

# MESURE DE DÉBIT DE SÈVE DANS UN PLANT DE MAÏS

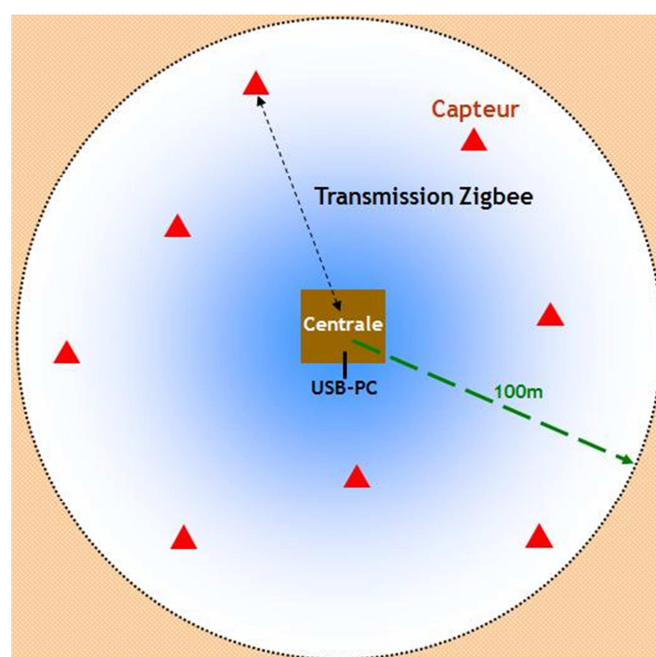
## ANALYSE FONCTIONNELLE

### Présentation du système

Le système étudié réalise la mesure du débit de sève dans les pieds de maïs pour estimer leur évapotranspiration et comprendre leur fonctionnement hydrique.

Il est constitué d'une centrale de mesure qui récupère les informations pour 64 pieds de maïs équipés d'autant de stations capteur. Ces stations sont reliées à la centrale de mesure par une liaison radioélectrique (de type XBee ou Zigbee).

La campagne des mesures peut se dérouler sur une durée de 30 jours sans intervention humaine.



**Figure 1 : Situation des capteurs autour de la centrale de mesure**

Ces mesures permettent actuellement d'établir une relation entre les besoins en eau d'une plante et les facteurs climatiques, en particulier le rayonnement solaire absorbé.

Les principaux facteurs environnementaux affectant la transpiration d'une plante sont la lumière, la température de l'air, l'humidité ambiante, le vent et la teneur en eau du sol.

L'évapotranspiration de la majorité des plantes peut être considérée comme nulle la nuit.

|   |           |              |
|---|-----------|--------------|
| BTS SYSTÈMES ÉLECTRONIQUES – Étude d'un Système Technique |           | Session 2014 |
| U4.1 – Électronique – Analyse Fonctionnelle               | 14SEE4EL1 | Page : A1/8  |

## Capteur de débit de sève "DYNAGAGE" de DYNAMAX

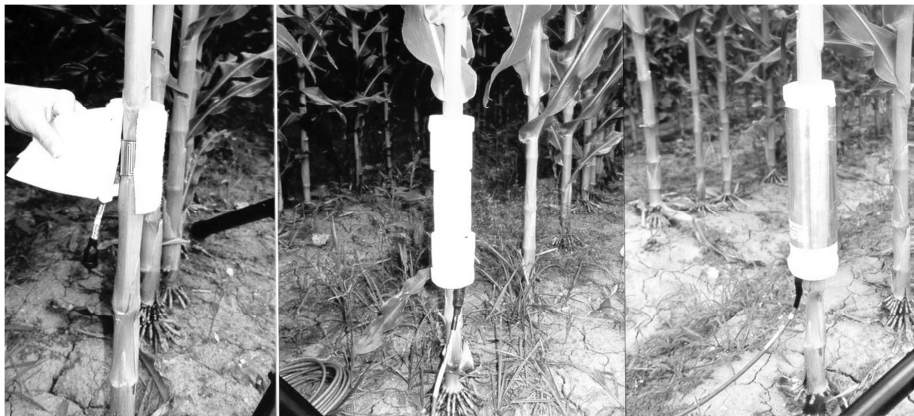


Figure 2 : Installation du capteur sur la plante

### Informations sur le capteur de débit de sève :

- mesure en continu de la transpiration des plantes (appelé flux pondérique) ;
- dispositif basé sur la méthode des bilans de chaleur (pas de calibration nécessaire, souplesse de l'installation) ;
- standard, faible coût et pratique ;
- compatible avec la plupart des centrales d'acquisition de données.

