



HAL
open science

Protocole d'utilisation de l'implanteur ionique IMC 200 du LAAS-CNRS

Éric Imbernon, Jean-Christophe Marrot

► **To cite this version:**

Éric Imbernon, Jean-Christophe Marrot. Protocole d'utilisation de l'implanteur ionique IMC 200 du LAAS-CNRS. Rapport LAAS n° 18032. 2018, 23p. hal-01704554

HAL Id: hal-01704554

<https://laas.hal.science/hal-01704554>

Submitted on 8 Feb 2018

HAL is a multi-disciplinary open access archive for the deposit and dissemination of scientific research documents, whether they are published or not. The documents may come from teaching and research institutions in France or abroad, or from public or private research centers.

L'archive ouverte pluridisciplinaire **HAL**, est destinée au dépôt et à la diffusion de documents scientifiques de niveau recherche, publiés ou non, émanant des établissements d'enseignement et de recherche français ou étrangers, des laboratoires publics ou privés.

Protocole d'utilisation de l'implanteur ionique IMC 200 du LAAS-CNRS



Version 2 – Novembre 2015

Auteurs : Eric Imbernon
Jean-Christophe Marrot

TABLE DES MATIERES

1	Principe de l'implantation ionique	4
2	Description de l'équipement du LAAS.....	4
2.1	Beam Moniteur	8
2.2	Ilots d'entrées sorties.....	8
2.2.1	Ilot Ground Terminal	8
2.2.2	Ilot Magnet Terminal.....	9
2.2.3	Ilot Source Terminal	9
2.2.4	Rack Control Power	10
2.2.5	Rack pompes	12
2.2.6	Ilot End-Station.....	13
3	Le système de vide de l'implanteur IMC 200	13
3.1	Mise sous vide secondaire.....	14
3.1.1	En mode manuel.....	14
3.1.2	En mode automatique.....	15
3.2	Remise à la pression atmosphérique	15
3.2.1	En mode manuel.....	15
3.3	Cas particulier.....	15
4	Réalisation d'un faisceau d'ions pour implantation	16
4.1	Mise en place de la source	16
4.2	Mise en service de la haute tension.....	17
4.3	Création du faisceau d'ions	18
5	Implantation des plaquettes	19
5.1.1	En mode automatique.....	20
5.1.1.1	Reset de la Endstation	20
5.1.1.2	Lancer l'implantation.....	20
5.1.2	En mode manuel.....	21
5.1.2.1	Chargement des plaquettes	21
5.1.2.2	Lancer l'implantation.....	21
5.1.2.3	Déchargement des plaquettes	22
5.2	Arrêt de l'implanteur	23
6	Caractéristiques de l'équipement	23

7	Normes de conception et de fabrication.....	23
8	Sécurité.....	23

1 Principe de l'implantation ionique

L'implantation ionique consiste à modifier les propriétés d'un matériau par l'insertion d'ions dans le volume. En micro-électronique, elle permet de doper les matériaux semi-conducteur. Elle est également utilisée pour d'autres applications comme le traitement de surfaces.

Le principe est le suivant: A partir d'une source gazeuse, solide ou liquide, contenant l'atome à planter, un plasma est créé. Un champ électrique appliqué à la sortie de cette source permet l'extraction des ions. Ce faisceau ionique traverse ensuite un champ magnétique ou l'on sélectionne l'ion à planter en fonction de sa masse atomique. Le faisceau est ensuite accéléré jusqu'à des énergies comprises entre 5 et 200 kV (dans le cas de l'implanteur IMC 200) puis focalisé et enfin balayé sur toute la surface de l'échantillon. La dose d'implantation est contrôlée en temps réel par la mesure du courant d'implantation.

2 Description de l'équipement du LAAS

L'implanteur ionique IMC 200 présent au laboratoire est un implanteur moyen courant par faisceau d'ions de marque AXCELIS (EATON) type NOVA 4206 (Figure 1). La gamme d'énergie d'implantation se situe entre 5 et 200 keV. Les ions jusqu'à la masse atomique 125 peuvent être traités pour des doses variant de 1.10^{11} at.cm⁻² à 1.10^{16} at.cm⁻². Dans la centrale de technologie du LAAS, nous possédons des sources de type solide pour l'implantation de Phosphore, Arsenic et Magnesium et des sources gazeuses pour l'implantation de Bore, Silicium et Argon.

Cet équipement est divisé en trois parties (Figure 2): La partie "Terminal Haute Tension" ou "Source" (Figure 3), qui comprend entre autres, les alimentations, la boîte des gaz et la source d'ions, la partie "Beamline" qui comprend les alimentations Focus et Scanner permettant de focaliser puis de balayer le faisceau sur l'échantillon, et la partie "End-Station" (Figure 4) comprenant les sas d'introduction et de déchargement des plaquettes, et la chambre d'implantation.



Figure 1: Implanter ionique du LAAS – Pupitre de commande et End-station

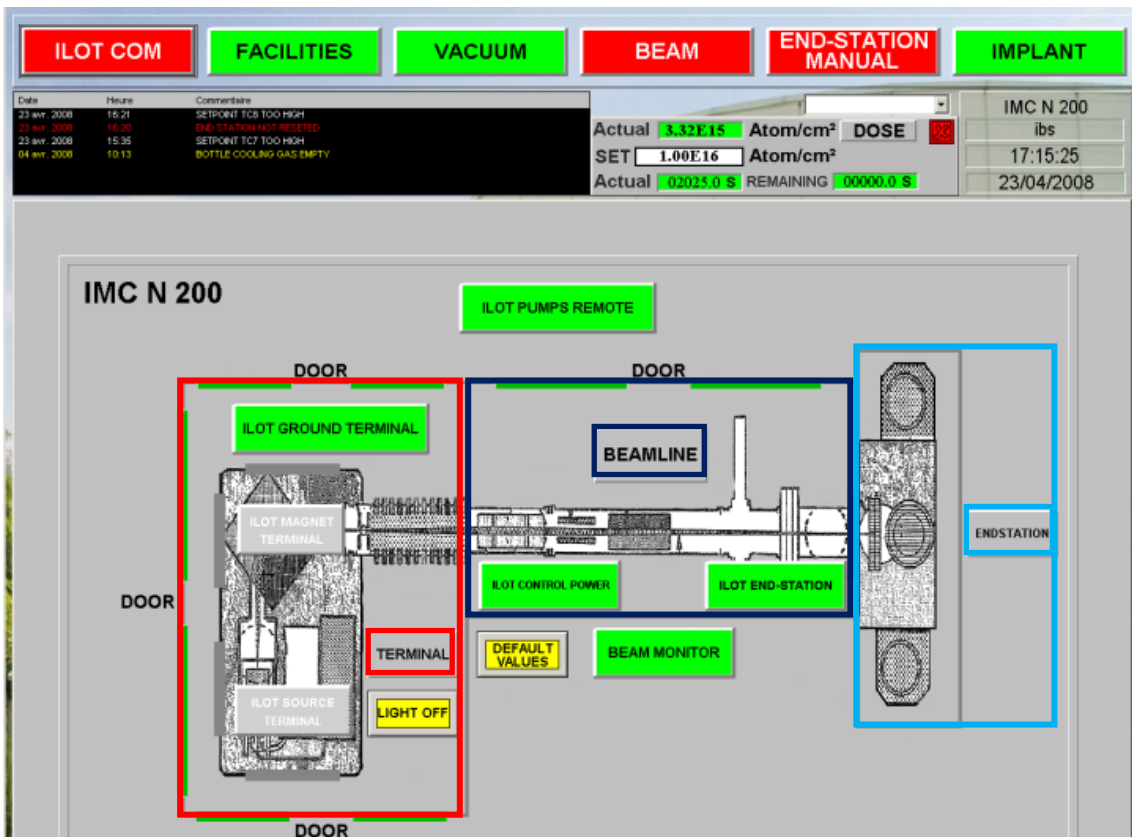


Figure 2: Vue de dessus synthétique de l'implanteur IMC 200 du LAAS



Figure 3: Vue de la partie Terminal de l'implanteur



Figure 4: Vue de la partie Endstation de l'implanteur

En 2006, une remise à niveau électronique a été effectuée par la société IBS. Les cartes électroniques pilotant les différents organes de l'équipement ont été remplacé par 6 modules d'entrées/sorties (ou îlots) gérés par un contrôleur maître via un réseau de communication Ethernet (Figure 5).

