



HAL
open science

Mise au point d'un banc de mesure de conductivité hydraulique d'échantillon de sol

Justine Huron

► **To cite this version:**

Justine Huron. Mise au point d'un banc de mesure de conductivité hydraulique d'échantillon de sol. [Stage] Institut Universitaire de Technologie de Blois (IUT de Blois), Blois, FRA. 2010, 58 p. hal-02821131

HAL Id: hal-02821131

<https://hal.inrae.fr/hal-02821131>

Submitted on 6 Jun 2020

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

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

HURON Justine - DUT Mesures Physiques option « Matériaux et Contrôles Physico-chimiques »

Mise au point d'un banc de mesure de conductivité hydraulique d'échantillon de sol



Stage effectué à l'INRA Unité de Science du Sol d'Orléans du 06/04/10 au 25/06/10

Encadrement :

GIOT Guillaume, Assistant ingénieur INRA

LAFPEZ Patrick, Enseignant chercheur



Remerciements

Je souhaite remercier Guillaume Giot pour sa disponibilité et pour le suivi attentif de mon projet.

Je tiens également à remercier tout le personnel des équipes de l'Unité de Recherche de Science du Sol et d'Infosol pour leur bon accueil et leurs conseils.

Résumé

L'un des objectifs de l'unité de recherche en science du sol d'Orléans est l'étude des propriétés hydriques des sols. Différentes expérimentations permettent de déterminer les interactions entre l'eau et le sol. Nous étudierons ici la conductivité hydraulique à saturation (K_{sat}) des sols.

Le K_{sat} correspond à la capacité d'un sol saturé à conduire l'eau. Ce paramètre est déterminé en utilisant la méthode de la charge constante basée sur la loi de Darcy. Il permet notamment de prédire les mouvements d'eau dans le sol.

L'objectif de cette étude est de réactualiser le banc de mesure K_{sat} actuel obsolète : acquisition des mesures sous MSDOS et régulation en 220V. La mise au point d'un nouveau banc de mesure est possible grâce au logiciel de programmation graphique LabVIEW dont l'unité de recherche s'est doté récemment. Ce logiciel permet de faire évoluer l'acquisition de mesures (connexion d'instruments à l'ordinateur), d'alléger le système actuel et de reprendre le système de régulation précédent mais en passant en 24V pour plus de sécurité.

L'utilisation de LabVIEW permettra de disposer d'une interface beaucoup plus conviviale.

Abstract

One of the goals of Unity of Research of soil science of Orleans is the study of soil hydraulic properties. Different experiments permit to establish interactions between water and soil. We are going to study saturated hydraulic conductivity (Ksat). The Ksat is the ability of a saturated soil to lead water. We use the method of constant load based on Darcy's law in order to determine this parameter. It especially permits to predict the movement of water in the soil. The purpose of this training is to update the current measurement obsolete Ksat bench for the acquisition of measurements under MSDOS and whose regulation is at 220 V. The development of a new bench is possible by a software programming LabVIEW which Unit of Research was recently acquired. Thanks to this software, we are able to improve the measurement acquisition (connect instruments to the computer), ease the current system and change the regulation to 24 V for more safety. A user interface and a data processing much more friendly will be permitted thanks to LabVIEW.

Introduction

La démarche suivie lors de ce stage a été de s'intéresser au principe de mesure de la conductivité hydraulique à saturation afin de mettre au point un banc de mesure de conductivité hydraulique à saturation K_{sat} en environnement LabVIEW. Ce projet s'inclut dans un processus allant du prélèvement d'échantillon de sol jusqu'au traitement des données.

Nous allons d'abord présenter le laboratoire de recherche et les enjeux du stage. Ensuite nous allons nous intéresser au sol et ses interactions avec l'eau. Nous étudierons plus particulièrement la conductivité hydraulique à saturation. Nous évoquerons également la préparation des échantillons pour le banc de mesure. Puis nous étudierons le principe de fonctionnement du banc de mesure actuel comprenant l'acquisition et la régulation. Nous continuerons par la présentation plus en détail du logiciel LabVIEW et du programme réalisé permettant l'acquisition des mesures et la régulation. Nous nous intéresserons ensuite à la connexion et au câblage des instruments. Par la suite, nous présenterons les résultats de l'expérimentation et nous finirons par les conclusions du stage et les perspectives.

Table des matières

1) Présentation	
1.1) INRA	p.7
1.1.1) Niveau national	p.7
1.1.2) Site Orléans	p.7
1.1.3) Unité Science du Sol	p.8
1.2) Enjeux du stage	p.10
2) Le sol	
2.1) Qu'est-ce que le sol ?	p.11
2.2) L'eau dans le sol	p.12
3) Echantillon	
3.1) Prélèvement	p.14
3.2) Préparation de l'échantillon	p.15
4) Banc de mesure actuel	
4.1) Conductivité hydraulique à saturation	p.16
4.2) Principe de fonctionnement	p.18
5) Nouveau banc de mesure	
5.1) LabVIEW	p.19
5.2) Grandeurs mesurées	p.21
5.2.1) Température	p.21
5.2.2) Masses	p.25
5.2.3) Cadencement de mesure	p.27
5.2.4) Fichier de mesure Excel	p.28
5.2.5) Horodatage	p.29
5.3) Régulation	p.30
5.3.1) Principe	p.30
5.3.2) Détecteur de niveau	p.32
5.3.3) Electrovanne	p.34
5.3.4) Pompe	p.35
5.4) Face avant et Diagramme	p.36
6) Résultats	
6.1) Fichier Excel généré	p.38
6.2) Traitement de la Conductivité hydraulique	p.38
7) Conclusions	p.40
Lexique	p.41
Bibliographie	p.42
Annexes	p.43

1) Présentation

1.1) Présentation de l'INRA

1.1.1) L'INRA au niveau national

L'Institut national de la recherche agronomique (Inra) est un organisme de recherche scientifique publique finalisée, placé sous la double tutelle du ministère de l'Enseignement supérieur et de la Recherche et du ministère de l'Agriculture et de la Pêche. Cet établissement public à caractère scientifique et technique a été créé en 1946 dans le but de moderniser l'agriculture française.

Les recherches sont guidées par l'évolution des questionnements scientifiques, et, orientées par les défis planétaires posés par l'alimentation, l'environnement et la valorisation des territoires, que l'agriculture et l'agronomie ont à relever.

1.1.2) Le centre de recherche d'Orléans

Quatre domaines de recherche sont traités sur le centre de recherche INRA d'Orléans :

- La sélection d'arbres forestiers
- La biologie des insectes forestiers ravageurs
- La maîtrise des érosions et des pollutions, l'évaluation de risques agro-climatiques
- L'amélioration génétique des performances des troupeaux et la qualité de leurs produits

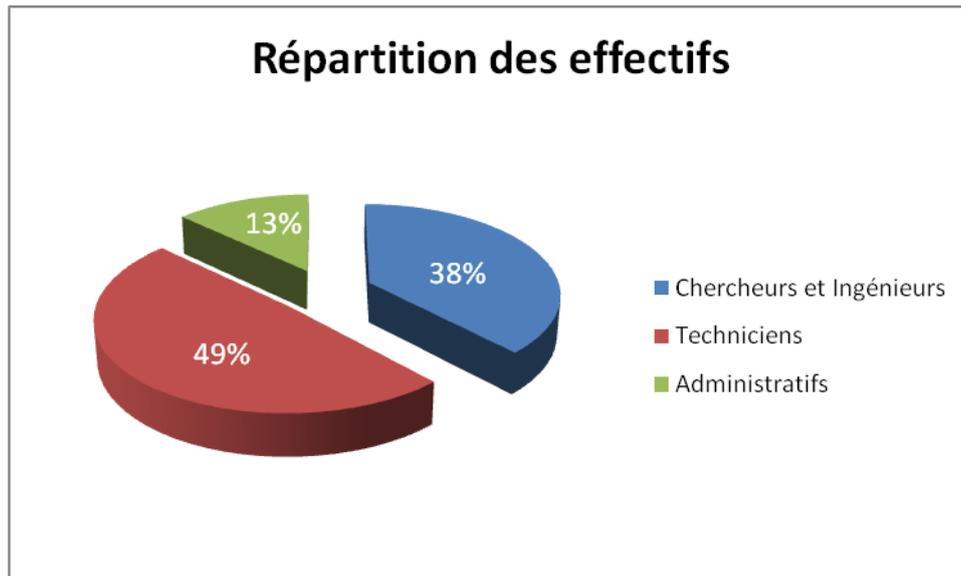
Ces thématiques de recherche, au travers des unités présentes notamment sur le site d'Ardon, donnent au centre d'Orléans une orientation marquée en matière d'environnement et de développement durable. Le centre de recherche d'Orléans est composé de 6 unités :

Les unités du Centre de Recherche d'Orléans
et leur départements de rattachement



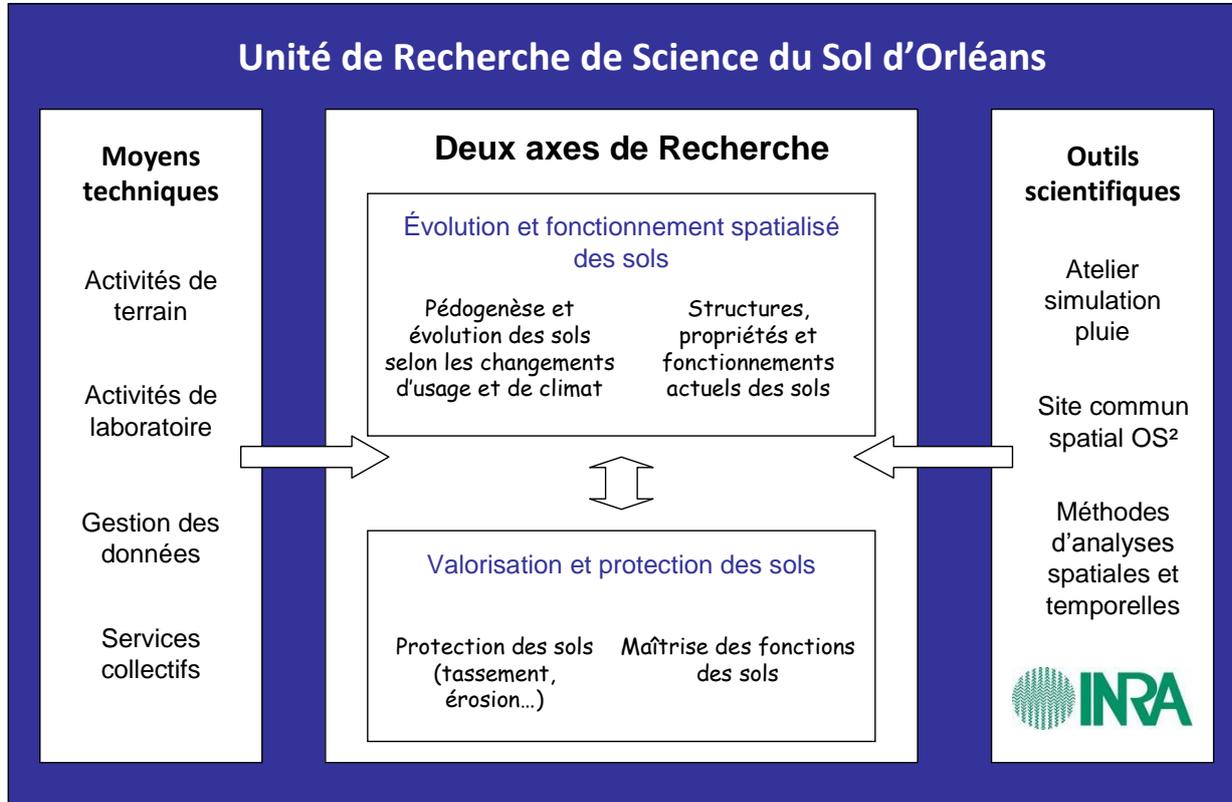
Les effectifs

Les **effectifs du Centre d'Orléans** sont de **200 personnes** répartis de la manière suivante :



1.1.3) Unité de Recherche de Science du Sol

L'Unité de Recherche de Science du Sol d'Orléans est constituée d'une seule équipe de recherche qui est composée de 26 membres permanents, dont 7 chercheurs et 6 ingénieurs. Elle accueille en moyenne 5 doctorants ou post-doctorants chaque année. L'Unité a été créée en 2000 à partir du Service d'Etude des Sols et de la Carte Pédologique de France (SESCPF) et cohabite avec l'Unité de Service InfoSol qui a en charge la cartographie et la surveillance des sols sur le territoire national.



1.2) Enjeux du stage :

Enjeux pour le laboratoire :

L'objectif principal de ce stage est de réactualiser un banc de mesure obsolète. Il s'agit également d'introduire l'utilisation de la programmation LabVIEW dans le laboratoire pour mesurer, dans le cadre de ce stage, la conductivité hydraulique à saturation. Ainsi d'autres applications sous environnement LabVIEW pourront ensuite être développées (notamment au simulateur de pluie de l'unité).

D'autre part, pour le laboratoire, cela permet d'avoir un nouveau banc de mesure avec un mode opératoire simple à mettre en oeuvre.

Enjeux personnels et professionnels :

Les enjeux du stage sont de se familiariser avec le logiciel LabVIEW qui est très utilisé dans les laboratoires de recherches et plus généralement dans le domaine industriel ; ceci sera utile dans la vie professionnelle. De plus, un des objectifs du stage est d'approfondir les connaissances sur le sol et ses interactions avec l'eau mais également d'avoir une approche directe avec l'instrumentation environnementale (savoir comment mesurer certaines grandeurs spécifiques au sol), ce qui est en adéquation avec la poursuite d'études envisagée.

2) Le sol

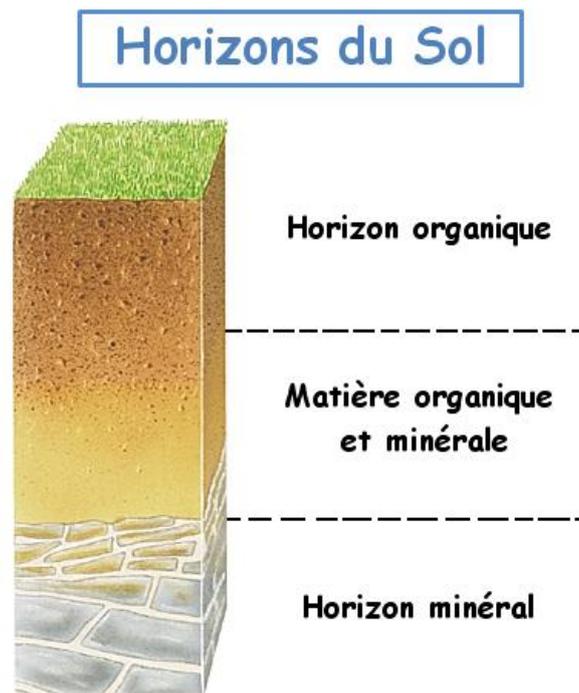
2.1) Qu'est-ce que le sol ?

