

Projet de fin d'étude :

Automatisation à l'aide d'une interface LabView de
la procédure de mesure de conductivité électrique
d'un alternateur à griffes

Sommaire

- Introduction. 3

- 1. Cahier des charges. 5
 - 1.1. Le matériel utilisé 5
 - 1.2. Les procédures 6

- 2. Interfaces Labview. 10
 - 2.1. Procédure de vérification du milieu 10
 - 2.2. Procédure de positionnement et de mesure 12

- 3. Programmes Labview. 14
 - 3.1. Procédure de vérification du milieu 14
 - 3.2. Procédure de positionnement et de mesure 16

- 4. Avantages et limites 21
 - 4.1. Procédure de vérification du milieu 21
 - 4.2. Procédure de positionnement et de mesure 22

- 5. Conclusion. 24

- Bibliographie. 25

Introduction

Au fil du temps les performances d'un alternateur diminuent dû à l'usure de ce dernier. L'entreprise Valeo cherche dans cette optique à estimer les performances de ses alternateurs à griffes pour savoir quand les remplacer et mettre en concurrence ses fournisseurs. Cette entreprise souhaite donc déterminer les différences des alternateurs entre eux mais également les différences au sein d'un même alternateur. Parmi les performances de l'alternateur à griffes la conductivité électrique du matériau constituant les roues polaires est essentielle.

Cependant jusqu'à peu aucune méthode ne permettait de la calculer directement sans en détruire l'échantillon. Cela posait problème pour la répétabilité de la procédure. Une méthode de mesure non destructive de la conductivité a donc été créée et afin d'obtenir des statistiques une automatisation du procédé de mesure a été envisagée. Mon projet consiste à automatiser ce procédé et créer une interface pour que l'utilisateur puisse diriger le système de mesure le plus efficacement possible. Dans la méthode de mesure il faut chauffer le matériau à une température de 45°C et une stabilité thermique doit être maintenue pour ne pas fausser les mesures. Ce qui n'est possible que si la porte de l'étuve reste close, une automatisation est donc indispensable. Mon projet consiste donc à l'automatisation de ce procédé de mesure. Afin de mieux comprendre la portée de ce projet il faut connaître le fonctionnement et l'utilisation d'un alternateur à griffes.

L'alternateur à griffes est une machine électrique tournante permettant de convertir une puissance mécanique en une puissance électrique par le biais d'une excitation magnétique. Cette machine est constituée d'un rotor et d'un stator.

Le rotor, constitué de deux roues polaires, est entraîné mécaniquement et amplifie le champ magnétique tournant présent. Ce champ magnétique va circuler entre le rotor et le stator produisant ainsi un courant induit dans les bobinages du stator.



L'alternateur à griffes présenté ci-dessus est une machine synchrone triphasée. Cet alternateur peut être utilisé dans le secteur automobile. Son rotor est entraîné par une courroie reliée au moteur thermique du véhicule. Ce moteur permet d'alimenter la batterie et les fonctionnalités « secondaires » de la voiture comme la climatisation ou les essuie-glaces.

Le rotor d'un alternateur à griffes est constitué de deux roues polaires en acier massif. Ces roues polaires possèdent chacune six griffes.



On mesure la conductivité électrique de ces roues polaires car elle est associée aux pertes par courant de Foucault. Les courants de Foucault ont pour effet d'écraner le champ magnétique (effet de peau) et de dissiper de l'énergie (effet Joule). Ces courants vont donc diminuer les performances de l'alternateur.

La mesure de conductivité est exécutée par un Ohmmètre qui envoie un courant dans le matériau et mesure la résistance de celui-ci. La conductivité est ensuite déduite à l'aide de calculs par éléments finis. Il faut donc être très précis dans la position des capteurs.

Ce rapport est un rapport de pré-soutenance c'est pourquoi nous verrons dans un premier temps le cahier des charges qui nous a été fixé. Dans un deuxième temps nous verrons les travaux jusqu'à maintenant réalisés. Et pour finir nous verrons le planning des tâches à venir.

I] Cahier des charges

A la fin du projet il est impératif que l'automatisation du procédé de mesure de la conductivité soit fonctionnelle. De plus l'interface créée par Labview devra être intuitive et compréhensible par tout le monde. Elle devra de plus refléter les étapes du procédé de mesure.

1) Le matériel utilisé :

Pour la procédure de vérification du milieu des thermocouples et des sondes d'humidité sont utilisés. Leurs données sont récupéré par des modules de mesure qui sont le NI 9211 et le NI 9205.

Pour la procédure de positionnement du capteur, on utilise un capteur d'effort pour placer à la bonne hauteur les capteurs reliés à l'ohmmètre. On utilise un banc de test avec lequel on peut mouvoir la roue polaire selon trois axes. Chacun de ces axes est piloté par un servomoteur.

Pour la procédure de mesure, on utilise un ohmmètre et les capteurs précédemment utilisés.

Axe de translation z

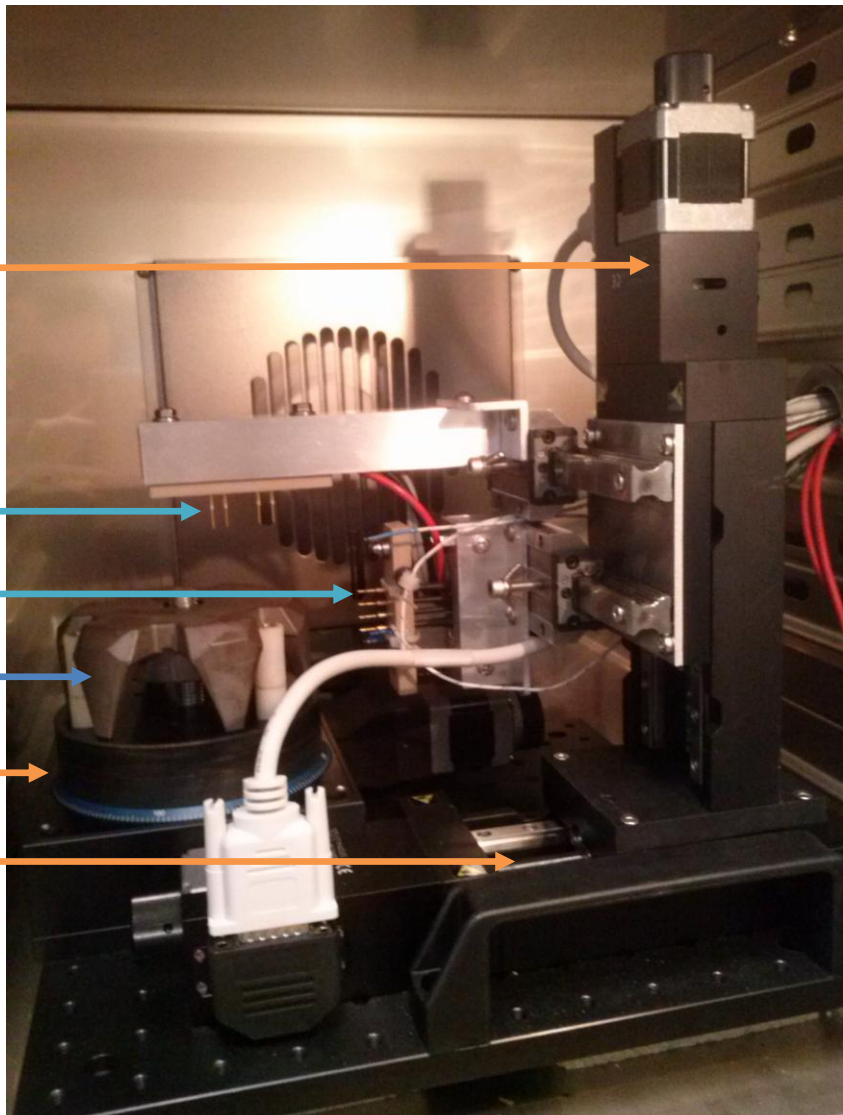
Capteurs de la base

Capteurs de la griffe

Roue polaire

Axe de rotation

Axe de translation x

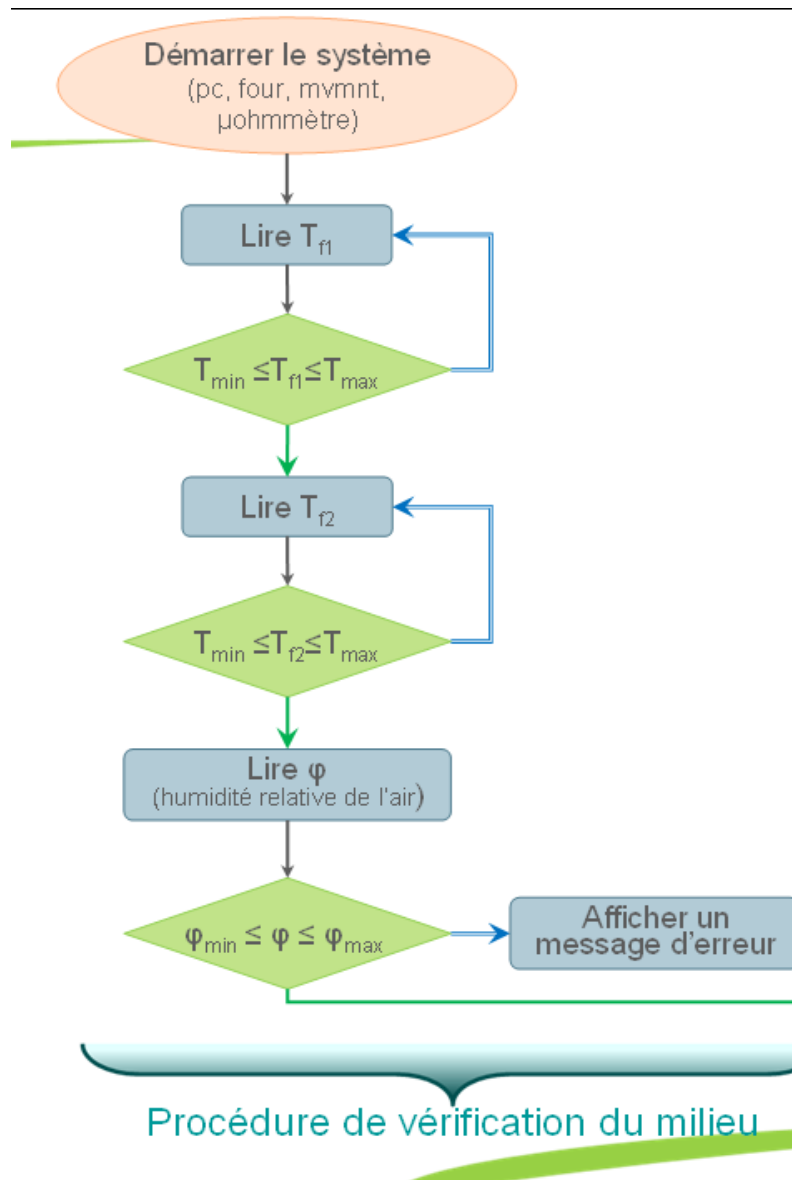


2) Les procédures :