Le contrôleur, ainsi que le réseau Ethernet sont situés dans la partie Beamline côté pupitre de commande (en bleu sur la Figure 1).

Les schémas de câblage détaillés des différents îlots et racks sont disponibles en version papier ou pdf.

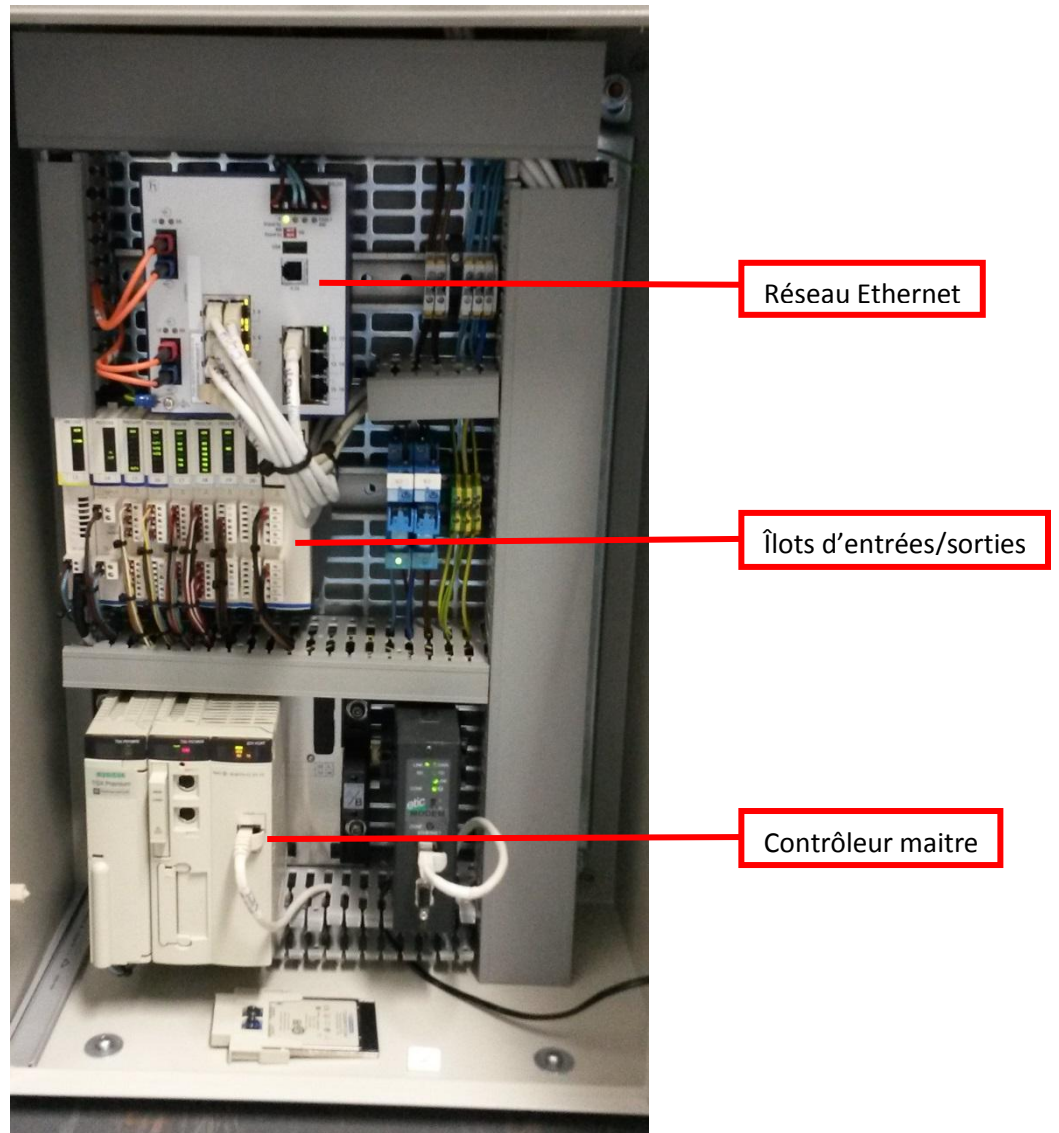


Figure 5: Vue du contrôleur maître avec îlots d'entrées/sorties et réseau Ethernet

De plus, le contrôle de la dose ainsi que le réglage de la focalisation et du balayage du faisceau sont assuré par le « Beam Moniteur ».

2.1 Beam Moniteur

Ce module, divisé en deux parties (entourés en rouge sur la Figure 1) assure le réglage de la focalisation et du balayage du faisceau ainsi que le contrôle de la dose. La focalisation et le balayage sont réglés en jouant sur les potentiomètres de la partie située au-dessus de l'écran de contrôle du PC (Figure 6).



Figure 6: Panneau de contrôle du Beam Moniteur

2.2 Ilots d'entrées sorties

Ces îlots sont principalement situés dans la partie Terminal de l'implanteur excepté l'îlot Endstation.

2.2.1 Ilot Ground Terminal

Cet îlot contrôle l'alimentation d'accélération de 180keV et de décélération (20 keV). Il pilote la jauge TC1 (Figure 12), la sonde de mesure de la résistivité de l'eau DI et le Beam Shutter. Il gère les lignes de gaz auxiliaire et cooling.

Enfin, les interlocks de sécurité sont reliés à cet îlot.

2.2.2 Ilot Magnet Terminal

Cet îlot permet le contrôle et la mesure courant/tension des alimentations de l'électroaimant de séparation (alim Magnet), d'extraction (20 keV) et d'accel/decel (5keV) (Figure 7).

