIEZO	RW	I	1	Max position relatively "0 mech." (steps)
MX2	PIEZO	RW	I	1	Max V nominal of motor (units of motor)
MX3	PIEZO	RW	I	1	Max acceleration (units of motor)
PAUP	PIEZO	R / W	I	1	Request of STP (with RT-task)
PRES	PIEZO	R / W	I	1	Request of INITL (with RT-task)
PRVAL	PIEZO	RO	I	1	"0 mechanical" (steps)
REF	PIEZO	R / W	I	1	Distance between "0 ref" and "0 mech" (steps)
RLTOL	PIEZO	R / W	D	1	Tolerance relative
SCAL1	PIEZO	RO	D	1	Scaling: (mm)/(steps of motor)
ADRESS1	EMCLASS	RO	I	1	CAMAC, VME, or MIL1553 hardware address
BUSTYP	EMCLASS	RO	I	1	Bus type (1=CAMAC, 2=1553), from first ADDRESSn
MODUL1	EMCLASS	RO	I	1	CAMAC/VME Module number, from ADDRESS1
UNITC	EMCLASS	RO	C	16	Acquisition units
ABSTOL	ALARMS	RW	D	1	Absolute tolerance for alarms
RELTOL	ALARMS	RW	D	1	Relative tolerance for alarms
ALARMFLG	ALARMS	RO	I	1	Flag: 1 if equipment in alarm scan set, else 0
ALSETS	ALARMS	RO	C	16	Alarm sets: DFLT or NONE or ALL or list: PSB,CPS..
EQNAM	ALARMS	RO	C	16	Equipment name
ERR	ALARMS	RW	I	1	Error Code

8) Equipement module WATT (Acquisition de la puissance laser)

Table préliminaire des propriétés.

PROPERTY	BASE CLASS	R/W	TYPE	DIM	Description
AQN	WATT	R	D	1	Acquire the current position relatively "0 ref." (Units: W) Reads acquisition value (incl. scaling f.) from hardware
AQND	WATT	R	I	1	The same as AQN. (Units: bits)
RANGE	WATT	R/W	I	1	Range of the detector
INITL	WATT	R/W	I	0	global initialization of the system
OFFSET	WATT	R/W	I	0	Background substract
RSET	WATT	W	I	1	Reset the instrument
SETA	WATT	W	I	0	Reset the defaults parameters
SCLI	WATT	R	D	1	Read scaling factor
STATUS	WATT	R	I	1	Read software status
TOLA	WATT	R/W	D	1	R/W absolute tolerance for the power
TOLR	WATT	R/W	D	1	R/W relative tolerance for the power
TRIG	WATT	R/W	I	1	Trigger Configuration

9) Equipement module TVCAM (Mesure de la position laser)

Equipement module existant, voir :

<http://oraweb01.cern.ch/psowa/owa/w3gm.gmclass?class=TVCAM>

10) Equipement module LAMBDA (Mesure et Contrôle de la longueur d'onde)

La réalisation de cet équipement module n'est pas envisagée dans la première phase de la consolidation mais est à prévoir pour le long terme.

Références :

- [1] V.I. Mishin and all, Nucl. Instr. and Meth. B73 (1993) 550-560
- [2] Matts Lindroos / The ISOLDE consolidation project PS/OP/Note 2000-016
- [3] U. Koster and all, Spectrochimica Acta Part B 58 (2003) 1047-1068
- [4] http://bravin.home.cern.ch/bravin/doc/cps_imager.html
- [5] D. Grancharova and al., *Automatic Laser Beam Position Control on the Isolde-Rilis Experiment*, 2003