

Institut Jean Le Rond d'Alembert

Megamicros

Système d'acquisition 1024 voies

Notice d'utilisation

Ce système d'acquisition est destiné à l'acquisition synchrone de données provenant de micros regroupés par faisceaux de 8 (jusqu'à 128 faisceaux) et les signaux issus de 16 voies analogiques (VA). Il est piloté grâce à une liaison USB3 qui est soit directement branchée sur le boîtier principal, soit par l'intermédiaire d'un boîtier secondaire gérant une liaison par fibre optique (FO) vers le boîtier principal. Les signaux sont numérisés sur 24 digits à une fréquence pouvant monter jusqu'à 50 kHz. Il est possible de piloter ce système à partir d'un PC grâce à l'interface décrite dans ce document.

Ce document présente l'ensemble des fonctions programmées, même si elles ne sont pas toutes utilisées, voire accessibles, en usage courant.

1. Matériel

Deux systèmes d'acquisition sont actuellement en service (MODO et MAMIES). Ils présentent quelques différences sur le plan de l'électronique et de l'alimentation. En

revanche, leur pilotage est identique. Les différences de MODO par rapport à MAMIES sont mentionnées dans un paragraphe unique.

Le système se compose des éléments suivants :

- Un boîtier principal contenant la carte d'acquisition munie d'une liaison FO et d'une liaison USB ;
- Des faisceaux de micros reliés au boitier par des câbles munis d'une connectique RJ45 ;
- Un module FO ;
- Un boîtier d'alimentation pour le boîtier principal et un autre pour le module FO.

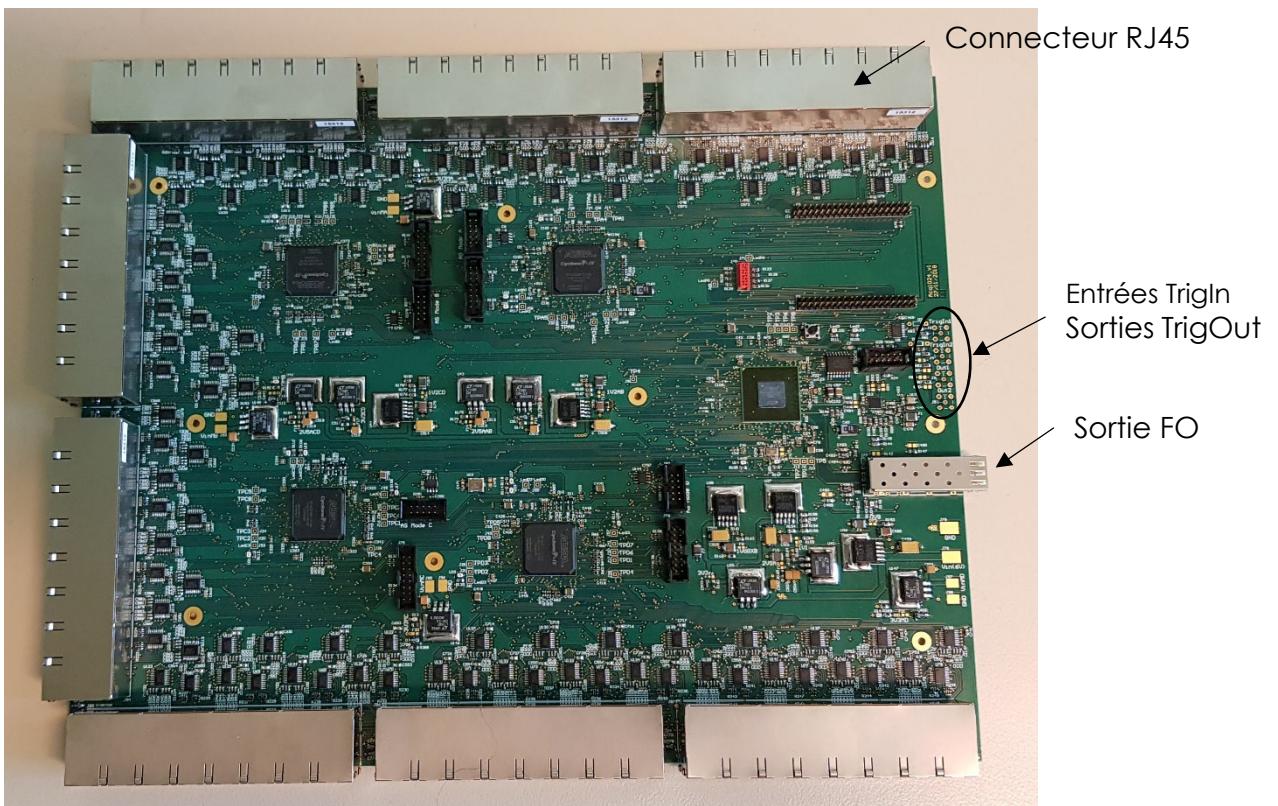
1.1. Boîtier principal



Boîtier principal

1.1.1. Cartes électroniques

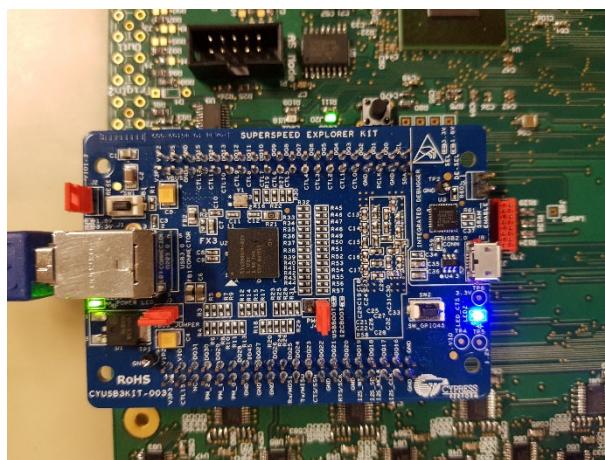
La carte principale est constituée de 4 blocs construits autour d'un FPGA gérant l'acquisition d'un bloc de signaux. Un bloc est constitué de 256 signaux acoustiques provenant des micros, de 4 voies analogiques et d'un compteur d'échantillons. Un cinquième FPGA (maître) pilote les 4 autres, concentre les données en provenant et gère les interfaces FO et USB ainsi que les triggers.



Carte principale

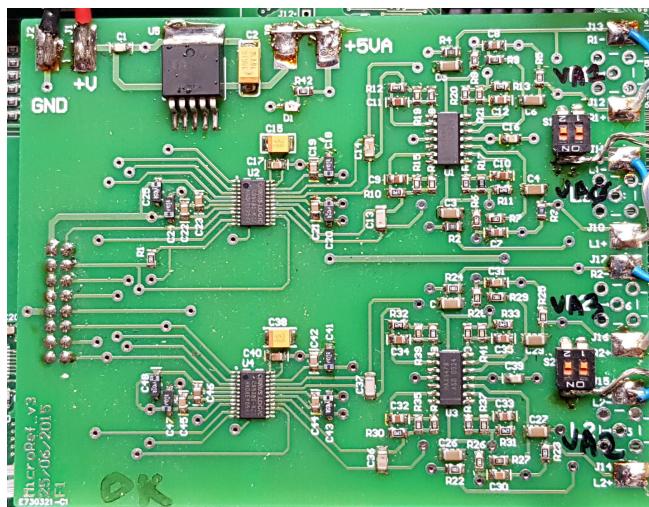
Cette carte est éventuellement complétée par plusieurs cartes complémentaires :

- une carte FX3 gérant l'interface USB ;



Carte d'interface USB3

- 4 cartes acceptant 4 entrées analogiques.



Carte d'acquisition de 4 voies analogiques

La carte numérisé des signaux d'amplitude 5.65 V crête-à-crête. La composante continue est filtrée. La tension maximale acceptable (y compris composante continue) est de 10 V.

1.1.1. Connectiques

Le boîtier comporte les connecteurs suivants :

- RJ45 destinés aux faisceaux numérotés de 0 à 127. Les faisceaux sont répartis dans les blocs :
 - Bloc A : F0 -> F31 ;
 - Bloc B : F32 -> F63 ;
 - Bloc C : F64 -> F95 ;
 - Bloc D : F96 -> F127 ;
 - BNC pour les voies analogiques numérotées de 0 à 15 réparties dans les blocs :
 - Bloc A : VA0 -> VA3 ;
 - Bloc B : VA4 -> VA7 ;
 - Bloc C : VA8 -> VA11 ;
 - Bloc D : VA12 -> VA15 ;
 - SMB :
 - Trig IN (reliée à l'entrée TrigIn1 de la carte) : permet de déclencher l'acquisition par un signal TTL externe ;

- TRIG OUT (reliée à la sortie TrigOut1 de la carte) : signal TTL généré par le concentrateur (positif durant l'acquisition) ;
- USB3 : assure la liaison avec le PC ;
- FO : permet de relier le boîtier principal au module FO ;
- Connecteurs d'alimentation.