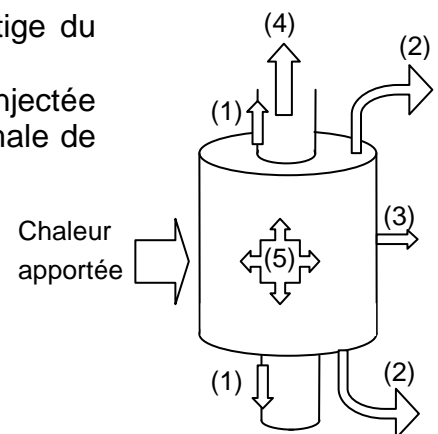
### Principe de la mesure / Méthode des bilans de chaleur

Un dispositif de chauffage en forme de manchon entoure la tige du plant de maïs et contient plusieurs capteurs de température.

Une quantité de chaleur connue par unité de temps ( $P_{ch}$ ) est injectée dans la plante provoquant une élévation de température maximale de 10 °C.

On mesure les pertes de chaleur qui ont lieu :

- par conduction le long de la tige (1) ;
- au-dessus et en-dessous du manchon (2) ;
- par convection avec l'extérieur (3) ;
- par convection due au flux de sève (4) ;
- sous forme d'énergie stockée dans le végétal (5).



Les capteurs de température placés en amont, en aval et en position radiale de la résistance chauffante, permettent d'évaluer ces pertes de chaleur. Le tout est relié à une carte de conditionnement qui communique par liaison radio avec la centrale de mesure.

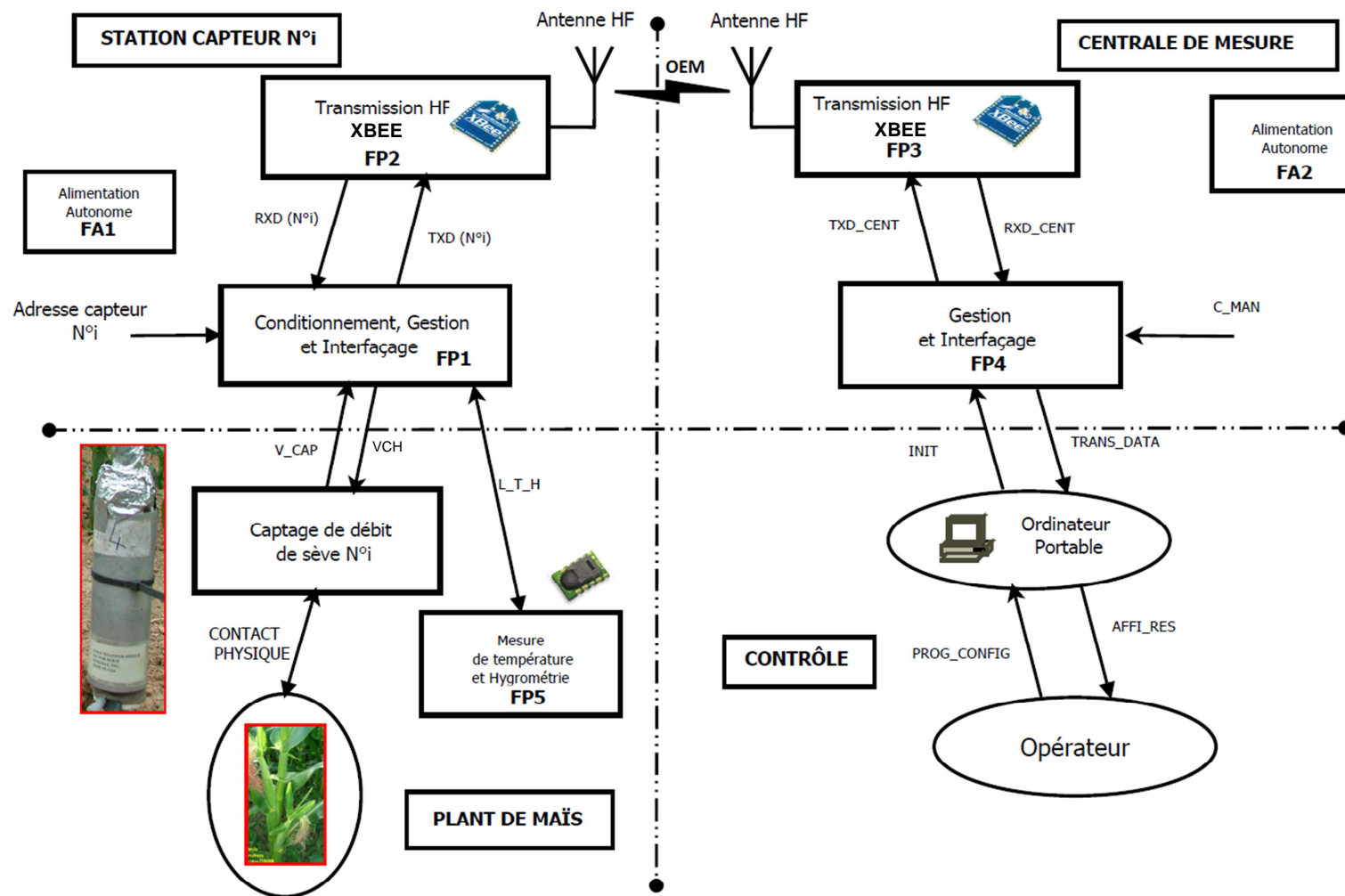
Les mesures sont effectuées à intervalles réguliers toutes les 10 minutes et le principe de conservation de l'énergie appelé ici méthode du bilan de chaleur permet de calculer le débit de sève dans la plante.