Le procédé de mesure peut se découper en trois procédures distinctes :

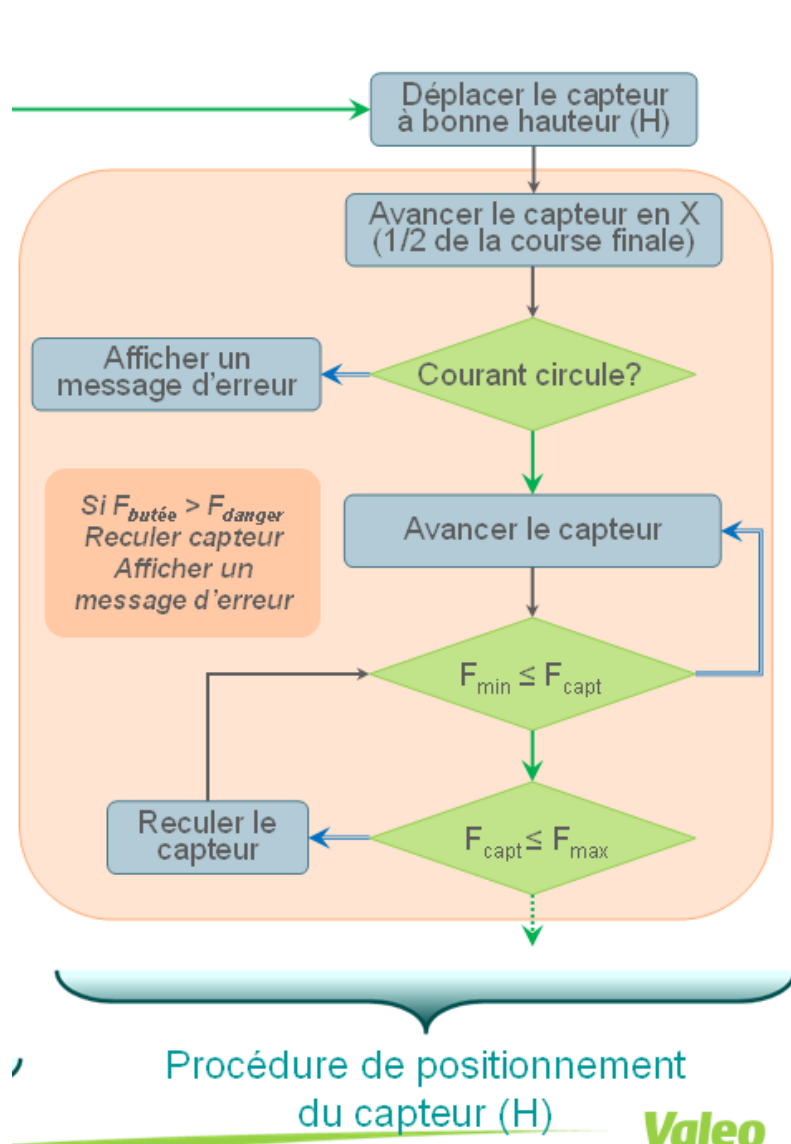
- La procédure de vérification du milieu
- La procédure de positionnement du capteur
- La procédure de mesure

Pour la procédure de vérification du milieu :



Dans un premier temps, il faut vérifier que la température ambiante dans l'étuve corresponde à la consigne. Cette vérification doit être faite par deux capteurs pour être sûr que la température soit homogène. Dans un deuxième temps, il faut vérifier que le taux d'humidité soit compris dans un intervalle, dans le cas contraire un message d'alerte doit être envoyé mais le programme ne doit pas s'arrêter. Une fois ces deux vérifications effectuées on peut passer la procédure suivante.

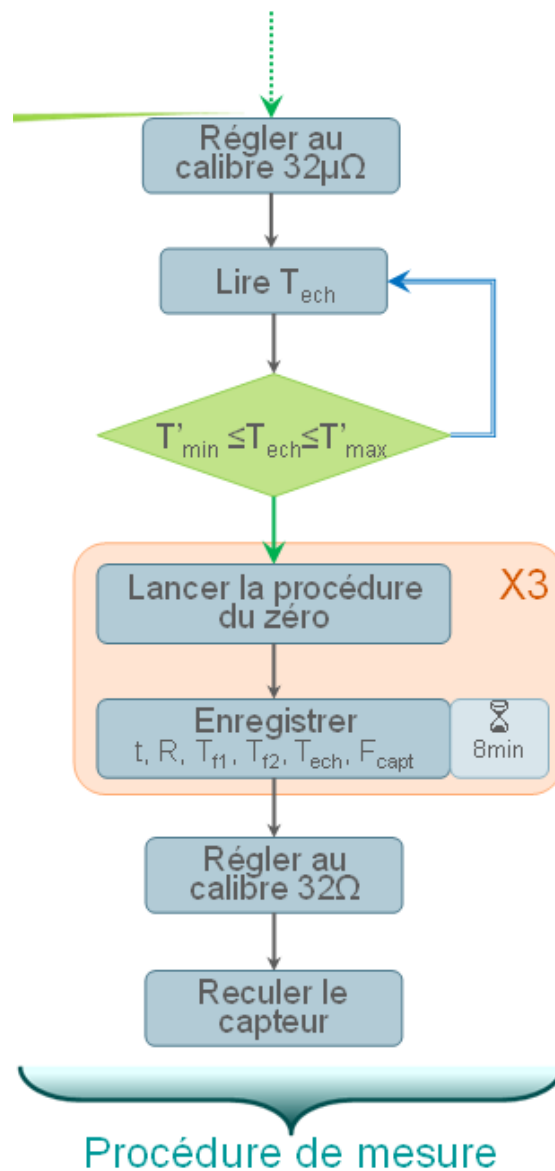
Pour la procédure de positionnement du capteur :



Il faut placer le capteur à la bonne hauteur puis vérifier que le courant ne circule pas, dans le cas contraire il faut envoyer un message d’alerte et arrêter la procédure.

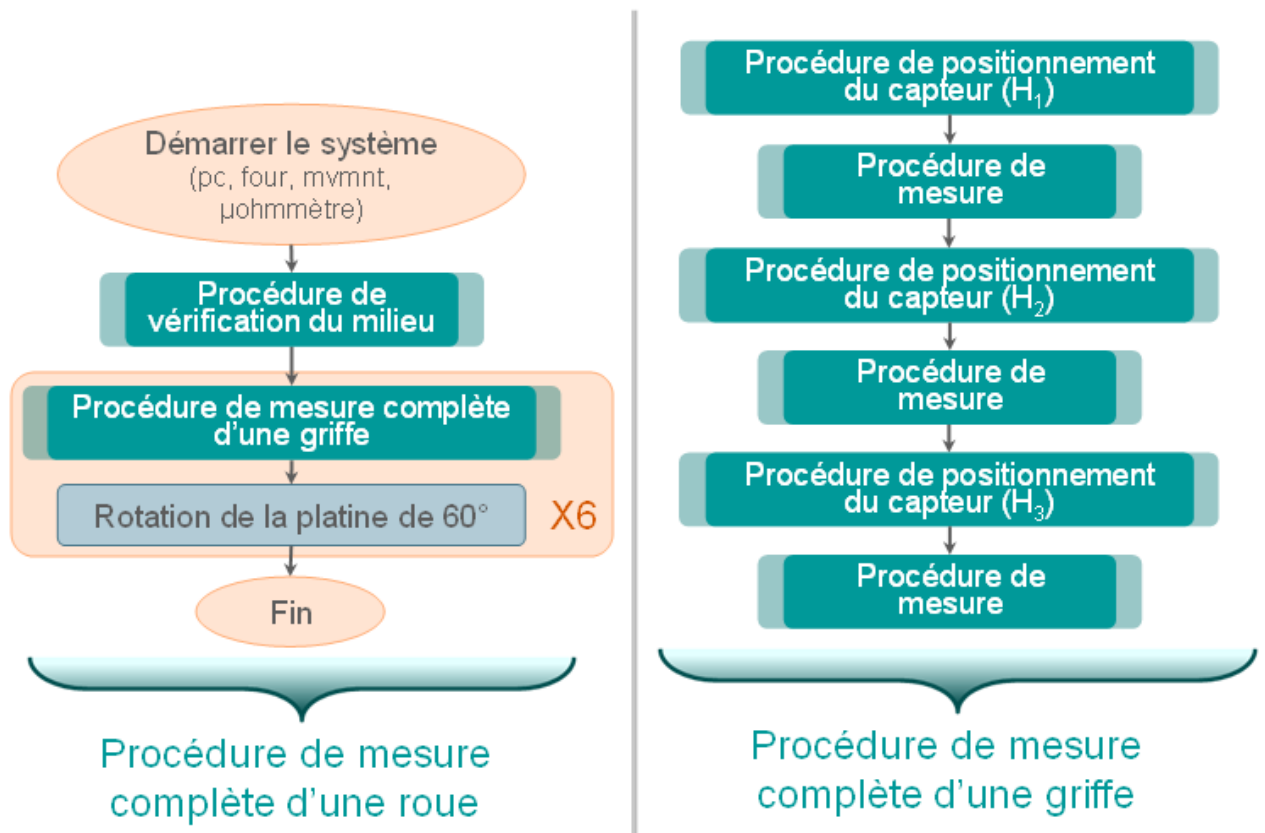
En effet, si le courant circule et que les bornes sont proches du matériau mais sans le toucher alors cela va induire un arc électrique entre les bornes et le matériau qui pourra endommager la roue polaire ou le capteur. Il faut ensuite avancer le capteur précautionneusement jusqu’au deux tiers du capteur d’effort. Une fois le capteur bien placé on peut passer à la procédure suivante.