Les connecteurs RJ45 et BNC sont regroupés par bloc comme l'illustre la photo suivante.



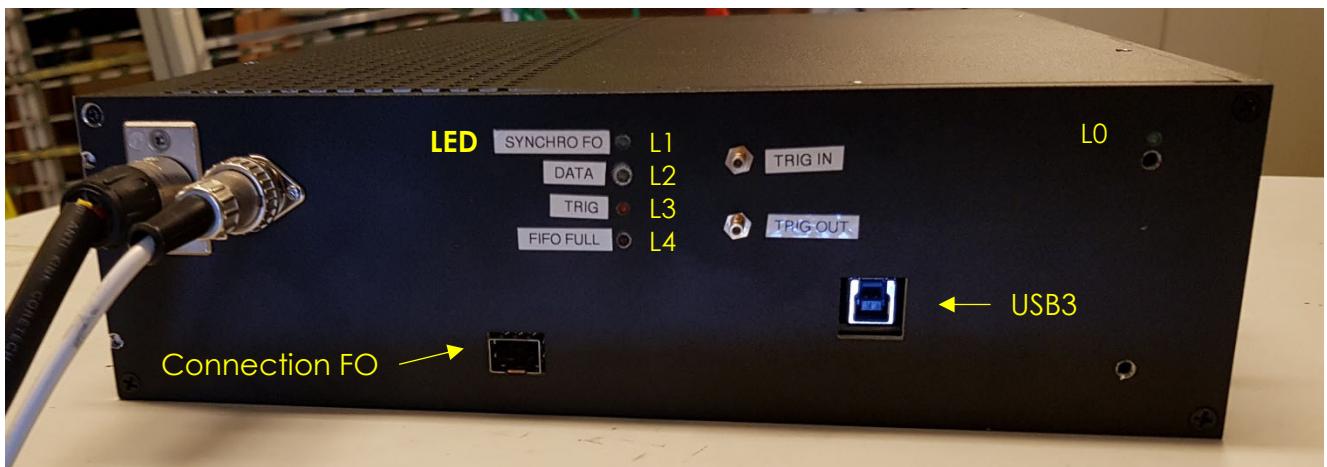
Connectique d'une face latérale (bloc A et moitié du bloc B)

1.1.1. Diodes

Les diodes permettent d'avoir une information sur l'état du système. Leur rôle est indiqué dans le tableau suivant.

LED	Couleur	Etiquette	Indication
L0	Vert		Système sous tension
L1	Vert	SYNCHRO FO	FO synchronisée (si branchée)
L2	Vert	DATA	Acquisition de données en cours
L3	Orange	TRIG	Attente de déclenchement externe
L4	Rouge	FIFO FULL	« FIFO full occurred » : des données ont été perdues (uniquement dans le cas où la liaison avec le PC est USB)

Remarque : en cas d'utilisation de la fibre optique, la diode L4 s'allume mais ce n'est pas un défaut de fonctionnement.



Face avant du boîtier

1.2. Alimentation électrique

Le boîtier concentrateur doit être alimenté par des alimentations externes. Il nécessite deux alimentations :

- Alimentation des éléments logiques : $U = 6 \text{ V}$; $I = 2.5 \text{ A}$;
- Alimentation des micros : $U = 4.8 \text{ V}$; $I = 3.5 \text{ A}$.

Les tensions correspondent à la valeur attendue à l'entrée du boîtier. Dans le cas d'un déport des alimentations, il faut prendre en compte la chute de tension qui apparaît dans le câble.

Deux câbles à brancher sur des alimentations de laboratoires sont fournis :

- Câble de longueur 3 m : la chute de tension peut être négligée ;
- Câble de longueur 17 m : la chute de tension ne peut plus être négligée et il faut régler les tensions de sortie sur 6.9 V pour l'alimentation logique et 6.4 V pour l'alimentation des micros.

Les valeurs de tensions indiquées ne doivent en aucun cas être dépassées.

Il existe également un boîtier d'alimentation dédié muni d'un câble de longueur 1 m adapté pour fournir les tensions requises.

1.3. Module FO

En cas d'utilisation d'une FO, celle-ci arrive sur un module complémentaire qui assure la liaison vers le boîtier principal par la FO et vers le PC par une liaison USB.

Du point de vue de l'utilisateur, l'utilisation de la FO est transparente, c'est-à-dire que les instructions dans un sens et les données dans l'autre sont identiques dans les deux modes de fonctionnement.

Le boîtier comporte également une série de diodes indicatrices :

LED	Couleur	Etiquette	Indication
L0	Vert		Module sous tension
L1	Vert	SYNCHRO FO	FO synchronisée
L2	Vert	DATA	Acquisition de données en cours
L3	Orange		
L4	Rouge	FIFO FULL	« FIFO full occurred » : des données ont été perdues

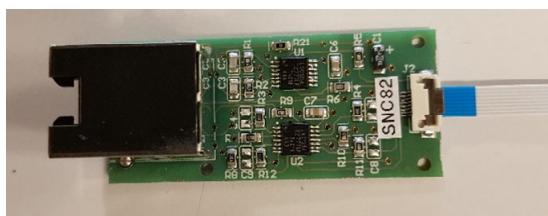


Boîtier du module FO

Ce module est alimenté par le secteur.

1.4. Faisceau

Un faisceau comporte une carte buffer munie d'un connecteur RJ45 et de 8 cartes comportant chacune un micro reliées entre elles par un câble plat. L'ordre de branchement des cartes micros est impératif (de 0 à 7 à partir du buffer). En revanche, il est possible de retirer une ou plusieurs cartes micros.



Carte buffer



Carte micro

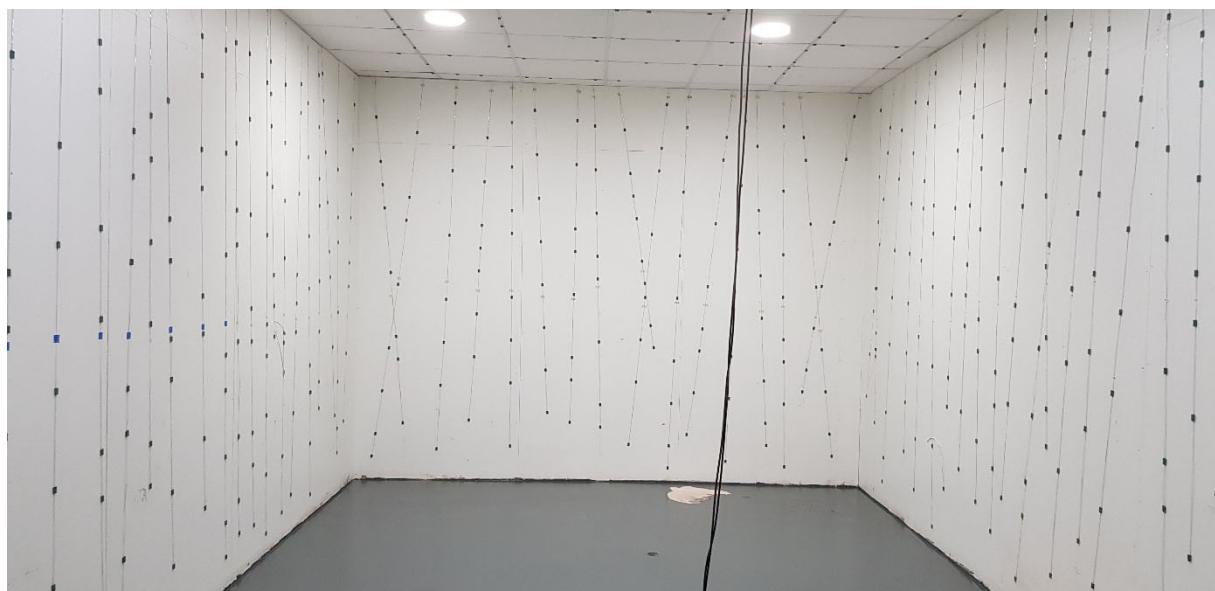
Les données sont sérialisées, ce qui signifie que les digits d'un échantillon arrivent successivement cadencés par une horloge cadencée à 64 fois la fréquence d'échantillonnage.

Le faisceau est relié au boîtier par un câble réseau classique d'une longueur maximale de 10 m.

