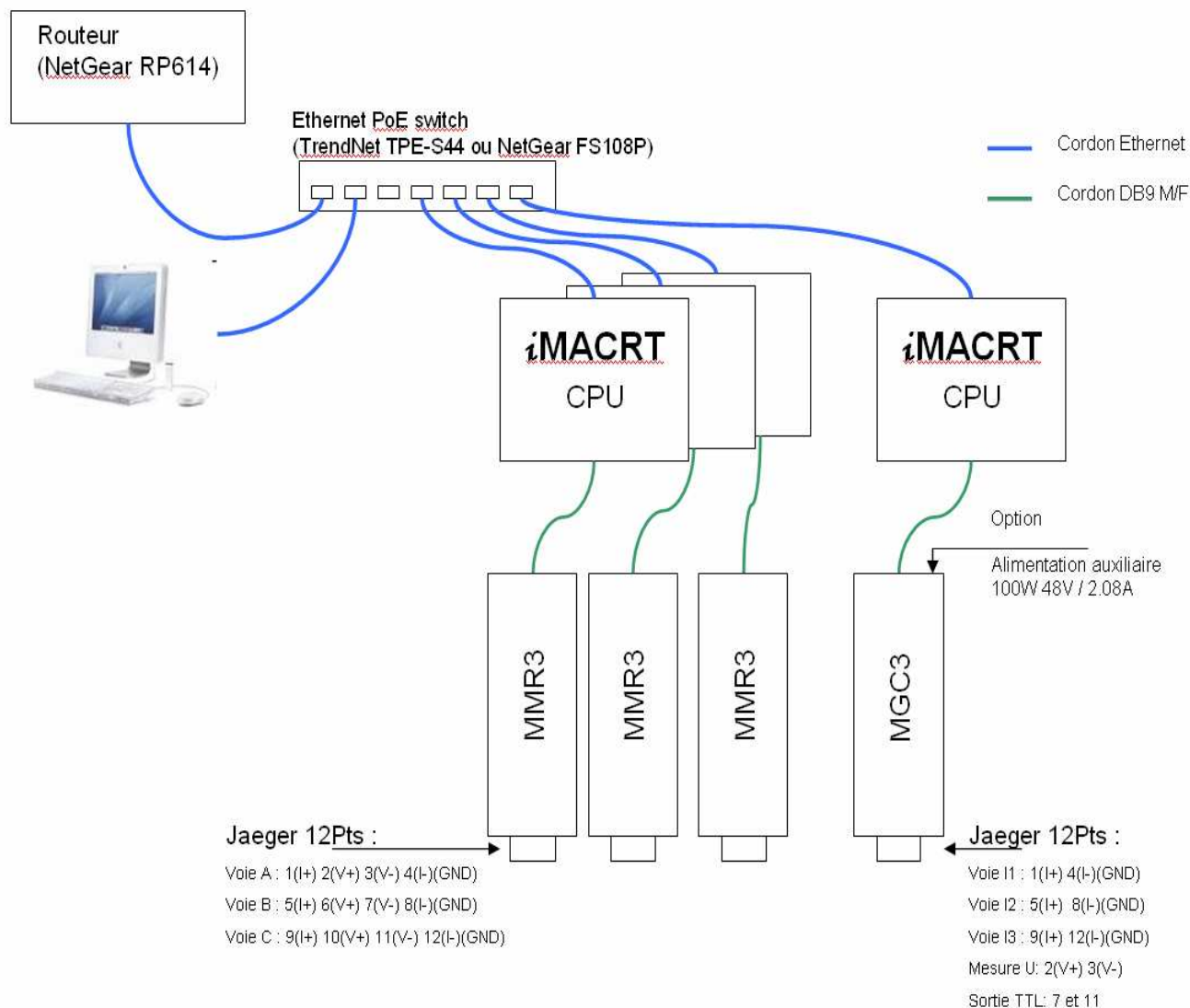


iMACRT

(Module Autonome pour le Contrôle et la Régulation de Température)

Gamme de température 10mK à 400K



Documentation utilisateur

Version 1.2

CNRS / Institut Néel / MCBT

<http://www.neel.cnrs.fr>

Mai 2010

<http://mcbt-elec.grenoble.cnrs.fr/imacrt>

SOMMAIRE

1 – Caractéristiques :	3
MACRT :	3
MMR3.....	3
MGC3	3
2 - Installation du réseau :	5
Configuration du routeur NetGear RP614	5
Principe :	5
Configuration :	5
Connexion du switch PoE (TrendNet TPE-S44 ou NetGear FS108P)	7
Connexion des Modules MACRT :	7
Connexion des Modules MMR3 / MGC3 :	7
Visualisation de la configuration dans l'interface du routeur :	7
3 – Zone logiciel embarqué :	8
Logiciel des boîtiers MACRT :	8
Principe :	8
Configuration du boîtier MACRT : CHIP.INI.....	9
Configuration des modules :	10
Module MMR3 / mmr3.lua :	11
Principe :	11
Configuration :	11
A propos de l'équilibrage du MMR3:.....	16
Module MGC3 / mgc3.lua :	17
Principe :	17
Fonctionnement :	17
Configuration :	18
Le module MGC3 vu au travers du navigateur :	20
Sortie TTL 01 et 02 :	21
4 – Zone logiciel client : contrôle / commande.....	22
Kelvin :	22
MAP Client :	22
Recherche des boîtiers connectés sur le réseau :	23
Mode non connecté : UDP	23
Commandes :	23
Commandes spécifiques MMR3 :	24
Commandes spécifiques MGC3 :	24
Données :	24
Données MMR3 :	25
Données MGC3 :	25
Mode connecté : TCP / Protocole MAP	26
Annexes	29
Python et Qt :	29
MAP Client :	29
Structure du PID :	30
Connexions du externe MMR3 :	31
Equilibrage commande ON / OFF :	32
Fréquence / Période de modulation :	32
Connexions du externe MGC3 :	33

1 – Caractéristiques :

MACRT :

Fonctions du module :

Alimenter directement par le switch via le cordon Ethernet (802.3af)

Communication standard (TCP/IP) entre l'Ethernet et les modules MMR3 / MGC3

Alimentation 5V pour les modules

Alimentation +/-15V pour les modules.

Câble DB9 M/F Résistance DC maximum 0.5 Ohms (Typ : 26AWG / 5m, FARNELL : 1754878)

MMR3

(Module de Mesure de Résistances 3 voies)

Type de mesure :	AC Signal carré, différentiel
Connexion :	4 fils (I+,V+,V-,I-) ou 3 fils (I+,V+,V-) I- sur GND
Nombre de voie	3 simultanées
Unité de mesure	Ohms / Température (via processus de conversion)
Gamme de mesure	1 μ à 2M (dépend de l'excitation)
Vitesse	2ms à 10s (dépend de la fréquence de modulation)*
Conversion A/N	24 Bit (ADS1251 / 1Ks/s)
Bruit en tension en entrée	< 1nV/ $\sqrt{\text{Hz}}$
Gamme de tension	4mV 2mV 1mV 500uV
Fréquence de modulation	8.33Hz (120ms) à 500Hz (2ms)
Courant d'excitation	10pA à 10mA (15 Bits) (3 gammes : 100nA / 30uA / 10mA)
Conversion N/A	16 Bit (LTC1650)
Précision	3% sans calibrage, 0.05% après calibrage
Dérive	max 130ppm/°C, typ : 25ppm/°C sur gamme 4mV

Erreur de Zéro sur I max +/-0.05% de la gamme, typ 0.015% de la gamme

Sélection des gammes	Manuel, automatique : priorité courant / tension
Conversion (Ohms vers T)	fonction utilisateur en langage LUA
Type de résistance	Germanium, Carbon , Cernox, Ruthenium Oxide....

* Pour la conversion R vers T la période de modulation est limité à 40ms (20ms/pt)
Sans conversion R vers T la période de modulation peut être réduite à 4ms (2ms/pt)

MGC3

(Module Générateur de Courant 3 voies)

Contrôleur de température	PID
Paramètres PID	Automatique ou manuel
Consigne	Température ou Résistance
Chien de garde	Arrêt automatique sur défaut de communication
Mesure de température	adresse IP du MMR3 (voieX@IP_ADRESS)
Echantillonnage	45ms

Type de source	courant
Type de chauffage	résistif
Gammes Voie 1	2A / 50mA / 5mA / 0.5mA
Gamme Voie 2 & 3	20mA
Resolution	16Bits
Gamme de puissance	8W (PoE) / 50W* (via alimentation auxiliaire)
Compliance	25v (PoE) / 44V (via alimentation auxiliaire)
Protection	court-circuit, circuit ouvert, mise sous tension à zéro.
Sortie auxiliaires	2 (0 – 5v)

* Les modèles PID 2 VID 1 SID 1 à 10 sont limités à 50W.

2 - Installation du réseau :

Les éléments de configuration ci-dessous présentent une solution simple d'interconnexion. Les utilisateurs familiarisés avec le protocole TCP/IP et l'administration réseau peuvent choisir une autre architecture et d'autres matériels.