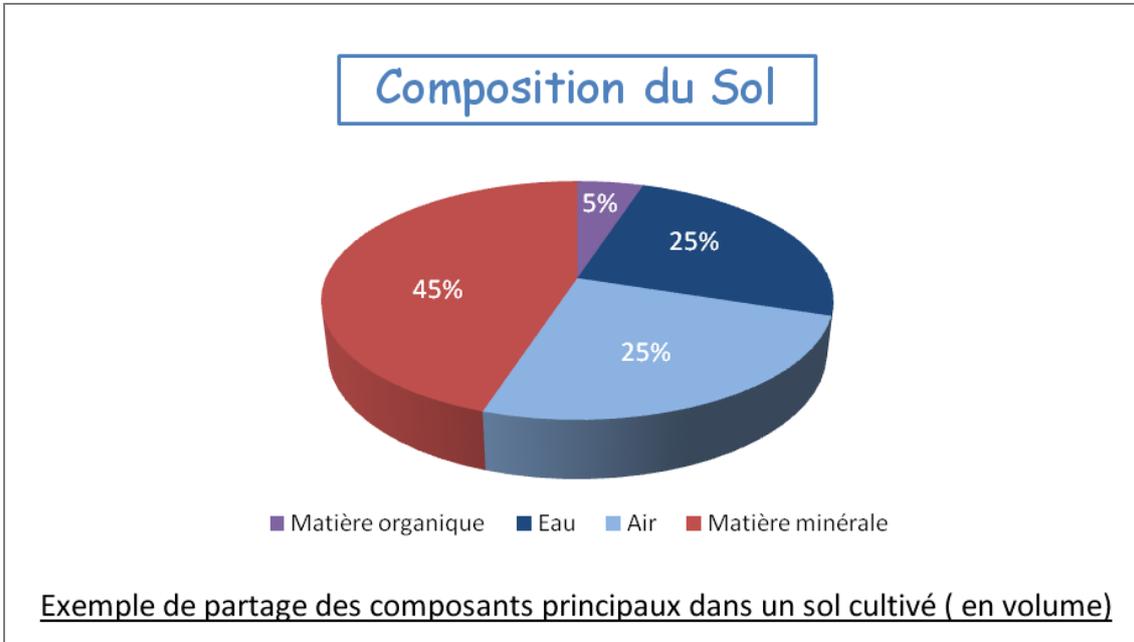


Le sol est décrit comme étant la partie superficielle de la croûte terrestre due à la dégradation des roches mères et à la décomposition des végétaux. C'est un milieu mal connu par les hommes. Les sols sont des écosystèmes fragiles à préserver. Ils ont pour vocation principale la production agricole et sylvicole mais assurent également le développement de la végétation naturelle (support de la biodiversité). Les sols sont des réacteurs biologiques qui réalisent de nombreuses fonctions environnementales (ralentissent les ruissellements de l'eau, qualité de l'eau [filtre naturel], cycle de la matière, ...).

Le sol est constitué de différents horizons, dont 3 principaux :

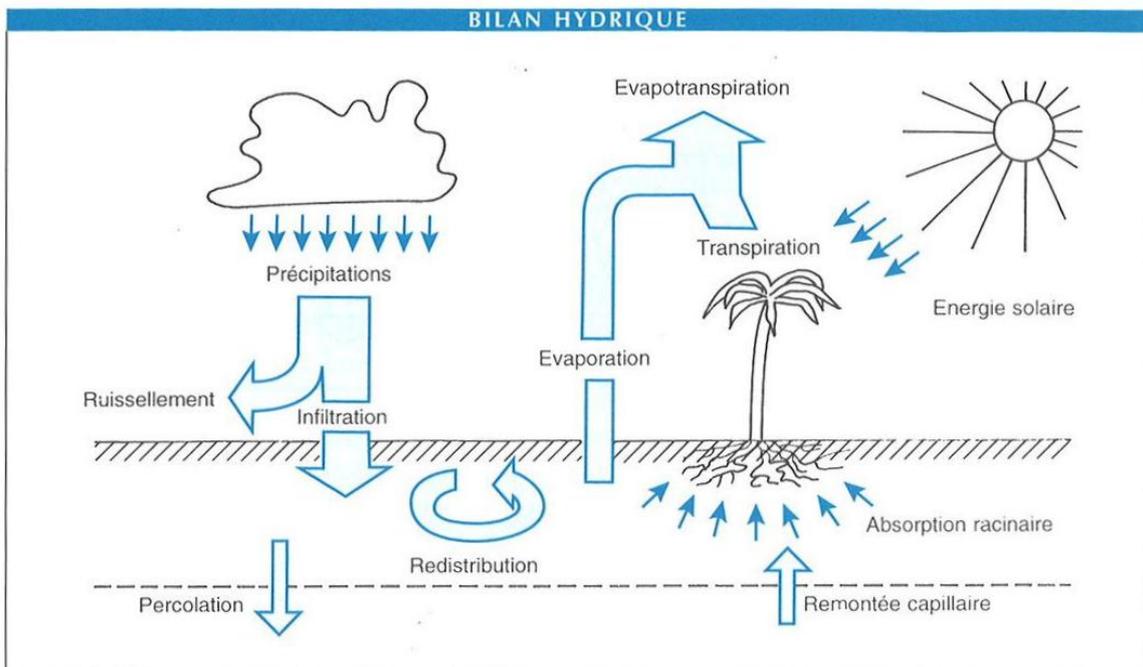
- Horizon formé de matières organiques provenant des débris de végétaux et déchets d'animaux.
- Horizon formé d'un mélange de matière organique et minérale
- Horizon purement minéral





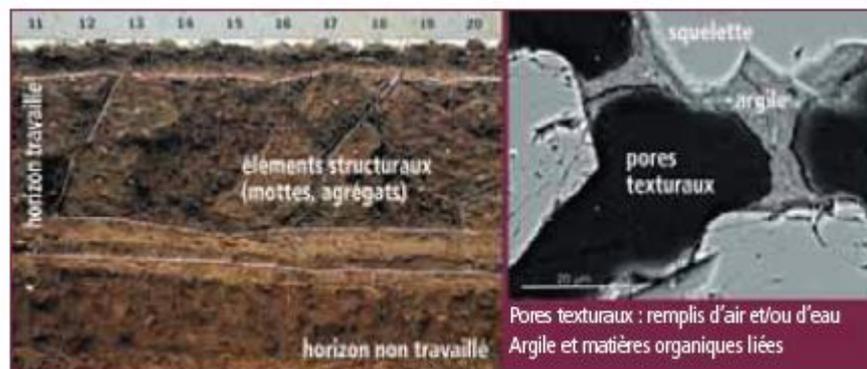
2.2) L'eau dans le sol

Bilan hydrique



Sous nos climats, l'apport d'eau au sol se fait sous forme de pluie, neige, rosée et brouillard. Toute l'eau des précipitations n'atteint pas le sol: une part est évaporée directement pendant et après la pluie; les gouttes peuvent être interceptées en partie par le feuillage. L'eau qui atteint le sol ruisselle, s'infiltre et réhumecte le sol. Les racines absorbent cette eau que la tige et les feuilles évaporent par transpiration. Une fraction réduite finalement gagne la profondeur et atteint la nappe.

La porosité des sols



Le sol joue un rôle fondamental dans le cycle des eaux continentales. La porosité des sols détermine la proportion de l'eau qui ruisselle et de l'eau qui s'infiltre. Après une pluie, les sols les plus poreux laissent l'eau s'infiltre rapidement et évitent ainsi l'accumulation d'eau à la surface et le ruissellement s'il y a une pente. Le sol régule donc le régime des cours d'eau et le remplissage des nappes phréatiques, filtre et épure les eaux qui le traversent. Il en influence la composition chimique et biologique. Cette capacité a cependant des limites : les sols gravement pollués (par des activités industrielles ou agricoles) transmettent une partie de leur pollution aux eaux qui les traversent.

3) Echantillon de sol

3.1) Prélèvement

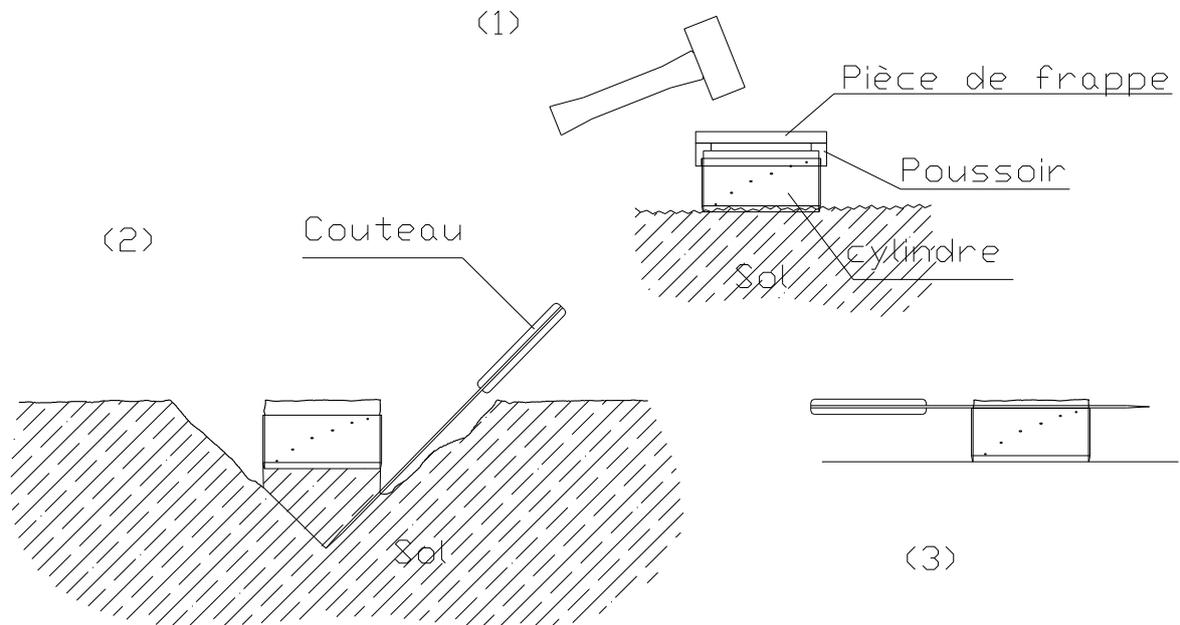
Nous nous sommes déplacés sur le site atelier OS2 de l'Unité (Eure et Loir), sur le terrain d'un agriculteur qui collabore avec l'INRA. Nous avons procédé au prélèvement d'échantillons de sol pour le banc de conductivité hydraulique à saturation Ksat.

Nous avons effectué des prélèvements de cylindres de sol à une profondeur donnée dans un horizon. L'étude de la conductivité hydraulique de l'échantillon dépendra donc du type de sol et de la profondeur à laquelle on l'a prélevé.



Description de la méthode :

1. Creuser à la profondeur voulue et dégager la surface du sol des débris gênants.
2. Placer le cylindre et son poussoir.
3. Enfoncer le cylindre verticalement avec précaution à l'aide d'un marteau anti-rebond (frappe modérée) jusqu'à ce que la surface de la couche mesurée dépasse la section supérieure du cylindre. L'enfoncement doit être lent et régulier.
4. Bien contrôler la verticalité du cylindre.
5. Dégager le sol autour de l'échantillon.
6. Araser les faces supérieure et inférieure de l'échantillon.
7. Protéger les faces de l'échantillon avec un film plastique et fermer avec les couvercles
8. Mettre un ruban adhésif large autour des couvercles pour rendre l'échantillon étanche et éviter que l'ensemble ne s'ouvre pendant une manipulation.



3.2) Préparation de l'échantillon



La conservation de l'échantillon humide se fait dans des récipients hermétiques et à 4°C (limitation de l'activité biologique). La saturation de l'échantillon est ensuite réalisée au laboratoire.

On pose le cylindre de sol sur le support perforé placé dans le bac de saturation. Le niveau d'eau est initialement à 1 cm de la base du cylindre de façon à le saturer par capillarité.

Le niveau est maintenu ainsi pendant 24 h puis il est progressivement augmenté jusqu'à la partie supérieure du cylindre. Pour réaliser une saturation aussi complète que possible, il est préférable d'augmenter très progressivement le niveau de l'eau (sur environ 5 jours).

La mesure ne pourra en aucun cas débuter avant que le niveau d'eau ait atteint le haut du cylindre.

4) Banc de mesure actuel

4.1) Conductivité hydraulique

Les sols n'ont pas tous la même aptitude à transporter ou à stocker l'eau. C'est même une des sources importantes de différenciation des sols les uns par rapport aux autres.

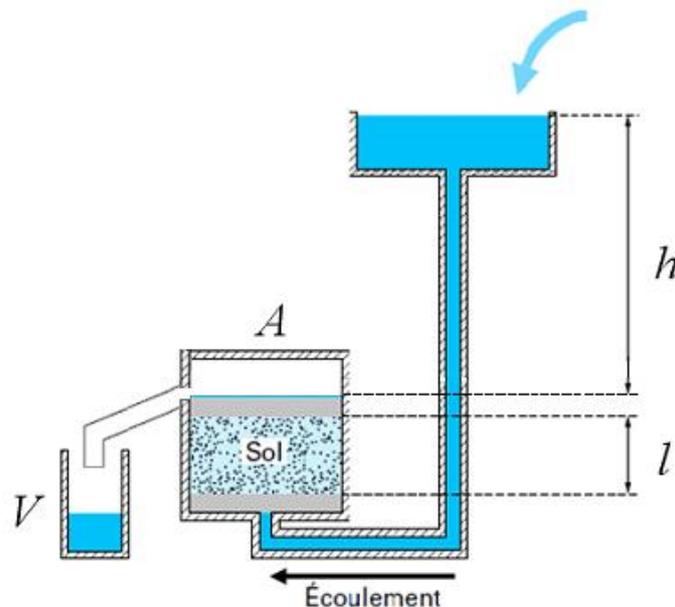
Le principe par la méthode charge constante : déterminer conductivité hydraulique à saturation (K_{sat}) à partir de la loi de Darcy.

Un niveau d'eau est maintenu constant au dessus de l'échantillon à l'aide d'un réservoir placé latéralement. La circulation de l'eau se fait de bas en haut afin de limiter le déplacement des particules (en particulier les plus fines) ce qui pourrait introduire une modification de la conductivité.

Le volume d'eau qui percole à travers l'échantillon est mesuré en fonction du temps et l'écoulement de cette eau doit être laminaire. Les calculs sont effectués pour une eau à 20°C.

Les mesures de conductivité hydraulique (ou coefficient de perméabilité) en régime saturé :

La conductivité hydraulique peut être déterminée avec cette méthode lorsqu'elle est inférieure à environ 10^{-4} m.s^{-1} (limite d'utilisation de la loi de Darcy).