### Domaines d'application :

- agriculture, agrumes et pomologie ;
- physiologie végétale, entomologie et pathologie des plantes, environnement ;
- foresterie, climatologie, horticulture, hydrologie, viticulture ;
- irrigation, phytoremédiation (dépollution du sol par les plantes).

|   |           |              |
|---|-----------|--------------|
| BTS SYSTÈMES ÉLECTRONIQUES – Étude d'un Système Technique |           | Session 2014 |
| U4.1 – Électronique – Analyse Fonctionnelle               | 14SEE4EL1 | Page : A2/8  |

**Figure 3 : Description de l'architecture fonctionnelle de degré 1 du système de mesure de débit de sève avec une seule Station Capteur N°i**



## **FP1 : Conditionnement, Gestion et Interfaçage**

Cette fonction permet :

- la génération de la tension de chauffage du capteur de débit de sève,
- la récupération des tensions images de températures à intervalles de temps réguliers en fonction des commandes reçues,
- la transmission de données vers la liaison HF.

Entrées :

**RXD** : signal de réception des informations de commande de début de la mesure

- liaison série asynchrone à 115 200 bauds,
- format : 8 bits de données, pas de parité et 1 bit de stop.

**V\_CAP** : quatre tensions de type analogique

- VA, VB, VC, images des températures mesurées par le capteur de débit de sève,
- VCH\_mes, tension aux bornes de l'élément chauffant.

**Adresse Capteur N°i** : choix de l'adresse de la station capteur de 1 à 64.

Sorties :

**TXD** : signal d'émission des mesures sous forme numérique

- liaison série asynchrone, format identique aux données reçues.

**VCH** : tension d'alimentation variable de l'élément chauffant

## **FP2, FP3 : Transmission HF XBee**

Ces fonctions permettent une communication série sans fil entre la station capteur N°i et la centrale de mesure.

La communication radioélectrique s'effectue dans la bande de fréquence ISM (2,400 à 2,4835 GHz) avec un débit maximum de 250 kbps (kbit/s).

Entrée :

**TXD, TXD\_CENT** : signaux série contenant les informations à transmettre

Sorties :

**RXD, RXD\_CENT** : signaux série contenant les informations reçues

**OEM** : onde électromagnétique de fréquence 2,4 GHz

## **FP4 : Gestion et interfaçage**

Cette fonction réalise :

- la gestion automatique des mesures de débit de sève opérées par 64 stations capteur durant un mois,
- la datation des mesures et leur stockage sur carte micro-SD,
- l'affichage LCD avec menu déroulant,
- l'interfaçage USB.

|   |           |              |
|---|-----------|--------------|
| BTS SYSTÈMES ÉLECTRONIQUES – Étude d'un Système Technique |           | Session 2014 |
| U4.1 – Électronique – Analyse Fonctionnelle               | 14SEE4EL1 | Page : A4/8  |

Entrées :

**RXD\_CENT** : signal série contenant les informations reçues des 64 stations capteur

**C\_MAN** : informations de configuration manuelle de la centrale de mesure

- date,
- mise à l'heure,
- etc.