1.5. Particularités de MODO

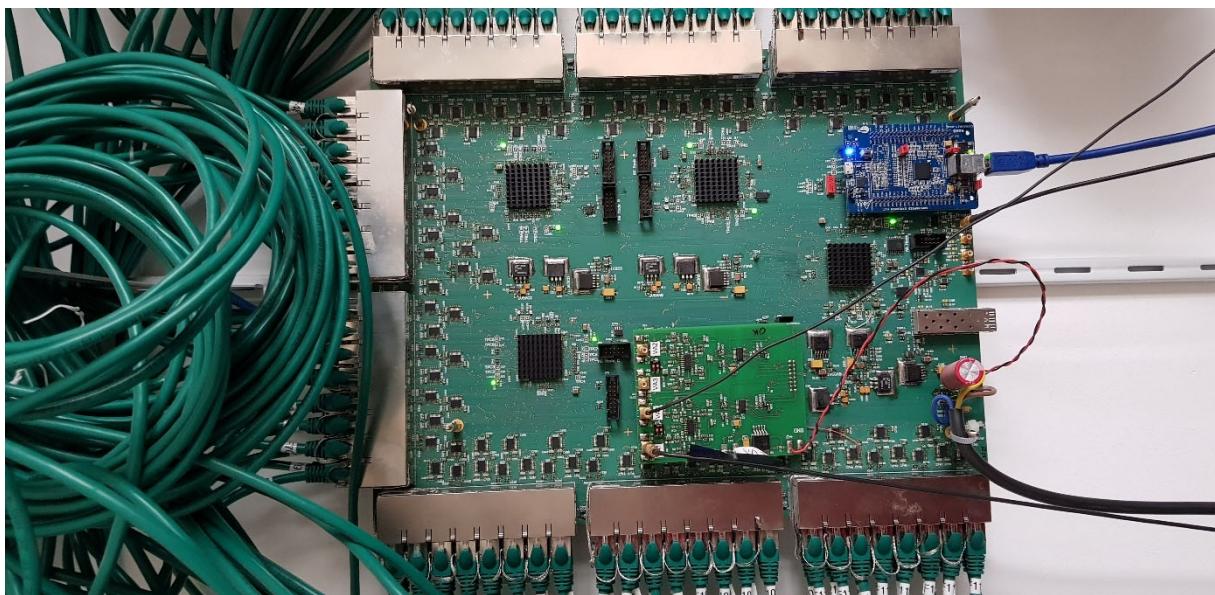
MODO (les murs ont des oreilles) est une installation expérimentale située dans les locaux de l'Institut sur le campus de Saint-Cyr.

1024 micros (version V2) tapissent le plafond et les murs d'une salle d'environ 20 m².



Salle MODO

Le système d'acquisition installé à demeure n'est pas placé dans un boîtier. De ce fait, certains des connecteurs qui se trouvaient sur le boîtier sont placés directement sur les cartes. Le système ne comprend qu'une carte d'acquisition de voies analogiques (celle du bloc A).



Carte d'acquisition de MODO

La carte principale comporte les connecteurs SMB suivants :

- TrigIn1 : permet de déclencher l'acquisition ou l'arrêt par un signal TTL externe ;
- TrigIn2 : permet de déclencher l'acquisition ou l'arrêt par un signal TTL externe ;
- TrigOut1 : signal TTL généré par le concentrateur (positif durant l'acquisition) ;
- TrigOut2 : non connecté (à la masse).

La carte d'acquisition des voies analogiques comporte 4 connecteurs SMB correspondant aux voies VA0 à VA3.

2. Pilotage du système d'acquisition

2.1. Principe

Le pilotage se fait à travers des commandes transmises par la liaison USB. Elles sont décodées au niveau du module USB, soit dans le module FO, soit dans le boîtier principal. Ensuite certaines sont transmises au FPGA maître.

Une séquence type est la suivante :

- Initialisation du système après la mise sous tension des modules :
 - Initialisation de la carte FX3 gérant la liaison USB ;
 - Initialisation des FPGA ;
 - Initialisation des micros ;

- Chargement des paramètres de l'acquisition :
 - Fréquence d'échantillonnage ;
 - Nombre d'échantillons (1 échantillon correspond à l'acquisition d'une valeur sur toutes les voies sélectionnées) ;
 - Choix des micros et des voies analogiques ;
- Déclenchement (manuel ou déclenchement extérieur) de l'acquisition et réception des données.

La première étape n'est nécessaire qu'au démarrage du système.

2.2. Liaison USB

Les paramètres de la liaison sont :

- Vendor_Id : 0xFE27 ;
- Product_Id : 0xAC02.

Les commandes sont transmises par le bus de contrôle (débit lent) tandis que les données sont passées par un bus rapide (adresse du bus de données : 0x81).

Les commandes sont la forme d'une suite d'octets dont le nombre dépend de la commande.

2.3. Commandes

Les commandes sont envoyées sur le port de contrôle de la liaison USB. Le premier octet d'une commande est décodé au niveau du module FX3 (dénommée commande FX3). Les octets suivants sont transmis et décodés au niveau du FPGA.

Le premier octet (en valeur hexadécimale) peut prendre les valeurs données dans le tableau ci-dessous.

Commande FX3	Nom	Action
0xBX	FPGA_X	Transmet au FPGA une commande avec un argument de X octets ($0 \leq X \leq 4$)
0xC0	Reset FX3	Initialise le module FX3
0xC4	Reset_PH	Reset externe des FPGA (Pseudo Hard)

La liste des commandes interprétables par le FPGA est donnée dans le tableau suivant.

Code	Commande	Paramètre	Fonction	Commentaires
0x00	Reset	/	Arrêt micros	Stoppe l'alimentation des micros
0x01	Init	$9 \leq N \leq 255$	Choix de la fréquence d'échantillonnage	$Fech = 500\text{kHz} / (N+1)$ Voir Note 1
0x02	Start	<i>Trig_opt</i>	Lance l'acquisition	Voir Note 2
0x03	Stop	<i>Trig_opt</i>	Stoppe l'acquisition	Voir Note 2
0x04	Count	N (4 octets)	Nombre d'échantillons	Les octets sont transmis dans l'ordre du poids faible au poids fort. Si $N=0$, le nombre d'échantillons est non défini. L'acquisition doit alors être arrêtée par la commande Stop.
0x05	Active	N, P, val (3 octets)	Choix des voies à acquérir	$N=0$ (fixe). P : num_page, val (voir Note 3)
0x07	Delay	N (1 octet)	Décalage de la saisie de donnée	Voir Note 4
0x08	Abort	/	Annulation de l'acquisition	Annulation de l'acquisition. Utilisable dans le cas où le déclenchement est externe et n'est pas encore intervenu. Permet de reprendre la main.
0x09	Data Type	N (1 octet)	Choix du type de données	$N=0$: données en Int32 $N=1$: données en float32 (sauf les compteurs)
0x0A	Valide faisceaux	N (2 octets)	Alimentation des faisceaux	Voir Note 5

Remarque : les commandes **en rouge** sont à manipuler avec précaution et ne devraient pas être utilisées dans l'usage courant. Leur usage est restreint sur le logiciel de pilotage.

Note 1 : choix de la fréquence

Suivant la version des microphones utilisés, les fréquences d'échantillonnage admissibles diffèrent.

Pour toutes les versions, la fréquence maximale est de 50 kHz. Les microphones V3 ne supportent pas une fréquence inférieure à 5 kHz. Il est néanmoins possible d'utiliser des fréquences inférieures pour acquérir des voies analogiques.

Note 2 : choix du mode de déclenchement ou de l'arrêt :

Seuls les digits 0, 1, 6 et 7 de *Trig_opt* sont interprétés :

digit	<i>Trig_opt</i>							
	7	6	5	4	3	2	1	0
	0x00 : front montant	-	-	-	-		0x00 : Trig soft	
	0x01 : front descendant						0x01 : Trig 1	
	0x10 : état haut						0x10 : Trig 2	
	0x11 : état bas						0x11 : Non valable	

Note 3 : choix des données transmises

Un digit de *val* à 1 active la voie correspondante selon le tableau ci-dessous.