La conductivité hydraulique à saturation est donnée par la relation suivante :

$$K_s = \frac{V}{A.t} \times \frac{l}{h}$$

- K_s = conductivité hydraulique à saturation ($m.s^{-1}$).
- V = volume d'eau percolée à travers l'échantillon pendant le temps t (m^3)
- A = surface de l'échantillon de sol (m^2)
- t = temps durant lequel la mesure est effectuée (s)
- l = hauteur de l'échantillon de sol (m)
- h = hauteur de la charge d'eau imposée (m)

La correction de température est :

$$K_{s_{20^\circ C}} = K_s \times \left[\frac{1,787}{0,997509 + 0,035182 \times \theta + 0,000203 \times \theta^2} \right]^{1/\nu}$$

$K_{s_{20^\circ C}}$	conductivité hydraulique à saturation à $20^\circ C$ ($m.s^{-1}$)
K_s	conductivité hydraulique à saturation à la température de la mesure θ ($m.s^{-1}$)
θ	température de la mesure ($^\circ C$)
ν	viscosité de l'eau à $20^\circ C$ ($1,002 \times 10^{-2} g.cm^{-1}s^{-1}$)

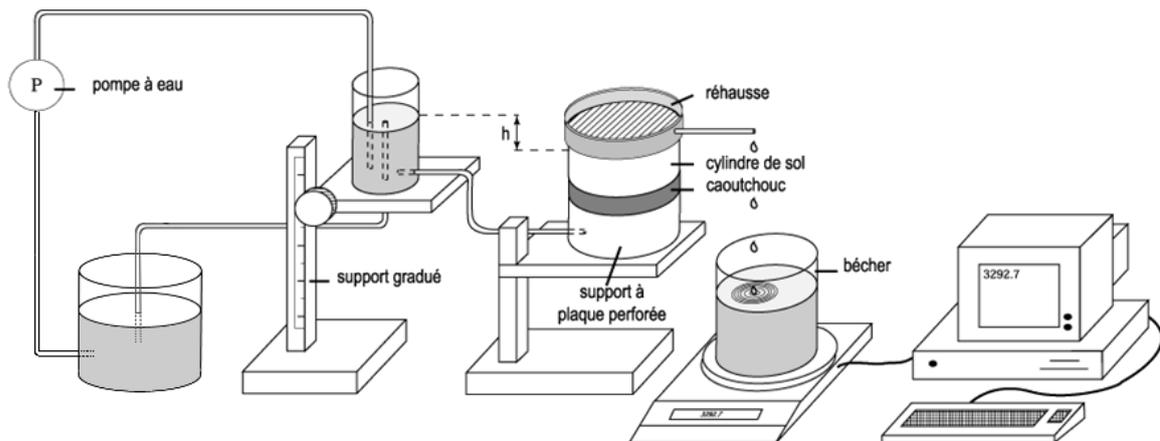
CONDUCTIVITÉ HYDRAULIQUE												
K_s [M/s]	10^{-1}	10^{-2}	10^{-3}	10^{-4}	10^{-5}	10^{-6}	10^{-7}	10^{-8}	10^{-9}	10^{-10}	10^{-11}	
	Soit environ :											
	100 m/j			10 m/j		1 m/j	0,1 m/j					
PERMÉABILITÉ	perméable			semi-perméable			imperméable					
TYPES DE SOLS	gravier sans sable ni éléments fins		sable avec gravier sable grossier à sable fin		sable très fin limon grossier à limon argileux		argile limoneuse à argile homogène					
			tourbes									
POSSIBILITÉS DE DRAINAGE	excellentes		bonnes		moyennes à faibles		faibles à nulles					

Le calcul de la conductivité hydraulique nous permet de connaître le niveau de perméabilité d'un sol et de l'associer à un type de sol en particulier. Ceci peut également nous permettre d'apporter des solutions quant aux possibilités de drainage d'un sol.

4.2) Principe de fonctionnement :

Il est constitué de :

- Deux balances, une pompe, un détecteur de niveau, une électrovanne, deux réservoirs, un thermomètre.



L'arrivée d'eau est reliée au réservoir d'eau ; afin que la charge (h) reste constante le réservoir lui fournit de l'eau .La régulation se fait grâce à un détecteur de niveau qui se trouve dans le réservoir, quand le niveau diminue à un certain point, le détecteur se met en route et à l'aide d'un relais vient ouvrir l'électrovanne. Ainsi le niveau reste constant. La pompe permet la bonne circulation de l'eau dans le système. Un thermomètre donne la température lors de la manipulation. La masse d'eau écoulee est notée et permet le calcul de la conductivité hydraulique à saturation.



5) Nouveau banc de mesure

5.1) LabVIEW



(Laboratory Virtual Instrument Engineering Workbench)

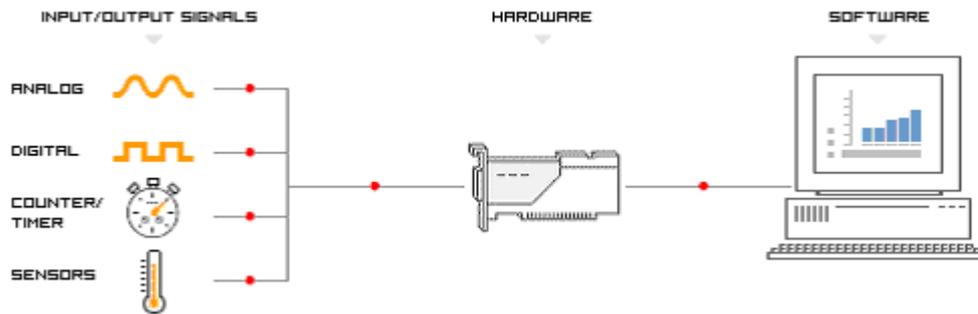
LabVIEW est un environnement de programmation graphique utilisé pour développer des systèmes de mesure, de test et de contrôle en assemblant des icônes reliées par des fils illustrant le flux de données. Ce logiciel permet notamment l'acquisition et le traitement de données, la simulation et le contrôle d'instrument. LabVIEW offre une intégration inégalée avec des milliers de matériels et s'accompagne de centaines de bibliothèques de fonctions d'analyse et de visualisation des données. LabVIEW est de plus en plus utilisé dans le domaine industriel et de la recherche et est devenu un standard de ce fait.

Alors que beaucoup de langages de programmation sont *textuels*, LabVIEW est un langage *graphique*. Les domaines de prédilection de LabVIEW sont principalement l'instrumentation, les bancs d'essais. Cependant, l'intégration aisée de composants de régulation, et de serveurs pour automatisation industrielle en font un système très ouvert. En raison de leur parenté avec les instruments réels, les programmes écrits en LabVIEW sont appelés *VIs* (pour *Virtual Instruments : Instruments Virtuels*).

Les objectifs que nous cherchons à atteindre avec ce logiciel sont :

- établir une communication entre un instrument et un ordinateur
 - **balances/ordinateur**
 - **sonde Pt100/ordinateur**
- envoyer une commande à l'instrument
 - **1 mesure toutes les minutes pendant une heure**
- récupérer les mesures
 - **masses**
 - **température**
- mettre en forme une interface utilisateur
 - **visualiser tous les indicateurs et commandes du banc : convivial pour l'utilisateur**
- produire des résultats de mesures (graphique, fichiers de données)
 - **format Excel : données faciles à analyser et à traiter**

Communication Instrument/Ordinateur



Pour notre banc de mesure, nous avons souhaité faire communiquer 2 balances ainsi qu'une sonde Pt100 avec l'ordinateur. Pour cela, il nous a fallu utiliser les interfaces adéquates qui permettent de faire le lien entre l'instrument et l'ordinateur : le NI 9217 pour la sonde Pt100 et le RS-422 pour les balances.

Les programmes LabVIEW sont appelés Instruments Virtuels ou Virtual Instruments (VIs), ils sont constitués de deux fenêtres : la face avant (ou interface utilisateur graphique) et le diagramme :

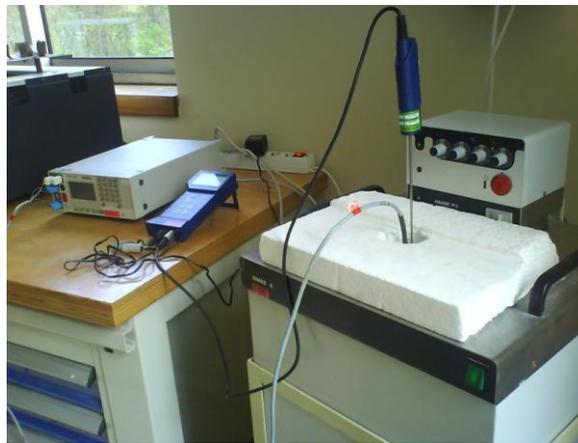
- Face avant :
 - Les *commandes* qui permettent d'entrer des données
 - Les *indicateurs* qui permettent d'afficher des sorties.
- Diagramme :
 - Programme complémentaire de la face avant
 - Interaction entre face avant et diagramme

5.2) Grandeurs mesurées

5.2.1) Température (sonde Pt 100)

La sonde PT100 est constituée d'un filament de platine (Pt), dont la caractéristique est de changer de résistance en fonction de la température. Leur résistance est de 100 ohms pour 0 °C, elle augmente en même temps que la température.

Étalonnage sonde Pt100



La sonde Pt100 est la sonde qui nous permet de mesurer la température.

Afin d'évaluer l'écart entre la valeur mesurée par la sonde PT100 et la valeur vraie de température, on effectue un étalonnage par comparaison : pour cela, on utilise un cryostat et une sonde de référence. On plonge les deux sondes dans le cryostat qui est réglé à une certaine température. Après 1 heure de stabilisation, on enregistre les deux températures.

Si l'écart entre la valeur vraie et la valeur mesurée est inférieur à 0,5°C ; la sonde est déclarée conforme.

Étalonnage de la sonde Pt 100

Température du cryostat (°C)	Température de référence (°C)	Température mesurée (C°)	Ecart (°C)
10,00	10,95	10,60	0,35
15,00	16,12	15,80	0,32
20,00	20,96	20,60	0,36
25,00	25,70	25,40	0,30
30,00	30,60	30,30	0,30

Sonde Pt100



Paramétrages du NI-DAQ



Pour connecter la sonde pt100 à l'ordinateur, il faut ajouter un assistant DAQ au programme et le paramétrer de façon à acquérir une température.



La connexion physique de la sonde Pt100 se fait de la façon suivante : la sonde est reliée au NI 9217 qui est lui-même relié à l'interface NI CompactDaq ; on câble ce dernier à l'ordinateur via un câble USB.

Câblage

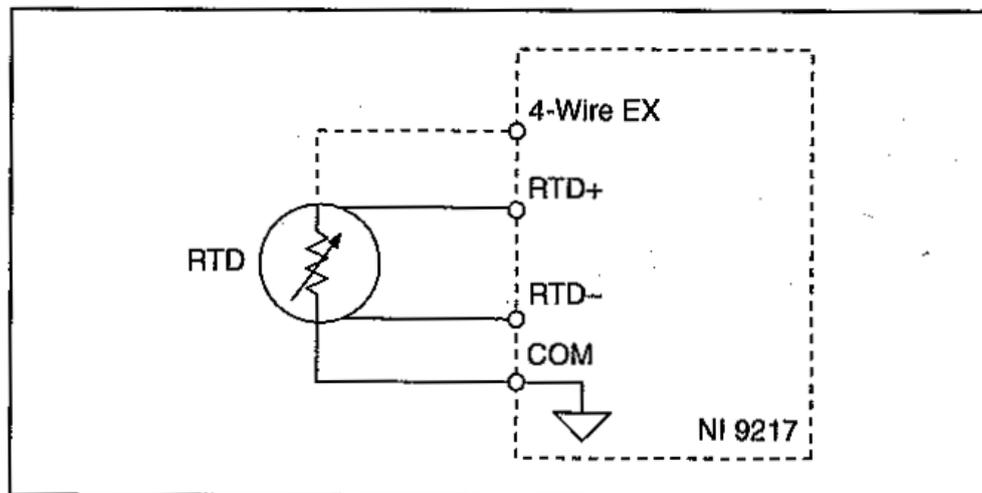
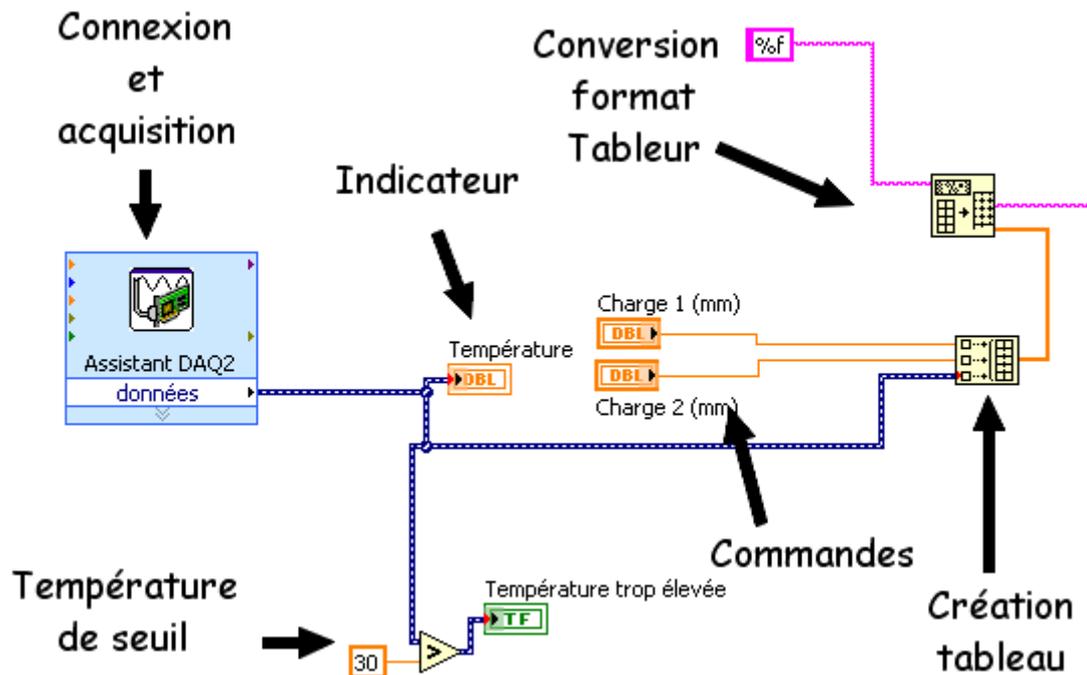


Figure 4. Connecting an RTD to the NI 9217

Programme



L'assistant DAQ permet de faire la connexion avec la sonde PT100 ; ainsi il est possible d'avoir la température mesurée sur la face avant grâce à un indicateur relié à la sortie de l'assistant DAQ. Afin que les mesures se fassent dans de bonnes conditions, il est nécessaire de ne pas dépasser 30°C. Pour cela nous avons effectué une comparaison qui active une diode lorsque $T > 30^\circ\text{C}$. Par ailleurs, nous avons regroupé différentes données dans un tableau comprenant la mesure de température et les charges qui seront fixées par l'opérateur. Ensuite, nous avons converti ce tableau au format tableur pour pouvoir regrouper ce tableau avec d'autres données.

5.2.2) Masses (balances)

Les balances utilisées sont des Sartorius MSE5201S permettant une précision de lecture de 0,1 g sur une étendue de mesure de 5200g.



Paramétrages de l'assistant

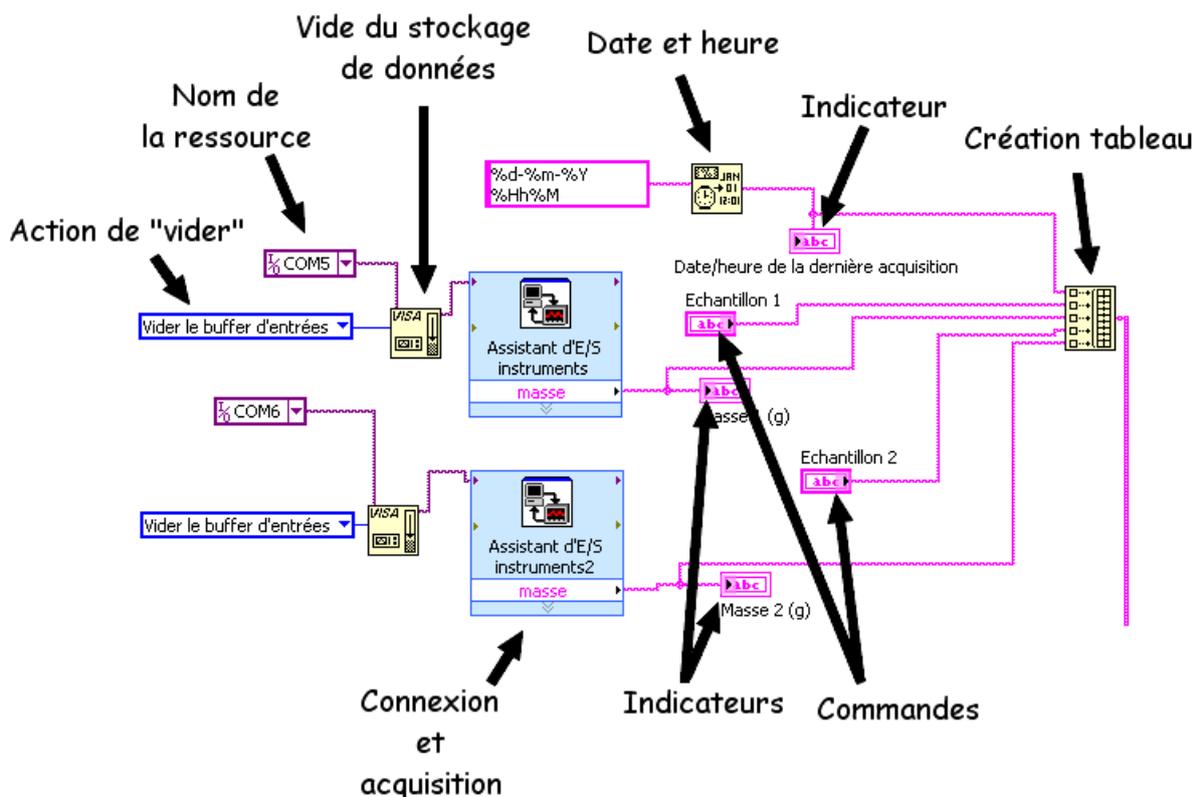


Pour que la connexion entre la balance et l'ordinateur puisse se faire, il faut paramétrer ceux-ci de la même façon que ci-dessus.