**INIT** : signal série contenant les données de configuration envoyées à la centrale de mesure par la liaison USB. Cet envoi s'effectue à partir du logiciel de gestion présent sur l'ordinateur portable de l'opérateur.

Sorties :

**TXD\_CENT** : signal série contenant les informations à transmettre aux 64 stations capteur.

**TRANS\_DATA** : signal série (USB) contenant les données de mesures récupérées sur l'ordinateur portable de l'opérateur. Ces données permettent le calcul et l'affichage du débit de sève dans les plants de maïs étudiés.

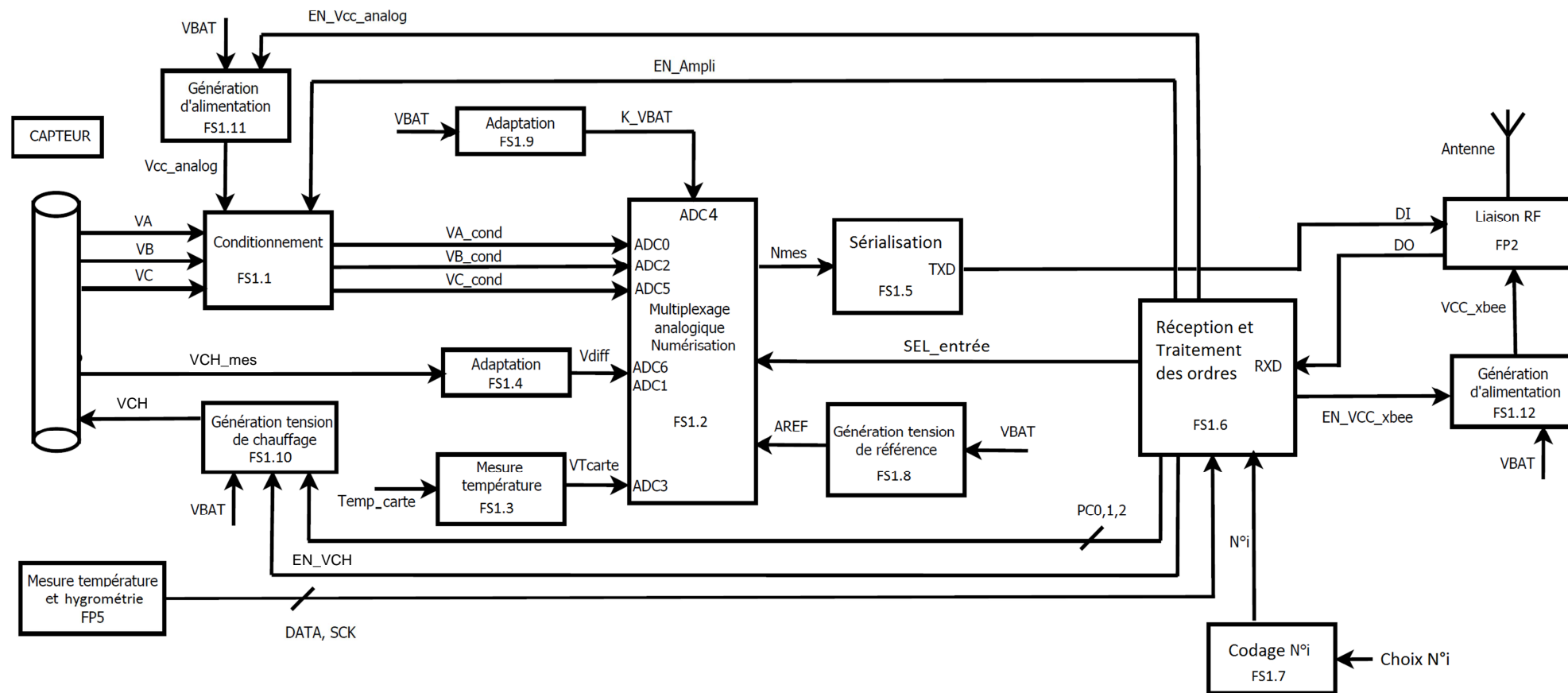
NB : Les données de mesures peuvent aussi être récupérées avec la carte micro-SD implantée dans la centrale de mesure.

#### **FP5 : Mesure de température et hygrométrie**

Cette fonction permet de connaître la température et le taux d'humidité ambiante autour des plants de maïs sous test.

Les informations sont fournies sous forme numérique par une liaison série synchrone.