<i>num page (P)</i>	<i>val</i>								
	digit 7	digit 6	digit 5	digit 4	digit 3	digit 2	digit 1	digit 0	
0	F0, M7	F0, M6	F0, M5	F0, M4	F0, M3	F0, M2	F0, M1	F0, M0	
1	F1, M7	F1, M6	F1, M5	F1, M4	F1, M3	F1, M2	F1, M1	F1, M0	
2	F2, M7	F2, M6	F2, M5	F2, M4	F2, M3	F2, M2	F2, M1	F2, M0	
...
127	F127, M7	F127, M6	F127, M5	F127, M4	F127, M3	F127, M2	F127, M1	F127, M0	
128 à 250	/	/	/	/	/	/	/	/	/
251									
252	Compteur D	Status D	/	/	VA15	VA14	VA13	VA12	
253	Compteur C	Status C	/	/	VA11	VA10	VA9	VA8	
254	Compteur B	Status B	/	/	VA7	VA6	VA5	VA4	
255	Compteur A	Status A	/	/	VA3	VA2	VA1	VA0	

F : faisceau ; M : micro du faisceau ; le numéro global d'un micro est 8xF+M.

Note 4 : commande **Delay**

Cette commande n'est disponible que pour effectuer des tests et des réglages. Elle n'a pas vocation à être utilisée en usage courant.

Les données provenant des micros arrivent en mode série, digit par digit cadencées par l'horloge SCK fonctionnant à 64 fois la fréquence d'échantillonnage (au maximum 3.2 MHz). Du fait de leur manipulation et du retard induit par la longueur des câbles, elles arrivent avec un certain décalage par rapport à l'instant prévu. Ce décalage est compensé par la commande **Delay** avec un paramètre N correspondant à un nombre de périodes de l'horloge MCK oscillant à 4 fois la fréquence de SCK (au maximum 12.8 MHz).

Si N=0, le système se met dans un mode spécifique. L'acquisition des 24 digits se fait non plus à la fréquence de SCK mais à celle de MCK sans décalage. Comme les

valeurs peuvent être considérées comme quasi aléatoires, la moyenne des digits sur quelques centaines d'échantillons doit être proche de 0.5. La transition entre les valeurs moyennes nulle et à 0.5 permet d'estimer le retard M (en périodes de MCK) dû à la transmission des signaux. La valeur convenable à choisir pour le décalage est alors N=M+2.

Si la commande **Delay** n'est pas envoyée, la valeur par défaut N=10 est utilisée.

Note 5 : choix des faisceaux validés.

La commande **Valide faisceaux** permet d'alimenter ou non les différents faisceaux, ce qui peut être utile en mode test. Cette commande est à bien distinguer de **Active** qui sélectionne les micros à acquérir. Un digit de N mis à 1 correspond à l'alimentation d'un groupe de faisceaux selon la table suivante.

Digit de N	Faisceaux validés							
0	0	1	2	3	8	9	10	11
1	4	5	6	7	12	13	14	15
2	16	17	18	19	24	25	26	27
3	20	21	22	23	28	29	30	31
4	32	33	34	35	40	41	42	43
5	36	37	38	39	44	45	46	47
6	48	49	50	51	56	57	58	59
7	52	53	54	55	60	61	62	63
8	64	65	66	67	72	73	74	75
9	68	69	70	71	76	77	78	79
10	80	81	82	83	88	89	90	91
11	84	85	86	87	92	93	94	95
12	96	97	98	99	104	105	106	107
13	100	101	102	103	108	109	110	111
14	112	113	114	115	120	121	122	123
15	116	117	118	119	124	125	126	127

La séquence d'initialisation du boîtier est construite avec les 5 instructions suivantes (en hexadécimal) : / C0 / C4 / (B0 00) / C4 / C0 /. Dans le cas d'une liaison directe par USB entre le PC et le boîtier, la séquence / C0 / C4 / (B0 00) / est suffisante.

Par exemple, la séquence d'octets / B4 04 00 40 00 00 / correspond au choix d'acquérir 16 384 échantillons.

2.4. Données

2.4.1. Organisation des données

Un échantillon est constitué de n données arrivant dans un ordre suivant les blocs (A→D). Dans chaque bloc, elles sont ordonnées : Compteur/Micros/Status/VA. Une donnée est présente si la voie a été préalablement sélectionnée.

D'un point de vue global, si elles sont présentes, les données arrivent comme suit :

Compteur A / M0→M255 / Status A / VA0→VA3 / Compteur B / M256→M511 / Status B / VA4→VA7 / Compteur C / M512→M767 / Status C / VA8→VA11 / Compteur D / M768→M1023 / Status D / VA12→VA15.

Suivant la valeur de **Data_type**, les données des micros et des VA sont codées en Int32 ou en float32.

La donnée de **Status** ne comporte qu'un seul digit utile. Les autres informations présentes dans la version 256 voies ne sont plus disponibles. Cette donnée est maintenue pour assurer une compatibilité avec les systèmes précédents.

Status (A B C D)	
digit 0	
digit 1	
digit 2	
digit 3	
digit 4	Acquisition en cours (décalé de 1 échantillon : ce digit à 1 indique que l'acquisition de l'échantillon suivant est en cours)

2.4.2. Sensibilité

La sensibilité nominale des micros utilisés est la même quelle que soit leur génération (de 1 à 3). Un signal de 94 dB en entrée génère une sortie numérique à -26 dB FS. Ce qui correspond à une sensibilité :

$$\text{Sens} = \frac{\sqrt{2}}{400000} = 3.54 \mu\text{Pa/digit},$$

ou qu'un signal d'amplitude de 1 digit a un niveau de -15,1 dB.

La sensibilité des entrées analogiques se déduit du fait que la pleine échelle (24 digits) correspond à une entrée de 5.65 V cc, soit :

Sens = 0.337 V / digit .

2.5. Mise en route du système

Il n'est pas possible d'utiliser simultanément la FO et la liaison USB sur le boîtier principal. En particulier, il ne faut pas laisser connectés en même temps sur le PC le boîtier principal et le boîtier FO. Le branchement et le débranchement de la FO doivent se faire lorsque les boîtiers ne sont pas alimentés.

Les ordres de mise en route préconisés sont donnés ci-dessous mais d'autres sont également possibles à condition de respecter les restrictions énoncées plus haut :

- Avec utilisation de la FO :
 1. Brancher la FO aux deux extrémités.
 2. Brancher l'alimentation du boîtier principal.
 3. Brancher le câble USB sur le module FO.
 4. Mettre le module FO sous tension (la diode L0 du module FO doit s'allumer, ne pas prendre en considération les diodes allumées).
 5. Alimenter le boîtier principal (la diode L1 du module FO, les diodes L0 et L1 du boîtier principal doivent s'allumer).
 6. Brancher le câble USB sur le PC (les diodes L2 et L3 du module FO et les diodes L2, L3 et L4 du boîtier principal doivent alors être éteintes).
 7. Lancer l'interface sur le PC (après l'initialisation (bouton « Init », (les diodes L2, L3 et L4 du module FO et les diodes L2, L3 et L4 du boîtier principal doivent alors être éteintes)).
- Sans utilisation de la FO :
 1. Si besoin, débrancher la FO du boîtier principal et retirer le transceiver.
 2. Brancher l'alimentation du boîtier principal.
 3. Brancher le câble USB sur le boîtier.
 4. Alimenter le boîtier principal (la diode L0 doit s'allumer).
 5. Brancher le câble USB sur le PC.
 6. Lancer l'interface sur le PC (les diodes L1, L2, L3 et L4 du boîtier principal doivent être éteintes).

Les systèmes d'acquisition ont été testés avec des câbles USB3 d'une longueur de 1 à 5 m. Il est également possible d'intercaler une rallonge USB active de 15 m.

Si le pilote a été installé (cf. §3.1), le système « M μ » apparaît sous la rubrique « Périphériques Universal Serial Bus » dans le gestionnaire de périphériques et l'interface de pilotage peut alors être lancée.

3. Utilisation de l'interface PC

Une interface écrite en C++ développée sous Microsoft Visual Studio 2019 permet de piloter le système d'acquisition et d'enregistrer les données et des informations sur l'acquisition. Ce pilote fonctionne sur les versions 8 et 10 de Windows mais pas sur les versions antérieures.

3.1. Généralités

Sur le plan matériel, deux éléments sont critiques pour une utilisation maximale du boîtier : le débit de la liaison USB et la vitesse d'écriture sur le disque dur. Le débit maximal est proche de 200 Mo/s. Pour l'enregistrement, n'importe quel disque SSD répond à cette exigence de débit. La situation est plus complexe pour la liaison USB. En effet, sur un PC, les différentes prises ne supportent pas le même débit maximal. Une solution est d'ajouter une carte d'extension PCI Express comportant 4 ports USB avec chacun son contrôleur dédié (par exemple, PCI Express USB 3.0 PEXUSB3S4V de StarTech).