La connexion physique entre la balance et l'ordinateur se fait grâce à l'interface RS-232
reliée à l'ordinateur par un câble USB

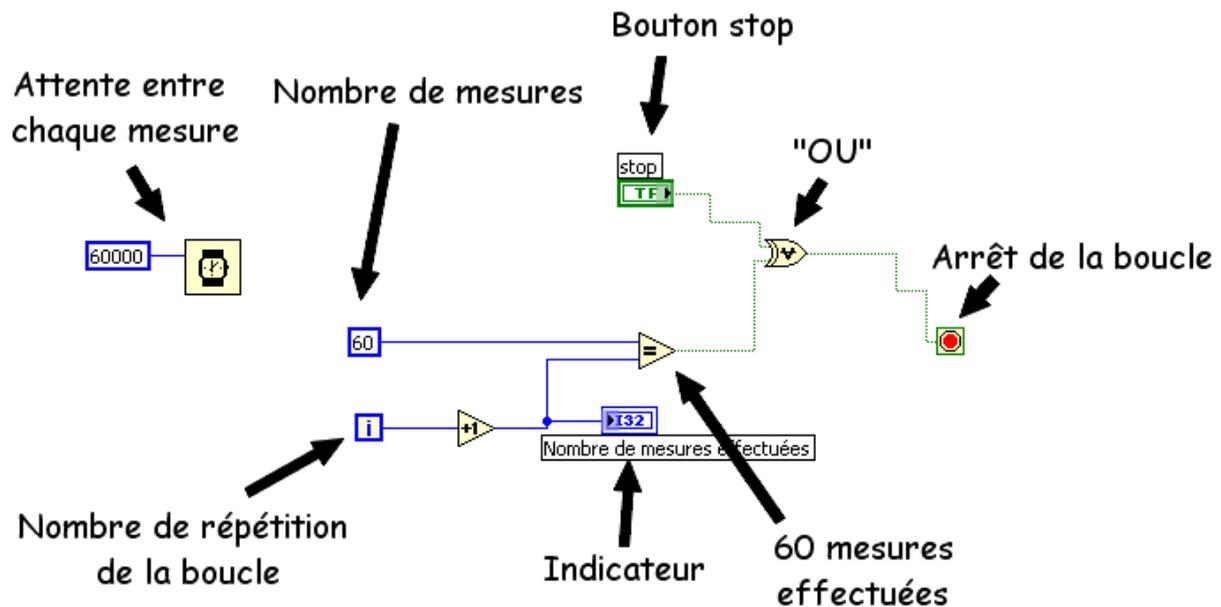


Programme



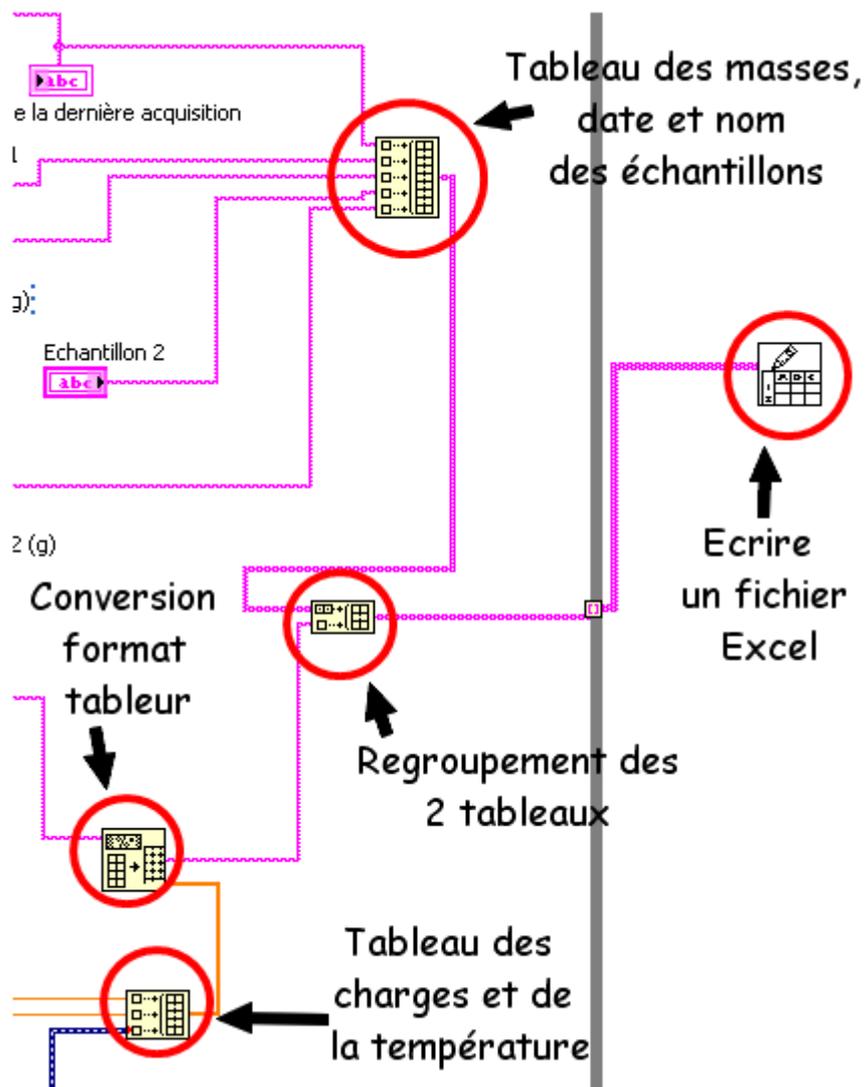
Les assistants d'E/S permettent la connexion avec les balances et l'acquisition des masses. Afin que les balances ne soient pas saturées de données, il faut vider leur buffer d'entrées et indiquer à l'aide d'une constante la balance choisie. Par la suite on place des indicateurs pour avoir les masses sur la face avant. Ensuite on regroupe les mesures avec le nom des échantillons (donné par l'utilisateur sur la face avant) et l'heure de l'acquisition dans un tableau.

5.2.3) Cadencement des mesures



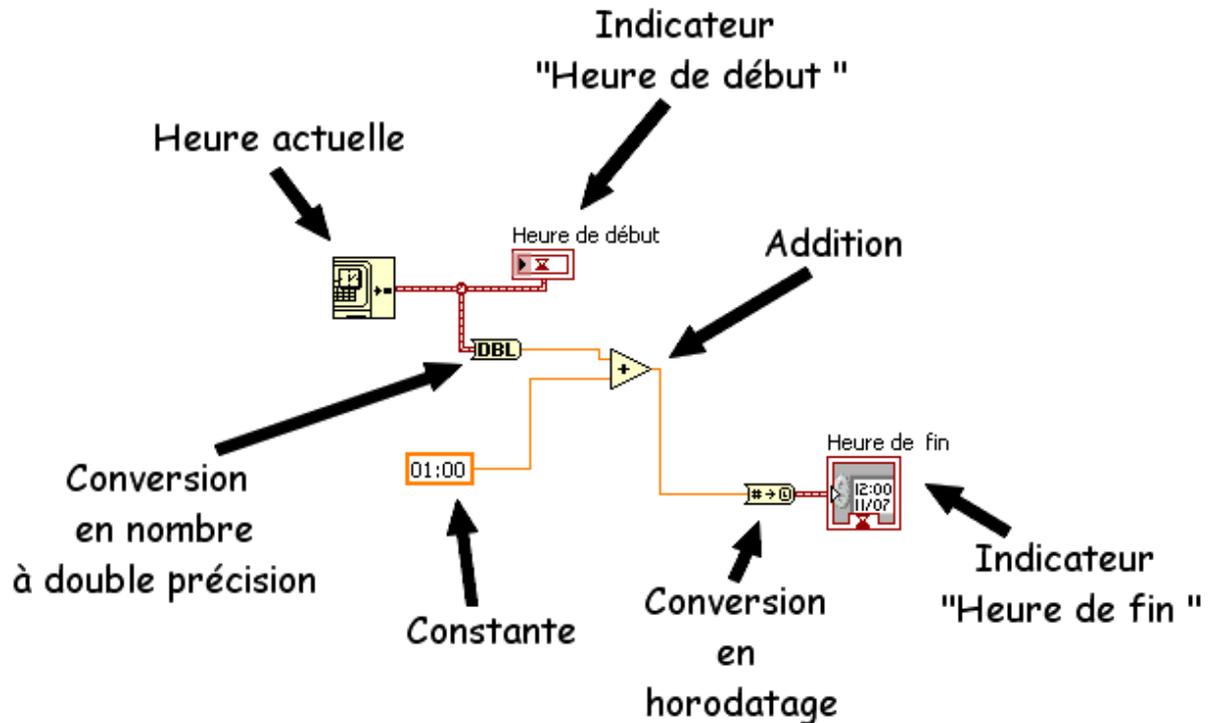
Pour que les mesures soient continues et périodiques, il faut cadencer la **boucle while**. On souhaite faire l'acquisition de 60 mesures en 1 heure soit une mesure toutes les minutes. Ainsi, pour que les mesures se fassent toutes les minutes ; on paramètre une attente entre chaque mesure de 1 minute. Le nombre d'itération « i » est le nombre de fois que se répète la boucle. Pour que celui-ci soit égal et s'arrête à 60 (mesures), on ajoute une opération quand « i » = 60 alors la boucle s'arrête (on ajoute +1 à « i » car il existe un décalage d'une mesure). On rajoute la fonction « OU exclusif » pour stopper la boucle, ainsi l'utilisateur peut attendre la fin des mesures ou arrêter le programme quand il le souhaite.

5.2.4) Ensemble des données dans tableau



Comme les mesures effectuées n'ont pas le même format, on ne peut pas les regrouper directement dans le même tableau. Après avoir formaté les mesures de températures en format tableau, on crée un autre tableau permettant de rassembler les mesures de masses et de température. Par la suite, on les écrit dans un tableau Excel que l'on place à l'extérieur de la boucle pour que l'on n'ait pas à générer plusieurs tableaux Excel.

5.2.5) Horodatage



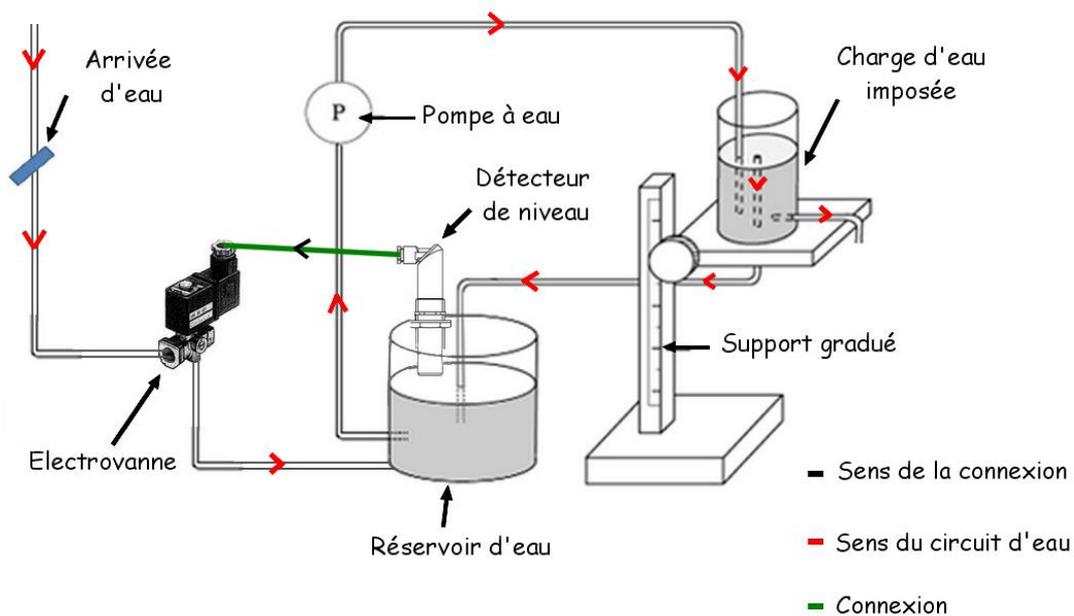
On souhaite avoir l'heure de début et de fin de manipulation sur la face avant. Ainsi on ajoute la fonction horodatage de l'heure actuelle après laquelle on place un indicateur. Par la suite, comme la manipulation ne dure qu'une heure, on vient ajouter l'opération « heure actuelle + 1 heure » (à l'aide d'une constante et de l'opération addition). Pour effectuer cette opération, il faut convertir le flux de données en nombre à virgule flottante double précision. Après cette opération, il faut encore convertir le flux de données mais cette fois-ci en nombre en horodatage pour avoir un indicateur donnant l'heure de fin de manipulation.

5.3) Régulation

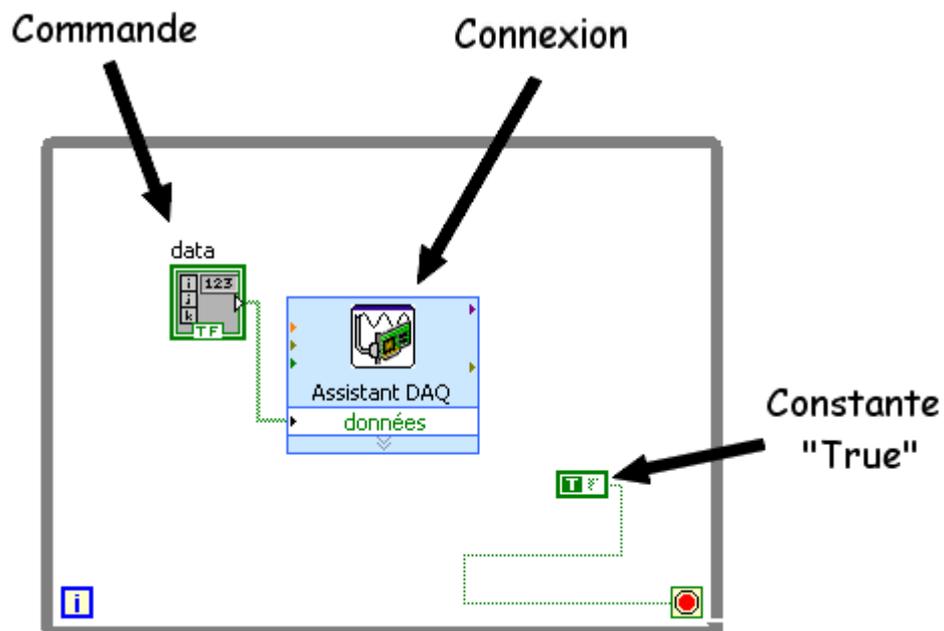
5.3.1) Principe de fonctionnement

La charge d'eau imposée reste constante au cours de la manipulation grâce à la régulation du circuit d'eau.