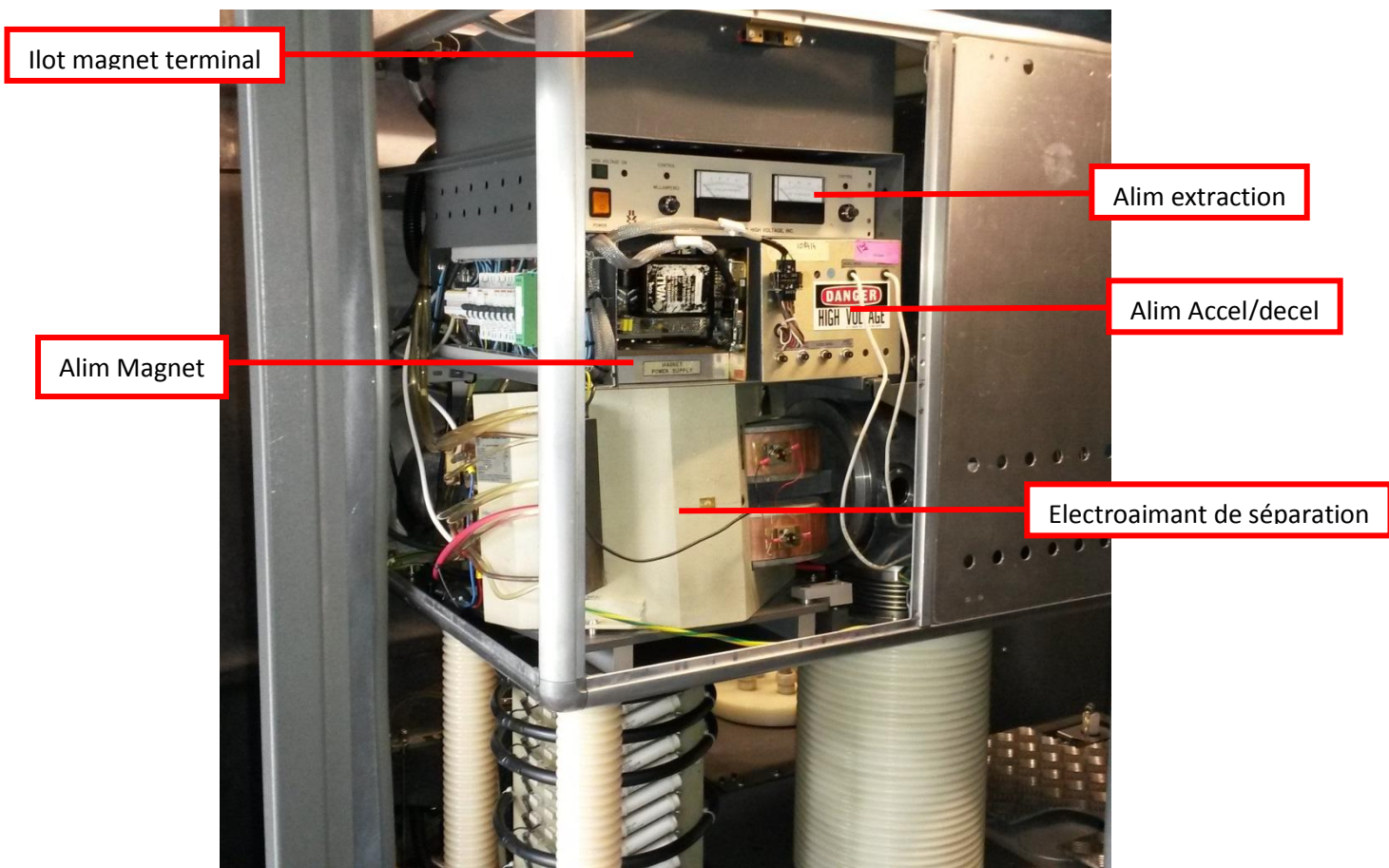


Figure 7: Magnet Terminal

2.2.3 Ilot Source Terminal

L'îlot source terminal pilote les alimentations de la source solide à savoir filament, arc et vaporiseur (Figure 8). Il retourne la mesure de la haute tension.

Il contrôle également les éléments de la gazbox à savoir les vannes, les pressions dans

les lignes et les débitmètres massiques.

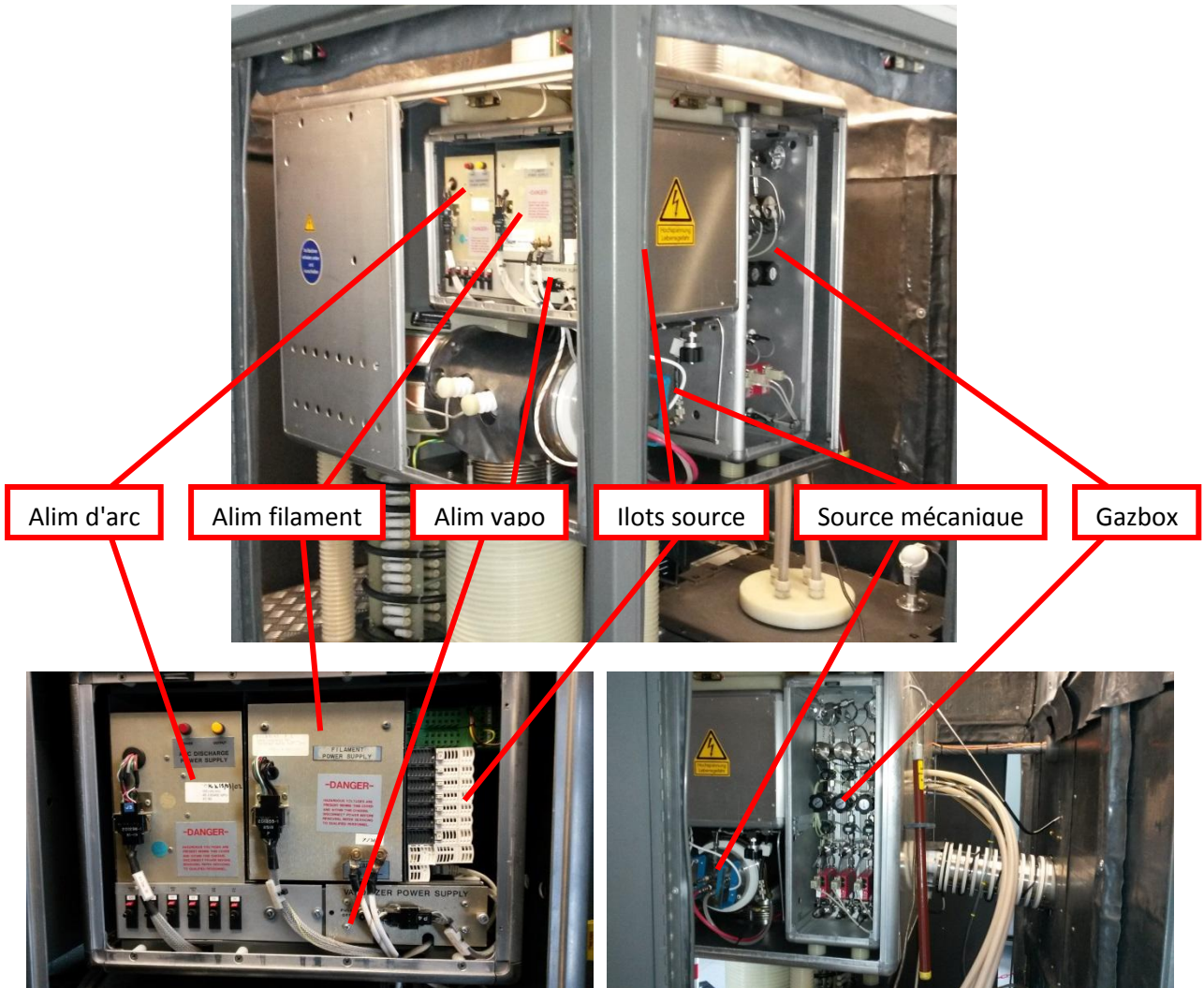


Figure 8: Source Terminal

2.2.4 Rack Control Power

Ce rack, situé entre la partie Terminal et Beamline de l'implanteur, comprend le disjoncteur principal de l'équipement (D1), les disjoncteurs divisionnaires (D2 à D16) et magnétothermiques (QF1 à QF7) des éléments suivants:

- Pompe à diffusion (QF2),
- Transformateur d'isolation (QF3)
- Pompe de refroidissement de la source (QF1)
- Alimentation haute tension (180 et 20 keV) tube accélérateur (QF4)
- Alimentation lentilles quadripolaires (Focus Deflector) (QF5)
- Alimentation plaques de balayage (Scanner) (QF6)
- Ilot Ground Terminal (D5)

- Bouton Power ON (D4)
- Ilot Endstation (D6)
- PC de commande (D7)
- Rack pompes (D8)
- Chiller (QF7)
- Beam Moniteur (D13)
- Réseau Ethernet (D15)
- Prises 208V (D11)
- Ilot Control Power (D4)

L'ilot Control Power contrôle les jauges TC2, TC3 et TC5 (Figure 12), les températures des pompes cryogéniques, les vannes de la partie Beamline et les facilités air, azote et circuit de refroidissement (hors source).