Pour la procédure de mesure :



Il faut régler le calibre à 32 microhms de l'ohmmètre car c'est la gamme de travail utilisé, on peut également laisser choisir cette gamme à l'utilisateur. On vérifie la température de l'échantillon. On lance ensuite l'initialisation de l'ohmmètre et on envoie sous Excel des tableaux comprenant la résistance, les températures et la force du capteur d'effort en fonction du temps. On règle pour finir le calibre à 32 ohms afin de ne pas endommager le matériel.

Il faut ensuite répéter ces procédures de la façon suivante afin d'avoir la procédure de mesure complète d'une griffe puis celle de mesure complète d'une roue :



Trois points essentiels caractérisent ce cahier des charges : les procédures devront être effectuées tout en respectant la sécurité du matériel et des personnes, l'interface devra être compréhensible par un utilisateur lambda et l'automatisation devra être la plus rapide possible.

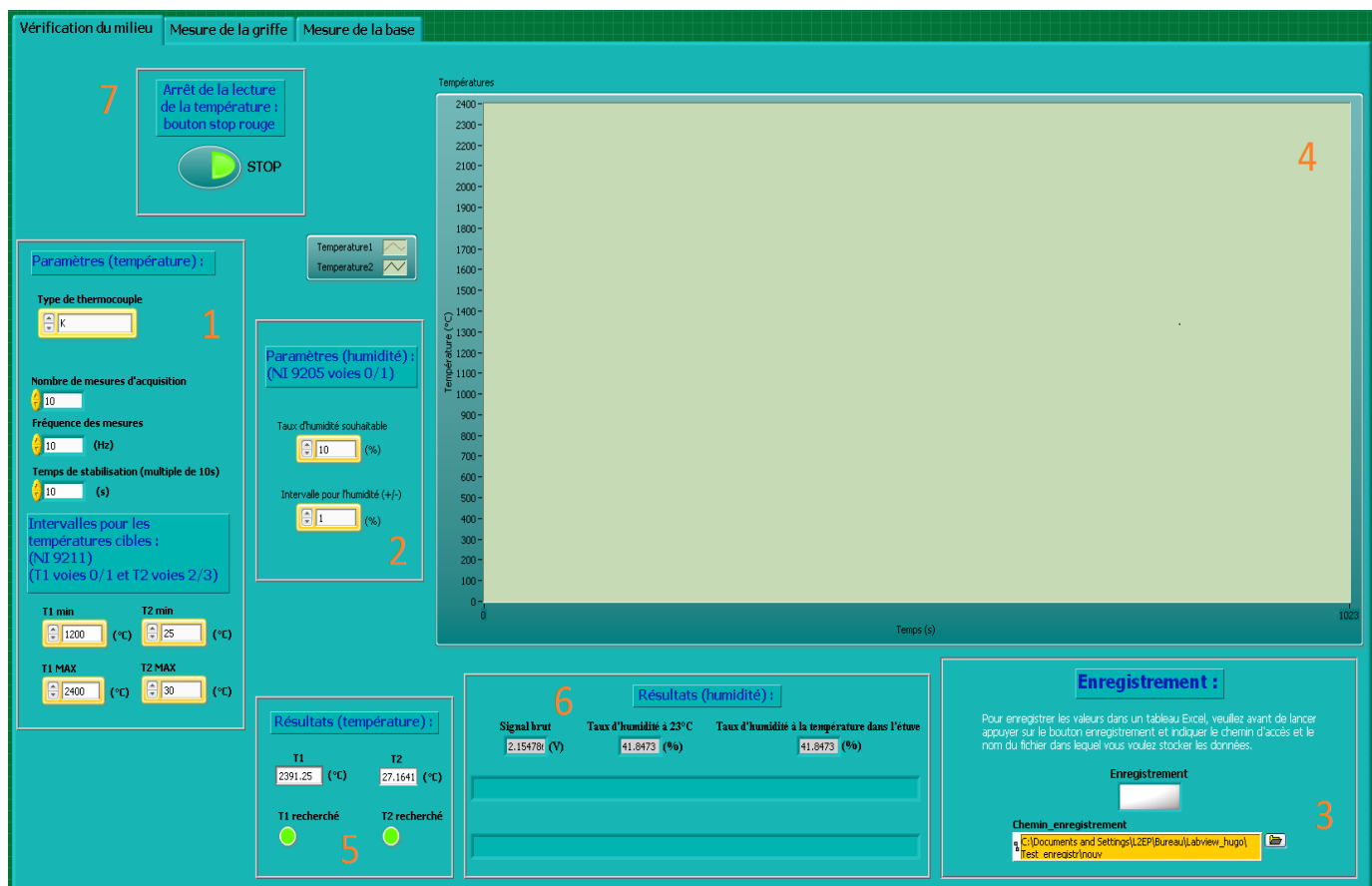
II] Interfaces Labview

Dans cette partie nous verrons l'interface Labview créée pour que l'utilisateur puisse communiquer avec le système. Dans un premier temps, il faut lancer le programme principal, à savoir, Procedure_complete_finale.vi. On obtient une fenêtre où trois onglets indépendants sont présents qui correspondent à chacune des étapes du programme.

1) La procédure de vérification du milieu :

Ce premier onglet permet de lire la température et le taux d'humidité dans l'étuve.

Interface Labview :



Guide d'utilisation :

L'utilisateur doit avant de lancer le programme renseigner les encadrés « Paramètres » pour la température (1) et le taux d'humidité (2).

Pour la mesure de la température, les paramètres à renseigner sont :

- Le type de thermocouple
- Le nombre de mesure d'acquisition
- La fréquence de ces mesures (en Hz)
- Le temps de stabilisation (en s)
- Les intervalles d'acceptation des températures cibles

La température n'étant pas forcément stable, une constante de temps a été ajoutée pour être sûr que la température mesurée perdure dans l'intervalle d'acceptation pendant cette constante de temps. Cette constante est le temps de stabilisation. Ce temps devra cependant être multiple de 10 secondes.

Pour la mesure du taux d'humidité, les paramètres à renseigner sont :

- Le taux d'humidité souhaitable (en %)
- L'intervalle d'acceptation pour le taux d'humidité (en %)

(3) Avant de lancer le programme l'utilisateur peut enregistrer les valeurs des températures au fil du temps dans un fichier Excel. Pour cela il suffit d'indiquer le chemin où il veut que le fichier soit enregistré et appuyer sur le bouton « Enregistrement ». Il peut maintenant lancer le programme.

On obtient premièrement les résultats de la mesure des températures sous plusieurs formes :

- (4) Un graphique affichant les températures en fonction du temps
- (5) Un encadré nommé « Résultats (températures) » où sont affichés les températures instantanées.

Dans ce même onglet deux voyants indiquent lorsque la température respecte l'intervalle d'acceptation. Le programme s'assure que cette température est stable pendant le temps de stabilisation puis la mesure du taux d'humidité commence.

(6) Une seule mesure du taux d'humidité est effectuée et on obtient les résultats dans l'encadré « Résultats (humidité) ». On reçoit dans cet encadré le signal brut envoyé par le capteur, le taux d'humidité calculée pour une température de 23°C et le taux d'humidité réel dans l'étuve. Sous forme de message le programme indique clairement si on est ou non dans l'intervalle d'acceptation pour le taux d'humidité.

(7) Ce programme pourra être arrêté à tout instant en appuyant sur le bouton STOP.

Des messages d'erreur pourront survenir sous forme de messages Popup dans les cas suivants :

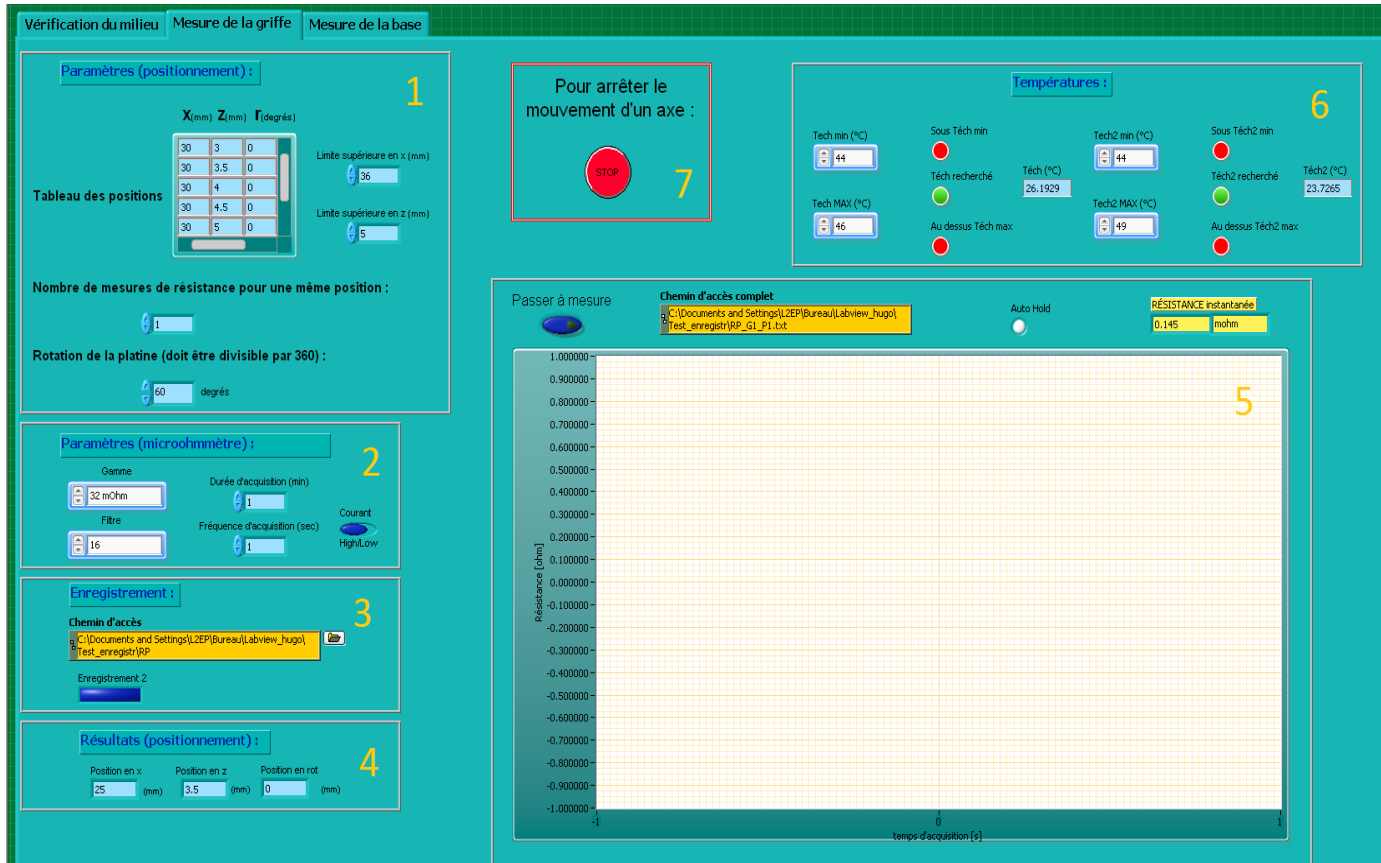
- Une des températures minimales dans l'intervalle d'acceptation est plus grande que sa température maximale,
- Une des températures mesurées est plus grande que la borne maximale de l'intervalle d'acceptation.