Régulation du circuit d'eau



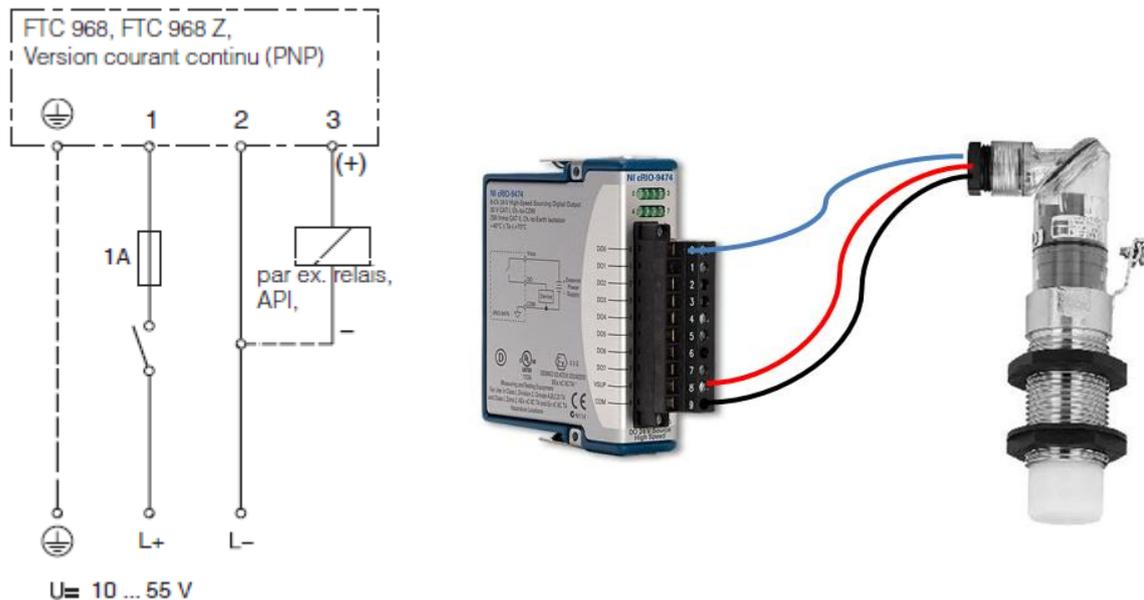
La régulation se déroule de la manière suivante : lorsque l'eau dans le réservoir atteint un certain niveau (minimum), le détecteur de niveau envoie un signal PNP et permet à l'électrovanne de s'ouvrir pour faire entrer de l'eau dans le circuit. La pompe assure la circulation de l'eau dans le circuit.
Grâce à LabVIEW, nous pouvons décider du moment où l'on active cette régulation (création d'une commande sur la face avant). Ceci est rendu possible par l'assistant DAQ et le NI-9474.



La régulation de la charge d'eau est rendue possible grâce à un détecteur de niveau et une électrovanne connectés à l'ordinateur via un assistant DAQ. Après paramétrages de l'assistant, on vient lui ajouter une commande pour contrôler le début de la régulation sur la face avant. Afin que le programme puisse s'arrêter, on ajoute la constante « true » au stop de la boucle While.

5.3.2) Détecteur de niveau

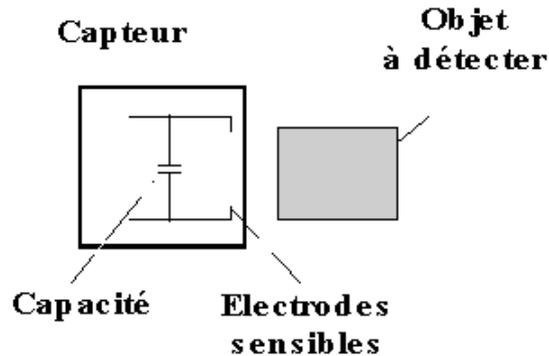
Principe de fonctionnement du détecteur de niveau



Le câblage du détecteur de niveau est un raccordement de trois fils et se fait en tension continue (24V).

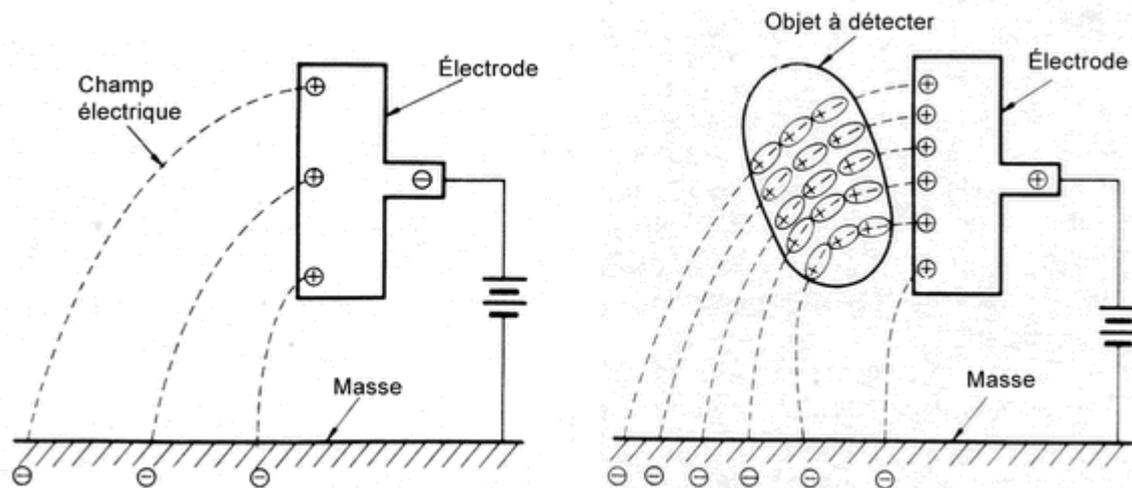
Le principe du détecteur se base sur une mesure capacitive, il s'agit d'une exploitation de la différence de diélectrique entre l'air et l'eau. Le détecteur envoie un signal de sortie de commutation de l'électronique (PNP) à l'électrovanne.





Le capteur capacitif utilisé est un capteur de proximité qui permet de détecter l'eau. Lorsque l'eau entre dans le champ de détection des électrodes sensibles du capteur, il provoque des oscillations en modifiant la capacité du condensateur.

Le capteur est muni d'une électrode dont la capacitance augmente lorsque l'objet à détecter est proche. Ce changement de capacité est utilisé dans un circuit d'oscillateur. Ainsi, l'amplitude du signal de sortie de l'oscillateur sera plus élevée avec la présence d'un objet.



5.3.3) Electrovanne



L'électrovanne laisse passer l'eau provenant de l'arrivée d'eau lorsque le détecteur lui envoie un signal.

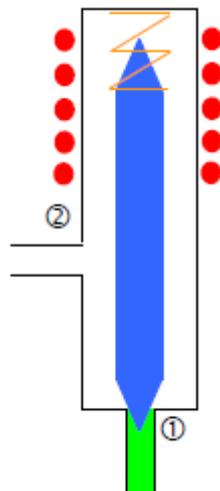
Principe de fonctionnement de l'électrovanne à 2 voies

Dans notre cas l'électrovanne fonctionne en « tout ou rien » : elle a donc deux états « stables » suivant qu'elle est ou non alimentée électriquement (il n'est pas possible de doser l'ouverture de cette vanne).

Elements principaux :

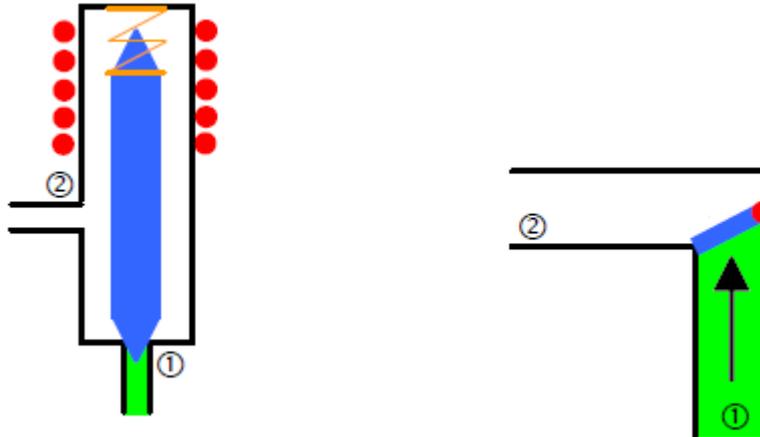
- en **bleu** : le noyau métallique mobile réalisant l'aiguillage du liquide
- en **orange** : le ressort maintenant en position le noyau en l'absence d'alimentation électrique
- en **rouge** : le bobinage (vu en coupe) éventuellement alimenté électriquement
- 1 : entrée du liquide
- 2: sortie du liquide en direction de l'élément hydraulique à alimenter

Le fluide (ici l'eau) traversant le circuit est représenté en vert.



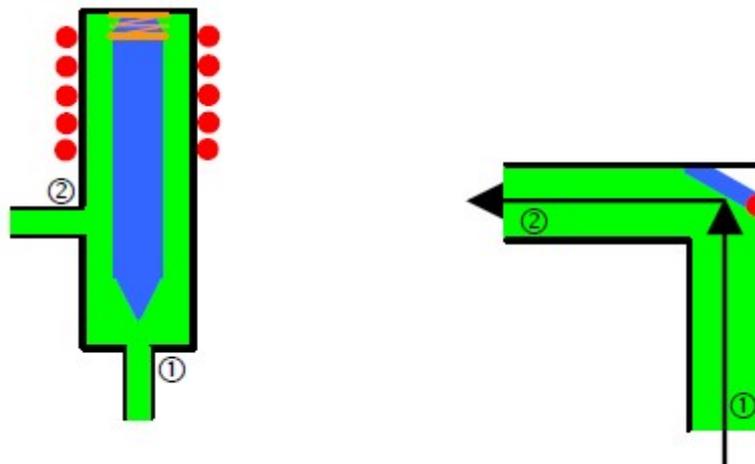
Etat « fermé » (pas d'alimentation électrique) :

En l'absence d'alimentation électrique le noyau est maintenu par le ressort en appui sur le trou 1, qui se trouve donc bouché. Les trous 1 et 2 ne communiquent pas.



Etat « ouvert » (vanne alimentée électriquement) :

La bobine est alimentée en courant électrique et produit donc un champ magnétique attirant le noyau (le ressort est comprimé) vers le haut. Les trous 1 et 2 communiquent.