Configuration du routeur NetGear RP614

Principe :

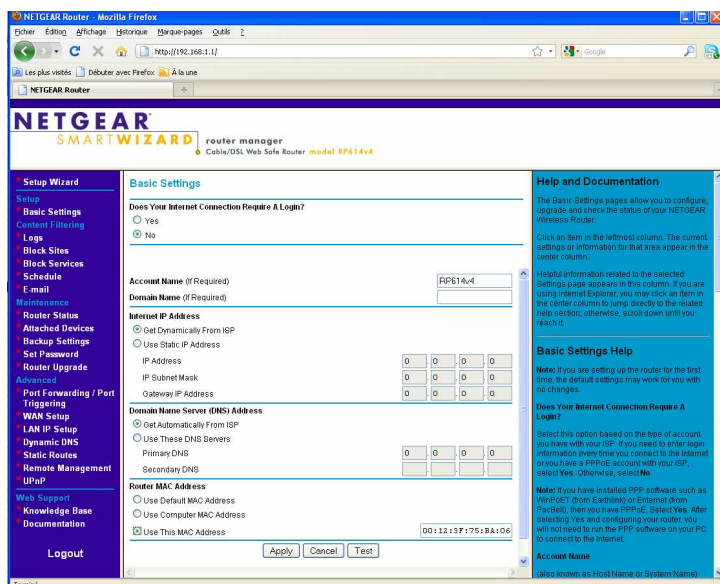
Le routeur est branché sur le réseau à la place de votre machine sur le port « connexion internet ». Le routeur prend la configuration de votre machine : adresse MAC et adresse IP (ou DHCP). Votre machine est reliée sur le routeur et l'accès internet est maintenu. Ainsi, cela ne change rien pour l'administrateur du réseau de votre bâtiment et ce système vous permet de créer un petit réseau indépendant qui ne perturbera pas le réseau d'origine sur lequel votre machine était reliée.



Votre machine (PC / Mac) servant au contrôle du système iMACRT est reliée sur le port 1 à 4 du routeur. Configurez la carte réseau de votre machine en mode DHCP, le routeur fixera ses paramètres automatiquement.

Configuration :

Lancer le navigateur sur l'adresse IP interne du routeur (marquée sous le boîtier) :



<http://192.168.1.1>

Utilisateur : **admin**

Mot de passe : **password**

Dans la zone **Basic Settings** configurer l'adresse MAC du routeur avec l'adresse MAC de votre ordinateur en sélectionnant **Use Computer MAC Address** puis en cliquant sur **Apply....** Au bout de quelques instants l'adresse MAC de votre ordinateur apparaît dans la zone **Use This MAC Address**

Router MAC Address

- ☐ Use Default MAC Address
- ☐ Use Computer MAC Address
- ☒ Use This MAC Address

00:12:3F:75:BA:06

Apply Cancel Test

Dans la zone **LAN IP Setup** sélectionner l'option **Use Router as DHCP Server** et fixer la plage d'adresse DHCP entre 192.168.1.100 et 192.168.1.254.

LAN IP Setup

LAN TCP/IP Setup

IP Address 192 168 1 1

IP Subnet Mask 255 255 254 0

RIP Direction None

RIP Version Disabled

☒ Use Router as DHCP Server

Starting IP Address 192 168 1 100

Ending IP Address 192 168 1 254

Address Reservation

#	IP Address	Device Name	MAC Address

Add Edit Delete

Apply Cancel

Pour une configuration plus complète, consulter la documentation du routeur disponible sur le site de Netgear :

<http://www.netgear.com/Products/RoutersandGateways/WiredRouters/RP614.aspx>

Connexion du switch PoE (TrendNet TPE-S44 ou NetGear FS108P)



Le switch PoE (power Over Ethernet) assure à la fois l'alimentation et l'interconnexion système iMACRT. Il n'y a rien à configurer. Reliez simplement avec un câble Ethernet le routeur RP614 (port 4) et le switch sur un port non PoE (port 8)

Connexion des Modules MACRT :

Branchez les modules MACRT avec des cordons Ethernet sur les ports PoE du switch TPE-S44 ou FS108P.



Connexion des Modules MMR3 / MGC3 :

Branchez les modules MMR3 / MGC3 à l'aide de cordons DB9 (droit) sur le port « sensors » des MACRT.

Visualisation de la configuration dans l'interface du routeur :

Redémarrer un à un les boîtiers MACRT et appuyant sur le bouton « RST ». Quelques secondes plus tard vous observez dans l'interface du routeur, dans la partie « Attached devices » la liste des équipements connectés au réseau.

Attached Devices

#	IP Address	Device Name	MAC Address
1	192.168.1.100	PC-COURTOIS7	00:12:3F:75:BA:06
2	192.168.1.101	MMR3_01_1_019_V1.1	00:30:56:90:18:0F
3	192.168.1.102	MMR3_01_1_020_V1.1	00:30:56:90:18:12
4	192.168.1.103	MMR3_01_1_021_V1.1	00:30:56:90:18:1B

Refresh

Le routeur attribue une adresse IP à chaque boîtier MACRT. L'adresse MAC du boîtier est présente dans la colonne MAC Address et le nom du module connecté sur le port sensor est indiqué dans la colonne Device Name.

3 – Zone logiciel embarqué :

Logiciel des boîtiers MACRT :

Principe :

Les boîtiers MACRT sont configurés par défaut en mode DHCP : leur configuration réseau est automatiquement envoyée par le routeur RP614 à chaque démarrage. Les boîtiers MACRT sont équipés d'une petite mémoire flash. Cette mémoire contient le programme et les fichiers pour faire fonctionner le système.

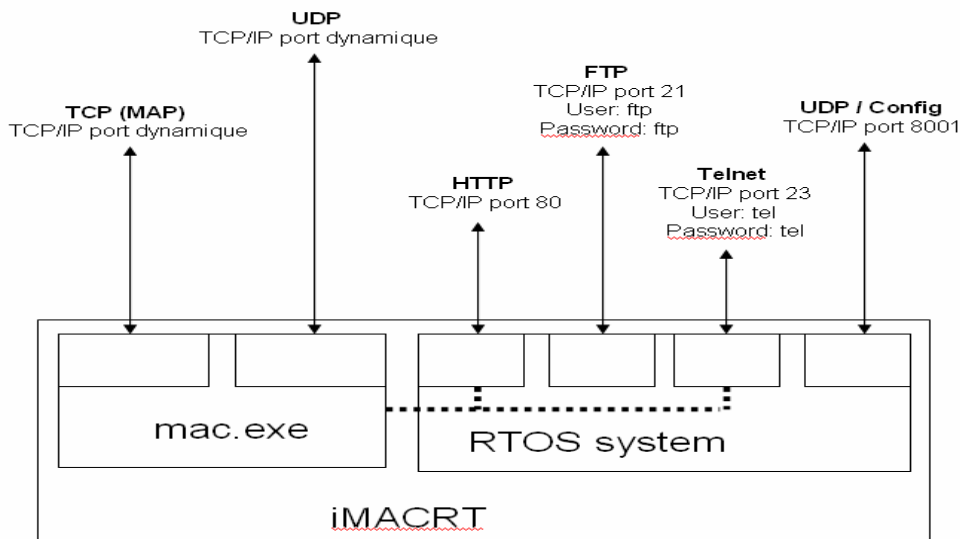
Le programme « mac.exe » est lancé automatiquement au démarrage des boîtiers grâce au fichier autoexec.bat. Ce programme est le cœur du système iMACRT. Il fonctionne de la façon suivante :

Identification et configuration du module connecté sur le port « sensor ».

Définition du nom du système pour le réseau à partir du PID, VID et SID du module connecté.

Lancement des services associés au module connecté.

Services réseau disponibles :



Le boîtier supporte par défaut les accès réseau telnet, ftp, http et un port de configuration spéciale. Les services de contrôle/commande des modules sont définis par le programme mac.exe. Les ports TCP/IP sont dynamiques, ils dépendent de l'adresse IP du boîtier :

Service	TCP/IP Port
TCP (MAP)	11000 + (dernier numéro de l'adresse IP)
UDP	12000 + (dernier numéro de l'adresse IP)

Exemple : le boîtier a l'adresse IP 192.168.1.101, le port de communication pour MAP est 11101 et 12101 pour les commandes UDP.