Comme il n'y a pas de pilote USB signé pour le système, il faut en installer un générique compatible. Le plus simple est d'utiliser l'utilitaire « Zadig ». Cette opération n'est nécessaire que la première fois que l'on utilise le système avec le PC. Il faut relier le système d'acquisition par un câble USB au PC avant de lancer Zadig.

La procédure d'utilisation de « Zadig » est la suivante :

- Dans le menu « Options », choisir « List all Devices » ;
- Sélectionner le système d'acquisition (« M μ »), on peut vérifier que l'« USB ID » correspond bien à FE27 / AC02 ;
- À l'aide des flèches, choisir le Driver « WinUSB » ;
- Cliquer sur le bouton « Replace Driver ».

On peut vérifier que le pilote est bien installé à l'aide de l'utilitaire « Gestionnaire de périphériques » de Windows. Le système « M μ » apparaît sous la rubrique « Périphériques Universal Serial Bus ».

Pour pouvoir utiliser l'interface de pilotage, les fichiers suivants sont nécessaires et doivent être placés dans un répertoire unique :

- « Megamicros_ACQ_1024.exe » (version 3.1.0) ;
- « ucrtbased.dll » ;
- « vcruntime140d.dll ».

Remarque : les deux derniers fichiers ne sont nécessaires que si Visual Studio 2019 n'est pas installé sur le PC.

3.2. Fichiers générés

Si l'utilisateur en fait le choix, les données acquises et les paramètres d'acquisition sont sauvegardées sur le PC. En plus du fichier de données, deux fichiers log sont générés.

3.2.1. Fichier de données

Le fichier de données comporte une extension « .dat ». Il ne comprend que les données qui sont enregistrées dans l'ordre indiqué § 2.4. Le codage est soit en Int32, soit en float32 (sauf le compteur et le status) au choix de l'utilisateur.

3.2.2. Fichiers log

En complément du fichier de données, sont enregistrés deux autres fichiers dont les noms ne diffèrent que par leur extension (« .Mμ » et « .log »). Ils comportent un certain nombre d'informations à propos de l'acquisition. Le premier est sous format binaire tandis que le second est en format texte.

Le format de ce fichier est conçu pour être identique quel que soit le système d'acquisition (32, 256 ou 1024).

La taille du fichier « .Mμ » est fixe : 2097 octets. Les éléments enregistrés sont les suivants :

- Date : tableau de 8 uint16 représentant la date et l'heure du début de l'enregistrement :
 - Année ;
 - Mois ;
 - Jour de la semaine
 - Jour ;

- Heure
- Minute
- Seconde
- Milliseconde ;
- *Micros* : tableau de 1024 octets indiquant les micros enregistrés :
 - $\text{Micros}[i] = 1 \rightarrow$ le $i^{\text{ème}}$ micro est enregistré ;
 - $\text{Micros}[i] = 0 \rightarrow$ le $i^{\text{ème}}$ micro n'est pas enregistré ;
- *VA* : tableau de 16 octets indiquant les voies analogiques enregistrées :
 - $\text{VA}[i] = 1 \rightarrow$ la $i^{\text{ème}}$ VA est enregistrée ;
 - $\text{VA}[i] = 0 \rightarrow$ la $i^{\text{ème}}$ VA n'est pas enregistrée ;
- *Compteurs* : tableau de 4 octets indiquant les compteurs enregistrés :
 - $\text{Compteurs}[i] = 1 \rightarrow$ le $i^{\text{ème}}$ compteur est enregistré. Dans le système 32 voies, le compteur enregistré correspond au premier ;
 - $\text{Compteurs}[i] = 0 \rightarrow$ le $i^{\text{ème}}$ compteur n'est pas enregistré ;
- *Freq (float32)* : fréquence d'échantillonnage (en Hz) ;
- *Nb_echantillons (Uint32)* : nombre d'échantillons acquis ;
- *Durée (float32)* : durée d'acquisition (en s) ;
- *Type* : un octet indiquant le format des données (hors les compteurs) :
 - *Type* = 0 → les données sont acquises en Int32 ;
 - *Type* = 1 → les données sont acquises en float32 ;
- *Commentaire* : tableau de 1024 char pouvant être saisi par l'utilisateur à travers la fenêtre dédiée de l'interface.

Le fichier « .log » reprend des données similaires en format texte avec comme différences :

- Date simplifiée ;
- Indication du nombre maximal de faisceaux du système d'acquisition ;
- Indication du nombre de voies acquises, réparties en micros, voies analogiques et compteurs (utile pour déterminer si le status a été acquis) ;
- Durée arrondie à 0.1 s.

3.2.3. Fichiers de configuration

Le logiciel utilise un fichier de configuration nommé « config_en_cours.txt » placé dans le même répertoire que l'exécutable. Il est actualisé à chaque acquisition Au

lancement de l'interface, les paramètres qu'il contient sont utilisés pour son initialisation. Si le fichier n'existe pas, les paramètres par défaut sont alors sélectionnés.

Il s'agit d'un fichier texte qui reprend en grande partie les informations contenues dans les fichiers log. Les éléments contenus sont les suivants :

- Fréquence d'échantillonnage ;
- Durée d'acquisition ;
- Type des données (entier ou float) ;
- Mode de déclenchement de l'acquisition ;
- Enregistrement d'un fichier (1) ou non (0) ;
- Nom du fichier d'acquisition ;
- Nombre de faisceaux du système d'acquisition ;
- Les micros sélectionnés ;
- Les voies analogiques sélectionnées ;
- Les compteurs sélectionnés.

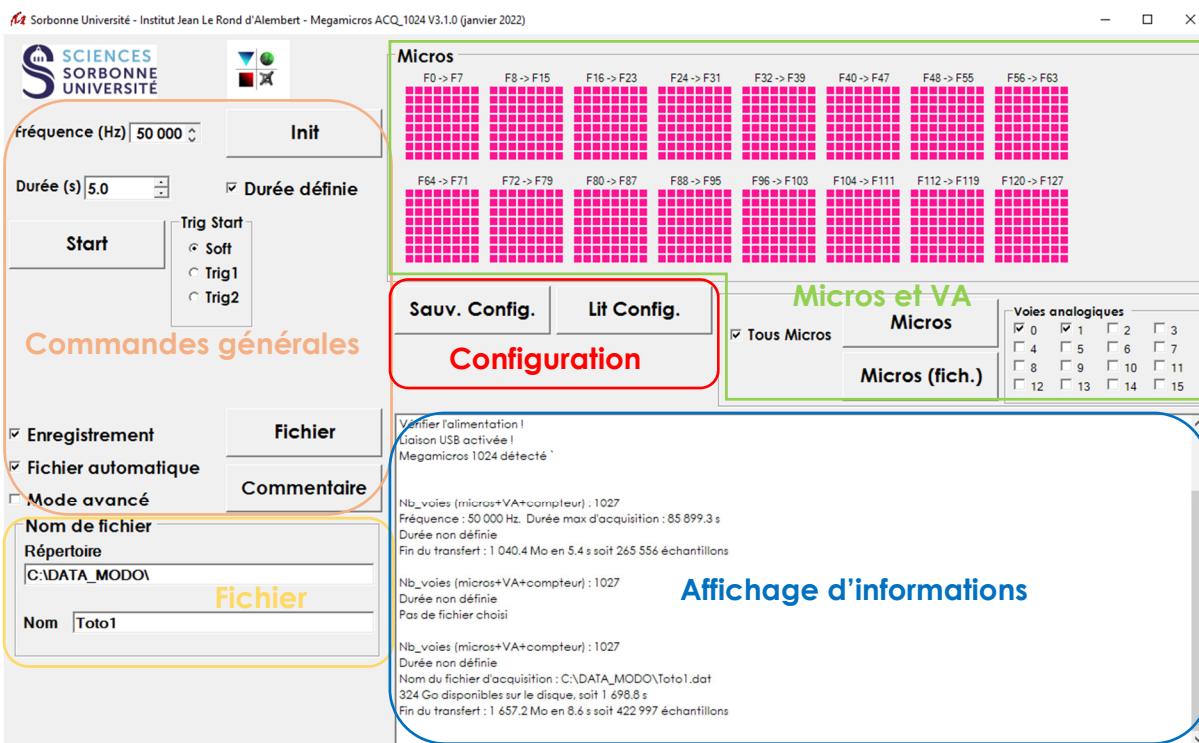
Comme c'est un fichier texte, il est possible mais déconseillé de modifier le fichier de configuration manuellement.

Il est également possible d'écrire et de lire des fichiers de configuration ayant le même format.

3.3. Interface utilisateur

L'interface se présente sous la forme d'une fenêtre dont l'apparence dépend de l'état du système. La figure suivante est celle obtenue après initialisation de l'interface.