Une fois que le programme s'est arrêté on peut choisir de faire une mesure sur la griffe ou sur la base de la roue polaire. Pour cela il faut choisir le bon onglet.

2) La procédure de positionnement et de mesure :

Cette procédure est découpée en deux onglets pour le capteur au niveau de la base et celui au niveau de la griffe de la roue polaire. Que la mesure soit au niveau de la griffe ou de la base, l'interface utilisateur ne change pas, seul l'ordre de mise en mouvement des axes change. Ces deux onglets sont donc identiques, un seul sera présenté.

Interface Labview :



Guide d'utilisation :

Avant de lancer le programme il faut renseigner trois encadrés.

(1) Le premier encadré est « Paramètres (positionnement) », l'utilisateur doit rentrer dans un tableau les 5 positions de votre capteur pour la mesure. Attention, des limites variables sont mises à disposition de l'utilisateur pour éviter la casse d'un des capteurs. Ensuite il doit donner le nombre de fois que la mesure de résistance doit être faite consécutivement pour une même position. Enfin il donne la valeur de l'angle que doit tourner la platine à chaque rotation (par défaut 60° pour les 6 griffes), cette valeur devra être divisible par 360 pour faire l'intégralité d'une roue polaire.

(2) Le second encadré est « Paramètres (microohmmètre) », l'utilisateur doit donner la gamme et le filtre du microohmmètre ainsi que le courant débité par celui-ci. Il donne également les paramètres d'acquisition de la résistance, à savoir, la durée totale et la période d'acquisition.

(3) Le dernier encadré est utilisé pour l'enregistrement, il faut donner le chemin d'accès et le nom du fichier et appuyer sur le bouton d'enregistrement. Il ne faut renseigner qu'un chemin pour toute la procédure. Selon la position du capteur le nom du fichier s'incrémentera de lui-même. L'enregistrement produira un fichier Excel contenant le temps, la résistance, les températures, le nombre de mesure pour une même position et la durée d'acquisition.

Une fois ces trois encadrés remplis, vous pouvez lancer le programme.

(4) On peut dorénavant voir la position de chaque axe en temps réel dans l'encadré « Résultats (positionnement) ». Lors de la première fois que le capteur de mesure est positionné on doit appuyer sur le bouton « passer à mesure » pour enclencher le microohmmètre afin de démarrer la mesure de la résistance.

(5) Cette résistance est affichée sur un graphique en fonction du temps et est également donnée numériquement en valeur instantanée au dessus de ce graphique. Au dessus de ce graphique, il y a également un voyant « Auto Hold » qui permet de voir si le microohmmètre est en cours de mesure et le chemin d'accès de l'enregistrement pour la position actuelle du capteur.

(6) Le programme indique avant de faire chaque mesure si la température de l'échantillon est inférieure, supérieure ou dans l'intervalle d'acceptation de la température

(7) En cours de mouvement on peut appuyer sur le bouton STOP pour stopper ce mouvement. Cependant ce bouton met seulement le programme en pause, afin de stopper le programme il faut le faire manuellement avec le bouton arrêt dans la barre de tâches de Labview.

Une fois que les résistances de toutes les positions sont mesurées le programme s'arrête et on peut changer d'onglet pour passer à la mesure de la base par exemple.

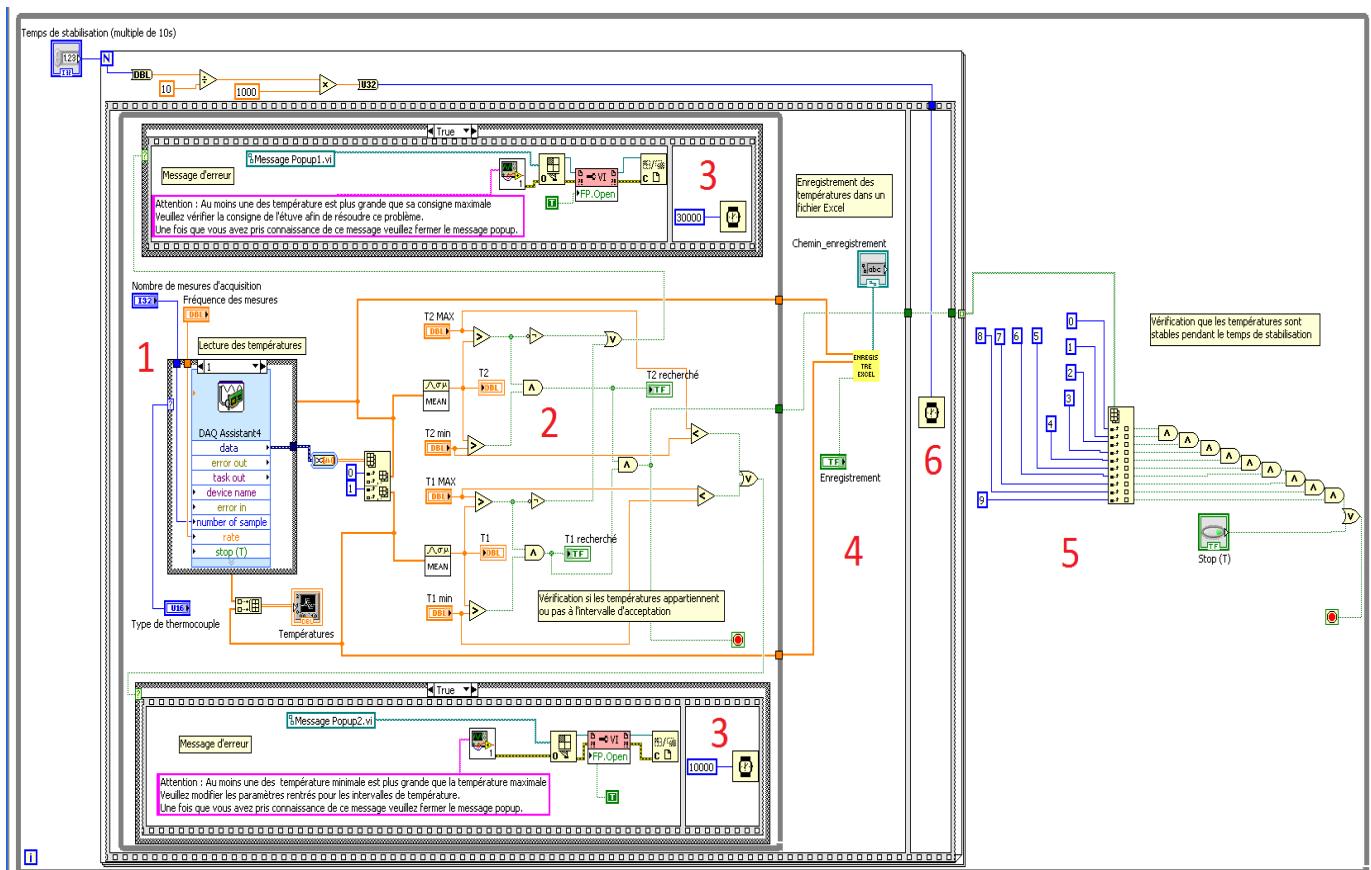
III] Programmes Labview

Dans cette partie nous verrons le programme Labview créée pour entre autres l'automatisation de la procédure. Nous verrons également les problèmes rencontrés lors du projet et les solutions apportées.

1) La procédure de vérification du milieu :

Le programme lié à cette procédure peut être découpée en deux sous procédures, à savoir, la vérification de la température et la lecture du taux d'humidité de l'étuve.

Programme de vérification de la température :



- (1) Dans un premier temps, on récupère les données des thermocouples à l'aide d'un DAQ (data acquisition).
- (2) Ces données sont ensuite comparées avec l'intervalle choisi par l'utilisateur.
- (3) Des messages d'erreur sont créés afin de guider l'utilisateur en cas de problème.
- (4) On enregistre dans un fichier Excel les valeurs de température à chaque instant.