Le boîtier MACRT utilise un microprocesseur du fabricant Beck IPC. Les informations techniques concernant ce composant se trouvent sur le site du constructeur :

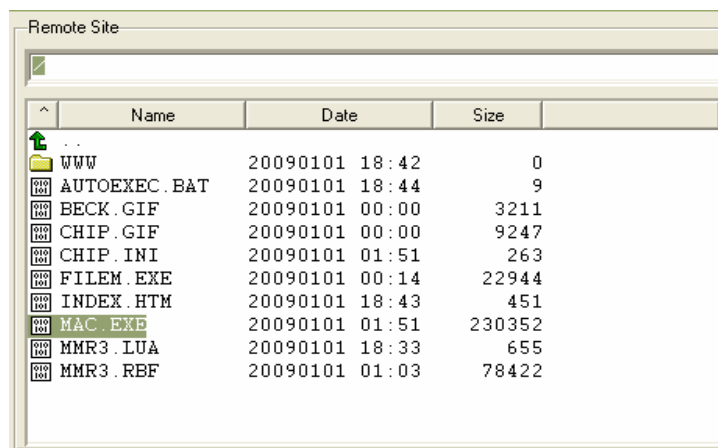
<http://www.beck-ipc.com/en/products/sc2x/sc23.asp>

Le fabricant fournit un logiciel permettant de scanner le réseau pour trouver et configurer les boîtiers équipés de ces composants. Ce logiciel est disponible pour Windows à l'adresse suivante :

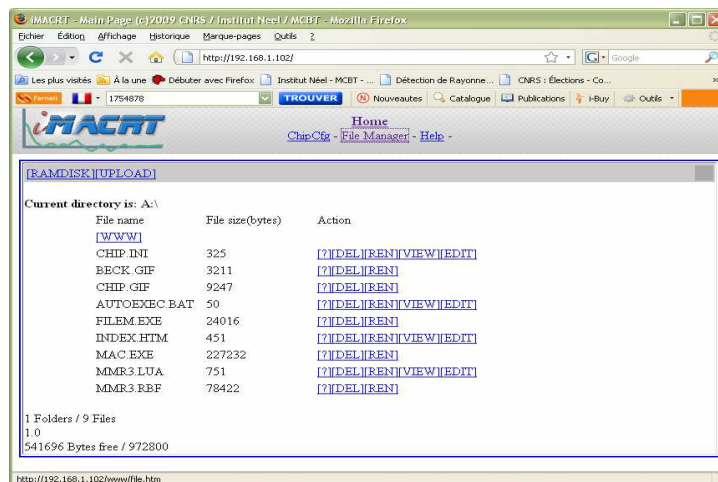
http://www.beck-ipc.com/en/download/licence.asp?id=chiptool_install&l=1

Un programme iMACRT_find.pyw, écrit en Python réalise la même fonction. Il fonctionne avec le logiciel filezilla pour la partie FTP (Consulter la section programmation).

Exemple de visualisation de la mémoire flash d'un boîtier MACRT à l'aide d'un logiciel client ftp:



Exemple de visualisation de la mémoire flash d'un boîtier MACRT à l'aide d'un navigateur :



Configuration du boîtier MACRT : CHIP.INI

Le fichier de configuration CHIP.INI rassemble toutes les informations de configuration du système. Il est organisé en section. Vous trouverez ci-dessous une version minimum pour ce fichier :

```
[IP]
NETMASK=255.255.0.0
ADDRESS=192.168.1.10
DHCP=1
```

HOSTNAME_OPT=1

[STDIO]
STDIN=TELNET
STDOUT=TELNET

[SERIAL]
COM_RECVQUEUE=8192

[WEB]
MAINPAGE=index.htm
UPLOAD=1
USER0=macrt
PASSWORD0=macrt
POST_SIZE=8192

[RAMDRIVE]
SIZE=512

[NTP]
ZONE=1
SERVER=xxx.xxx.xxx.xxx

Dans le cas d'une utilisation normale, seule la section [NTP] doit être modifiée.

La section NTP (Network Time Protocol) permet de définir l'adresse IP d'un « serveur temps » pour la mise à l'heure automatique des boîtiers.

Remarque : les boîtiers MACRT envoient à chaque démarrage et 1 fois par jour un message de signalisation à la machine serveur 147.173.52.30 (Port 80) en indiquant le nom du module connecté sur le port « sensor ».

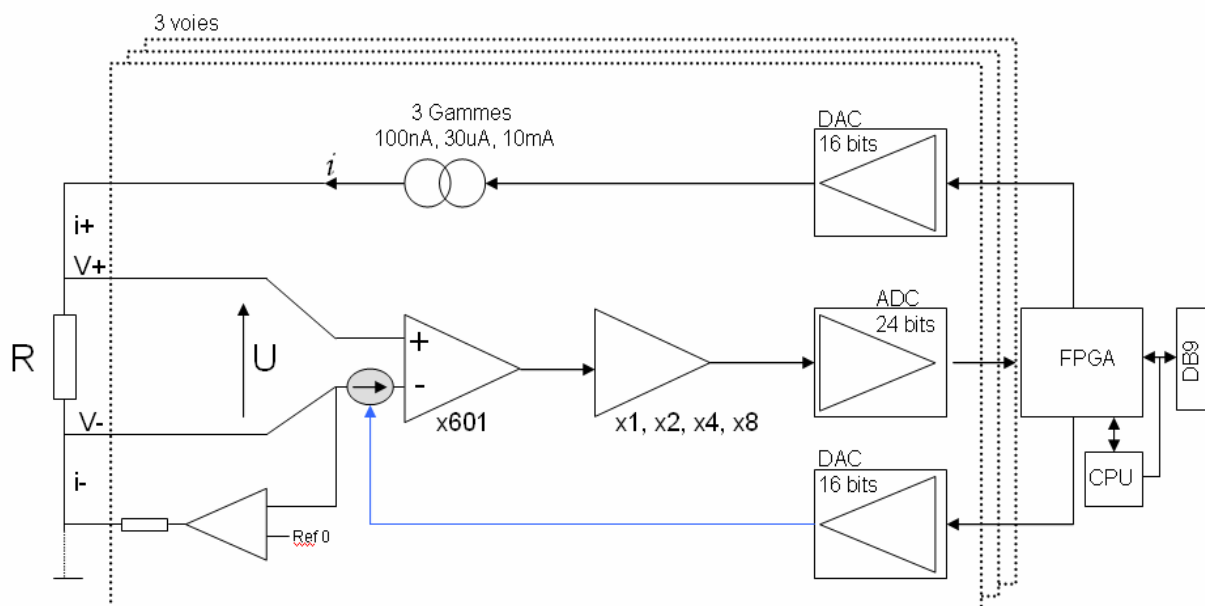
Configuration des modules :

Dans chaque boîtier MACRT, l'utilisateur peut définir les paramètres du module connecté sur le port « sensor » en créant un fichier dans le langage Lua 4.0 (www.lua.org/manual/4.0/). En fonction des types de module, le nom du fichier utilisateur est défini dans le tableau ci-dessous :

Module	Fichier utilisateur
MMR3	mmr3.lua
MGC3	mgc3.lua

Module MMR3 / mmr3.lua :

Principe :



Le module MMR3 permet la mesure de résistance sur 3 voies simultanées, en contrôlant les courants injectés dans chaque résistance. **Les préamplis sont équipés d'un système d'équilibrage automatique qui nécessite un temps d'établissement de 5 minutes à la première mise sous tension. En cas de défaut de connexion sur l'entrée du préampli, il est possible que le préampli ne s'équilibre jamais. Les voies non utilisées doivent être court-circuitées. Il n'est pas possible de désactiver une voie.**

Le numéro de série et les paramètres de calibrage du module sont stockés dans une petite mémoire flash embarquée. Le circuit programmable FPGA est configuré par le programme externe « mac.exe » à chaque mise sous tension. C'est le fichier mmr3.rbf qui contient la description du circuit programmable. Il doit être présent dans la mémoire flash de chaque boîtier MACRT.

Configuration :

Fréquence de modulation (PERIODE) :

Afin de rejeter au mieux les perturbations liées aux fréquences du secteur, l'utilisateur peut choisir entre 2 fréquences de modulation: 80ms pour le réseau 50Hz et 100ms pour le réseau 60Hz. Le signal de modulation est rectangulaire. Le système est capable de fournir la valeur d'une résistance pour chaque demi-période, soit toutes les 40ms dans le cas d'un réseau à 50Hz (25 mesures/s). Cette fréquence est commune aux 3 voies.

Délai de prise en compte du signal (DtADC):

Afin de laisser au signal le temps de s'établir au travers des capacités parasites à chaque inversion du courant dans le capteur, l'utilisateur peut définir un délai pour limiter les erreurs de mesure. Ce délai est fixé par défaut à 4ms.

Paramètres indépendants pour chaque voie :

Le MMR3 est équipé pour chaque voie d'une source de courant avec 3 gammes, ayant une résolution de 15 Bits chacune.

RANGE_I :

Ce paramètre fixe la gamme de courant parmi les 3 disponibles, lorsque la voie est dans le mode manuel :

RANGE_I	Gamme de courant	Résolution
0	100nA	3pA
1	30uA	910pA
2	10mA	305nA

RANGE_U :

Ce paramètre fixe la gamme de tension, équivalent au gain de l'amplificateur parmi les 4 disponibles, lorsque la voie est dans le mode manuel :

RANGE_U	Gamme de tension	Gain
0	4mV	X 601
1	2mV	x 1202
2	1mV	x 2404
3	500uV	x 4808

RANGE_MODE :

Remarque : pour le changement de gamme, le système compare la tension de mesure ($U = R.I$) avec deux valeurs-seuil: 25% et 80% de la gamme de tension. En dessous de 25% le signal est considéré « trop faible » et le système augmente le courant ou change de gamme de tension en fonction du mode que vous avez choisi. A l'opposé, en dessus de 80% le signal est considéré « trop grand », le système réduit le courant ou il change la gamme de tension.

Ce paramètre fixe le mode de fonctionnement des gammes courant et tension.

RANGE_MODE		Description
0	FIXE	Les gammes de tension et de courant sont fixées par l'utilisateur avec les paramètres RANGE_I et RANGE_U.
1	Courant FIXE	Le courant est fixe, il est défini par l'utilisateur. Le système fixe automatiquement la gamme de tension.
2	Tension FIXE	La gamme de tension est définie par l'utilisateur avec RANGE_U, le courant est automatiquement fixé par le système dans la gamme RANGE_I et sur les autres gammes si le paramètre RANGE_MODE_I est actif.
3	Priorité courant	Le système ajuste automatiquement tous les paramètres en changeant en priorité la gamme de tension, puis le courant si cela ne suffit pas.
4	Priorité tension	Le système ajuste automatiquement tous les paramètres en changeant en priorité le courant, puis la gamme de tension si cela ne suffit pas.