Elle est divisée en plusieurs zones regroupant des fonctionnalités complémentaires. Suivant l'état du système, certaines fonctionnalités sont présentes/accessibles ou non sur l'interface

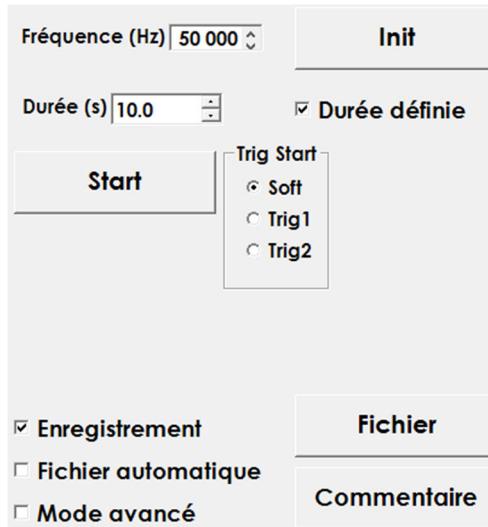


Fenêtre du logiciel de pilotage

3.3.1. Zone « Configuration »

- Bouton « Sauv. Config. » :
 - Ouvre une boîte de dialogue permettant de sauvegarder la configuration en cours dans un fichier texte à choisir.
- Bouton « Lit Config. » :
 - Ouvre une boîte de dialogue permettant de sélectionner un fichier contenant une configuration préalablement enregistrée.

3.3.2. Zone « Commandes générales »



- Bouton « Init » : initialise le système :
 - Seul bouton actif au démarrage ;
 - Initialisation de la liaison USB côté PC, la taille des blocs transférés entre le boîtier et le PC est fixée à 16 Mo ;
 - Teste si le ou les boîtiers sont bien alimentés ;
 - Envoi de la série de commandes d'initialisation du système : **Reset FX3** (initialisation du module FX3 qui gère la liaison USB), **Reset_PH** (Reset externe du FPGA), **Reset** (arrêt de l'alimentation des micros), **Reset_PH**, **Reset FX3** ;
 - Envoi de la commande **Init** qui met sous tension les micros et les initialise avec la fréquence d'échantillonnage choisie.
- Liste « Fréquence » :
 - Permet de sélectionner la fréquence d'échantillonnage parmi les 17 valeurs possibles (réparties entre 2 et 50 kHz) (attention : les microphones V3 ne supportent pas une fréquence inférieure à 5 kHz) ;
 - Lors d'un changement de fréquence, il faut le valider (par la touche « Enter » ou en cliquant sur la valeur) ;
 - En ce cas, la commande **Init** est envoyée.
- Case à cocher « Durée définie » :
 - Non cochée : la durée n'est pas définie avant l'acquisition et l'acquisition doit être arrêtée grâce au bouton « Stop » (cf. infra) ;

- Cochée :
 - La durée de l'enregistrement est fixée avant le lancement de l'acquisition à l'aide du champ « Durée ».
- Champ « Durée » :
 - Fixe la durée de l'enregistrement ;
 - Ce champ n'apparaît que si la case « Durée définie » est cochée.
- Case à cocher « Enregistrement » :
 - Permet de choisir si l'acquisition sera enregistrée ou non ;
 - Si elle est cochée, la case à cocher « Fichier automatique » et le bouton « Commentaires » sont accessibles ;
 - Si la case à cocher « Fichier automatique » n'est pas cochée, le bouton « Fichier » est affiché.
- Case à cocher « Fichier automatique » :
 - Son activation :
 - Affiche la zone « Fichier » ;
 - Masque le bouton « Fichier » ;
 - Désactive la case à cocher « Mode avancé » ;
 - Sa désactivation :
 - Masque la zone « Fichier » ;
 - Affiche le bouton « Fichier ».
- Bouton « Fichier » :
 - Est visible si la case à cocher « Fichier automatique » n'est pas validée ;
 - Ouvre une boîte de dialogue pour choisir un nom de fichier ; en cas de choix, crée trois fichiers (« .dat », « .log » et « .Mu »).
- Bouton « Commentaires » :
 - Ouvre la zone de texte « Commentaires » ;
 - Est remplacé par le bouton « Ferme Comment. » ;
 - Les autres fonctionnalités sont désactivées jusqu'à la fermeture de la zone de texte.



Fenêtre permettant de saisir des commentaires sur l'acquisition

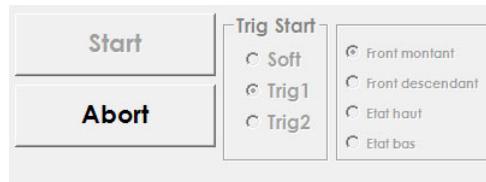
- Zone de texte « Commentaires » :
 - On peut saisir jusqu'à 1024 caractères (blancs et retours à la ligne compris) ;
 - Ce texte, éventuellement complété par des blancs, constitue le tableau Commentaire enregistré dans le fichier « .Mu » à la fin de l'acquisition et est ajouté à la fin du fichier « .log ».
- Bouton « Ferme Comment. » :
 - Ferme la zone de texte ;
 - Réactive les fonctionnalités de la fenêtre principale.
- Bouton « Start » :
 - Lance l'acquisition à partir des informations fournies par l'interface, en particulier :
 - Envoi de la commande **Active** pour tous les faisceaux avec les paramètres correspondant aux voies sélectionnées ;
 - Lorsque « Mode avancé » n'est pas sélectionné, le compteur A est acquis ;
 - Envoi de la commande **Valide faisceaux** pour alimenter ou non les différents faisceaux. Par défaut, tous les faisceaux sont alimentés. Il faut passer en mode avancé pour modifier de paramètre ;
 - Envoi de la commande **Count** pour fixer le nombre d'échantillons à acquérir ;
 - En cas d'enregistrement, sélection du fichier :
 - Si la case à cocher « Fichier automatique » est validée et que le fichier existe déjà, affichage d'une fenêtre de dialogue vérifiant que le fichier existant peut être écrasé ;

- Si la case à cocher « Fichier automatique » n'est pas validée, affichage d'une fenêtre dialogue pour choisir le fichier de stockage si cela n'a pas été fait au préalable ;
- Attention, l'affichage d'une fenêtre de dialogue décale le début de l'acquisition ;
- Envoi de la commande **Start** qui déclenche l'acquisition soit immédiatement ou après réception d'un signal sur l'entrée choisie dans « Trig Start » (cf. infra) ;
- Si le déclenchement externe est choisi, le bouton « Abort » est affiché ;
- Pendant l'acquisition :
 - Le bouton « Stop » est affiché ;
 - Les tâches assurant les transferts par la liaison USB sont activées ;
 - Les pseudo-niveaux sont affichés ;
 - En cas de durée définie la barre de progression est affichée ;
 - En cas de durée non définie ou supérieure à 1 minute, la durée depuis le début de l'acquisition est affichée ;
- L'acquisition s'arrête si l'une des conditions suivantes est réalisée :
 - Le nombre d'échantillons à acquérir est atteint ;
 - Le bouton « Stop » a été actionné ;
 - Une erreur est survenue ;
- À la fin de l'acquisition, en cas d'enregistrement, les fichiers « .log » et « .Mu » sont écrits.
- Panneau « Trig Start » :



- Permet de sélectionner le mode de déclenchement de l'acquisition ;
- Si « Soft » est sélectionné, l'acquisition se fait immédiatement (ou éventuellement après le choix du fichier d'enregistrement) ;
- Si « Trig1 » ou « Trig2 » est sélectionné :

- Le déclenchement de l'acquisition se fait par un signal externe sur l'entrée TrigIn1 ou TrigIn2 de la carte ;
- Le deuxième panneau permet de choisir comment s'effectue le déclenchement ;
- Le déclenchement doit intervenir dans un délai de 30 secondes sinon l'acquisition est annulée
- Sur le boîtier MAMIES, le connecteur TRIG IN est relié à l'entrée TrigIn1 de la carte (l'entrée TrigIn2 n'est pas connectée).
- Bouton « Abort » :



- Apparaît quand le bouton « Start » a été activé et que le déclenchement externe a été choisi ;
- Annule l'acquisition avant son déclenchement ;
- Est actionné au bout de 30 secondes si aucun signal de synchro n'a été envoyé ;
- Disparaît s'il a été actionné ou si un signal de synchro est intervenu.
- Bouton « Stop » :