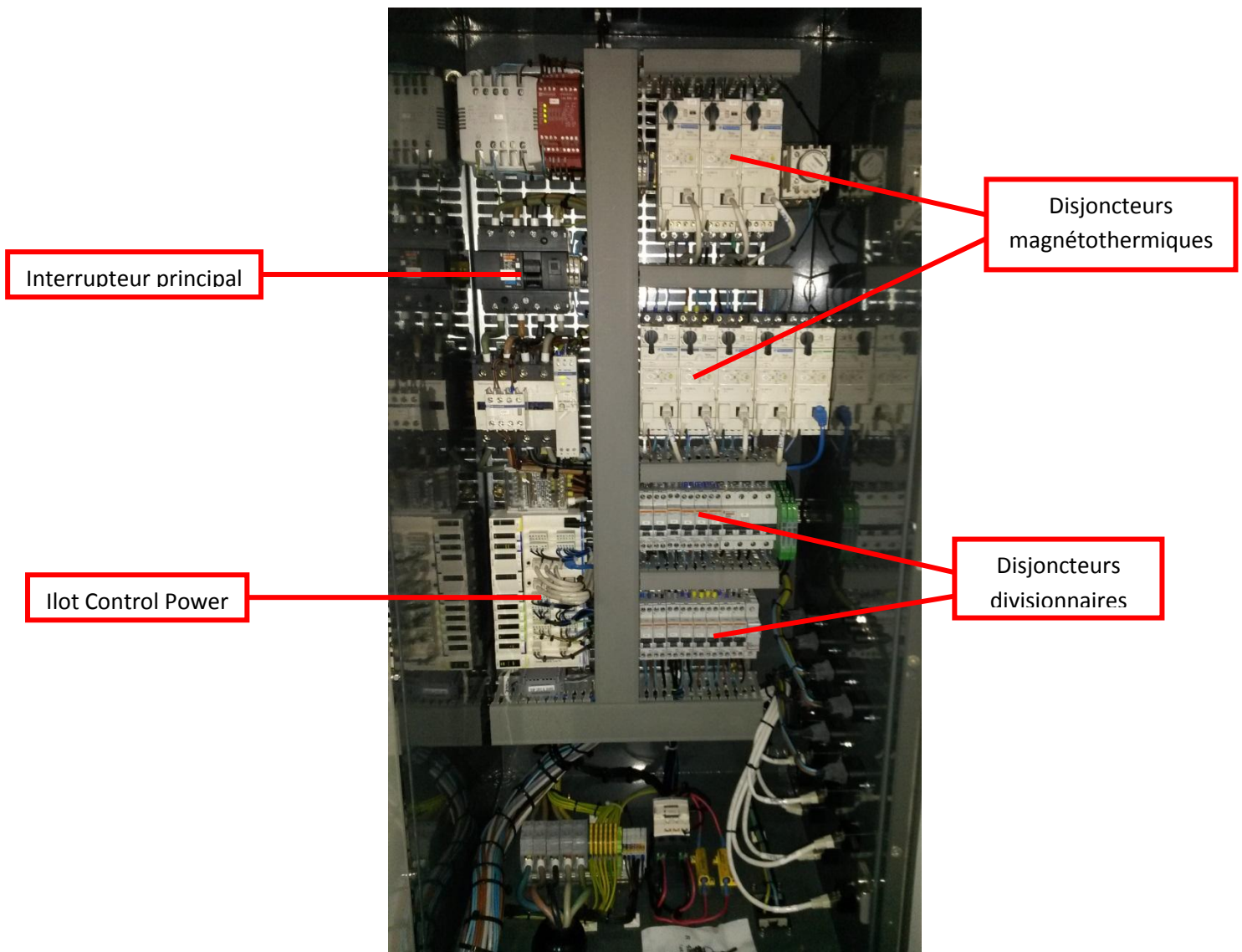


Figure 9: Rack Control Power

2.2.5 Rack pompes

Ce module, situé au sous-sol du bâtiment, comprend les disjoncteurs des pompes primaires MP1 (QF1) et MP2 (QF2), le compresseur des pompes cryogéniques (QF3) et du groupe Roots (QF4) ainsi que l'ilot Pump Remote. Celui-ci contrôle les jauges TCMP1 et TCMP2, le compresseur et le Roots (Figure 10).



Figure 10: Rack pompes. (a) Panneau fermé – (b) panneau ouvert

2.2.6 Ilot End-Station

Cet îlot pilote toute la partie Endstation de l'implanteur à savoir le chargement et le déchargement des plaquettes, le refroidissement des plaquettes et le contrôle de la partie vide (vannes de la pompe cryogénique EndStation et des sas de chargement et déchargement).



Figure 11: Ilot EndStation

L'implanteur est toujours sous tension afin de maintenir l'électronique de commande et le vide opérationnels.

La haute tension est alimentée par deux alimentations distinctes, une alimentation dite d'extraction de 20 kV et une alimentation dite d'accélération variant de 0 à 180 kV.

Les commandes s'effectuent par l'intermédiaire d'un clavier et d'un écran tactile. Afin de pouvoir accéder aux commandes de l'implanteur il faut rentrer un login et un mot de passe.

3 Le système de vide de l'implanteur IMC 200

Toutes les parties de l'implanteur sont sous vide secondaire excepté les sas de chargement et déchargement (Figure 12).

Le vide secondaire dans la ligne de faisceau est obtenu à l'aide d'une pompe à diffusion d'huile pour la partie "Terminal" et de deux pompes cryogéniques pour les parties Beamline et Endstation.

La pompe à diffusion est soutenue par une pompe primaire à palettes (MP1) via la vanne FV1. Le vide primaire dans la Beamline est assuré par MP1 à travers RVBL. Il est impossible d'ouvrir simultanément FV1 et RVBL.

Le vide primaire dans la partie Endstation se fait par un groupe Roots soutenu par une pompe primaire à palette MP2 à travers la vanne RVES.

Le vide dans les sas d'introduction et de déchargement des plaquettes est réalisé par MP2 et Roots.