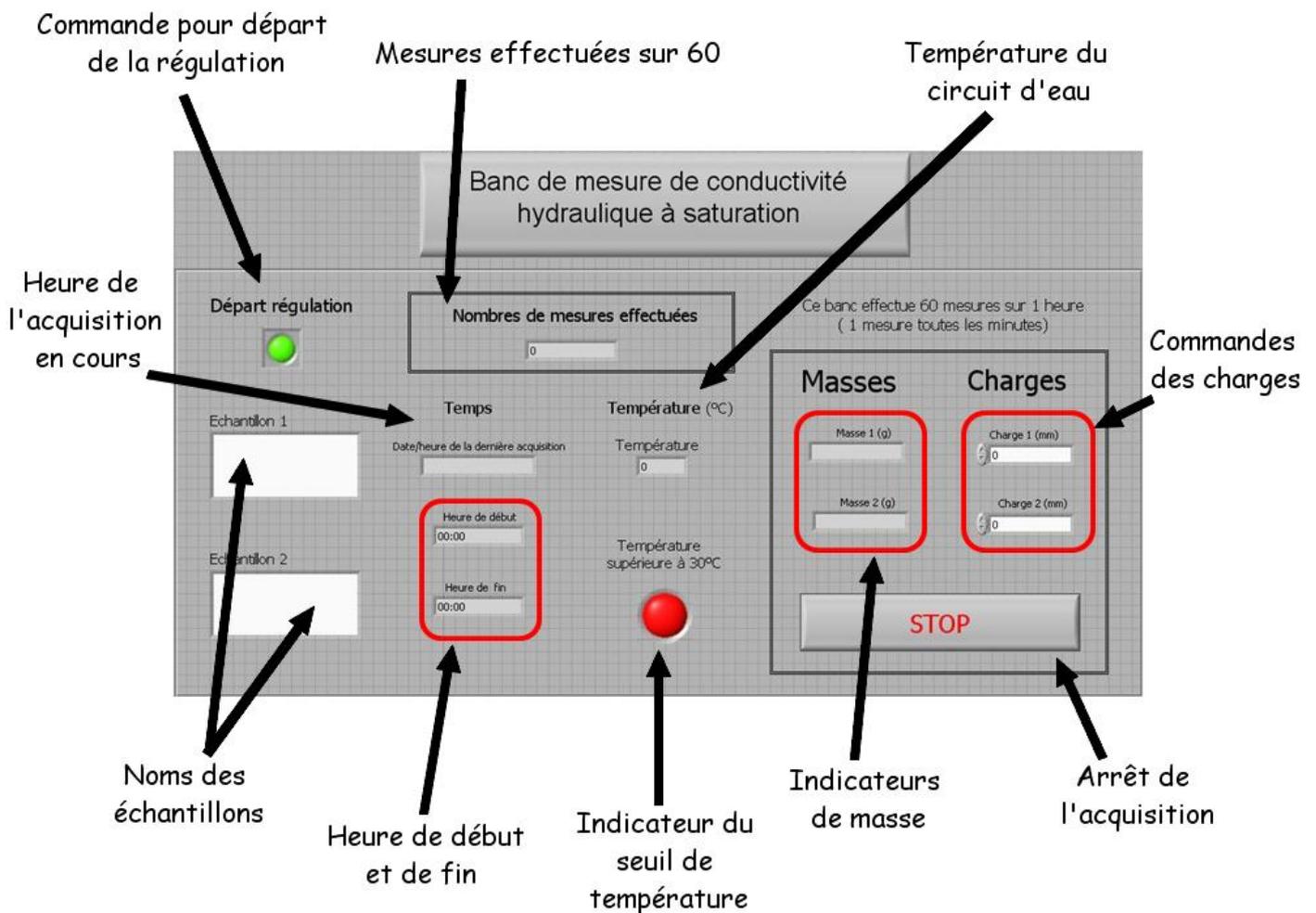
5.3.4) Pompe à eau



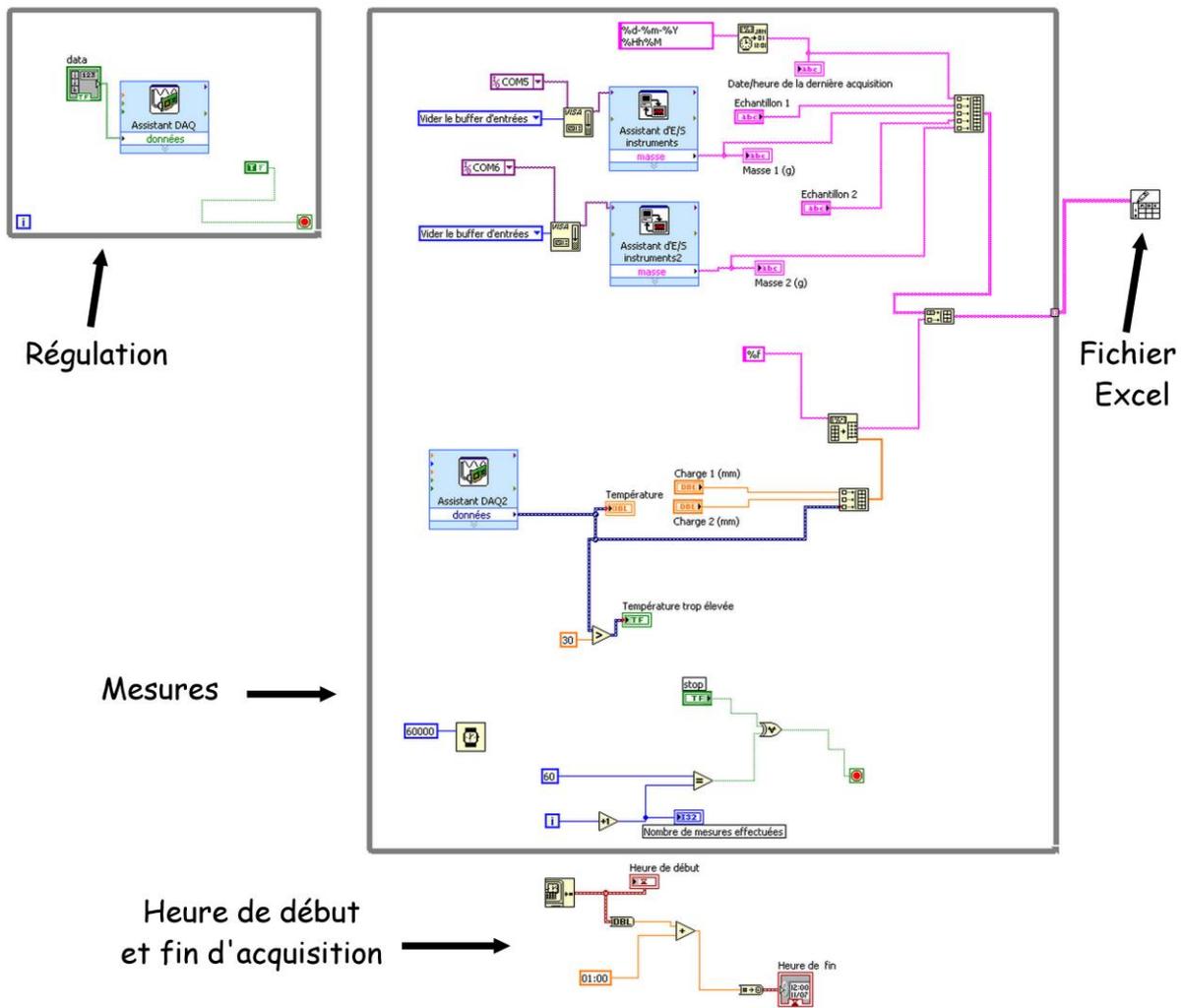
La pompe permet la bonne circulation de l'eau dans le système. Elle est alimentée en 220V et est connectée directement sur le secteur.

5.4) Face avant et diagramme

La face avant permet d'avoir toutes les données nécessaires pendant la manipulation afin de contrôler le bon déroulement de la manipulation. On peut ainsi contrôler le départ de la régulation, la température du circuit d'eau, les masses et le temps de manipulation.



Le diagramme permet de programmer la régulation du banc, de faire l'acquisition de mesures, de cadencer les mesures, de connaître l'heure de manipulation et de générer un fichier Excel.



6) Résultats :

6.1) Fichier Excel généré

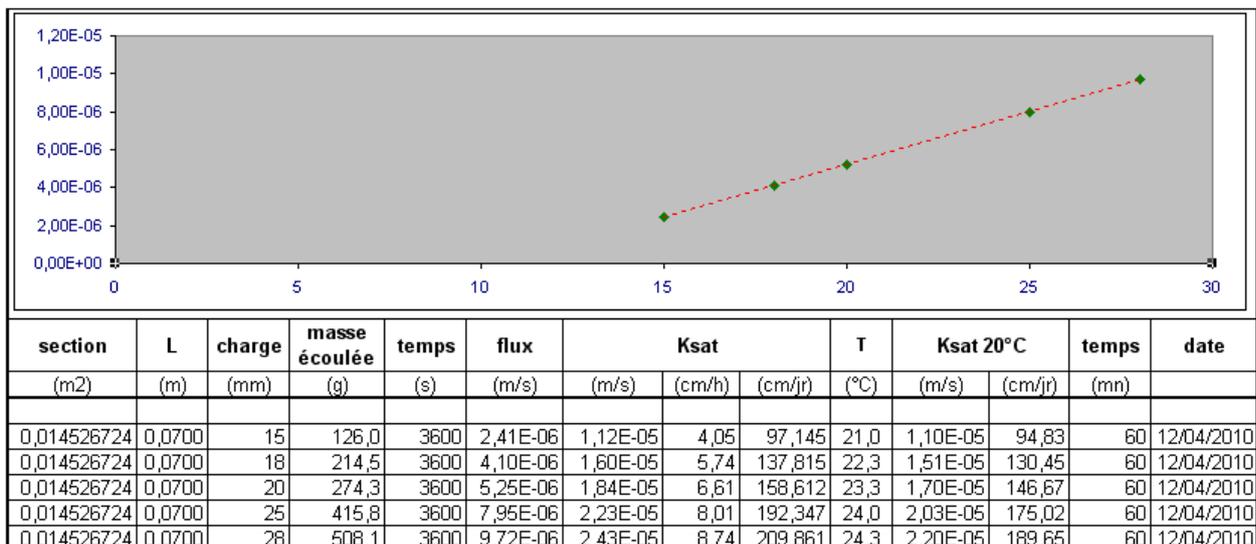
Date et heure de l'acquisition Nom et masse de l'échantillon 1 Nom et masse de l'échantillon 2 Charge de l'échantillon 2 Température du circuit d'eau

20-05-2010 10h08	echantillon 1	N + 12.4 g	echantillon 2	N + 169.6 g	55	30	22,058068
20-05-2010 10h09	echantillon 1	N + 47.1 g	echantillon 2	N + 178.0 g	55	30	22,056652
20-05-2010 10h10	echantillon 1	N + 88.3 g	echantillon 2	N + 185.3 g	55	30	22,028808
20-05-2010 10h11	echantillon 1	N + 114.8 g	echantillon 2	N + 191.7 g	55	30	22,010875
20-05-2010 10h12	echantillon 1	N + 133.7 g	echantillon 2	N + 198.0 g	55	30	22,053821
20-05-2010 10h13	echantillon 1	N + 149.7 g	echantillon 2	N + 204.1 g	55	30	22,122881
20-05-2010 10h14	echantillon 1	N + 159.9 g	echantillon 2	N + 218.5 g	55	30	22,173852
20-05-2010 10h15	echantillon 1	N + 169.6 g	echantillon 2	N + 2390.2 g	55	30	22,198708
20-05-2010 10h16	echantillon 1	N + 178.0 g	echantillon 2	N + 248.2 g	55	30	22,308676
20-05-2010 10h17	echantillon 1	N + 185.3 g	echantillon 2	N + 260.6 g	55	30	22,831193
20-05-2010 10h18	echantillon 1	N + 191.7 g	echantillon 2	N + 283.1 g	55	30	23,52786
20-05-2010 10h19	echantillon 1	N + 198.0 g	echantillon 2	N + 294.5 g	55	30	23,706183

Charge de l'échantillon 1

6.2) Traitement de la conductivité hydraulique

Fichier permettant le traitement de la conductivité hydraulique à saturation



En rentrant les différentes données (masse écoulée et température) dans un tableau Excel prévu à cet effet, on retrouve les conductivités hydrauliques selon l'échantillon et la charge.

La qualité des mesures effectuées aux différentes valeurs de charge est discutée à l'aide d'un graphique où l'on porte V/At en fonction de h . Ce graphique permet d'identifier les couples de valeurs aberrantes. K_s est ensuite calculée en faisant la moyenne géométrique des valeurs retenues.

Les mesures de conductivité hydraulique sont ensuite répertoriées dans une base de données appelée Solhydro qui synthétise les caractéristiques physico-chimiques des sols. Ainsi à partir de cette base de données, un chercheur peut notamment alimenter des modèles pour caractériser le comportement hydrodynamique d'un sol.

7) Conclusions :

Conclusions personnelles :

Ce stage m'a permis d'intégrer une Unité de Recherche et de suivre un processus sur le long terme et dans sa globalité, j'ai ainsi pu apprécier la polyvalence de ce poste. Lors de ce stage, j'ai pu également approfondir mes connaissances sur le sol et la conductivité hydraulique mais aussi sur le fonctionnement d'un laboratoire. J'ai pu assister à des colloques et faire ma première expérience de présentation à l'Unité de Science du Sol.

De plus mon stage s'est effectué dans le domaine de l'Environnement ce qui est en accord avec mon souhait de poursuites d'études et mon choix professionnel et se poursuivra sur l'été par des mesures sur le nouveau banc.

Conclusions techniques :

Les objectifs du stage ont été atteints, l'acquisition de mesures et la régulation fonctionnent grâce au logiciel LabVIEW. De plus, le mode opératoire pour la réalisation de l'expérimentation a été mis à jour dans le cadre de la Démarche Qualité de l'Unité.

Le stage a également permis d'introduire LabVIEW dans le laboratoire de recherches, il pourra ainsi être utilisé pour d'autres systèmes déjà existants

Afin que le banc de mesure soit totalement opérationnel, les points suivants sont à optimiser, il faut :

- Résoudre les problèmes de buffer de données : on perd en moyenne 2 données (masses) sur 60 mesures.
- Améliorer le traitement de données.
- Utiliser un ordinateur conforme au logiciel LabVIEW.

Lexique

- Horizon : couche grossièrement parallèle à la surface du sol. Les horizons sont différents les uns des autres par leurs constituants et organisations. On peut les différencier grâce à leur couleur et leur aspect.
- Perméamètre : cellule cylindrique en acier ou en plastique (transparent ou non)
- Cryostat : instrument de physique permettant d'obtenir des températures cryogéniques par l'utilisation de l'inertie thermique d'un liquide très froid.

Bibliographie

Sources internet :

http://www.unifa.fr/07_enseignants/cd_ferti/dossiers/pdf/PI/2_SolConstituants.pdf

www.techniques-ingenieur.fr/

http://www.larousse.fr/encyclopedie/image/Horizons_du_sol/1010262

<http://www.naturama.fr/data/document/sol-3.pdf>

<http://www.orleans.inra.fr/>

http://www.inra.fr/la_sciences_et_vous/le_sol_ressource_pour_une_agriculture_durable

Sources bibliographiques :

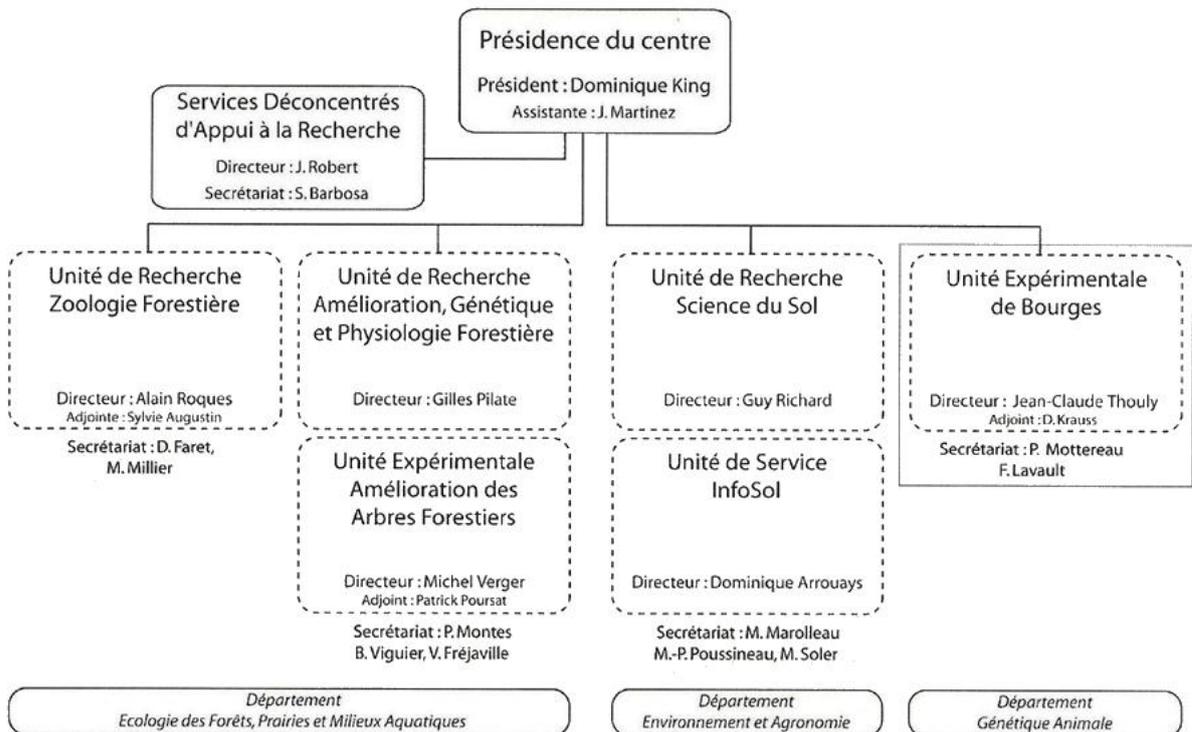
« Sol : interface fragile » de P. Stengel, S. Gelin, coord. INRA éditions

« La mesure de la conductivité hydraulique dans les sols, choix des méthodes » de Jean-Claude Chossat. Edition TEC & DOC

« Les sols pour l'avenir de la planète Terre » de Alain Ruellan et Roland Poss

Annexes

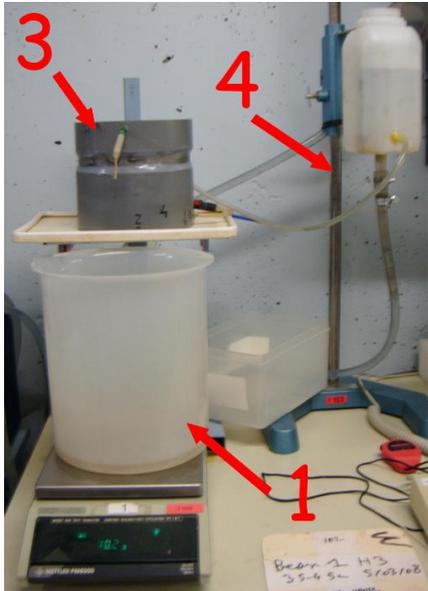
Annexe 1 : Organigramme de l'INRA Orléans



Annexe 2 : Mode opératoire pour le banc de mesure

Mode opératoire

Conductivité Hydraulique à Saturation (K_{sat}) par la méthode de la charge constante

ORDRE	MODE OPERATOIRE	REPRESENTATION
1	<p><u>Mise en place :</u></p> <p>PLACER un bécher sur la balance (1)</p> <p>OUVRIR l'arrivée d'eau (2) pour que le perméamètre soit connecté au réservoir d'eau permutée</p> <p>ALLUMER la pompe à l'aide de l'interrupteur</p> <p>PLACER le cylindre saturé sur le support perforé du dispositif (3)</p> <p>LAISSER un ménisque se former à l'extrémité de chacun des 2 tuyaux</p> <p>CONNECTER les 2 ménisques afin d'éviter l'entrée de bulles d'air dans le circuit</p> <p>REGLER la charge voulue (4)</p> <p> Les charges seront obligatoirement appliquées de façon croissante</p> <p>ATTENDRE 10 minutes après avoir imposé la charge (mise en équilibre du système) (commencer par des petites charges)</p>	 

2

ALLUMER l'ordinateur

CREER un fichier Excel

LANCER le logiciel LabVIEW (5)