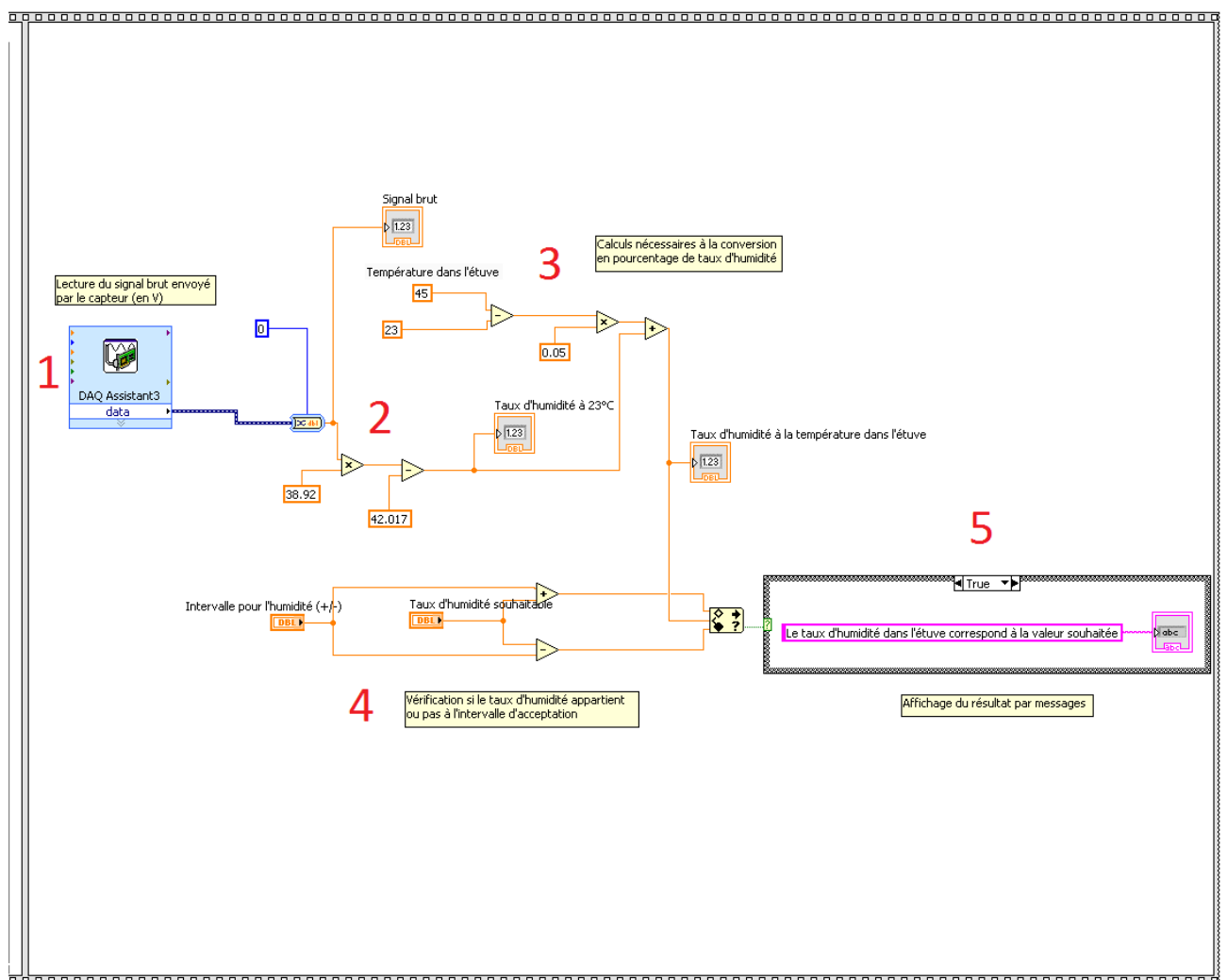
On ne peut cependant pas arrêter le programme dès que la température atteint l'intervalle d'acceptation, il faut s'assurer qu'elle soit bien stable pendant un certain temps. La solution trouvée pour permettre d'attendre que la température se stabilise est la suivante :

(5) La réponse de la comparaison est ensuite stockée dans un tableau de dix valeurs.

Afin de garder seulement dix valeurs dans le tableau, on ajoute une temporisation (6) qui va être calculée en fonction du temps de stabilisation. Dès que la température va être dans l'intervalle, on fait neuf autres mesures pendant le temps de stabilisation pour être sûr que les températures sont stables. On vérifie que ces dix valeurs correspondent à « vrai » ce qui signifie que les températures sont effectivement dans l'intervalle souhaitée durant le temps de stabilisation.

Une fois que la température est adéquate dans l'étuve le programme lit le taux d'humidité dans l'étuve.

Programme de vérification lecture du taux d'humidité :



(1) Ce programme récupère les données du DAQ et transforme ces données brutes en taux d'humidité à l'aide de l'équation suivante :

$$(2) \quad RH = 38.92 * V_{out} - 42.017$$

, avec RH : taux d'humidité calculée (en %)
 Vout : signal brut à la sortie du capteur (en V)

On ne tiendra compte que de la partie linéaire du capteur pour simplifier la mise en équation.
 Il faut cependant prendre compte de la température de compensation avec l'équation suivante :

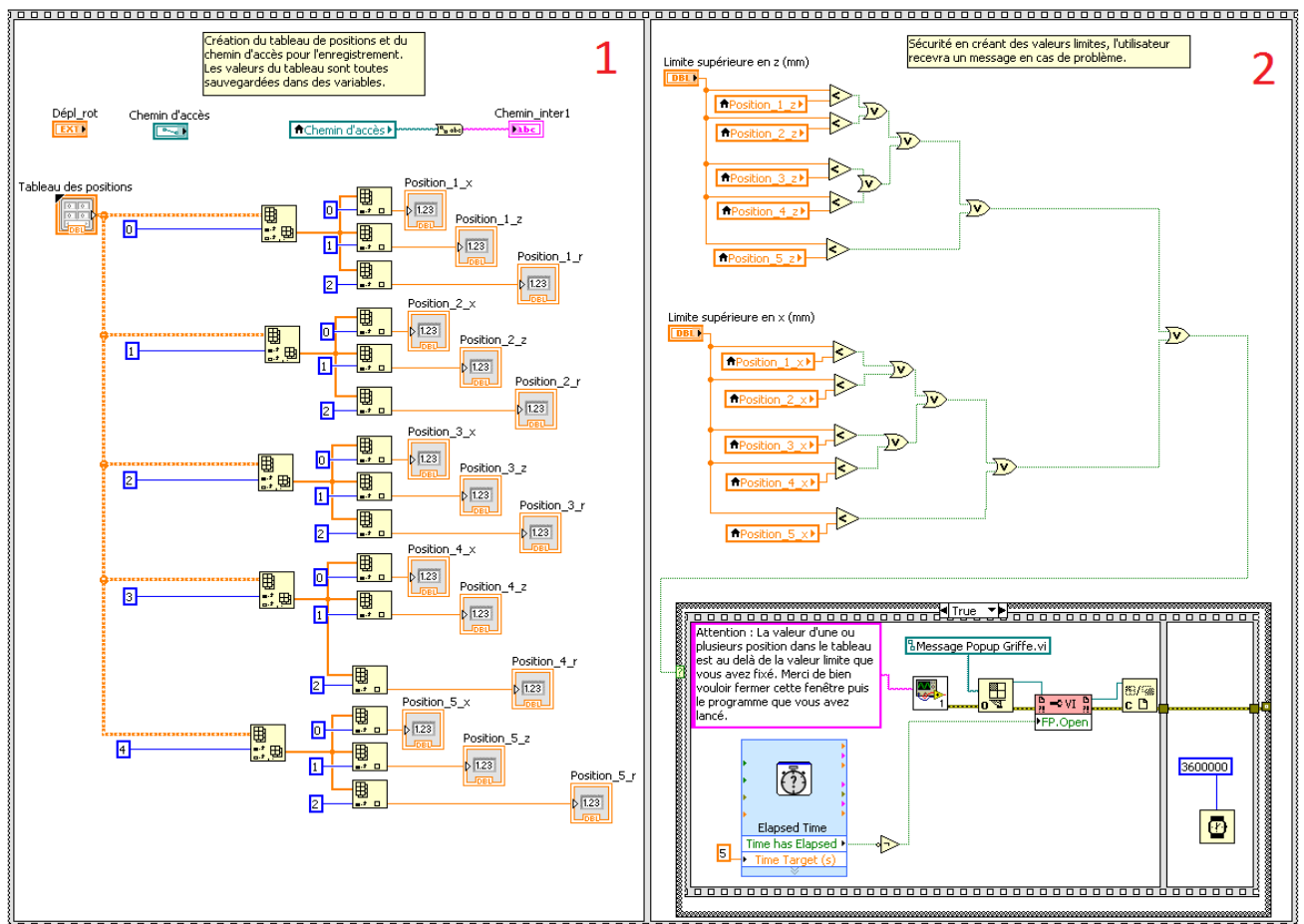
$$(3) \quad RH_{\text{compensé}} = RH + (T-23) * 0.05$$

, avec RHcompensé : taux d'humidité à une température ambiante quelconque (en %)
 RH : taux d'humidité à 23°C (en %)
 T : température ambiante dans lequel est le capteur, ici l'étuve (en °C)

On compare ensuite avec la valeur acceptable fixée par l'utilisateur (4) puis on affiche le résultat (5).