RANGE_MODE_I :

Ce paramètre fixe le mode de fonctionnement du changement des gammes courant : lorsque le réglage du courant est automatique ce paramètre permet d'autoriser le changement de gamme.

RANGE_MODE_I	Description
0	La gamme de courant est fixé par RANGE_I
1	La gamme de courant est automatique

I :

Ce paramètre fixe le courant de polarisation de la résistance. La valeur est ajustée en fonction des possibilités de la gamme et de la résolution.

Gamme de courant	Résolution	Mini	Maxi
100nA	3pA	10pA	100nA
30uA	915pA	915pA	30uA
10mA	3uA	3uA	10mA

Le tableau suivant rassemble les paramètres utilisateur et les mesures:

Les valeurs sur fond **vert** sont définies par l'utilisateur, les valeurs en **noir** sont produites par le boîtier de mesure et elles ne sont pas modifiables.

Index	Nom	Valeur (exemple)	Description
0	PERIODE	80	Période de modulation
1	DtADC	4	Délai ADC
2	Temperature	44	Température interne en °C
3	CH1_R	1.00002	Résultat de la mesure de R1
4	CH1_RANGE	3.34599	Résultat du calcul de la gamme pour R1
5	CH1_X	2.00005	Valeur convertie de R1 (2x R1)
6	CH1_Status	32768	Statut de la mesure de R1
7	CH1_AVERAGE	25	Nbre de points dans chaque mesure
8	CH1_RANGE_MODE	0	GAMMES FIXE
9	CH1_RANGE_MODE_I	0	Gamme I fixe
10	CH1_RANGE_I	2	Gamme I sur 10mA
11	CH1_RANGE_U	0	Gamme U sur 4mV
12	CH1_I	0.000994558	I = 1mA => valeur ajustée
13	CH1_OFFSET	0.00031	Résultat de la mesure d'offset du préampli
14	CH2_R	1.00003	Résultat de la mesure de R2
15	CH2_RANGE	3.34599	Résultat du calcul de la gamme pour R2
16	CH2_X	2.00006	Valeur convertie de R2 (2x R2)
17	CH2_Status	32768	Statut de la mesure de R2
18	CH2_AVERAGE	25	Nbre de points dans chaque mesure
19	CH2_RANGE_MODE	0	GAMMES FIXE

20	CH2_RANGE_MODE_I	0	Gamme I fixe
21	CH2_RANGE_I	2	Gamme I sur 10mA
22	CH2_RANGE_U	0	Gamme U sur 4mV
23	CH2_I	0.000994558	I = 1mA => valeur ajustée
24	CH2_OFFSET	0.00031	Résultat de la mesure d'offset du préampli
25	CH3_R	1.00003	Résultat de la mesure de R3
26	CH3_RANGE	3.34599	Résultat du calcul de la gamme pour R3
27	CH3_X	2.00006	Valeur convertie de R3 (2x R3)
28	CH3_Status	32768	Statut de la mesure de R3
29	CH3_AVERAGE	25	Nbre de points dans chaque mesure
30	CH3_RANGE_MODE	0	GAMMES FIXE
31	CH3_RANGE_MODE_I	0	Gamme I fixe
32	CH3_RANGE_I	2	Gamme I sur 10mA
33	CH3_RANGE_U	0	Gamme U sur 4mV
34	CH3_I	0.000994558	I = 1mA => valeur ajustée
35	CH3_OFFSET	0.00031	Résultat de la mesure d'offset du préampli

Valeur de CHx_Status :

Cette variable indique le statut de la mesure de R en fonction des bits suivants :

0x0001	un changement récent de configuration de mesure a eu lieu
0x0002	saturation, la mesure est fausse : trop de courant, gain en tension trop grand
0x0040	signal trop grand, il faut diminuer le gain en tension ou le courant
0x0080	signal trop faible, il faut augmenter le courant ou le gain en tension
0x0100	ampli déséquilibré, attendez l'équilibrage (Offset <200mV)
0x8000	R a été convertie par un script utilisateur en langage Lua

Indication de la LED rouge/verte :

La led présente sur le MMR3 est un indicateur sur le fonctionnement du module : chaque voie est identifiée successivement par le nombre de clignotements. Voie 1: 1 clignotement, voie 2 : 2 clignotements....etc.

Led éteinte : la voie est équilibrée, pas de courant de polarisation.

Led Rouge : la voie est déséquilibrée : attente à la mise sous tension ou défaut de connexion.

Led Verte : la voie est équilibrée et il y a du courant dans la résistance.

Script utilisateur mmr3.lua :

Le script « mmr3.lua » permet à l'utilisateur de définir les paramètres de fonctionnement du module du type MMR3 connecté sur le port « sensor ». Il permet aussi de définir une fonction mathématique pour convertir la résistance en température.

Exemple de script pour fixer les paramètres de mesure au démarrage :

```
write("\nMMR3 user script, Hello world, from LUA ",_VERSION,"!\n")

-- range range I CH1, CH2, CH3 = 10mA
MMR3_Set(10,2)
MMR3_Set(21,2)
MMR3_Set(32,2)
```

```
-- I = 1mA for CH1, CH2 and CH3
MMR3_Set(12, 1e-3)
MMR3_Set(23, 1e-3)
MMR3_Set(34, 1e-3)

write("\nMMR3 End of configuration !")
```

La fonction write(..) écrit sur la console. La console est visible en se connectant par telnet sur le boîtier.

La fonction MMR3_Set(index, valeur) permet de fixer un paramètre du tableau.

Exemple de script pour la conversion de R vers T avec une sonde platine PT100 sur les 3 voies:

Le processus de conversion est inséré dans une boucle.

La fonction MMR3_GetMes() est une fonction bloquante, elle attend qu'il y ait une mesure disponible et la retourne en indiquant le numéro de la voie et le statut.

Lorsque la conversion est terminée, vous devez faire suivre le statut en indiquant que la valeur a bien été convertie (Bit 15 : 0x8000) et appeler la fonction MMR3_SetMes pour renvoyer au système la température.

```
-- Platine factor
R0=100
A0=3.85e-3*R0

-- Main loop : run until lua task is running
while (LuaRun()==1) do
    -- Get Measurement from Fifo with status and channel
    Ch,R,status=MMR3_GetMes()
    T=(R-R0)/A0
    status=status+32768
    MMR3_SetMes(T,status);
end
```

Le module MMR3 vu au travers du navigateur :

The screenshot shows the iMACRT web interface. At the top, there's a navigation bar with 'Home', 'ChipCfg', 'File Manager', and 'Help'. Below this, a table displays measurement data for three channels (R1, R2, R3). The table has columns for Mode, Range, Status, and Value. The status for all channels is 0x8000, indicating successful conversion. The values are displayed in scientific notation.

Channel	Mode	Range	Status	Value
R1	FIX VOLTAGE	8.319468e+07	0x8000	1.999556e+00
R2	FIX VOLTAGE	3.327787e+08	0x8000	2.000065e+00
R3	FIX VOLTAGE	3.327787e+08	0x8000	2.000164e+00

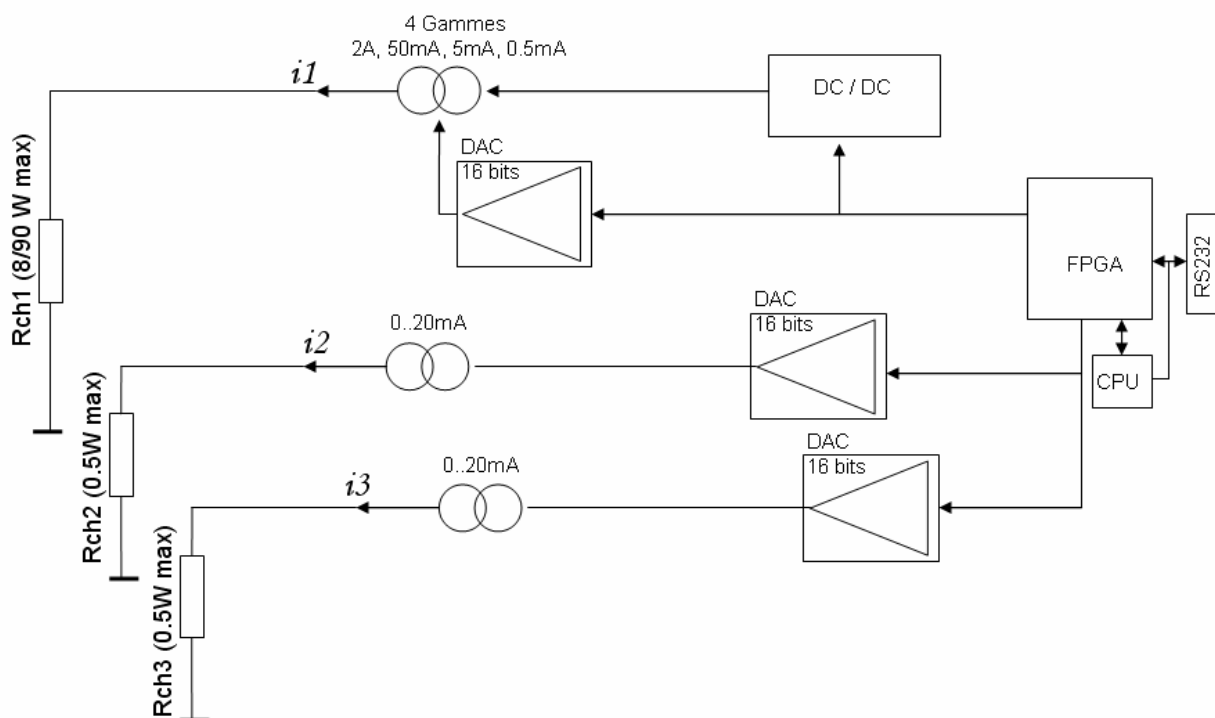
The interface also shows a timestamp '11/05/09 16:56:19 80 ms, 4 ms, 43.50°C' and a 'Terminé' status at the bottom.