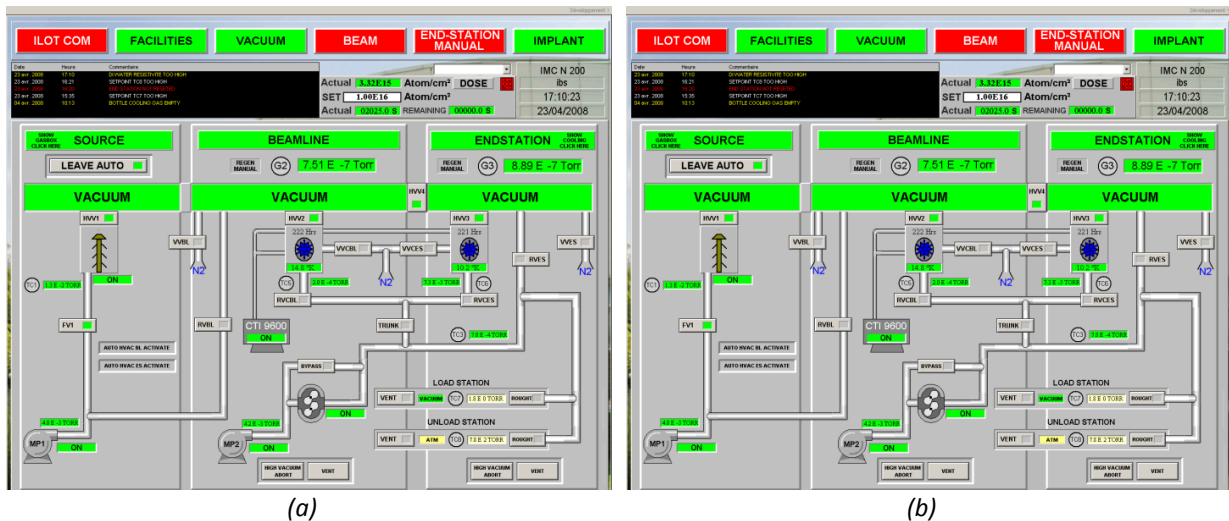


Figure 12: Synoptique du système de vide de l'implanteur IMC200 (Mode manuel (a) et automatique (b))

3.1 Mise sous vide secondaire

L'équipement est à la pression atmosphérique, en mode manuel, toutes les vannes sont fermées (excepté FV1) et toutes les pompes (diffusion, cryogéniques et primaires à palette) sont en fonctionnement.

3.1.1 En mode manuel

- Partie Source et Beamline
 - Fermer FV1
 - Ouvrir RVBL
 - Attendre que la valeur du vide sur G2 atteigne 5.10^{-2} Torr

- Fermer RVBL
- Ouvrir HVV2
- Ouvrir FV1
- Ouvrir HVV1

- Partie Endstation
 - Ouvrir RVES
 - Attendre que la valeur du vide sur G3 atteigne 5.10^{-2} Torr
 - Fermer RVES
 - Ouvrir HVV3

Quand les parties "Source-Beamline" et "Endstation" ont atteint une valeur du vide d'environ 1.10^{-5} Torr, ouvrir HVV4 afin de mettre tout l'équipement sous vide.

3.1.2 En mode automatique

Dans l'onglet "VACUUM" de l'écran, appuyer sur "LEAVE MANUAL", puis sur les deux boutons "High vacuum" des parties "Beamline" et "Endstation".

3.2 Remise à la pression atmosphérique

3.2.1 En mode manuel

- Partie Source
 - Fermer HVV4
 - Fermer HVV1
 - Fermer HVV2
 - Ouvrir RVBL
 - Attendre que la jauge G2 atteigne quelques 10^3 Torr (ATM s'affiche sur l'écran).

- Partie Endstation
 - Fermer HVV3
 - Ouvrir VVES
 - Attendre que la jauge G2 atteigne quelques 10^3 Torr (ATM s'affiche sur l'écran).

3.3 Cas particulier

Lors d'un changement de source ou de système de transfert des plaquettes, il est possible d'isoler les parties "Beamline" et "Endstation" en fermant HVV4. Ainsi, l'un des deux parties sera à la pression atmosphérique tout en laissant l'autre partie sous vide secondaire.

4 Réalisation d'un faisceau d'ions pour implantation

Avant de pouvoir réaliser une implantation, il faut vérifier que les valeurs du vide soient les plus faibles possibles. Dans le cas de notre équipement, les valeurs optimales sont de 1.10^{-7} Torr pour la partie Source et 3.10^{-8} Torr pour la partie Endstation.

De plus, il faut s'assurer que le système de transfert des plaquettes de la partie Endstation est conforme à la taille des plaquettes à implanter.

4.1 Mise en place de la source

- Isoler la partie Beamline et Terminal de la partie EndStation (vanne d'isolation HVV4).
- Mettre les parties Terminal et Beamline à la pression atmosphérique (cf. 3.2).
- Arrêter la pompe d'eau DI (Onglet "FACILITIES" de l'écran (Figure 13)
- Monter la source mécanique contenant l'ion à implanter (gazeuse ou solide).
- Remettre sous vide secondaire (cf. 3).
- Remettre en marche la pompe d'eau DI.
- Ouvrir les bouteilles d'Argon (implantation à partir de sources solides) et Argon et Bore (implantation Bore) ou Silicium (implantation de Silicium).

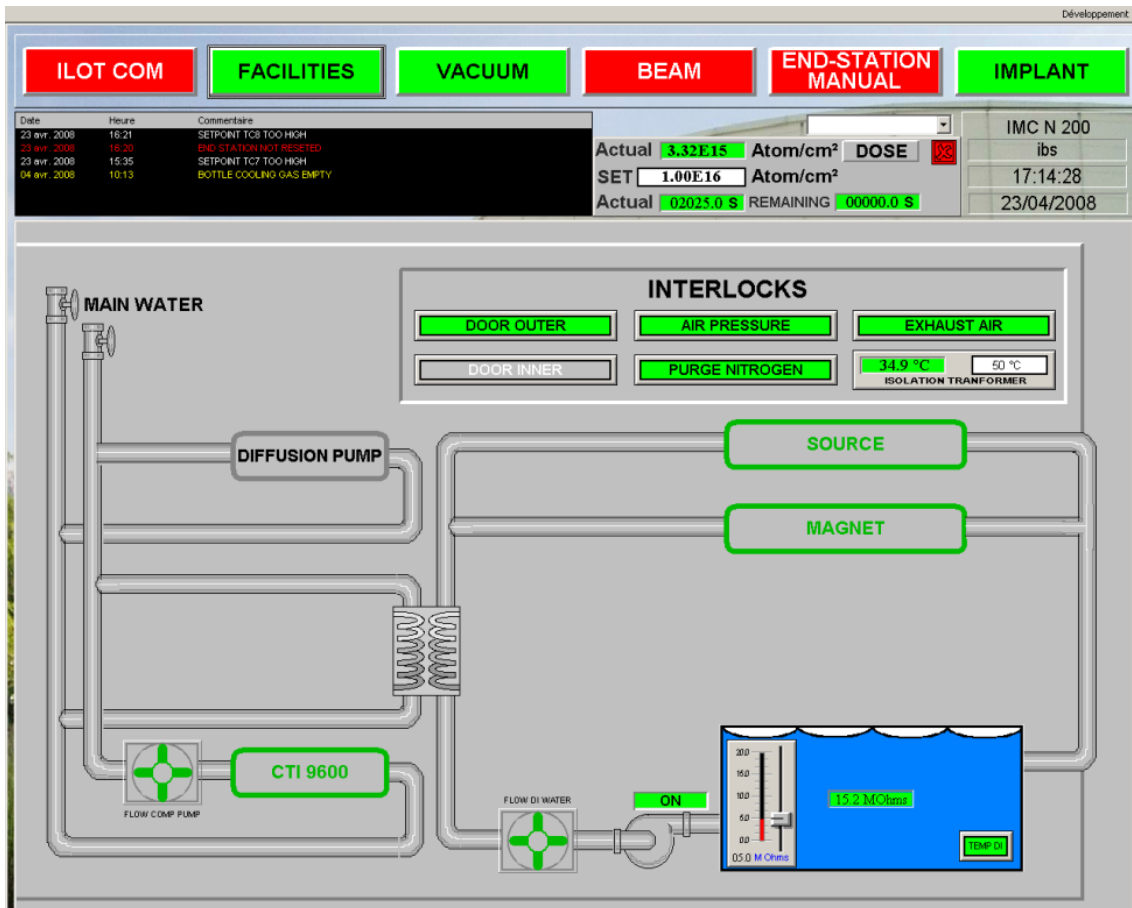


Figure 13: Synoptique de la partie "Facilities" de l'implanteur IMC 200

4.2 Mise en service de la haute tension

- Aller sur l'onglet "BEAM" de l'écran (Figure 14).
- Mettre le Terminal ON (Bouton "TURN TERMINAL POWER ON").
- Dès que la partie "Terminal" est sous tension, deux voyants orange, positionnés aux angles de la machine, clignotent.
- Mettre les autres alimentations sous tensions (Boutons "TURN FOCUS POWER ON", "TURN SCANNER POWER ON", "TURN HV POWER ON")