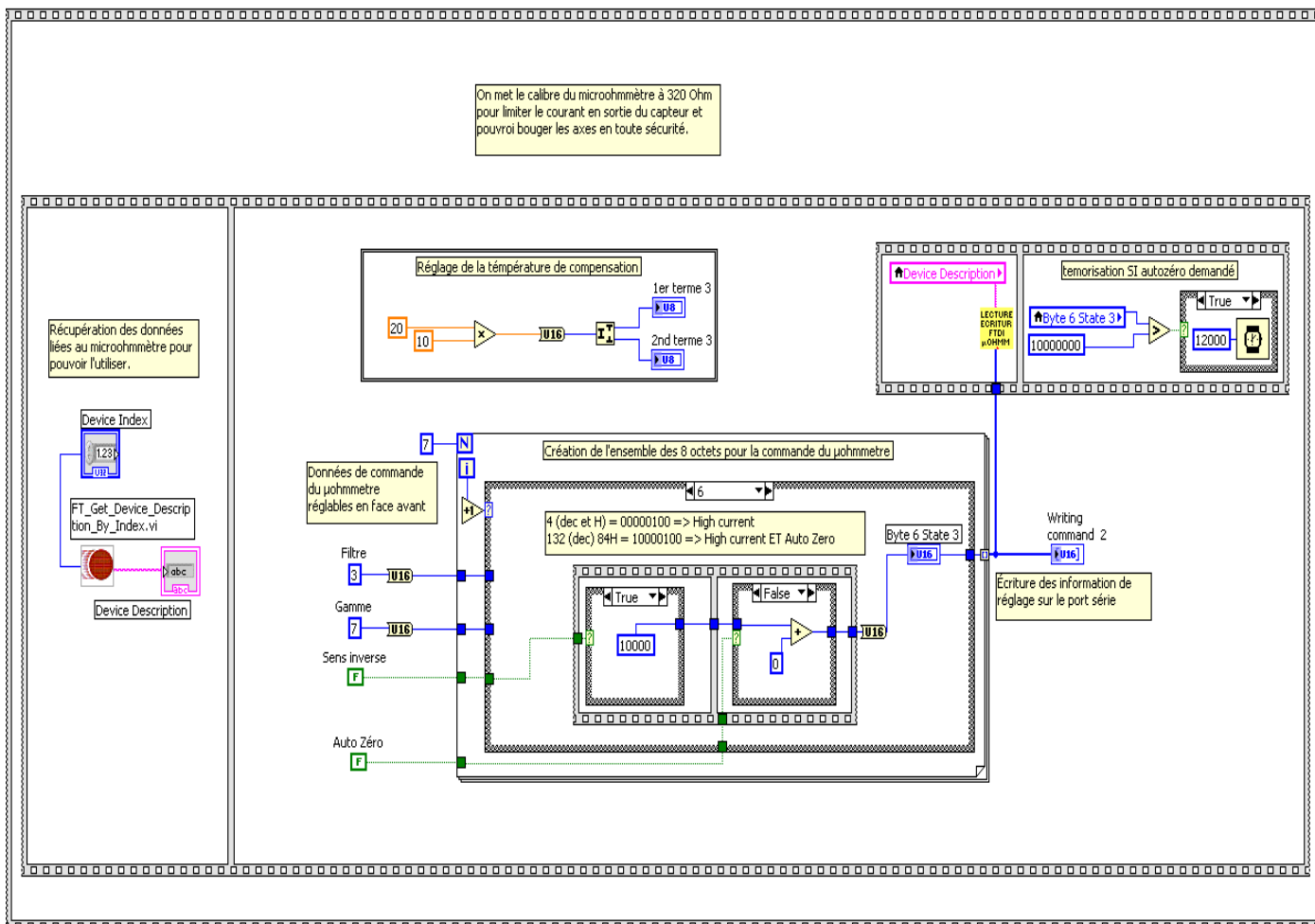
2) La procédure de positionnement et de mesure :

Nous prenons l'exemple du positionnement et de la mesure du capteur situé sur la griffe de la roue polaire (axe x). Nous avons vu précédemment que l'utilisateur devait fournir les positions du capteur pour faire les mesures de résistances sous la forme d'un tableau.



Le programme permettant de créer le tableau (1) et vérifier que les positions ne sont pas aberrantes (2) est affiché ci-avant. A défaut de capteur de force pour éviter la casse des capteurs de mesure, une solution intermédiaire a été pensée. On crée des limites aux positions à ne pas dépasser, si les positions demandées par l'utilisateur sont hors limite alors on stoppe le programme et on affiche un message à l'utilisateur. Le programme a été conçu pour laisser l'utilisateur choisir les limites de sécurité de la position des capteurs. Les roues polaires peuvent ne pas être identiques au millimètre près. En cas de changement d'une roue polaire il est conseillé de tester les positions des capteurs pour fixer de nouvelles limites. Cette solution étant une solution intermédiaire en attendant la mise en place des capteurs d'effort.

Une fois le tableau créé et les positions vérifiées, il faut maintenant bouger les axes à la bonne position, cependant pour ne pas endommager le matériel il faut tout d'abord s'assurer que le microohmmètre ne débite pas de courant. En effet, si un courant circule dans le capteur et que le capteur et la roue polaire sont proches sans contact, un arc électrique peut se former entre eux deux et les endommager. On ne peut cependant pas forcer le microohmmètre à débiter un courant nul mais on peut le limiter à une valeur très basse. La solution est donc de forcer le calibre du microohmmètre à 320 Ohm pour limiter le courant avant de bouger les axes. Le programme le permettant est le suivant :



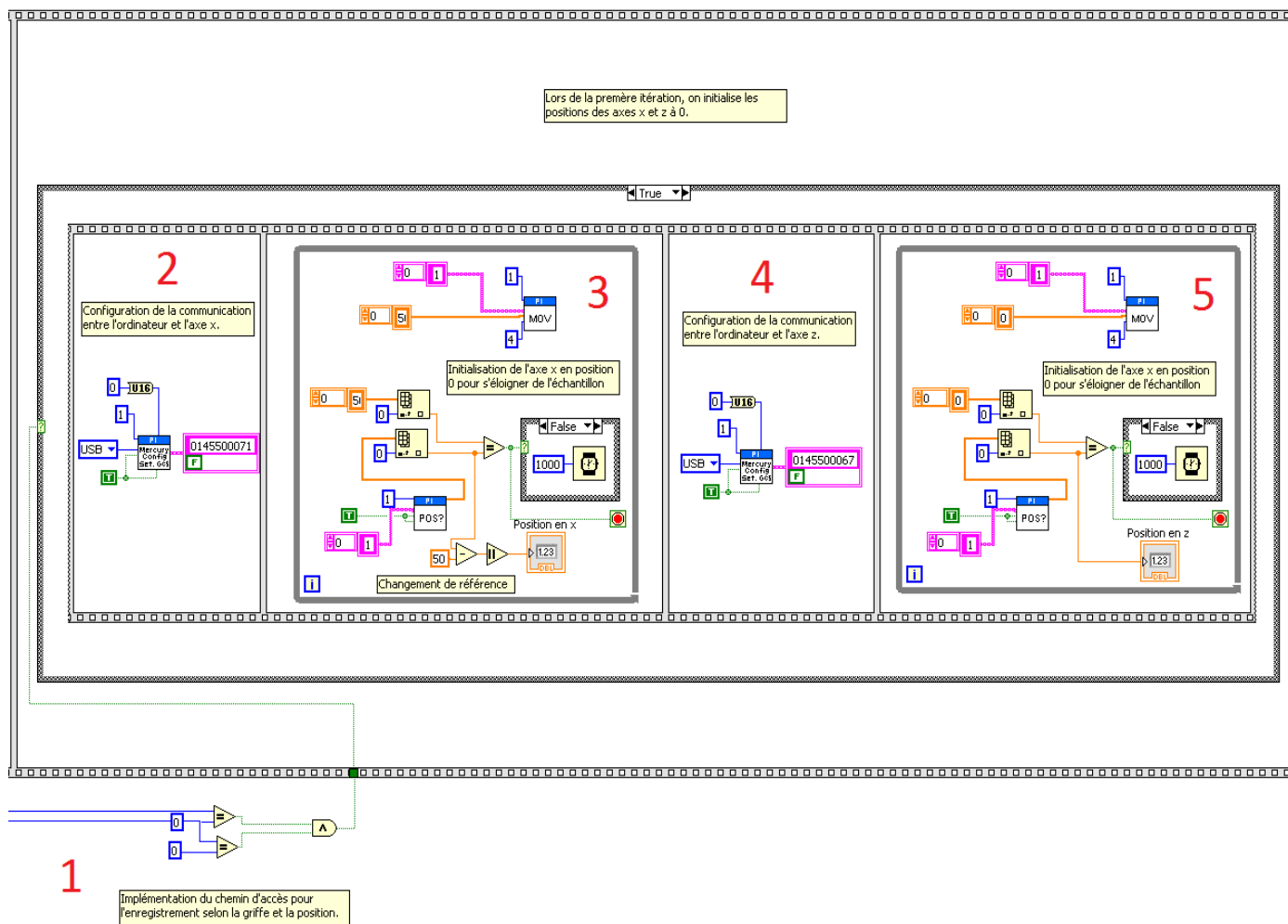
Pour régler l'ohmmètre il faut écrire une commande sur son port série. Cette commande est composée de huit octets. Le premier octet correspond à la commande pour

écrire qui vaut 08H. Le deuxième et troisième octet correspondent respectivement au bit fort et faible de la température de compensation. Le quatrième et cinquième octet permet de régler respectivement la gamme et le filtre de l'ohmmètre. Le sixième octet sert à changer de sens (direct ou inverse), choisir entre deux valeurs le courant débité et peut activer l'autozéro de l'ohmmètre. Le dernier octet est le checksum qui permet de vérifier que le message transmis est sans erreur.

On peut maintenant bouger les axes en toute sécurité. Dans un premier temps, on initialise les axes de translation à la position 0. C'est une sécurité pour les capteurs dans le cas où la position des axes est aléatoire au début du programme. Cette sécurité ne sera faite qu'au lancement du programme et non pour chaque position des capteurs (car à la fin de chaque mesure de résistance la position des axes est réinitialisée à la position 0).

Un problème (ID des axes non reconnu) survenait lors de la configuration des axes quand ils étaient connectés les uns avec les autres menant à l'impossibilité de bouger plusieurs axes en même temps. Dû à l'échec de la recherche de la cause, une solution plus simple a été implémentée. Cette solution consiste à connecter séparément chaque axe à l'ordinateur et de bouger seulement un axe à la fois. A chaque fois qu'il faut changer d'axe, on doit cependant reconfigurer la connexion entre l'axe et le PC.