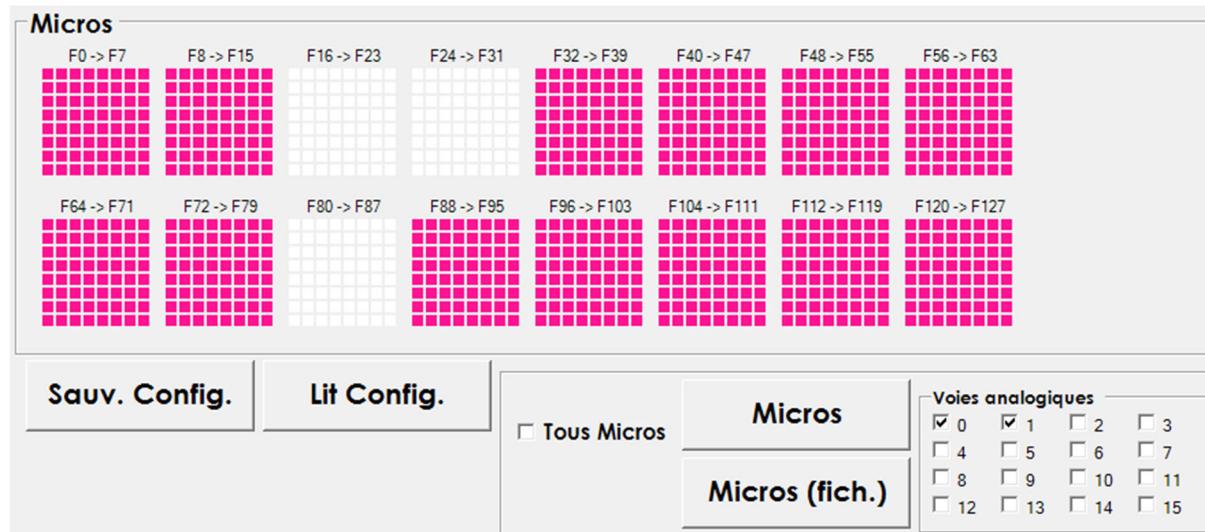
- Apparaît pendant l'acquisition ;
- Seule commande possible après le lancement de l'acquisition ;
- Envoi de la commande **Stop** qui arrête l'acquisition ;
- L'arrêt se fait après l'acquisition d'un dernier échantillon complet ;
- En cas de faible flux de données (fréquence d'échantillonnage basse et peu de voies acquises), la réaction à l'appui du bouton peut être différée de plusieurs dizaines de secondes ;

- En cas d'erreur ou de saturation du disque, le bouton est actionné.

3.3.3. Zone « Micros et VA »

Cette zone se présente différemment selon qu'une acquisition est en cours ou non.

Avant une acquisition :



- Panneau des micros :
 - Affiche les micros sélectionnés (en fuschia) et non sélectionnés (en blanc) pour l'acquisition ;
 - Les micros sont regroupés par blocs de 64 micros :
 - Un bloc correspond à un ensemble de 8 faisceaux consécutifs ;
 - Au sein d'un faisceau, les micros sont numérotés de 0 à 7 de haut en bas.
- Case à cocher « Tous Micros » :
 - En cochant la case, on sélectionne les 1024 micros ;
 - En décochant la case, on désélectionne les 1024 micros.
- Bouton « Micros » : ouvre la fenêtre de sélection des micros.
- Bouton « Micros (fich.) » : ouvre une boîte de dialogue permettant de sélectionner un fichier contenant une sélection de micros (extension « .fic ») préalablement enregistrée.
- Panneau « Voies analogiques » : les VA dont la case est cochée sont retenues pour l'acquisition.
- Fenêtre de sélection des micros :

Sorbonne Université - Institut Jean Le Rond d'Alembert - Megamicros ACQ_1024 V3.1.0 (janvier 2022) - □ ×

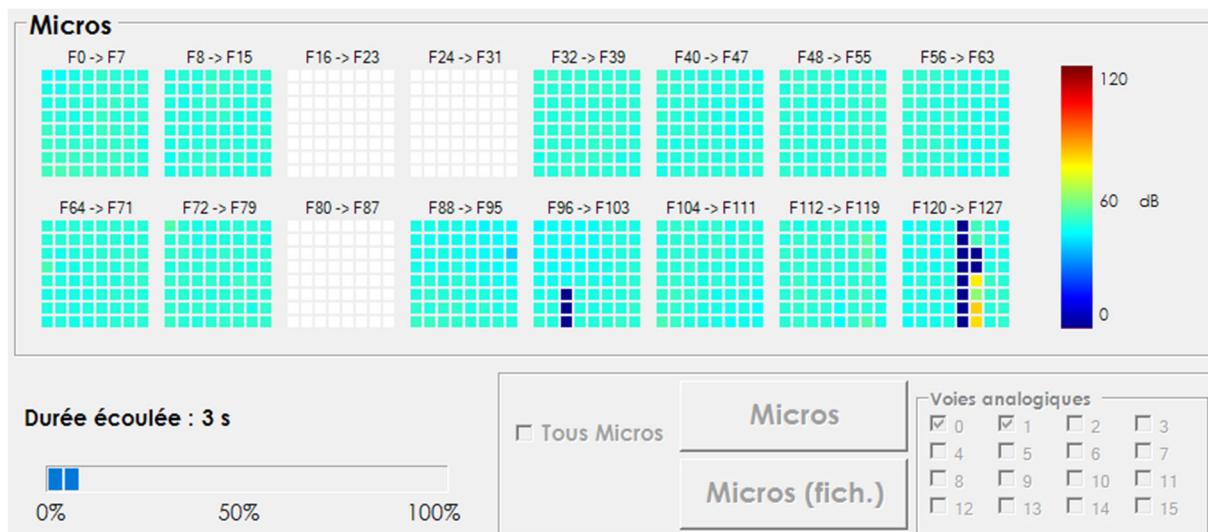
Faisceaux	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32	33	34	35	36	37	38	39	40	41	42	43	44	45	46	47
Micromos	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32	33	34	35	36	37	38	39	40	41	42	43	44	45	46	47
	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32	33	34	35	36	37	38	39	40	41	42	43	44	45	46	47
	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32	33	34	35	36	37	38	39	40	41	42	43	44	45	46	47
	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32	33	34	35	36	37	38	39	40	41	42	43	44	45	46	47
	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32	33	34	35	36	37	38	39	40	41	42	43	44	45	46	47
	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32	33	34	35	36	37	38	39	40	41	42	43	44	45	46	47
	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32	33	34	35	36	37	38	39	40	41	42	43	44	45	46	47
	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32	33	34	35	36	37	38	39	40	41	42	43	44	45	46	47
Faisceaux	48	49	50	51	52	53	54	55	56	57	58	59	60	61	62	63	64	65	66	67	68	69	70	71	72	73	74	75	76	77	78	79	80	81	82	83	84	85	86	87	88	89	90	91	92	93	94	95
Micromos	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32	33	34	35	36	37	38	39	40	41	42	43	44	45	46	47
Faisceaux	96	97	98	99	100	101	102	103	104	105	106	107	108	109	110	111	112	113	114	115	116	117	118	119	120	121	122	123	124	125	126	127	Save (fich)	Retour	Tous	□												
Micromos	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32	33	34	35	36	37	38	39	40	41	42	43	44	45	46	47
Faisceaux	96	97	98	99	100	101	102	103	104	105	106	107	108	109	110	111	112	113	114	115	116	117	118	119	120	121	122	123	124	125	126	127	Save (fich)	Retour	Tous	□												
Micromos	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32	33	34	35	36	37	38	39	40	41	42	43	44	45	46	47

Fenêtre de sélection des micros

- Ouverte par le bouton « Micros » de la fenêtre principale ;
 - Les commandes ne sont plus accessibles tant que la fenêtre reste ouverte ;
 - Les cases à cocher permettent de sélectionner les micros dont les signaux seront enregistrés :
 - Individuellement en choisissant une case correspondant à un micro d'un faisceau ;
 - Par faisceau en cochant la case « T » du faisceau ;
 - Par bloc de 64 micros en cochant les cases de la dernière ligne ;
 - La totalité des micros en cochant la case « Tous ».
 - Bouton « Save (fich.) » : ouvre une boîte de dialogue permettant de sauvegarder dans un fichier la sélection de micros (extension « .fic ») ;
 - Bouton « Retour » :
 - Ferme la fenêtre ;
 - Valide la sélection de micros ;
 - Rend les autres commandes de nouveau accessibles.
 - Panneau « Voies analogiques » :

- Avant l'acquisition, les cases à cocher permettent de sélectionner les voies analogiques dont les signaux seront enregistrés.