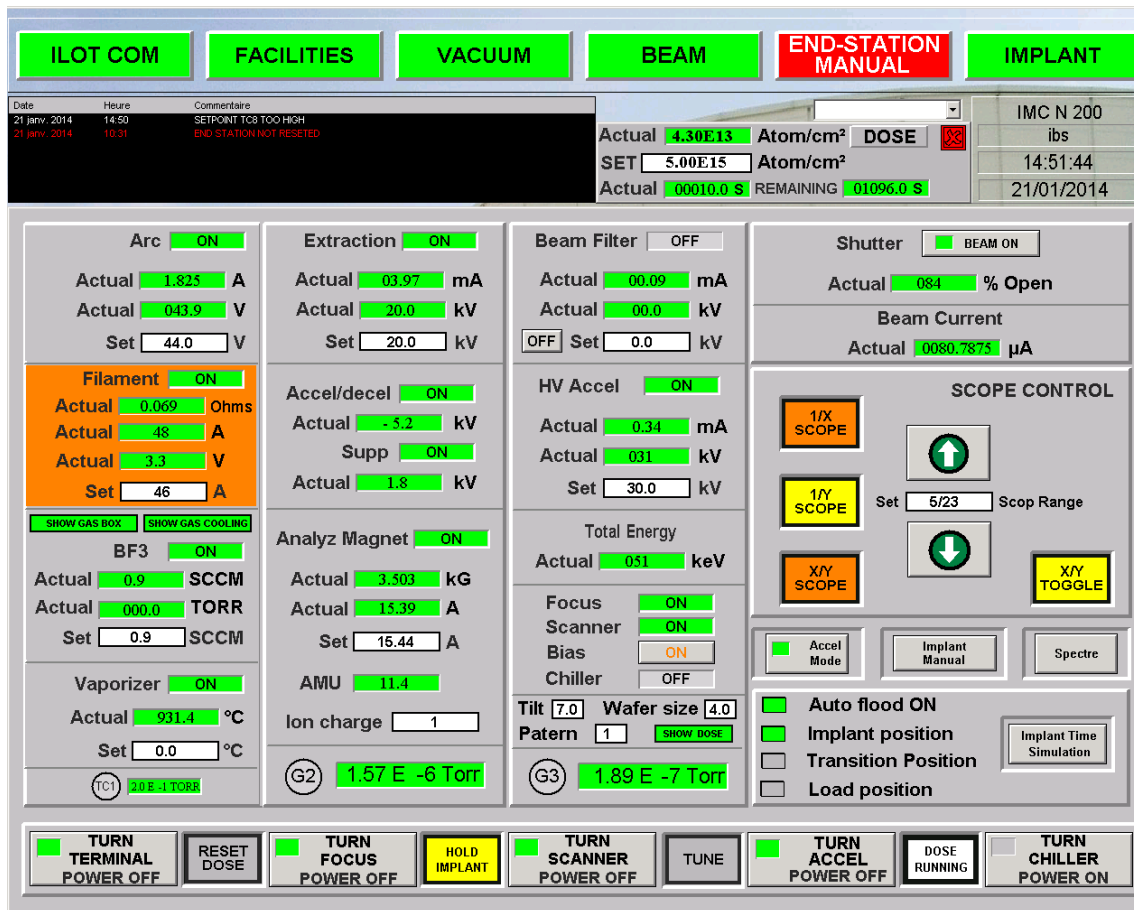


Figure 14: Ecran de mise sous haute tension et de paramétrage de faisceau

4.3 Création du faisceau d'ions

- Aller sur l'onglet "BEAM" de l'écran
- Choisir le gaz: "SHOW GAS BOX" (Figure 15)
 - Implantation Bore: Appui sur V3
 - Implantation Silicium: Appui sur V6
 - Implantation Arsenic, Phosphore et Magnesium: Appui sur V10 (Argon)
- Rentrer les valeurs des différents paramètres pour créer le faisceau d'ions (tension d'arc, courant d'arc, masse atomique de l'ion à implanter, tension d'accélération, température du vaporiseur (lors d'une implantation à partir d'une source solide) et taille du wafer ("Wafer size")) (Figure 14).

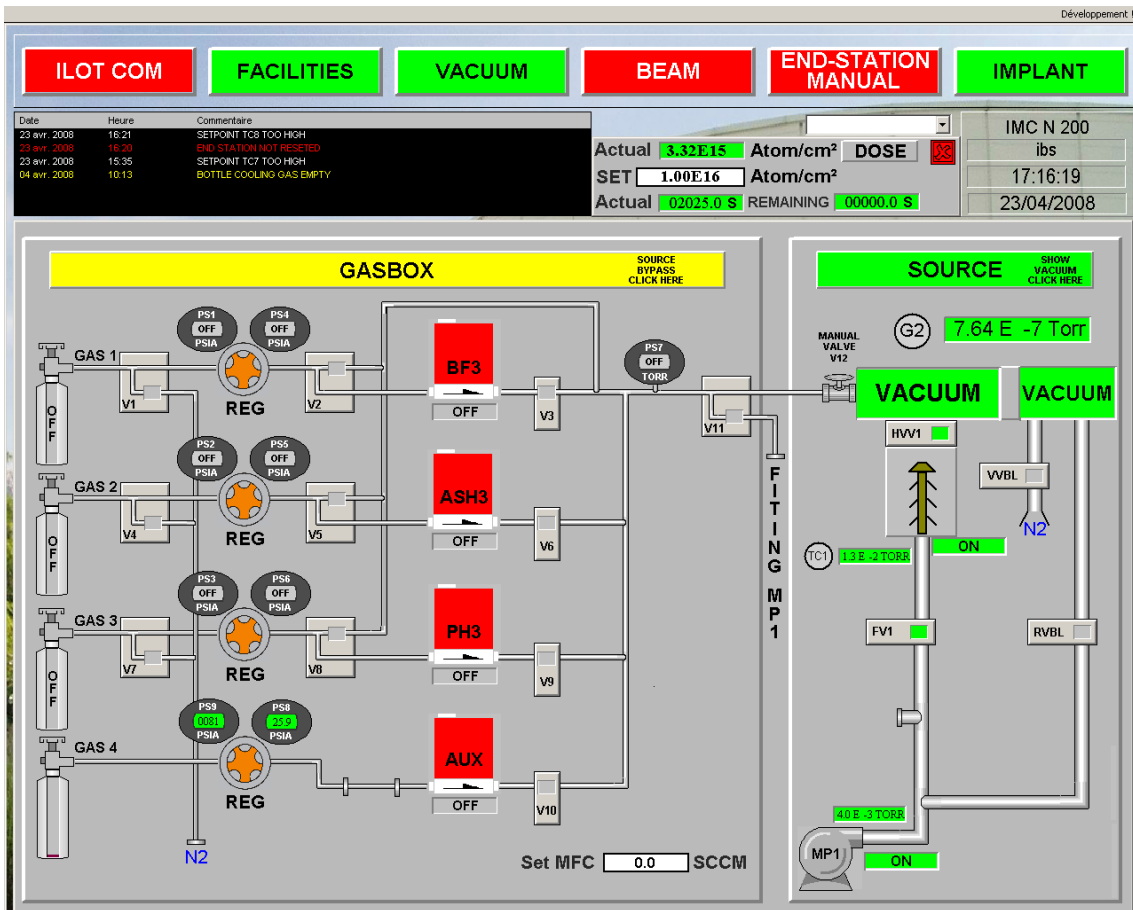


Figure 15: Synoptique de la gazbox

Une fois le faisceau d'ions crée (visualisation sur l'oscilloscope), nous pouvons réaliser les implantations sur les plaquettes ou échantillons situés dans la partie "End-Station".