Le programme de sécurité est le suivant :



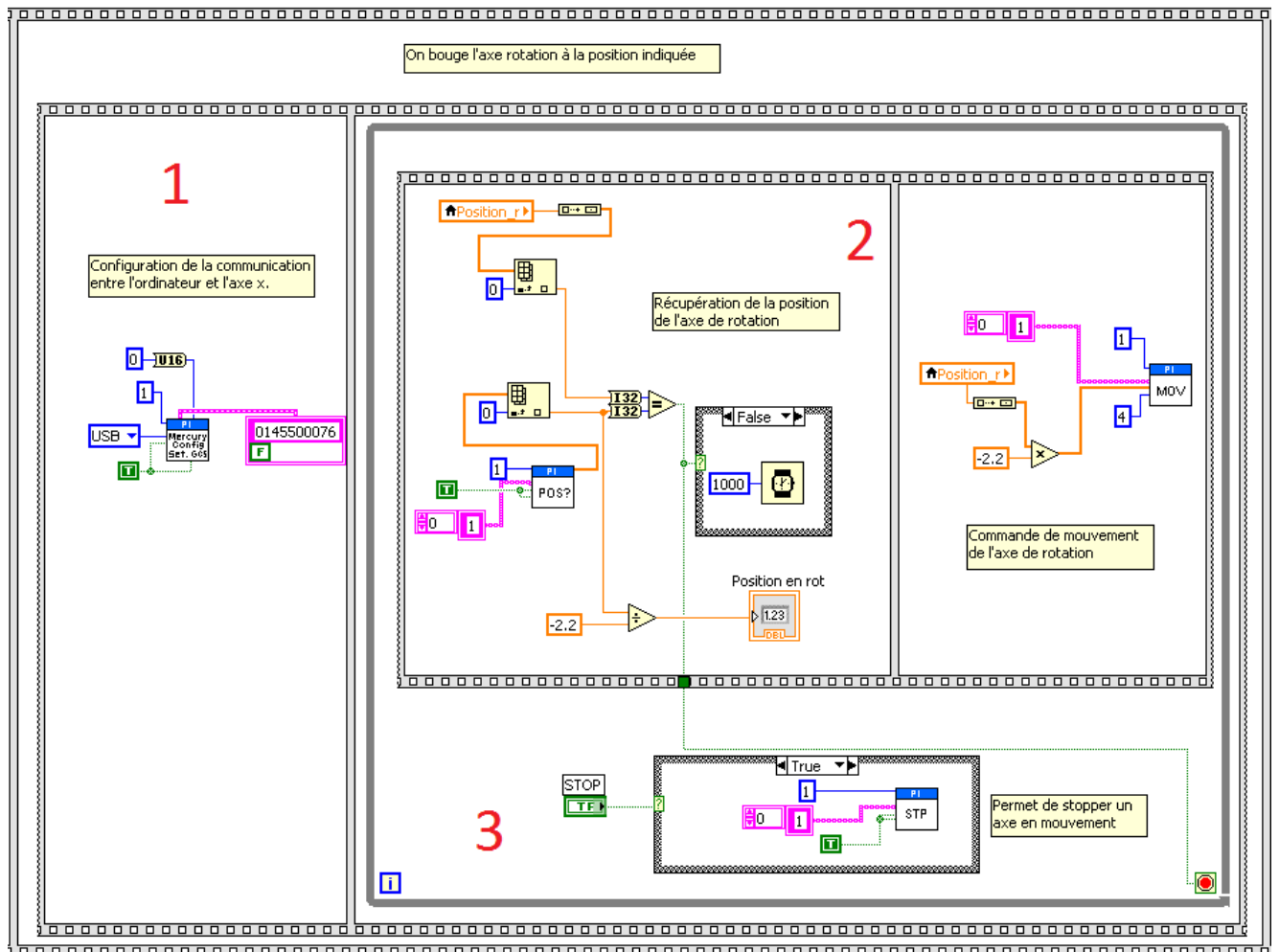
(1) On récupère le numéro de la rotation et de la position pour ne faire cette opération qu'une seule fois au début de la procédure.

(2) On configure la communication entre l'axe de translation selon x (horizontal), cela aura pour effet en plus de bouger cet axe en position milieu (25 mm), il faut donc replacer ces axes en position 0 (éloigné de la roue polaire). Les axes de translation peuvent bouger de 0 mm à 50 mm.

(3) On initialise ensuite l'axe x en position 0. Pour cela, on utilise simplement la fonction MOV qui permet à l'axe de bouger jusqu'à une position définie. On crée également un afficheur permettant à l'utilisateur de voir dans quelle position se trouvent les axes en cet instant. On implémente en plus un changement de référence pour que la position 0 coïncide avec la capteur écarté de la roue polaire.

On fait les deux précédentes opérations pour l'axe de translation selon z (vertical), on configure la communication (4) puis on initialise cet axe en position 0 (5).

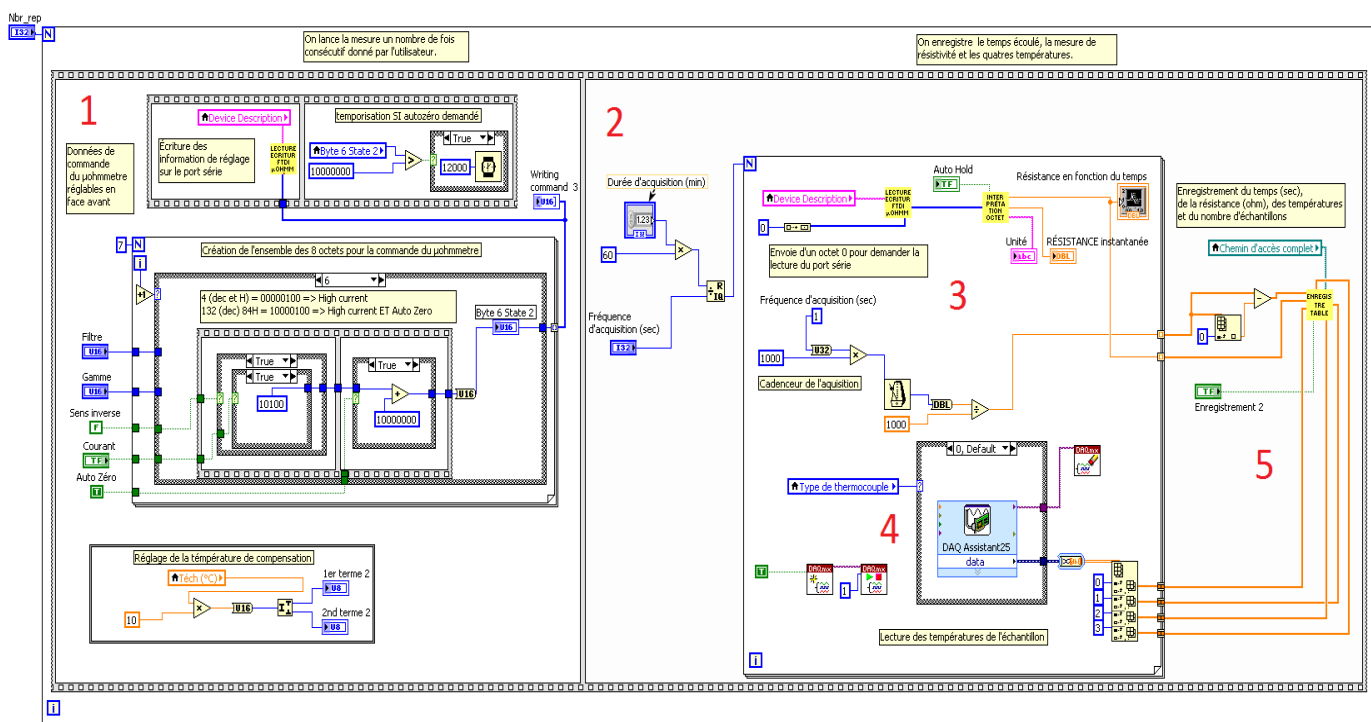
On peut à partir de maintenant lire dans le tableau les positions rentrées par l'utilisateur et bouger les axes selon la première position. L'ordre de la mise en mouvement des axes est très important pour ne pas endommager le matériel, il faut pour le capteur des griffes bouger en premier l'axe de rotation puis l'axe de translation z et enfin l'axe de translation x qui est dans le sens du capteur. Pour bouger l'axe de rotation par exemple :



- (1) On configure la communication entre l'axe de rotation et le PC.
- (2) On opère un changement d'unités pour avoir l'angle de rotation en degrés et on récupère la position de l'axe puis on bouge l'axe selon cette position.
- (3) Un bouton stop est créé pour que l'utilisateur puisse arrêter le mouvement de l'axe en cas de problème.

On fait deux programmes similaires pour bouger l'axe z et l'axe x. On vérifie la température de l'échantillon avec deux thermocouples et on indique à l'utilisateur si ces températures sont en dessous, dans ou au dessus de l'intervalle qu'il a fixé. Le programme implémenté pour faire cela est identique au programme de vérification de la température du milieu vu précédemment et donc ne sera pas explicité.

Une fois les trois axes bien placés on passe à la mesure de résistance sur la position de la griffe :



- (1) Pour démarrer la mesure on active l'autozéro.
- (2) On enregistre ensuite les données pendant le temps fixé par l'utilisateur.
- (3) Les données enregistrées sont la résistance et le temps qui s'écoule d'une part,
- (4) et les températures (du milieu et de l'échantillon) d'autre part.

Ce programme est répété n fois, avec n qui correspond au nombre de mesures consécutives que l'utilisateur veut faire pour une position. Le fichier d'enregistrement créé est un fichier texte où figure en entête le nom des variables. Le temps écoulé durant l'enregistrement (nombre de lignes pour une mesure) et le nombre de mesures consécutives pour une même position (affichées à la suite) seront également introduits pour faciliter la lecture du tableau par un logiciel (Matlab par exemple).