A propos de l'équilibrage du MMR3:

Avant de déconnecter le MMR3 de vos capteurs, fixez le courant de mesure à zéro sur toutes les voies. L'équilibrage sera plus rapide lorsque vous connecterez à nouveau vos capteurs aux MMR3. Vous pouvez aussi relancer le logiciel du boîtier MACRT en appuyant sur le bouton « reset » pour que la procédure d'équilibrage redémarre.

Module MGC3 / mgc3.lua :

Principe :



Le module MGC3 est un module générateur de courant 3 voies simultanées.

La voie N°1 est une voie permettant de générer des faibles courants (0.5mA) et des forts courants (2A). Elle est composée d'une source de tension DC/DC suivie d'une source de courant linéaire pilotée par un DAC 16 bits. Le système adapte en permanence la tension à l'entrée de la source de courant afin de garantir un échauffement minimum de la source de courant quelle que soit la charge.

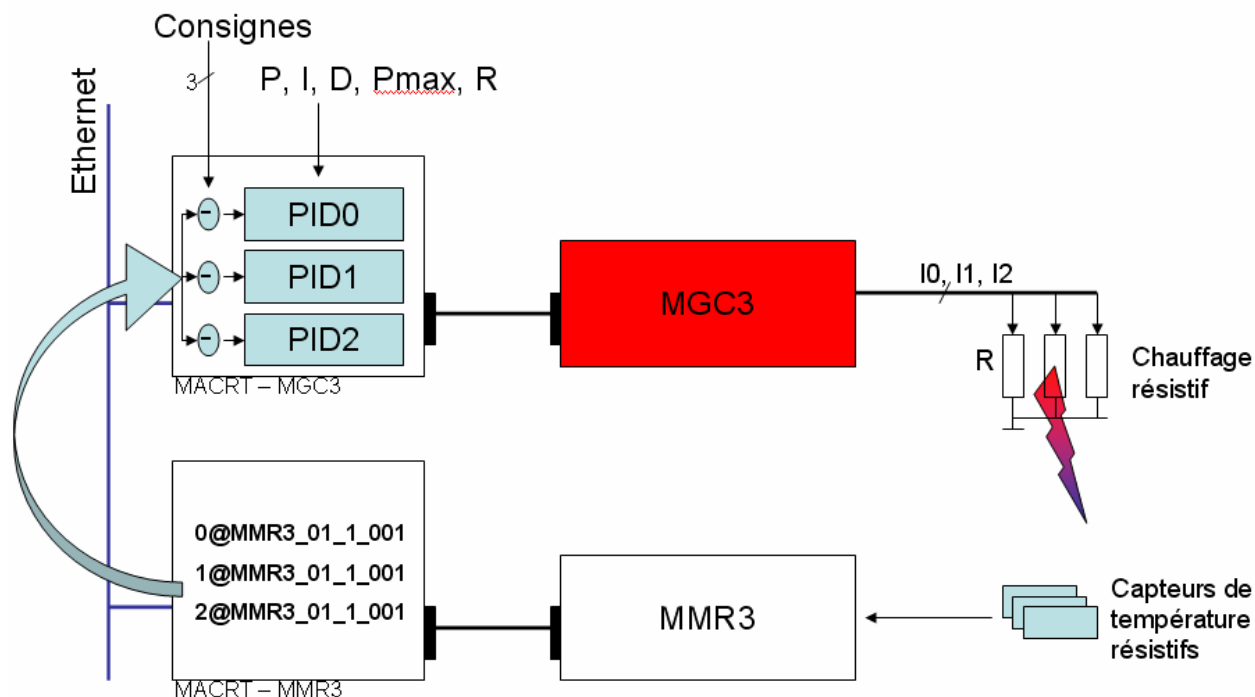
Les voies 2 et 3 sont simplement des sources de courant 0...20mA 16 bits basées sur le circuit AD420 d'Analog Devices.

Le système dispose d'un circuit de mesure de tension (0/50v) et de 2 lignes logiques en sorties (0 / 5V) à la disposition de l'utilisateur

Le numéro de série du module est stocké dans une petite mémoire flash embarquée. Le circuit programmable FPGA est configuré par le programme externe « mac.exe » à chaque mise sous tension. C'est le fichier mgc3.rbf qui contient la description du circuit programmable. Il doit être présent dans la mémoire flash de chaque boîtier MACRT.

Fonctionnement :

Chaque source de courant est connectée à un correcteur du type PID. Cette fonction est réalisée par le programme « mac.exe » contenu dans le boîtier MACRT, lorsqu'il détecte un module du type MGC3 sur le port « sensor ». La consigne en température de chaque correcteur est comparée à une mesure prise au travers du réseau sur les modules du type MMR3. Ainsi, le courant généré permet de réguler la température. Le correcteur est du type PID mixte, il est décrit en annexe.



L'utilisateur doit paramétrer chaque correcteur PID (P,I,D,Pmax et R) et indiquer l'origine des mesures (0@MMR3_01_1001....etc)

Configuration :

Le tableau suivant rassemble les paramètres utilisateur pour le contrôle du module MGC3. Les valeurs sur fond **vert** sont définies par l'utilisateur, les valeurs en **noir** sont produites par le module et elles ne sont pas modifiables.

Index	Nom	Valeur (exemple)	Description
0	TEMPERATURE	38.5	Temperature interne en °C
1	PID_0_OnOff	1	PID ON (1) / Off (0)
2	PID_0_SetPoint	45e-3	Temperature de consigne (°K)
3	PID_0_Mes	45.01e-3	Dernière mesure reçue (°K)
4	PID_0_P	0.1	Terme proportionnel (W/°K)
5	PID_0_I	0.001	Terme integral (S ⁻¹)
6	PID_0_D	5	Terme dérivée (S)
7	PID_0_PMAX	100°-6	Puissance maximum (W)
8	PID_0_R	1000	Valeur de la résistance de chauffage (Ohms)
9	PID_0_S	1.5°-6	Dernière valeur en sortie du PID (W)
10	PID_0_Status	0	Status du PID
11	PID_0_Name	MMR3_01_1_001	Nom du module de mesure (MMR3_01...)
12	PID_0_Channel	0	Voie de module de mesure (0,1,2..)
13	PID_1_OnOff	1	PID ON (1) / Off (0)
14	PID_1_SetPoint	45e-3	Temperature de consigne (°K)
15	PID_1_Mes	45.01e-3	Dernière mesure reçue (°K)
16	PID_1_P	0.1	Terme proportionnel (W/°K)
17	PID_1_I	0.001	Terme integral (S ⁻¹)
18	PID_1_D	5	Terme dérivée (S)
19	PID_1_PMAX	100°-6	Puissance maximum (W)
20	PID_1_R	1000	Valeur de la résistance de chauffage (Ohms)
21	PID_1_S	1.5°-6	Dernière valeur en sortie du PID (W)

22	PID_1_Status	0	Status du PID
23	PID_1_Name	MMR3_01_1_001	Nom du module de mesure (MMR3_01...)
24	PID_1_Channel	1	Voie de module de mesure (0,1,2..)
25	PID_2_OnOff	1	PID ON (1) / Off (0)
26	PID_2_SetPoint	45e-3	Temperature de consigne (°K)
27	PID_2_Mes	45.01e-3	Dernière mesure reçue (°K)
28	PID_2_P	0.1	Terme proportionnel (W/°K)
29	PID_2_I	0.001	Terme integral (S ⁻¹)
30	PID_2_D	5	Terme dérivée (S)
31	PID_2_PMAX	100°-6	Puissance maximum (W)
32	PID_2_R	1000	Valeur de la résistance de chauffage (Ohms)
33	PID_2_S	1.5°-6	Dernière valeur en sortie du PID (W)
34	PID_2_Status	0	Status du PID
35	PID_2_Name	MMR3_01_1_001	Nom du module de mesure (MMR3_01...)
36	PID_2_Channel	2	Voie de module de mesure (0,1,2..)
37	I0	38.7°-6	Courant en sortie de la voie 0
38	I0_Status	0	Status de la source de courant voie 0
39	I1	38.7°-6	Courant en sortie de la voie 1
40	I1_Status	0	Status de la source de courant voie 1
41	I2	38.7°-6	Courant en sortie de la voie 2
42	I2_Status	0	Status de la source de courant voie 2
43	Mes_U	0.0	Tension utilisateur (V)
44	TTL_O1	0	Sortie TTL 01 (0 /1)
45	TTL_O2	0	Sortie TTL 02 (0 /1)

Valeur de PID_x_Status :

Cette variable indique le statut du correcteur PID en fonction des bits suivants :

0x0002	Surcharge, la source est en défaut ou elle ne peut pas fournir la puissance demandée
0x0004	le PID n'est pas paramétré (P,I,D, Pmax, R)
0x0008	le nom du module de mesure n'est pas paramétré
0x0010	PID en phase d'initialisation
0x0020	Le PID n'a pas reçu les mesures depuis (2s)
0x0040	Le PID n'a pas reçu les mesures depuis (4s) chauffage coupé.