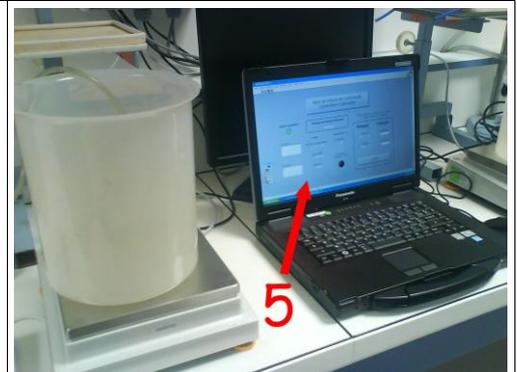
VEILLER à ce que toutes les interfaces soient allumées, branchées sur le secteur et reliées à l'ordinateur



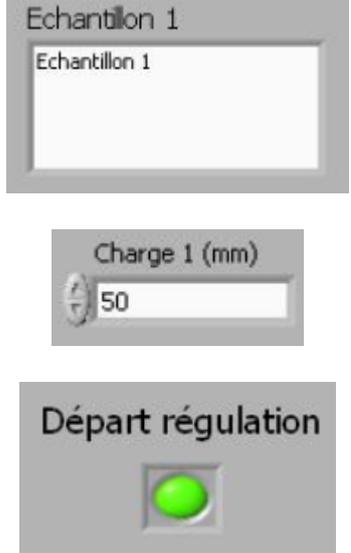
APPUYER sur le bouton (6) de la balance pour avoir un flux continu de données, sinon la connexion avec l'instrument n'est pas possible

CLIQUER sur l'icône « Ksat » du Bureau

CLIQUER sur « Affichage » puis « Palette d'outils » si la palette ne s'affiche pas



 **Outil manipulation**

3	<p>ENTRER les noms des échantillons ainsi que les charges imposées</p> <p>APPUYER sur le bouton pour démarrer la régulation d'eau du circuit</p> <p>TARER les balances (7)</p> <p>APPUYER sur la flèche pour lancer l'acquisition</p> <p>L'acquisition permet de faire 60 mesures toutes les minutes, ainsi l'interface permet de voir en temps réel:</p> <ul style="list-style-type: none"> - le nombre de mesures effectuées - l'heure de début et de fin d'acquisition - l'heure de l'acquisition actuelle - la température - les masses <p>Au bout d'1 heure, le programme s'arrête, SELECTIONNER le fichier Excel créé précédemment</p> <p>OUVRIR ce fichier Excel pour retrouver toutes les données</p>	  
---	--	--

<p style="text-align: center; font-size: 2em;">4</p>	<p>A chaque fin de charge, REPORTER la valeur de la masse collectée sur le cahier de suivi</p> <p>NOTER également la température de l'eau</p> <p>REPETER le protocole pour 5 charges différentes croissantes.</p>	
<p style="text-align: center; font-size: 2em;">5</p>	<p style="text-align: center;"><u>Arrêt du banc :</u></p> <p style="text-align: center;">FERMER l'arrivée d'eau</p> <p style="text-align: center;">ETEINDRE l'interrupteur de la pompe</p> <p style="text-align: center;">ETEINDRE la régulation en appuyant sur le bouton dans LabVIEW</p> <p style="text-align: center;">TOURNER la manette du tuyau de l'échantillon pour stopper les éventuelles arrivées d'eau</p> <p style="text-align: center;">VIDER le récipient d'eau</p> <p style="text-align: center;">ETEINDRE l'ordinateur</p>	

Annexe 3 : Caractéristiques techniques de la balance Sartorius

Caractéristiques techniques

Caractéristiques techniques générales

Bloc d'alimentation Sartorius 6971987

Primaire	100 – 240 V~, -15%/+10%, 50-60 Hz, 1,0 A
Secondaire	15 V, $\pm 5\%$, 2,66 A (max.), protégé électroniquement contre les courts-circuits
Câble de raccordement au secteur	Connectable des deux côtés avec fiche secteur à 3 broches spécifique au pays et connecteur femelle à 3 broches (IEC/EN60320-1/C14) à connecter au bloc d'alimentation
Autres caractéristiques	Voir indications sur le bloc d'alimentation

Balance

Alimentation électrique	Uniquement avec le bloc d'alimentation Sartorius 6971987
Tension d'entrée	15 Vdc, $\pm 5\%$
Consommation	7 W (max.)

Conditions ambiantes

Environnement	Utilisation uniquement à l'intérieur
Température ambiante : Stockage et transport	-10 °C ... +60 °C
Température ambiante : Fonctionnement	+5 °C ... +40 °C
Hauteur	Jusqu'à 2000 m au-dessus du niveau de la mer
Humidité relative maximale de l'air	80 % pour les températures jusqu'à 31 °C, décroissance linéaire jusqu'à 50 % d'humidité relative à 40 °C

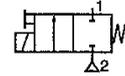
Modèles	MSE5201S	
Précision de lecture	mg	100
Étendue de pesée	g	5 200
Étendue de tarage (soustractive)	g	- 5 200
Répétabilité	$\leq \pm mg$	50
Écart de linéarité	$\leq \pm mg$	100
Charge excentrée (charge d'essai [g])	mg	200 (2 000)
Poids minimal de l'échantillon*	g	100
Dérive de sensibilité entre +10...+30°C	$\pm ppm/K$	4
Temps de réponse standard	s	$\leq 0,8$
Temps de mesure standard	s	≤ 1
Valeur du poids d'ajustage standard externe (classe de précision minimale)	kg	5 (F2)
Cycle d'affichage (selon l'échelon de filtrage réglé)		

Annexe 4 : Caractéristiques techniques de l'électrovanne

ASCO®

ELECTROVANNE
à commande directe
1/4

NF



2/2
Série
106

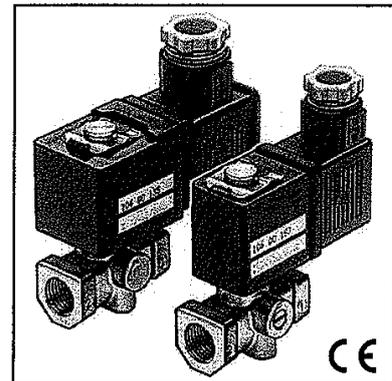
PRESENTATION

- Encombrement réduit et faible poids facilitent l'installation
- Interchangeabilité des têtes magnétiques en CA et CC, sans démontage de l'électrovanne
- Electrovanne conforme aux Directives CE applicables

GENERALITES

Pression différentielle Voir "Sélection du matériel" [1 bar = 100 kPa]
Viscosité maxi. admissible 40 cSt (mm²/s)
Temps de réponse 5 - 10 ms

fluides (*)	plage de température (TS)	garnitures (*)
air, gaz neutres, eau, huile	- 10°C à + 80°C	NBR (nitrile)
	- 10°C à + 130°C	FPM (élastomère fluoré)



MATERIAUX EN CONTACT AVEC LE FLUIDE

(*) Vérifier la compatibilité du fluide avec les matériaux en contact

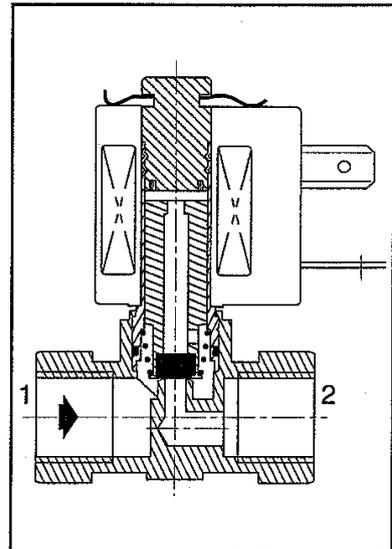
Corps Laiton
Tube-culasse Acier inox
Pièces internes Acier inox
Ressorts Acier inox
Sièges Laiton
garnitures d'étanchéité NBR ou FPM
Bague de déphasage Cuivre

CARACTERISTIQUES ELECTRIQUES

Classe d'isolation bobine F
Connecteur Débrochable (câble Ø 6-8 mm ou Ø 6-10 mm)
Conformité connecteur DIN 43650, 11 mm, standard industriel B (type 01) ou ISO 4400 / EN 175301-803, forme A (type 02)
Conformité électrique CEI 335
Protection électrique Surmoulée IP65 (EN 60529)
Tensions standard CC (-) : 24V - 48V
CA (-) : 24V - 48V - 115V - 230V / 50 Hz
(Autres tensions et 60 Hz sur demande)

	puissances nominales				plage temp. ambiante tête magnétique (TS) (C°)	bobine de recharge		type (1)
	appel	maintien	chaud/froid	=		=	=	
	(VA)	(VA)	(W)	(W)		230 V/50 Hz	24 V CC	
-	12	6	4	5/6,9	-10 à +60	43004155	43004158	01
-	15	7	5	5/6,9	-10 à +60	43004649	43004647	02

(1) Voir encombrements page suivante.



SELECTION DU MATERIEL

Ø raccordement	Ø de passage	coefficient de débit Kv		pression différentielle admissible (bar)				puissance bobine (W)		code		
				mini.	maxi. (PS)		NBR			FPM		
					air (*)	eau/huile (*)						
(G*)	(mm)	(m ³ /h)	(l/min)									
NF - Normalement fermée, avec commande manuelle maintenue												
1/4	1	0,04	0,6	0	20	20	20	20	4	6,9	10600186	10600191
	1,5	0,07	1,12	0	20	12	20	12	4	6,9	10600187	10600192
					20	15	20	15	5	6,9	10600257	10600259
	2,5	0,17	2,85	0	10	4	10	4	4	6,9	10600189	10600194
14					7	14	7	5	6,9	10600258	10600260	
NF - Normalement fermée, sans commande manuelle												
1/4	4	0,30	5	0	5	1,5	5	1,5	5	6,9	10600135	10600142
	5	0,39	6,5	0	3	1	3	1	5	6,9	10600136	10600143

Annexe 5 : Caractéristiques techniques du détecteur de niveau

Information
technique
TI 037F.00/14/fr/08.97

Détecteur de niveau *nivector FTC 968, FTC 968 Z*

Détecteur de niveau compact pour produits en vrac pulvérulents et à faible granulométrie de toute nature



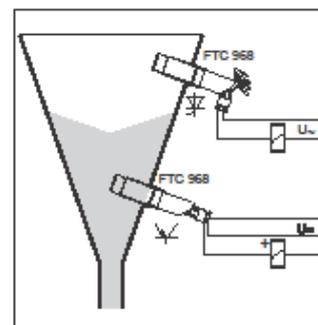
Domaines d'application

Le Nivector est un détecteur de niveau à la fois robuste et compact utilisé dans les produits en vrac pulvérulents ou à faible granulométrie (jusqu'à 10 mm). Sa forme et ses matériaux de construction permettent son utilisation dans le domaine agro-alimentaire. Pour les zones explosibles à poussières inflammables, on utilisera le Nivector 968 Z. Quelques exemples d'applications typiques : granulés en matière synthétique, lessives, céréales, sucre, épices.

Avantages en bref

- Etalonnage inutile, mise en service rapide et peu coûteuse
- Pas de pièces mécaniques mobiles : pas d'usure, longue durée de vie
- Grande résistance aux interférences des champs électromagnétiques et aux pics de tension : fonctionnement fiable
- Affichage externe de l'état de commutation : contrôle simple
- Avec le doigt de gant Protector : contrôle de fonctionnement lorsque le silo est plein

Le Nivector FTC 968 est un détecteur de niveau compact qui permet le raccordement direct d'un relais, d'une électrovanne ou d'un système de conduite de procédé



Endress+Hauser
Le savoir-faire et l'expérience



Principe de fonctionnement

Fonctionnement du commutateur électronique et de la DEL en fonction du niveau et de la commutation de sécurité :

- lorsque le seuil est atteint
- en cas de défaut et de coupure de courant

la sortie électronique est bloquée.

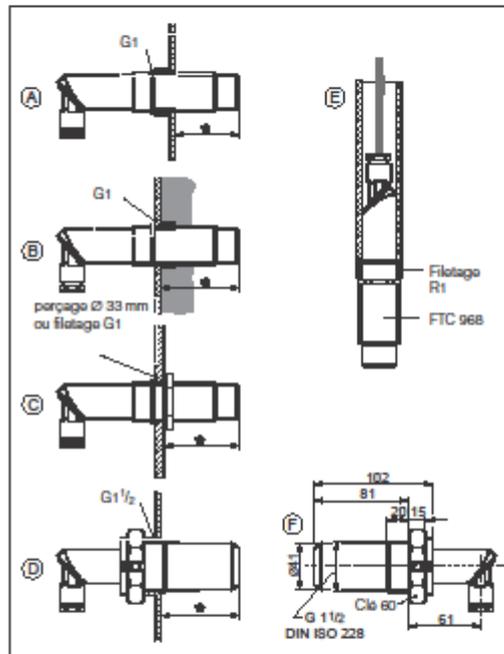
Niveau	Commutat. de sécurité	diode	Variante	
			courant alternatif	courant continu
Max.				
Min.				

La face avant du Nivector constitue la partie active du capteur. Lorsque le produit entre en contact avec cette face, l'électronique modifie l'état de commutation de la sortie. Le commutateur de sécurité min. ou max. permet le fonctionnement en courant de repos dans tous les cas d'application. La diode affiche l'état de commutation. Une électrode de blindage supprime les influences parasites de la paroi ou du colmatage.

Construction

Le détecteur Nivector 988 fonctionne quelle que soit son orientation.
* min. 20 mm

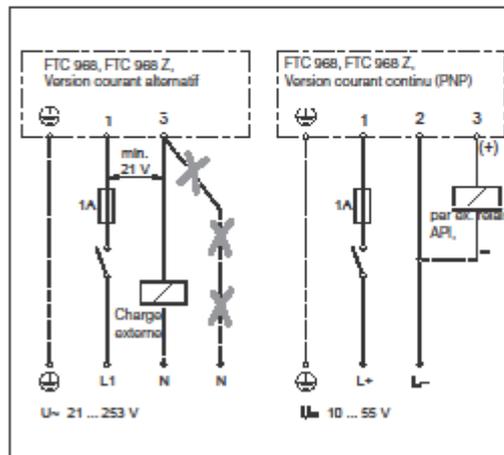
- A Montage standard avec un manchon fileté G 1 vers l'extérieur
- B En cas de colmatage à la paroi du silo, avec un manchon fileté G 1 vers l'intérieur
- C Sans manchon, avec perçage ou filetage directement dans la paroi du silo ou dans une bride
- D Avec doigt de gant "Protector" pour manchon fileté G 1 1/2, protection contre l'écoulement, lorsque des contrôles de fonctionnement sont prévus lorsque le silo est plein.
- E Dans un tube prolongateur pour montage par le haut (pas avec FTC 988 Z)
- F Dimensions du doigt de gant Protector (accessoire)



Raccordement électrique

Raccordement deux fils, tension alternative
Raccordez toujours une charge en série. Tenez compte de la chute de tension aux bornes de l'électronique à l'état passant (jusqu'à 12 V), du courant résiduel à l'état bloqué (max. 4 mA) et, en cas de faible tension d'alimentation, de la chute de tension aux bornes de la charge, afin que la tension aux bornes du Nivector ne soit pas inférieure au seuil minimum (21 V).

Raccordement trois fils, tension continue
Conseillé en liaison avec un système de conduite de procédé. Signal positif à la sortie de commutation de l'électronique (PNP). Seul le FTC 988 Z possède une mise à la terre.
Le Nivector FTC 988 possède une double isolation.