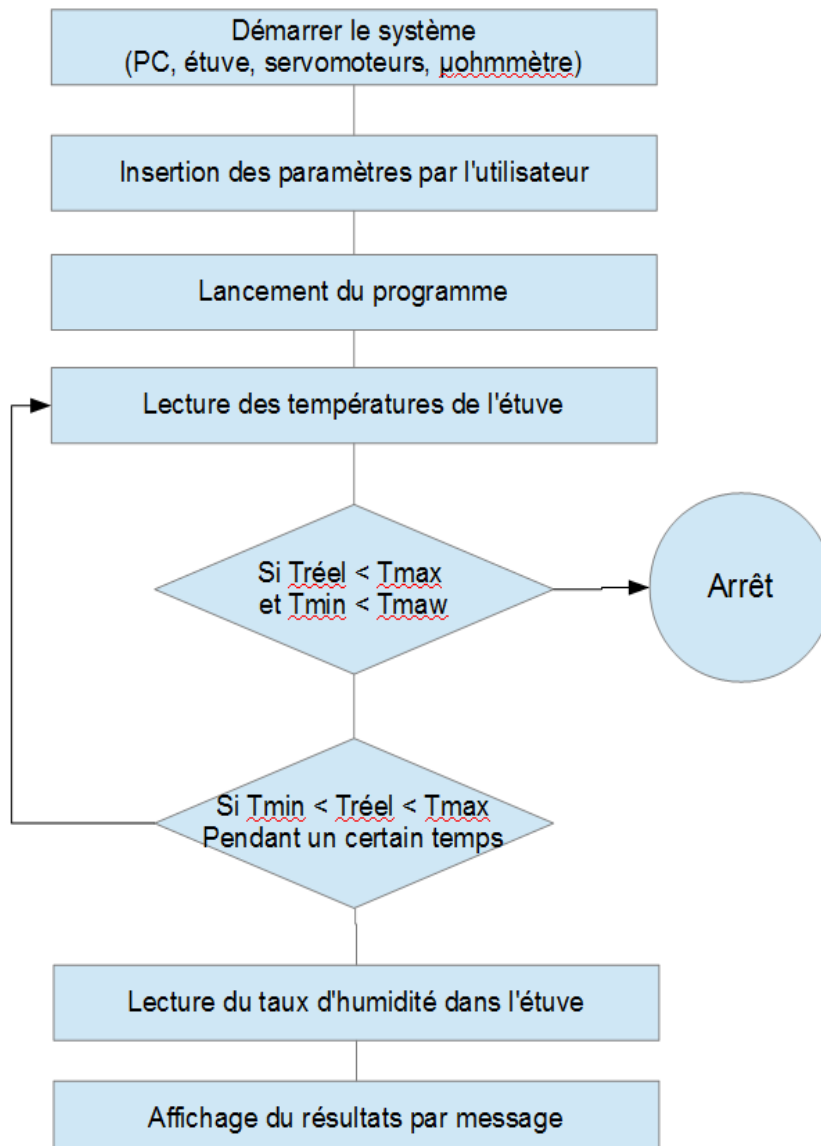
Une fois les mesures terminées, on calibre le microohmmètre de sorte que le courant débité soit limité puis on réinitialise les trois axes à la position 0. On passe à la position

numéro deux du tableau et on boucle à partir du positionnement des axes. On fait cela pour les cinq positions du tableau puis on tourne la platine selon l'angle décidé par l'utilisateur. Ainsi de suite jusqu'à ce que la platine ait fait 360°.

IV] Avantages et limites

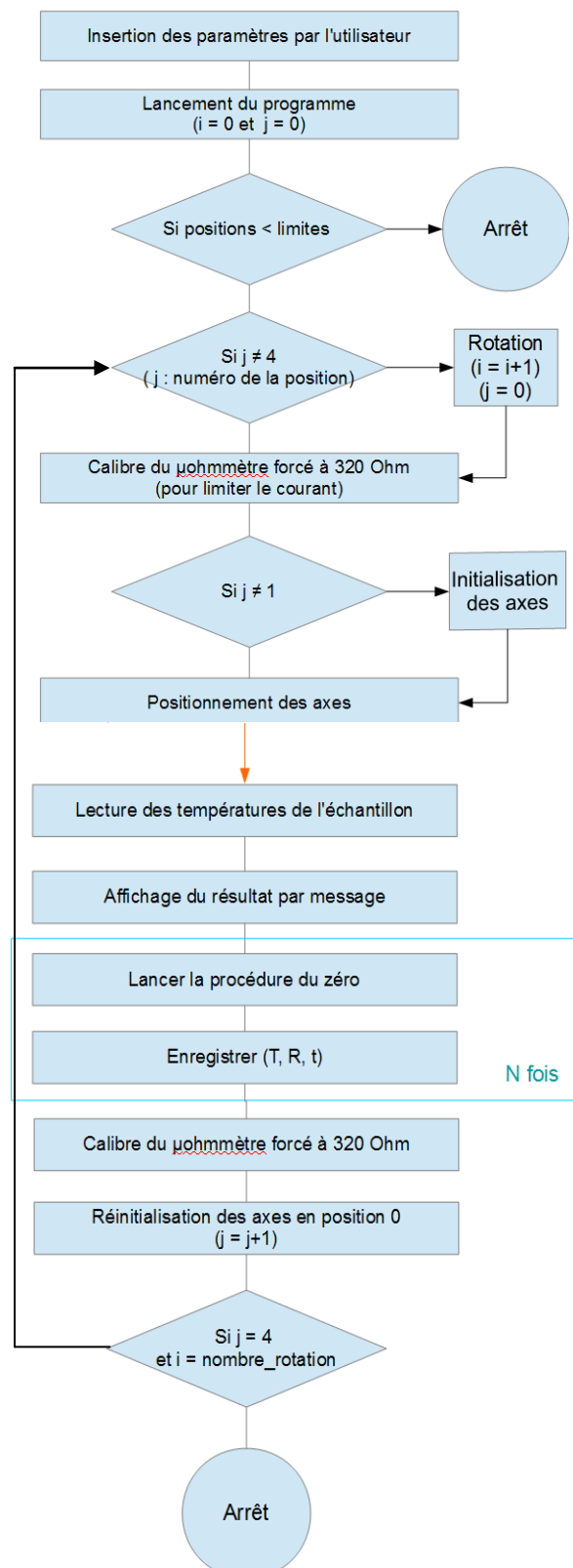
Avant de se pencher sur les avantages et les limites du programme d'automatisation de la procédure de mesure de la conductivité électrique d'une roue polaire mis en place, voyons si le cahier des charges a été respecté et quelles sont les améliorations qui ont été apportées.

Procédure de vérification du milieu



La conception de ce programme répond au cahier des charges, on ajoute des messages d'erreur pour faciliter à l'utilisateur la prise en main de l'interface et pour l'aider à éviter de mauvaises manipulations. On vérifie ensuite que les deux températures du milieu respectent la consigne donnée. Contrairement au cahier des charges ces températures sont vérifiées en parallèle ce qui induit un gain de temps. On ajoute un temps de stabilisation pour vérifier que ces températures restent stables pendant un certain temps ce qui ralentit la procédure car on doit effectuer plus de mesures mais qui permet de s'assurer de la véracité des mesures. Ce temps de stabilisation est donc essentiel et ne peut être enlevé.

Procédure de positionnement et de mesure



Par rapport au cahier des charges, on ajoute dans cette procédure une sécurité pour les équipements utilisés, si les positions rentrés par l'utilisateur sont hors limites alors le programme s'arrête. Dû à l'absence du capteur d'effort cette partie ne figure pas sur le diagramme de fonctionnement de la procédure. Comme dans le cahier des charges on force le microohmmètre à 320 Ohm pour limiter le courant débité par le microohmmètre et on positionne les axes. Cependant on n'attend pas une demi-course du capteur pour limiter le courant. En effet, cela peut être dangereux si une des positions rentrée par l'utilisateur est erronée. Contrairement au cahier des charges on ne peut pas agir sur la température de l'échantillon, donc cette température sera seulement une information pour l'utilisateur et non un paramètre. On peut ensuite passer à la mesure de la résistance. Le cahier des charges initial imposait de faire cette mesure trois fois consécutives. Cependant il est plus judicieux de laisser le choix du nombre de fois que cette mesure doit être faite consécutivement à l'utilisateur. Dû à la proximité des capteurs avec des obstacles environnants (exemple : tige de fer qui maintient la roue polaire) il a été indispensable de remettre la position des axes en 0 avant de passer à une nouvelle position sur la roue polaire. On fait cela pour 5 positions sans rotation sur une partie de la roue polaire. Cette valeur est fixe car demandée par le client, puis l'utilisateur peut choisir indirectement le nombre de rotation qu'il veut effectué pour parcourir toute la roue polaire.

Conclusion

Nous avons vu les différences entre le cahier des charges et le fonctionnement global du programme mis en œuvre pour y répondre au mieux. Voyons maintenant les avantages et les limites de ce programme sous forme de tableau.

Avantages	Limites
Procède à toutes les étapes permettant la mesure précise de la résistance sur une position du microohmmètre.	Met un temps assez long pour le positionnement des axes dû à la reconfiguration de la communication avec le PC à chaque fois qu'on change d'axe.
Respecte la sécurité du matériel.	N'est pas optimisé en place : programme lourd visuellement.
Donne à l'utilisateur un choix assez large d'utilisation (position sur la roue polaire, nombre de mesures, durée d'acquisition, ...).	Possède un faible nombre de message d'erreur (toutes les possibilités n'ont pas été envisagées)
Est codé de sorte qu'il soit facilement modifiable.	Certaines variables possèdent des contraintes (ex : angle de rotation : divisible par 360°)
Permet à tout utilisateur d'être pris en main.	
Crée un fichier d'enregistrement clair et facilement exploitable sur un logiciel.	
La procédure de vérification du milieu est séparée du reste ce qui permet de pouvoir ne la faire qu'une fois même en cas d'arrêt du programme.	
Possède de nombreux indicateurs différents (voyants, graphiques, afficheurs, ...).	

Le projet permet de donc répondre au cahier des charges intégralement mais peut encore être optimisé comme on peut le voir dans le tableau précédent.

Bibliographie

ARBENZ L. Caractérisation et modélisation des propriétés électromagnétiques du matériau magnétique doux d'un rotor à griffes. Rapport de première année de thèse.

Effet de peau [En ligne] http://fr.wikipedia.org/wiki/Effet_de_peau.

Labview Introduction à Labview

Labview Fundamental 1 Manuel de cours 2012