Indication de la LED rouge/verte :

La led présente sur le MGC3 est un indicateur sur le fonctionnement du module : chaque voie est identifiée successivement par le nombre de clignotement. Voie 1: 1 clignotement, voie 2 : 2 clignotement....etc.

Led éteinte: la voie ne fournit pas de courant

Led Rouge : défaut : pas de résistance de charge ou dépassement de compliance.

Led Verte: Courant établi dans la charge à la valeur demandée.

Script utilisateur mgc3.lua :

Le script « mgc3.lua » permet à l'utilisateur de définir les paramètres de fonctionnement du module du type MGC3 connecté sur le port « sensor ».

Exemple de script pour fixer les paramètres des PIDs au démarrage :

```
write("\nMGC3 user script, Hello world, from LUA ",_VERSION,"!\n")

-- PID 1 et 2 off
MGC3_Set(13,0)
MGC3_Set(25,0)

-- Mesure du PID 0 connecté à la voie 0 du module MMR3_01_1_001
MGC3_SetPID(0,0, "MMR3_01_1_01",0.1,1e-3,0,100e-6,1000)

write("\nMGC3 End of configuration !")
```

La fonction write(..) écrit sur la console. La console est visible en se connectant par telnet sur le boitier.

La fonction MGC3_Set(index, V) permet de fixer le paramètre situé à la position index dans le tableau à la valeur V.

La fonction MGC3_SetPID(...) permet de fixer en une seule fois tous les paramètres d'un PID :

MGC3_SetPID(n , ch, "name", P , I , D, Pmax, R)

n	numéro du PID : 0, 1 ou 2
ch	voie de mesure sur le module "name" (0,1 ou 2 pour les MMR3)
"name"	nom générique du module de mesure (13 caractères, ex : MMR3_01_001)
P	valeur du terme proportionnel ($W/^{\circ}K$)
I	valeur du terme intégrale (S^{-1})
D	valeur du terme dérivée (S)
Pmax	puissance maximum envoyé sur le chauffage
R	Valeur de la résistance de chauffage (Ohms)

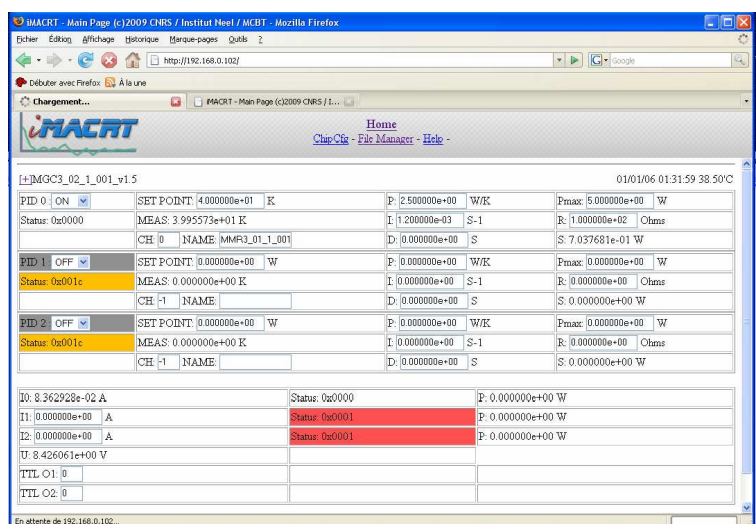
La fonction MGC3_Get(index) permet de lire la valeur d'un paramètre situé à la position index dans le tableau.

ATTENTION : Lorsque le terme P vaut 0, le PID est en position manuel.... La puissance de sortie est contrôlée directement par la consigne (PID_X_SetPoint).

Sécurité de fonctionnement :

Le système détecte les défauts de réception des mesures au travers du réseau Ethernet. Si il ne reçoit pas de mesures pendant plus de 2 secondes, il déclenche une recherche du module de mesure et il essaye à nouveau de s'abonner au module indiqué par le paramètre utilisateur PID_x_Name. Au bout de 4 secondes, si le système n'a toujours rien reçu, il coupe la sortie chauffage du PID concerné.

Le module MGC3 vu au travers du navigateur :



Sortie TTL 01 et 02 :

Les niveaux logiques des lignes TTL O1 et TTL O2 sont commandés par les paramètres d'index 44 et 45. A partir de la version 1.6 du logiciel il est possible de générer des impulsions calibrées en ms avec ces 2 lignes en écrivant des valeurs sur les paramètres d'index 100 à 102. Ces paramètres ne peuvent être lus et ils ne sont disponibles qu'à travers de la commande UDP « MGC3SET »

Index	Nom	Valeur (exemple)	Description
100	Durée T	0 à 65535	Si la durée T = 0, les lignes sont commandées par les paramètres 44 et 45. Sinon une impulsion de durée T+1 ms est générée à chaque fois qu'une commande est envoyée sur le paramètre 101 ou 102
101	TTL_O1	Xxx	Impulsion sur O1 de durée T+1 ms
102	TTL_O2	Xxx	Impulsion sur O2 de durée T+1 ms

Exemple: impulsion au niveau bas de 10 ms sur TTL_O1 :

Commande UDP :

On fixe le niveau repose à l'état haut (H)

```
MGC3SET 44 1
```

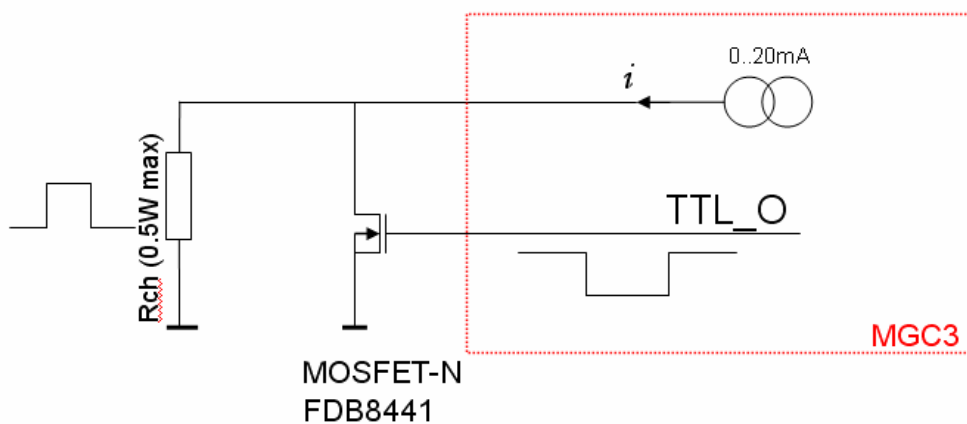
On fixe la durée de la l'impulsion à 10 ms

```
MGC3SET 100 9
```

On lance l'impulsion sur TTL_O1

```
MGC3SET 101 0
```

Ces commandes peuvent être utilisé pour générer des impulsions de courant sur les voies 2 et 3 en réalisant le montage suivant :



4 – Zone logiciel client : contrôle / commande

Kelvin :

Le logiciel Kelvin écrit en python permet le contrôle des modules MACRT, et en particulier les modules MMR3. Il permet la recherche des modules présents sur le réseau local. Le contrôle commande des paramètres de mesure se fait au travers d'un navigateur intégré au programme. Il permet de suivre les mesures sous forme graphique et leur enregistrement dans les fichiers.

MAP Client :

(à compléter)

Recherche des boîtiers connectés sur le réseau :

La recherche des boîtiers sur le réseau se fait dans un mode de communication non connecté (UDP). Il faut envoyer sur l'adresse de diffusion de votre réseau (par exemple: 192.168.1.255) la chaîne de caractère '0 1' sur le port 8001. En écoutant sur le même port (8001), les boîtiers connectés vont répondre une chaîne de caractères ayant le format suivant :

Les champs sont séparés par 1 ou plusieurs caractères notés (SEP), des espaces.

SN (SEP) DHCP (SEP) IPADDRESS (SEP) NETMASK (SEP) GATEWAY (SEP) NAME

SN est le numéro de série du circuit

DHCP vaut 0 ou 1

IPADDRESS indique l'adresse IP du boîtier

NETMASK indique le masque de sous-réseau

GATEWAY indique l'adresse de la passerelle

NAME indique le nom du module connecté au MACRT et la version du logiciel mac.exe

Exemples de nom :

MMR3_1_1_001_v1.2

Module MMR3 connecté sur le boîtier MACRT.

iMACRT_v1.2

Pas de module connecté sur le boîtier.

Consulter en annexe l'exemple **iMACRT_find.pyw** écrit en Python.

Mode non connecté : UDP

Il s'agit du mode de communication utilisé par les boîtiers pour l'échange de données entre eux. L'utilisateur peut l'utiliser pour envoyer des commandes et recevoir des données.

Commandes :

Pour envoyer des commandes au module en UDP, il suffit d'adresser la chaîne ascii de la commande sur le port UDP du module. Le champ séparateur est le caractère espace. Côté module, le port UDP de réception vaut 12000 + dernier octet de l'adresse IP.