**Figure 4 : Schéma fonctionnel de degré 2 d'une Station Capteur N°i**



### FS1.1 : Conditionnement

Le capteur de débit de sève délivre trois tensions différentielles images des températures captées, ayant des niveaux très faibles compris entre 0 et 600  $\mu\text{V}$ . Le conditionnement de ces grandeurs consiste à les amplifier pour obtenir des niveaux maximum de 4 V.

Entrées :

**VA, VB, VC** : tensions différentielles analogiques, lentement variables, images des températures captées

**Vcc\_analog** : tension d'alimentation des structures analogiques régulée à 5 V

**EN\_Ampli** : signal logique 0 – 5 V de validation-dévalidation des amplificateurs d'entrée de FS1.1

Sortie :

**VA\_cond, VB\_cond, VC\_cond** : tensions analogiques amplifiées, niveau maximum 4 V

### FS1.2 : Multiplexage analogique et numérisation

Cette fonction permet de sélectionner l'une des tensions et de la convertir en un mot binaire de 10 bits.

Entrées :

**VA\_cond, VB\_cond, VC\_cond, Vdiff, VTcarte et K\_VBAT** : Tensions analogiques à numériser

**AREF** : tension de référence du convertisseur analogique numérique

**SEL\_entrée** : information de configuration de la conversion analogique numérique

Sortie :

**Nmes** : information numérique image de la tension analogique sélectionnée

### FS1.3 : Mesure température

Cette fonction fournit une tension image de la température de la carte électronique dans son boîtier. Cette information permettra un étalonnage de la fonction de conditionnement en fonction de la température qui pourra varier entre 10 °C et 60 °C.

Entrée :

**Temp\_carte** : température de la carte électronique de la station capteur

Sortie :

**VTcarte** : tension variant linéairement en fonction de la température de la carte électronique

### FS1.4, FS1.9 : Adaptation

Ces fonctions adaptent les amplitudes des tensions à mesurer VCH\_mes et VBAT à la plage de conversion de FS1.2

|   |           |              |
|---|-----------|--------------|
| BTS SYSTÈMES ÉLECTRONIQUES – Étude d'un Système Technique |           | Session 2014 |
| U4.1 – Électronique – Analyse Fonctionnelle               | 14SEE4EL1 | Page : A7/8  |

Entrées :

**VCH\_mes** : tension mesurée aux bornes de l'élément chauffant

**VBAT** : tension mesurée aux bornes de la batterie d'alimentation de la station capteur

Sorties :

**Vdiff** : Tension différentielle analogique image de la tension de chauffage VCH appliquée à l'élément chauffant (Rch)

**K\_VBAT** : tension analogique image de la tension aux bornes de la batterie

### **FS1.5 : Sérialisation**

Cette fonction transforme l'information numérique parallèle Nmes en une information série transmise par la liaison RF

### **FS1.6 : Réception et traitement des ordres**

Cette fonction permet :

- de recevoir les ordres provenant de la centrale d'acquisition via la liaison RF ;
- de gérer l'acquisition des mesures.

### **FS1.7 : Codage N°i**

Cette fonction permet de régler le numéro de la station capteur entre 0x01 et 0x40 en hexadécimal sur 8 bits à l'aide de deux roues codeuses.

Le code 0x00 correspond au mode maintenance de la station capteur.

### **FS1.8 : Génération d'une tension de référence**

Cette fonction produit la tension de référence AREF nécessaire à la numérisation des signaux analogiques.

### **FS1.10 : Génération de la tension de chauffage**

Cette fonction élabore une tension variable VCH appliquée à l'élément chauffant du capteur de débit de sève.

La connaissance exacte de cette tension (VCH\_mes) et de la valeur de la résistance de l'élément chauffant permet de connaître la quantité de chaleur délivrée.

Entrées :

**EN\_VCH** : signal logique 0 – 5 V de validation dévalidation de la génération de VCH  
Le chauffage est commandé pendant 3 minutes toutes les 15 minutes entre 6 heures et 20 heures.

**VBAT** : tension issue de la batterie (7 V maximum)

**PC0, PC1 et PC2** : signaux logiques permettant la programmation de la tension de chauffage entre VCHmin et VCHmax

Sortie :

**VCH** : tension appliquée à l'élément chauffant de résistance Rch

|   |           |              |
|---|-----------|--------------|
| BTS SYSTÈMES ÉLECTRONIQUES – Étude d'un Système Technique |           | Session 2014 |
| U4.1 – Électronique – Analyse Fonctionnelle               | 14SEE4EL1 | Page : A8/8  |