Caractéristiques techniques

Indications générales

Constructeur	Endress+Hauser
Désignation de l'appareil	Niveleur FTC 968, FTC 968 Z
Fonction de l'appareil	Détecteur de niveau

Domaine d'application

Détection de seuil	Détection de niveau min. ou max. dans des silos contenant des produits en vrac pulvérulents ou à faible granulométrie.
--------------------	--

Principe de fonctionnement et construction

Principe de mesure	Mesure capacitive, exploitation de la différence de diélectrique entre l'air et les produits en vrac. Conversion en un signal de sortie électronique
Modularité	Détecteur de seuil, dont la partie sensible pénètre dans le silo
Traitement du signal	<ul style="list-style-type: none"> version courant alternatif, liaison deux fils, commutation de la charge par thyristor directement dans le circuit de courant d'alimentation version courant continu, liaison trois fils, commutation de la charge par transistor et raccordement séparé

Entrée

Grandeur de mesure	Hauteur de remplissage (seuil, binaire)
Gamma de mesure (gamma de détection)	donnée par l'implantation dans le silo

Sortie

Signal de sortie	binaire, lorsque le seuil est atteint, la sortie est bloquée
Signal de défaut	sortie bloquée
Version courant alternatif, charge pouvant être raccordée, (charge directement commutée par thyristor dans le circuit d'alimentation)	max. 1,5 A un bref instant (40 ms), max. 375 VA à 253 V ou max. 31,5 VA à 24 V (pas de résistance au court-circuit) en permanence max. 87 VA à 253 V, (pour FTC 968 max. 250 V) max. 7,4 VA à 21 V min. 2,5 VA à 253 V (10 mA), min. 0,5 VA à 21 V (20 mA) chute de tension max. 12 V courant résiduel max. 4 mA pour thyristor bloqué
Version courant continu, charge pouvant être raccordée (charge commutée par transistor et raccordement PNP)	max. 0,5 A un bref instant (50 ms), max. 55 V (protection synchrone contre les surcharges et les courts-circuits); en permanence max. 350 mA ; max. 0,5 µF à 55 V, max. 1,0 µF à 24 V ; tension résiduelle < 3 V (pour transistor passant) courant résiduel < 100 µA (pour transistor bloqué)
Commutation de sécurité	sécurité de courant de repos min. ou max., commutable
Durée de commutation	env. 0,2 s au recouvrement ou au découvrant

Conditions d'utilisation

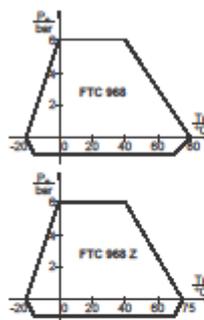
Conditions de montage	
Conseils de montage	Orientation au choix ; pénétration dans le silo de la face avant min. 20 mm épaisseur de la paroi du silo max. 35 mm ou piquage G 1 longueur max. 50 mm

Conditions ambiantes

Température ambiante	-20 °C ... +60 °C
Limites de température ambiante	-20 °C ... +60 °C
Température de stockage	-25 °C ... +85 °C
Classe climatique	KSE selon DIN 40 040
Protection	FTC 968 : IP 65 / IP 67 selon EN 60529 FTC 968 Z : IP 65
Compatibilité électromagnétique	Résistance aux interférences selon EN 50082-2 (puissance du champ 3 V/m), émission des interférences selon EN 50081-1

Produit mesuré

Température du produit	FTC 968 : -20 °C ... +80 °C, voir aussi graphique ci-contre FTC 968 Z : -20 °C ... +75 °C, voir aussi graphique ci-contre
Limites de température du produit	FTC 968 : -40 °C ... +80 °C FTC 968 Z : -20 °C ... +75 °C
Pression	-1 bar ... +6 bar, voir aussi graphique ci-contre
Limite de pression	10 bar à 20 °C (pression d'essai)
Granulométrie	max. 10 mm
Coefficient diélectrique relatif du produit Er	min. 1,6



Valeurs admissibles pour la pression de service p_s dans le silo en fonction de la température de service dans le silo T_s .

Construction

Construction	voir dimensions p. suivante
Poids	FTC 968 : 0,14 kg, FTC 968 Z : 0,25 kg
Matériaux en contact avec le produit	FTC 968 : boîtier en PC bleu, contre-écrou en PC noir FTC 968 Z : boîtier en ECTFE blanc, douille filetée en laiton nickelé, contre-écrou en PC noir
Autres matériaux	compartiment de raccordement : en PC transparent

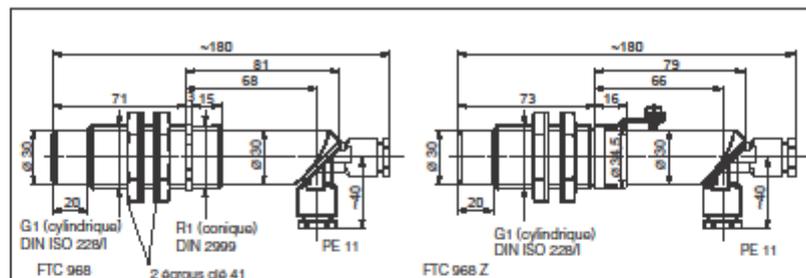
Université François Rabelais - TOURS
Institut Universitaire Technologique de Blois

Construction (cuille)	Raccords process	FTC 968 : filetage cylindrique G 1 A avec 2 érous po dans un manchon fileté ou un perçage de paroi et filetage R 1 (DIN 2999) pour montage dans un tube prolongateur FTC 968 Z : filetage cylindrique G 1 A avec 2 érous po dans un manchon fileté ou un perçage mural
	Raccordement électrique	Bornes à visser pour fil max. 1,5 mm ² avec manchon A 1,5 - 7 selon DIN 46228 Entrée de câble PE 11 (orientable), pour diamètre de câble 6...8 mm
Éléments d'affichage et de commande	Affichage dans compartiment de raccordement	DEL rouge pour l'affichage de l'état de commutation, visible de l'extérieur
	Élément de commande dans le compartiment de raccordement	Commutateur rotatif pour la sélection de la commutation de sécurité min. ou max. Sélecteur pour la sensibilité de commutation (réglage usine $\epsilon_c > 1,6$ avec Protector, $\epsilon_c > 2,0$ sans Protector)
Energie auxiliaire	Version courant alternatif	Tension aux bornes 1 et 3 : 21...253 V, 50/ 60 Hz ; consommation de courant (stand by) max. 4 mA
	Version courant continu	10...55 V, ondulation max. 1,7 V ; 0...400 Hz ; consommation de courant max. 15 mA, protection contre les inversions de polarité
Certificats	BVS Nr. St Ex 6/87 B	FTC 968 Z : Certificat d'essai de type pour utilisation en zone 10 « poussières inflammables » (complément en cours)
	Sigla CE	L'appareil est conforme aux directives de la CE. Par l'apposition du sigla CE, Endress+Hauser confirme que l'appareil a passé avec succès les essais.
Informations à fournir à la commande	Appareils	FTC 968, version courant alternatif : N° réf. 918 098-0000 FTC 968, version courant continu : N° réf. 918 098-0140 FTC 968 Z, version courant alternatif : N° réf. 918 098-1000 FTC 968 Z, version courant continu : N° réf. 918 098-1140
	Accessoire	doigt de gant Protector G 1 1/2 A N° réf. 917 255-1000
	Documentation complémentaire	Conseils relatifs à la compatibilité électromagnétique TI 241F
	Certificat	Certificat d'essai de type (complément en cours) ZE 168F

Dimensions

gauche :
Nvector FTC 968
(filetage en matière synthétique)

droite :
Nvector FTC 968 Z
pour utilisation en zone 10 «poussières inflammables» (filetage métallique, avec raccordement de terre)



France	Canada	Belgique Luxembourg	Suisse
<p>Siège et Usine 3 rue du Rhin BP 150 68331 Huningue Cdx Tel. 03 89 69 67 68 Téléfax 03 89 69 48 02</p> <p>Agence du Sud-Ouest 200 avenue du Médoc 33320 Eysines Tel. 05 56 16 15 35 Téléfax 05 56 28 31 17</p>	<p>Agence de Paris 8 allée des Coquelicots BP 69 94472 Boissy St Léger Cdx Tel. 01 45 10 33 00 Téléfax 01 45 95 98 83</p> <p>Agence du Sud-Est 30 rue du 35^{ème} Régiment d'Aviation Case 91 69673 Bron Cdx Tel. 04 72 15 52 15 Téléfax 04 72 37 25 01</p> <p>Agence du Nord 7 rue Christophe Colomb 59700 Marcq en Baroeul Tel. 03 20 06 71 71 Téléfax 03 20 06 68 88</p> <p>Agence de l'Est 3 rue du Rhin BP 150 68331 Huningue Cdx Tel. 03 89 69 67 38 Téléfax 03 89 67 90 74</p>	<p>Endress+Hauser SA 8800 Côte de Liesse Suite 100 H4T 2A7 St Laurent, Québec Tel. (514) 733-0254 Téléfax (514) 733-2924</p> <p>Endress+Hauser 1440 Graham's Lane Unit 1 Burlington, Ontario Tel. (416) 681-9292 Téléfax (416) 681-9444</p>	<p>Endress+Hauser AG Stromanhofstrasse 21 CH-4153 Rainach /BL 1 Tel. (061) 715 62 22 Téléfax (061) 711 16 50</p>



TI 037F0014/1rb8.97
Imprimé en France

Annexe 6 : Caractéristiques techniques du NI 9474

Module de sortie numérique en courant injecté 8 voies, 5 à 30 V, 1 μ s

- Sortie numérique en courant injecté de 5 à 30 V
- Échangeable à chaud
- Certifications/classifications industrielles extrêmes
- Température de fonctionnement de - 40 à 70° C
- Sortie numérique haute vitesse 8 voies, 1 μ s



Caractéristiques

Produit	NI 9474
Famille de produit	E/S industrielles
Format	CompactDAQ , CompactRIO
Système d'exploitation/cible	Windows , Temps réel
Types de mesure	Numérique
Type d'isolation	Isolation terre-voie
Conformité RoHS	Oui
Entrée analogique	
Voies	0 , 0
Voies asymétriques	0
Voies différentielles	0
Sortie analogique	
Voies	0
E/S numériques	
Voies bidirectionnelles	0
Entrées uniquement	0
Sorties uniquement	8
Nombre de voies	0 , 0 , 8
Cadencement	Matériel

Vitesse d'horloge maximum	1 MHz
Niveaux logiques	Autre
Débit du courant de sortie	Courant fourni
Un seul courant de commande	1 A
Tous les courants de commande	8 A
Supporte les protocoles de reconnaissance d'E/S ?	Oui
Supporte les motifs d'E/S ?	Oui
Gamme de sortie maximale	5 V , 30 V
Compteurs/timers	
Nombre de compteurs/timers	0
Spécifications physiques	
Longueur	9 cm
Largeur	2.3 cm
Connecteur d'E/S	Borniers à vis
Température de fonctionnement	-40 °C
Température de fonctionnement	70 °C
Température de stockage	-40 °C
Température de stockage	85 °C

Annexe 7 : Caractéristiques techniques du NI 9217

Module d'entrées analogiques 24 bits, 4 voies, RTD 100 Ω

- 4 entrées analogiques pour RTD 100 Ω
- RTD 3 et 4 fils ; excitation intégrée et détection automatique
- Résolution de 24 bits ; réjection du bruit 50/60 Hz
- Certificat d'étalonnage traçable du NIST pour une précision garantie
- Fréquence d'échantillonnage jusqu'à 400 éch./s



Caractéristiques

Produit	NI 9217
Famille de produit	E/S industrielles
Format	CompactDAQ , CompactRIO
Système d'exploitation/cible	Windows , Temps réel
Types de mesure	RTD , Temperature
Type d'isolation	Isolation terre-voie
Conformité RoHS	Oui
Conditionnement de signaux	Excitation de courant
Entrée analogique	
Voies	0 , 4
Voies asymétriques	0
Voies différentielles	4
Résolution	24 bits
Fréquence d'échantillonnage	400 éch./s
Échantillonnage simultané	Non
Intensité d'excitation	1 mA
Sortie analogique	
Voies	0
E/S numériques	
Voies bidirectionnelles	0

Entrées uniquement	0
Sorties uniquement	0
Nombre de voies	0 , 0 , 0
Compteurs/timers	
Nombre de compteurs/timers	0
Spécifications physiques	
Longueur	9 cm
Largeur	2.3 cm
Connecteur d'E/S	Borniers à vis
Température de fonctionnement	-40 °C
Température de fonctionnement	70 °C
Température de stockage	-40 °C
Température de stockage	85 °C

Annexe 8 : Caractéristiques techniques du RS-232

Ethernet Serial Device Servers for RS-232 and RS-485

Ethernet interfaces

NI ENET-232 Series, NI ENET-485 Series

- Ethernet TCP/IP interfaces
 - 100BaseTX (100 Mb/s)
 - 10BaseT (10 Mb/s)
- Compatible with PC serial port
- 2 and 4 ports
- RTS/CTS hardware handshake lines
- 128 B transmit and receive FIFOs
- DHCP or manual IP address assignment

ENET-232

- RS-232 interface
- 230.4 kb/s maximum transfer rate
- 15.6 m (50 ft) cable length, maximum

ENET-485

- RS-485 or RS-422 interface
- 460 kb/s maximum transfer rate
- 31 devices per port, maximum
- Automatic transceiver-control mode for 2-wire RS-485 devices
- 1.2 km (4,000 ft) cable length, maximum

Operating Systems

- Windows 2000/NT/XP
- Linux
- Solaris

Recommended Software

- LabVIEW
- LabWindows/CVI
- Measurement Studio
- Lookout

Other Compatible Software

- C/C++
- Visual Basic
- Any package that uses the Microsoft Windows Serial (COM) port interface

Driver Software (included)

- NI-SDS (Windows only)
- NI-VISA



Overview

The National Instruments ENET-232 and ENET-485 serial device servers connect either 100BaseTX (100 Mb/s) or 10BaseT (10 Mb/s) Ethernet networks to asynchronous serial ports for communication with serial devices. You can buy serial device servers with either 2 or 4-port options and use standard RS-232, RS-422, or RS-485 communications. All products are shipped with driver software for Windows 2000/NT/XP. You can install and use these serial device servers as standard serial ports from your existing applications or with applications written with NI-VISA. Development environments, such as Visual Basic, Visual C++, and Excel, as well as National Instruments LabVIEW, LabWindows/CVI, Measurement Studio, and Lookout application software products, can access the add-in serial ports using standard serial I/O functions.

Description

The TCP/IP communication protocol, which handles all communication between the serial device server and the host PC, runs on embedded firmware in the serial device server. A configuration utility configures the IP address of the serial device server and exposes all additional serial ports to the operating system for immediate use by any application software package using standard Microsoft Windows Serial (COM) port interface.

Serial Instrument Control/Connectivity

Ordering Information

Model	Serial Port	Number of Ports	Part Number
ENET-232/2	RS-232	2	778054-P2*
ENET-232/4	RS-232	4	778054-P4*
ENET-485/2	RS-485/RS-422	2	778055-P2*
ENET-485/4	RS-485/RS-422	4	778055-P4*

*Internal 12 VDC power supply included

P = Power Cord Type:	0 = U.S. 120 VAC	4 = Universal Euro 240 VAC
	2 = Swiss 230 VAC	5 = North American 240 VAC
	3 = Australian 240 VAC	6 = United Kingdom 240 VAC

Dual rack-mount kit187322-02
DIN rail mounting kit777972-01

BUY ONLINE!

Visit ni.com/info and enter *enet232* and/or *enet485*.

Specifications

FFD size	128 B
Maximum transfer rate	460 kb/s
Ethernet connector	RJ-45
Serial connectors	DB-9
Noise emissions	Class A

Power Requirements

+5 VDC	600 mA typical, 1.0 A maximum
Dimensions	21.0 by 12.4 by 3.7 cm (8.25 by 4.89 by 1.44 in.)

Operating Environment

Ambient temperature	0 to 70 °C
Relative humidity	10 to 90%, noncondensing

Storage Environment

Ambient temperature	-40 to 85 °C
Relative humidity	5 to 95%, noncondensing

Electrostatic Discharge Protection

Case contact and air discharge	+4 kV
RS-232 and RS-485 data lines	+15 kV (HBM)