Exemple: le module est configuré avec l'adresse IP 192.168.1.100, le port UDP pour la réception des commandes vaut automatiquement 12100.

Le boîtier répond toujours sur le port 12000. Vous devez donc écouter ce port pour récupérer la réponse à votre commande.

Commandes communes à tous les boîtiers MACRT :

Chaîne ASCII	Désignation	Réponse du boîtier
*IDN	Identification	Nom du module + version du programme mac.exe
LED 1	LED clignotante sur MACRT	Aucune
LED 0	LED non clignotante	Aucune
REBOOT 1	Redémarre le MACRT	Aucune
DATE ?	Date en cours sur le MACRT	mm/dd/yy
DATE mm/dd/yy	Fixe la date sur le MACRT	Aucune

TIME ?	Heure en cours sur le MACRT	hh :mm :ss
TIME hh :mm :ss	Fixe l'heure sur le MACRT	Aucune
MES 1	Abonnement/Renouvellement pour l'envoi des mesures pendant 2 minutes.	Pas de réponse à la commande, mais les mesures sont envoyées.
MES 0	Désabonnement	Les mesures ne sont plus envoyées

Remarque :

La date et l'heure sont perdues à chaque redémarrage du boîtier MACRT. Vous pouvez indiquer dans le fichier CHIP.INI l'adresse d'un serveur NTP ou reconfigurer la date et l'heure avec les commandes ci-dessus.

Commandes spécifiques MMR3 :

Chaîne ASCII	Désignation	Réponse du boîtier
MMR3SCRIPT 0	Arrêt du script utilisateur	Aucune
MMR3SCRIPT 1	Lance/relance le script utilisateur	Aucune
MMR3GET n	Demande la valeur du paramètre d'index n Si n=-1 le MACRT renvoie la liste complète	Valeur du paramètre Toutes les valeurs
MMR3SET n v	Fixe la valeur du paramètre n à v	Aucune
MESCONV 1	Les valeurs envoyées aux abonnés sont converties	
MESCONV 0	Les valeurs envoyées aux abonnés ne sont pas converties	Aucune

Commandes spécifiques MGC3 :

Chaîne ASCII	Désignation	Réponse du boîtier
MGC3SCRIPT 0	Arrêt du script utilisateur	Aucune
MGC3SCRIPT 1	Lance/relance le script utilisateur	Aucune
MGC3GET n	Demande la valeur du paramètre d'index n Si n=-1 le MACRT renvoie la liste complète	Valeur du paramètre Toutes les valeurs
MGC3SET n v	Fixe la valeur du paramètre n à v Si v est une chaîne il faut la placer entre "" Exemple : MGC3SET 11 "MMR3_01_1_001"	Aucune

Consulter l'exemple **IMACRT_UDPCMD.pyw** écrit en Python.

Données :

Les données des boîtiers MACRT sont envoyées vers le PORT 12000. Le logiciel de réception doit écouter sur ce port et faire la distinction entre les données du type ASCII, et les données binaires des mesures. Lorsque le premier octet est un zéro, les données sont du type binaires, sinon il s'agit de données ASCII.

Données MMR3 :

Lorsqu'un client est abonné aux mesures (commande ASCII : 'MES 1') il reçoit des données binaires contenant les mesures. Chaque mesure a une longueur de 62 octets. Un paquet UDP peut contenir plusieurs mesures. Le tableau ci-dessous donne le format d'une mesure :

Taille en octet	Désignation	Type 'C'
1	Octet identification donnée binaire	unsigned char
1	N° de la voie	unsigned char
2	Nombre de mesures moyennées (n)	unsigned int
1	Index de la gamme I	unsigned char
1	Index de la gamme U	unsigned char
4	Temps (partie entière en secondes)	unsigned long int
2	Temps (partie en millisecondes)	unsigned int
2	Status	unsigned int
8	Courant d'excitation	double
8	0.0	double
8	Valeur moyenne de R sur n mesures	double
8	Somme des n carrés pour le calcul de R	double
8	Valeur crête-crête sur les n R	double
8	Conversion de R	double

En langage C, en considérant un alignement de données du type « **little-endian** », le décodage des mesures revient à créer la structure de données ci-dessus, puis à pointer sur chaque début de paquet, tous les 62 octets:

```
typedef struct
{
    unsigned char zero;
    unsigned char idChannel;
    unsigned short int Number;
    unsigned char idRangeI;
    unsigned char idRangeV;
    unsigned long int Time;
    unsigned short int ms;
    unsigned short int Status;
    double RangeI;
    double NU;
    double Rx;
    double Rx2;
    double Rxpp;
    double X;
}TMesure;
```

Consulter l'exemple **IMACRT_MMR3DECODE.pyw** écrit en Python.

Données MGC3 :

(en attente...)

Mode connecté : TCP / Protocole MAP

Les commandes et les données dans le mode TCP sont au format ASCII. Les commandes se terminent par le caractère '\n' (0x0A). Le séparateur de champ est le caractère ';'.

Côté module MACRT, le port TCP de réception vaut 11000 + dernier octet de l'adresse IP.

Lorsque le boîtier MACRT répond à un client le message a la structure suivante :

\$\$;code ;taille\r\nDONNEES

Code est le code de la commande, taille indique la taille des DONNEES

Exemple: le module est configuré avec l'adresse IP 192.168.1.100, le port TCP pour la réception des commandes vaut automatiquement 11100.

Un client peut, en étant connecté :

- Demander la version du programme :

Le client envoie '**2;8\n**' et il reçoit '**\$\$;8;11\r\nVersion x.y**'

- Demander de recevoir la liste complète des variables

Le client envoie '**2;2\n**' et il reçoit '**\$\$;1;????\r\nLISTE**'

???? dépend de la longueur de LISTE

LISTE est chaîne composée avec n fois 'nom ;type\n'

Nom est le nom de la variable en ascii

Type est le type de la variable suivant le tableau des types (Tab2)

- Demander de recevoir une liste partielle de variables :

Le client envoie '**2;7;var1;var2;Var3....\n**'

Var1, var2.... Indique les index des variables que le client souhaitent recevoir

- Demander la liste des clients connectés :

Le client envoie '**2;0\n**' et il reçoit '**\$\$;4 ;????\r\nLISTE**'

LISTE est chaîne composée de n client connecté 'Adresse_IP ;port\n'

Exemple : '**\$\$;4;0019\r\n192.168.1.110;11100**'

- Demander de relancer le script utilisateur :

Le client envoie '**2;6\n**'

- Demander de redémarrer le boîtier MACRT

Le client envoie '**2;9\n**'

- Demander de changer une valeur dans la liste :

Le client envoie '**1;i;v\n**'

I est l'index de la variable à changer

V est nouvelle valeur de la variable

Exemple sur un MMR3 :

‘1;12;1^e-6\n’ Fixe la valeur de la variable d’index 12 (courant d’excitation de la voie 1)
à 1uA

Lorsqu’il est connecté le client reçoit, chaque fois que des données sont disponibles et au moins 1 fois par seconde, les valeurs pour lesquelles il est abonné. La liste a le format suivant :

‘\$\$;0;????\r\nLISTE’

???? Dépend de la longueur de LISTE

LISTE est chaîne composée pour n variable de n fois ‘index ;flag ;valeur\n’

Index est l’index de la variable

Flag est un indicateur d’état sur la variable (Tab1)

Valeur est la valeur de la variable

Tab1 : Valeur des flags pour l’état des variables

Valeur	Type
0	OK
1	Read only
2	Blocked by state machine
3	Blocked by control
4	Blocked by security
<0	Error / Warning
-1	Recent change on configuration
-2	Overload bit
-64	Signal too big
-128	Signal too Small
-256	Low noise amplifier offset error

Tab2 : Valeur pour les types de variables

Valeur	Type
0	Digital Output
1	Analog input
2	Digital output with one return
3	Digital output with two return
4	ON / OFF
5	Analog Output
6	Constant
7	PID
8	Digital Input
9	Security
10	Variable
11	Timer
12	State Time
13	State
14	Function
15	State Count

Annexes

Python et Qt :

Le logiciel Kelvin et les exemples de programmation en Python nécessite l'installation du langage Python 2.6 et de la librairie Qt4.