5 Implantation des plaquettes

Une fois que le faisceau est créé et stable, nous pouvons réaliser l'implantation sur les plaquettes de silicium. Celle-ci se fait plaque par plaque et de façon manuelle ou automatique. Le contrôle du passage des plaquettes se fait à partir de l'onglet "ENDSTATION" (Figure 16).

Le passage du mode automatique au mode manuel et vice-versa se fait en appuyant sur la touche "LEAVE MANUAL" (mode manuel à automatique) ou "LEAVE AUTO" (mode automatique à manuel) de l'écran tactile. En mode automatique le bouton "LEAVE AUTO" s'affiche, en mode manuel "LEAVE MANUAL" est affiché.

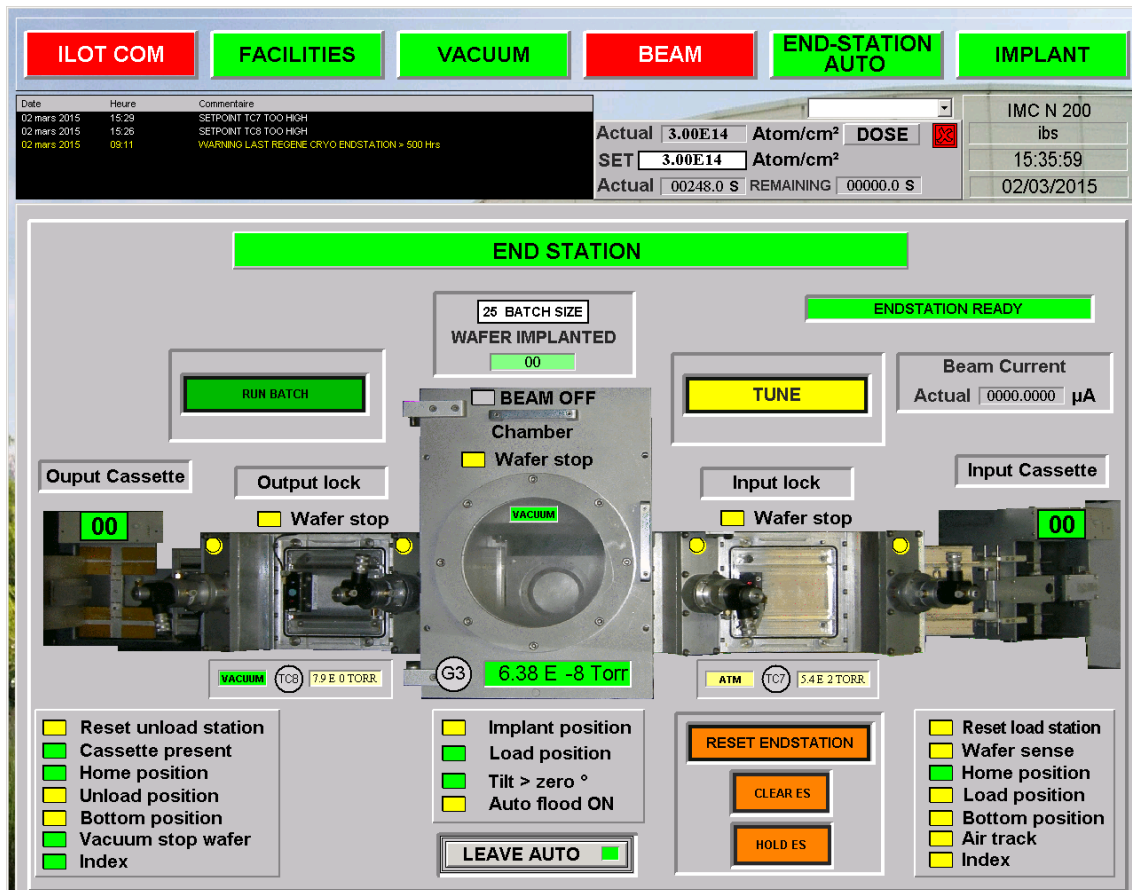


Figure 16: Ecran de contrôle du passage des plaquettes avant implantation (mode automatique)

5.1.1 En mode automatique

5.1.1.1 Reset de la Endstation

- Appui long sur "RESET ENDSTATION"
- L'icône "RESET IN PROGRESS" puis "REMOVE CASSETTE" apparaît
- Sortir le panier de déchargement jusqu'à ce que "NEW CASSETTE IN UNLOAD STATION" apparait à l'écran
- Remettre le panier puis appuyer sur "NEW CASSETTE – CLICK HERE": Le reset se fait: "RESET IN PROGRESS" apparaît de nouveau.
- Attendre "ENDSTATION READY"

5.1.1.2 Lancer l'implantation

- Disposer les plaquettes dans le panier de chargement
- Rentrer le nombre de plaquettes à implanter ("BATCH SIZE")
- Appuyer sur "RUN BATCH": L'implantation se fait.

5.1.2 En mode manuel

Dans ce mode, la partie Endstation n'est pas "resetée". Pour cela il faut appuyer sur "RESET ENDSTATION" (le commentaire "ENDSTATION NOT RESETED" apparaît) (Figure 17).