Pendant l'acquisition :



- Panneau des micros : affichage de pseudo-niveaux sur les micros :
 - Un niveau est calculé à chaque fois qu'un transfert de données est effectué entre le boîtier et le PC ;
 - Il est calculé sur 2000 échantillons, donc sur une durée qui dépend de la fréquence d'échantillonnage (40 ms à 50 kHz) ;
 - Les affichages (niveau, durée) sont calculés après chaque transfert avec un décalage qui dépend du nombre de voies acquises et de la fréquence d'échantillonnage, d'autant plus important que le flux de données est faible (rafraîchissement toutes les 80 ms pour une acquisition de 1000 voies à 50 kHz) ;
 - Pour un adressage sécurisé des voies affichées, il faut que le compteur A soit acquis ;
 - Un micro non enregistré est représenté par un carré blanc.
- En cas de durée non définie ou supérieure à une minute, la durée depuis le début de l'acquisition est affichée.
- En cas de durée définie, une barre de progression est affichée.

3.3.4. Zone « Nom de fichier »

Nom de fichier	
Répertoire	C:\DATA_MODO\
Nom	Toto1

Cette zone apparaît lorsque la case à cocher « Fichier automatique » est validée

- Zone de texte « Répertoire » :
 - Définit le répertoire dans lequel les fichiers de données et de log seront écrits ;
 - Si le répertoire n'existe pas, il sera proposé de le choisir ou le créer lors du lancement de l'acquisition ;
 - Un double-clic dans la zone ouvre une boîte de dialogue permettant le choix du répertoire.
- Zone de texte « Nom » :
 - Définit le nom (sans extension) des fichiers de données et de log.

3.3.5. Zone « Affichage d'informations »

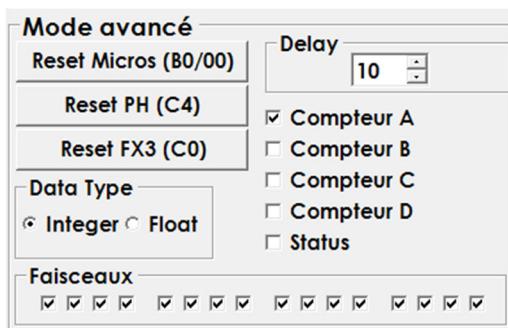
Cette zone de texte sert à écrire un certain nombre d'informations concernant le fonctionnement de l'interface, et éventuellement les erreurs survenues. La liste suivante donne des exemples d'informations pouvant apparaître dans cette zone (liste non exhaustive) en mode standard :

- À l'initialisation, établissement (ou non) de la liaison USB et vérification de la présence du système ;
- Nom du fichier de données choisi ;
- Au début de l'acquisition :
 - Nombre de voies (micros + VA + compteur) sélectionnées ;
 - Fréquence d'échantillonnage ;
 - Durée d'acquisition et nombre d'échantillons à acquérir (si la durée est définie) ;
- À la fin de l'acquisition :
 - Nombre d'octets acquis ;
 - Nombre d'échantillons acquis ;
 - Durée de l'opération.

Cette zone est limitée à 60 000 caractères (blancs et retours de ligne compris). Elle est non protégée, ce qui signifie que l'on peut y ajouter ou supprimer du texte manuellement.

3.3.6. Zone « Test »

Cette zone est affichée lorsque la case « Mode avancé » est cochée. Un certain nombre de commandes supplémentaires sont alors accessibles. Elle n'a pas vocation à être utilisée en usage courant de l'interface.



- Bouton « Reset Micros » : envoie la commande **Reset** qui coupe l'alimentation des micros.
- Bouton « Reset_PH » : envoie la commande **Reset_PH** qui réinitialise le FPGA.
- Bouton « Reset FX3 » : envoie la commande **Reset FX3** qui réinitialise le module FX3 qui gère la liaison USB.
- Boutons radio « Data Type » : choix du format des données (hors compteur et status qui sont toujours codés en Int32) :
 - « Integer » : Int32 ;
 - « Float » : float32.
- Valeur « Delay » : envoie la commande **Delay** avec la valeur affichée comme paramètre.
- Cases à cocher « Compteur X » : permet d'acquérir ou non le compteur X.
- Case à cocher « Status » : permet d'acquérir ou non le status du bloc A.
- Cases à cocher « Faisceaux » :
 - Permet de construire le paramètre de la commande **Valide faisceaux** ;
 - Sélectionne les groupes de faisceaux qui seront alimentés : les digits de N sont construits de gauche à droite (en partant du poids faible) à partir

de l'état de la case à cocher correspondante (1 si elle est cochée, 0 sinon).

Dans ce mode, des informations plus détaillées sont affichées dans la zone « Affichage d'informations », en particulier :

- Commandes exécutées ;
- Nombre d'octets à transférer ;
- Nombre et taille des paquets à transférer ;
- En cours d'acquisition, numéro d'un paquet acquis sur 20 ;
- Information à l'arrêt des tâches de fonds qui assurent le transfert des données par la liaison USB.

4. Révisions

4.1. V1 → V3.0.0

Le passage directement à une version V3 correspond à la mise en cohérence avec les documentations des autres systèmes Megamicros (32 ou 256 voies).

- Ajout du descriptif de MODO.
- Explicitation des sensibilités des micros et des voies analogiques.
- Possibilité d'acquisition avec un prolongateur USB de 15m.
- Passage version Visual Studio 2019 et changement des fichiers nécessaires.
- Principaux changements dans l'interface :
 - Enregistrement des signaux rendu optionnel ;
 - Affichage des niveaux pendant l'acquisition ;
 - Traitement de la fin d'acquisition en cas d'erreur dans le transfert.

4.2. V3.0.0 → V3.0.1

- Correction de l'état des LED lors du démarrage avec le boîtier FO (§2.5 page 16)
- Changement de version de l'exécutable (§3.1 page 18) :
 - Correction d'un bug intervenant lors de certaines fins d'acquisition ;
 - Correction d'un bug d'affichage des niveaux en cas d'acquisition de voies analogiques.

4.3. V3.0.1 → V3.0.2

- Changement de version de l'exécutable (§3.1 page 18) :
 - Modification de la zone « Test » :
 - Ajout des cases à cocher « Faisceaux » permettant de choisir les groupes de faisceaux alimentés (§3.3.6 page 31) ;
 - Prise en compte des groupes de faisceaux sélectionnés (commande **Valide faisceaux**) quand le bouton « Start » est activé (§3.3.2 page 24).

4.4. V3.0.2 → V3.1.0

- Changement de version de l'exécutable (§3.1 page 18) :
 - Ajout des fichiers de configuration (§3.2.3 page 19) ;
 - Ajout de la zone « Configuration » comprenant les boutons « Sauv. Config. » et « Lit Config. » permettant d'écrire et de lire un fichier de configuration (§3.3.1 page 21) ;
 - Affichage des numéros de faisceaux au lieu de blocs dans la zone « Micros et VA » (§3.3.3 page 27) ;
 - Ajout de la case à cocher « Fichier automatique » offrant la possibilité de choisir un fichier sans passer par le bouton « Fichier » (§3.3.2 page 23) ;
 - Ajout de la zone « Nom de fichier » permettant de définir le nom du fichier d'enregistrement (§3.3.4 page 30).

1. Matériel	2
1.1. Boîtier principal.....	3
1.1.1. Cartes électroniques.....	3
1.1.1. Connectiques	5
1.1.1. Diodes.....	6
1.2. Alimentation électrique	7
1.3. Module FO	7
1.4. Faisceau	8
1.5. Particularités de MODO.....	9
2. Pilotage du système d'acquisition.....	10
2.1. Principe	10
2.2. Liaison USB	11
2.3. Commandes.....	11
2.4. Données	15
2.4.1. Organisation des données.....	15
2.4.2. Sensibilité	15
2.5. Mise en route du système.....	16
3. Utilisation de l'interface PC	17
3.1. Généralités.....	17
3.2. Fichiers générés.....	18
3.2.1. Fichier de données.....	18
3.2.2. Fichiers log.....	18
3.2.3. Fichiers de configuration	19
3.3. Interface utilisateur	20
3.3.1. Zone « Configuration ».....	21
3.3.2. Zone « Commandes générales ».....	22
3.3.3. Zone « Micros et VA »	27
3.3.4. Zone « Nom de fichier »	30
3.3.5. Zone « Affichage d'informations ».....	30
3.3.6. Zone « Test ».....	31
4. Révisions	32
4.1. V1 → V3.0.0	32
4.2. V3.0.0 → V3.0.1	32

4.3. V3.0.1 → V3.0.2.....	33
4.4. V3.0.2 → V3.1.0.....	33