Pour installer ces applications sur un système Windows vous pouvez suivre les étapes ci-dessous :

Sur le site <http://www.python.org/download/releases/2.6/>

Installer <http://www.python.org/ftp/python/2.6/python-2.6.msi>

Sur le site <http://www.riverbankcomputing.co.uk/software/pyqt/download>

Installer <http://www.riverbankcomputing.co.uk/static/Downloads/PyQt4/PyQt-Py2.6-gpl-4.6.1-1.exe>

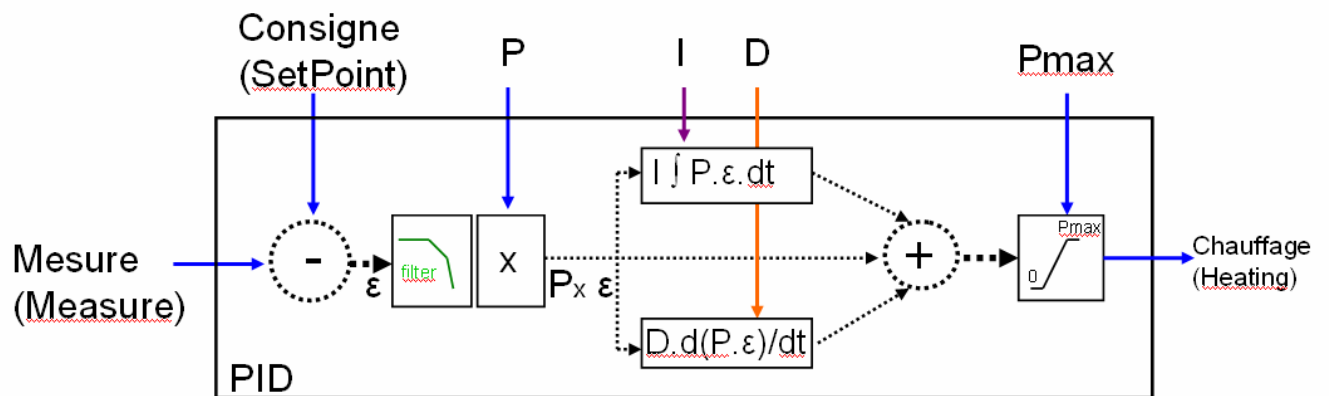
Pour Editer/Modifier les exemples en Python :

Sur le site <http://www.geany.org/>

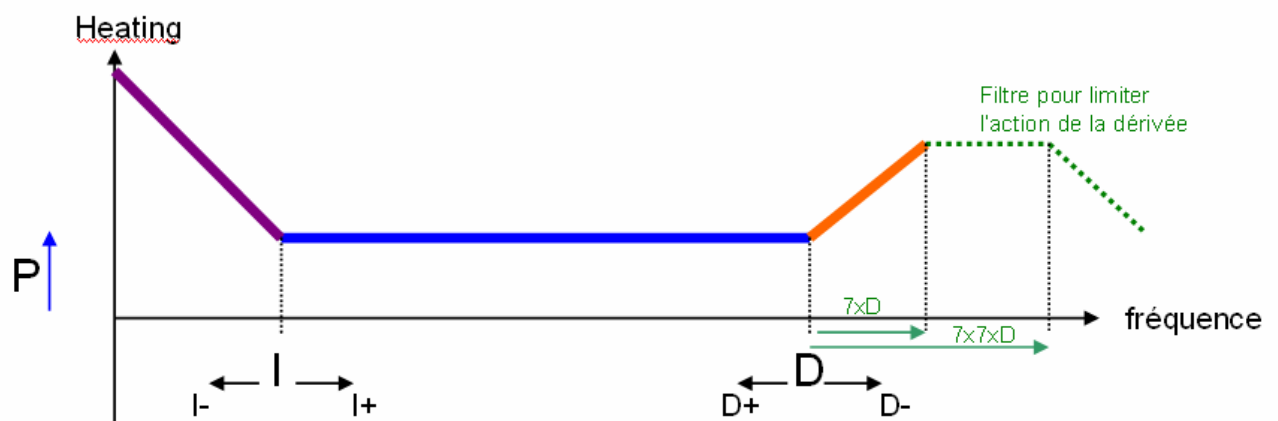
Installer http://download.geany.org/geany-0.18_setup.exe

MAP Client :

Structure du PID :

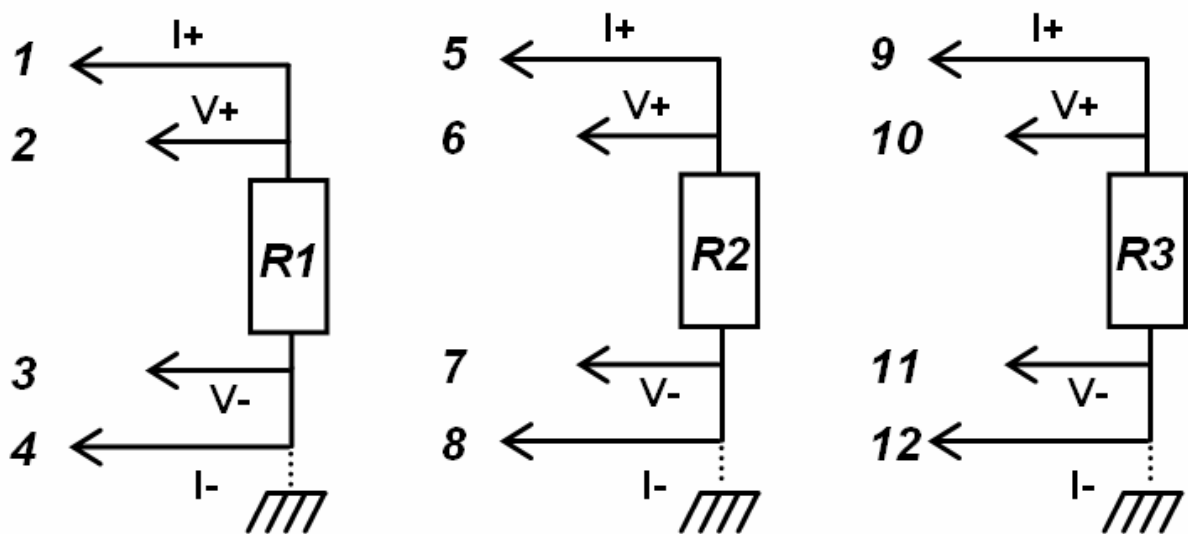


Réponse en fréquence du correcteur PID :



Connexions du externe MMR3 :

Prise Jaegger 12 broches



Prise Sub D 9 broches :



- Pin 1 : -15V
- Pin 2 : TX (output / RS232)
- Pin 3 : RX (input / RS232)
- Pin 4 : +5V
- Pin 5 : GND
- Pin 6 : 0v (+/-15v)
- Pin 7 : CS(input / RS232)
- Pin 8 : AUX(input / RS232)
- Pin 9 : +15V

Blindage : GND

Equilibrage commande ON / OFF :

Une commande ON / OFF de l'équilibrage des MMR3 est disponible à partir de la version 1.6 pour les utilisateurs qui souhaitent bloquer la compensation d'offset durant une phase de mesure particulière. Cette option est disponible au travers du protocole UDP avec la commande « MMR3SET ».

'MMR3SET	200	1'	L'équilibrage de la voie 0 est bloqué
'MMR3SET	200	0'	L'équilibrage de la voie 0 est débloqué
'MMR3SET	201	1'	L'équilibrage de la voie 1 est bloqué
'MMR3SET	201	0'	L'équilibrage de la voie 1 est débloqué
'MMR3SET	202	1'	L'équilibrage de la voie 2 est bloqué
'MMR3SET	202	0'	L'équilibrage de la voie 2 est débloqué

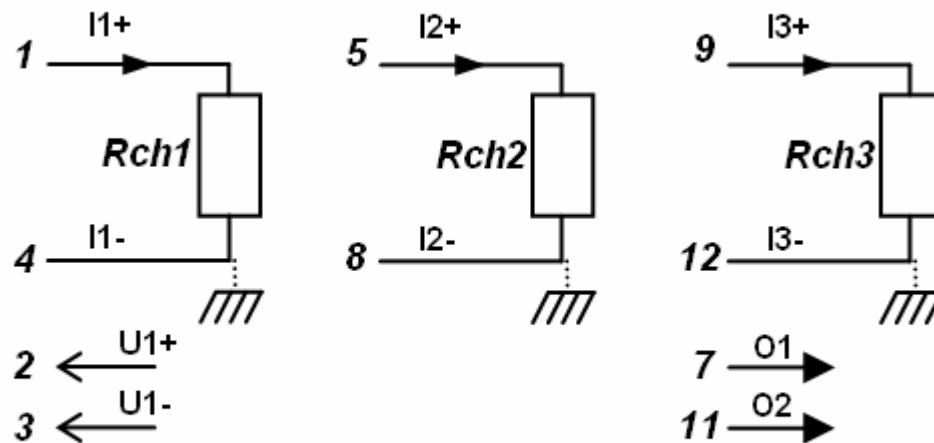
Fréquence / Période de modulation :

Les périodes de modulation par défaut sont de 80 ou 100ms. A partir de la version 1.6 les utilisateurs qui ont besoin de périodes de modulation particulières peuvent choisir des valeurs paires entre 4 et 100ms avec la commande MMR3SET en ajoutant la valeur 1000 à la période souhaitée. Par exemple pour une période de 10ms, il faut envoyer la valeur 1010.

Attention, en dessous de 40ms le boîtier MACRT n'a plus le temps de faire la conversion de la valeur R vers T. Il faut donc arrêter le script utilisateur en LUA avec la commande 'MMR3SCRIPT 0' ou écrire un script utilisateur qui ne contient pas de boucle de conversion. Par ailleurs, il faut limiter le nombre de client connecté à 1 (Navigateur & Client UDP)

Connexions du externe MGC3 :

Prise Jaegger 12 broches



O1 et O2 TTL output 0/5V

Prise Sub D 9 broches :



- Pin 1 : -15V
- Pin 2 : TX (output / RS232)
- Pin 3 : RX (input / RS232)
- Pin 4 : +5V
- Pin 5 : GND
- Pin 6 : 0v (+/-15v)
- Pin 7 : CS(input / RS232)
- Pin 8 : AUX(input / RS232)
- Pin 9 : +15V

Blindage : GND

Sur MGC3, le -15V est connecté à GND en interne pour disposer d'une tension de +30V pour la source de courant.