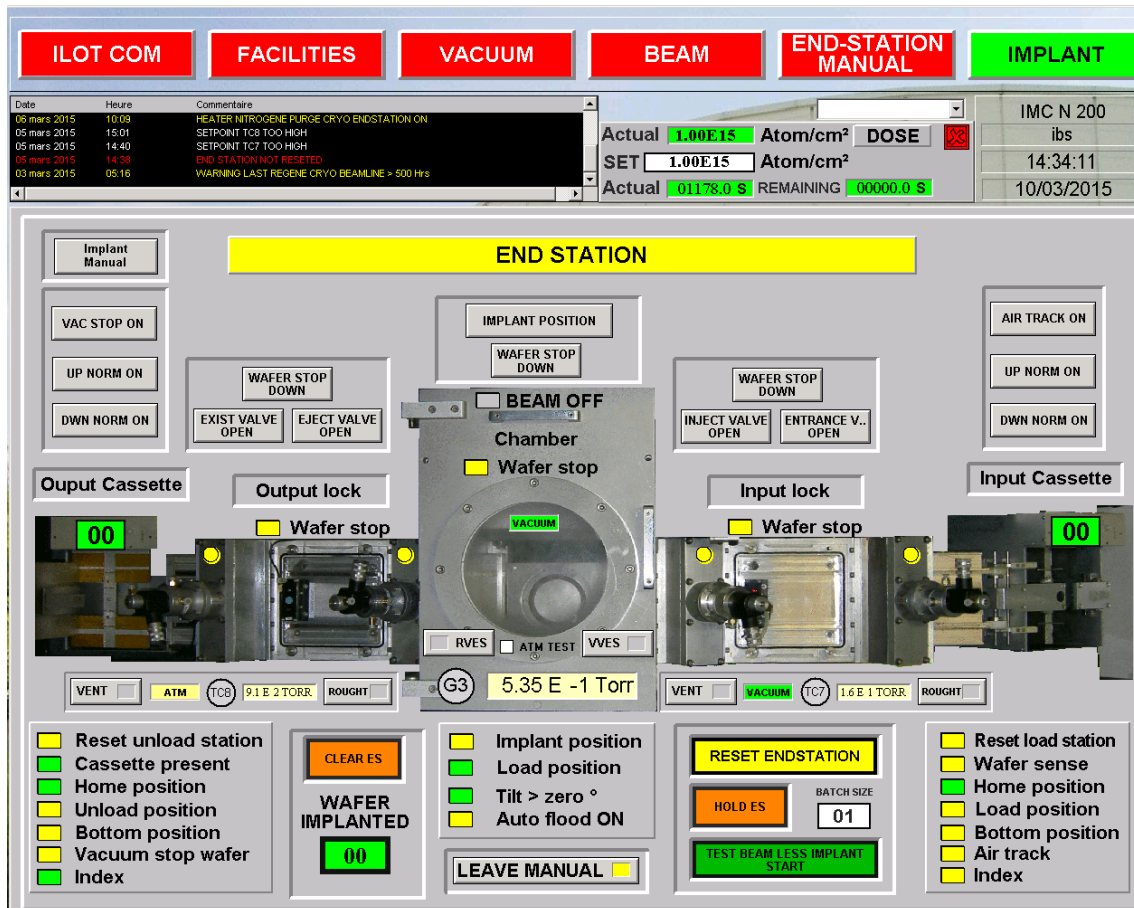


Figure 17: Ecran de contrôle de passage de plaquettes en mode manuel

5.1.2.1 Chargement des plaquettes

- Mettre le sas de chargement à pression atmosphérique: Appui sur "VENT"
- Ouvrir la vanne d'entrée du sas: Appui sur "ENTRANCE VALVE OPEN"
- Positionner la plaquette dans le sas
- Refermer la vanne "ENTRANCE VALVE CLOSE"
- Faire le vide dans le sas: Appui sur "ROUGH"
- Dès que le vide atteint $8 \cdot 10^{-2}$ Torr ouvrir la vanne "INJECT OPEN VALVE"
- Faire descendre la plaquette: "WAFER STOP DOWN"

5.1.2.2 Lancer l'implantation

- Aller dans l'onglet "BEAM" (Figure 18)

- Fermer le Beam Shutter
- Appuyer sur "IMPLANT MANUAL"
- Dans la fenêtre "IMPLANT MANUAL", appuyer sur "IMPLANT POSITION" puis "RESET DOSE"
- Lancer l'implantation: "START IMPLANT"

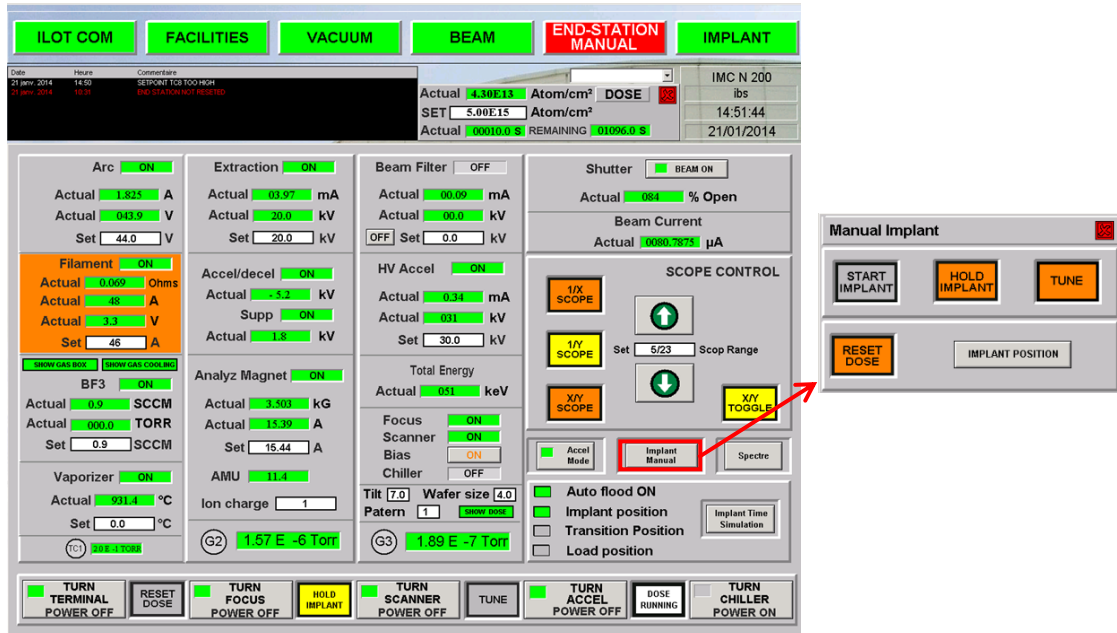


Figure 18: Ecran de contrôle pour l'implantation en mode manuel

Une fois l'implantation terminée, revenir dans la fenêtre "ENDSTATION" pour décharger la plaquette.

Afin de pouvoir récupérer les plaquettes, s'assurer que le panier de déchargement est en place et dans la bonne position. Pour cela, appuyer sur "DOWN NORM ON" et attendre la descente du panier à la position souhaitée (slot 1 à 25). Pour arrêter la descente "DOWN NORM OFF".

5.1.2.3 Déchargement des plaquettes

- Faire descendre le plateau: Appui sur "LOAD POSITION" (Figure 7)
- Faire le vide dans le sas de déchargement "ROUGH"
- Attendre 8.10^{-2} Torr
- Ouvrir la vanne de sortie de la chambre d'implantation : "EJECT VALVE OPEN"
- Sortir la plaquette: "WAFER STOP DOWN" de la chambre (1).
- Ventiler le sas de déchargement "VENT"
- Ouvrir la vanne de sortie "EXIST VALVE OPEN"
- Décharger la plaquette "WAFER STOP DOWN"
- Pour récupérer les plaques déchargées, remonter le panier "UP NORM ON"

5.2 Arrêt de l'implanteur

Dès que les implantations sont terminées, remettre les différents paramètres à 0 et éteindre toutes les alimentations. Fermer les bouteilles de gaz.

6 Caractéristiques de l'équipement

- 24 kVA, 208 VAC
- Faisceau maximum de 1,7 mA à 200 keV
- Débit de dose à 10 cm de toute surface accessible de l'appareil : 0.12 μ Sv/h (Mesures APAVE du 20 Avril 2011)
- Masse atomique maximale: 125

7 Normes de conception et de fabrication

La société IBS, ayant modifié tout le dispositif électrique de l'appareil, s'est appuyé à respecter le code du travail ainsi que la norme 98/37/CE. Pour se faire, IBS s'appuie sur un protocole mis en place en Juillet 2000. Ce dernier a été contrôlé par l'APAVE le 18 Juillet 2000.

8 Sécurité

L'appareil dispose de toutes les sécurités électriques en vigueur dans les normes susmentionnées. Par ailleurs un dispositif de sécurité, installé sur chaque porte du Terminal Haute Tension, coupe la Haute Tension dès l'ouverture d'une porte. Tous les « interlocks » sont reportés sur une page dédiée du logiciel développé par IBS. Ce menu indique toute anomalie sur la boucle série des interlocks de sécurité. Par ailleurs tous les mouvements de vérins et autres vannes sont protégés.