



Printemps des Sciences 2004



L'arbre est vivant

Mesure du flux de sève dans les arbres

Haute École Libre de Bruxelles Ilya Prigogine - Département technique HELB INRACI
Section Électronique – Laboratoire d'applications à microprocesseur



Le flux de sève

La mesure du flux de sève donne une estimation de la transpiration des arbres. C'est une composante essentielle du cycle hydrologique. L'évolution journalière et saisonnière de la transpiration donne un indice du stress hydrique ressenti par l'arbre. Le flux de sève est une donnée importante pour les recherches en sciences forestières.

Méthode classique de mesure

Le flux de sève est mesuré classiquement par un système de deux thermocouples insérés radialement dans l'aubier de l'arbre. La sonde supérieure est chauffée à puissance constante par un élément résistif et la sonde inférieure, de référence, laissée à température ambiante. Lors de la transpiration, la sève monte et refroidit la sonde supérieure, diminuant ainsi la différence de température entre les deux points de mesure. De cette différence de température on calcule le flux de sève par l'emploi d'équations de calibration.

Le bilan des puissances à l'équilibre : $ri^2 = h.S.(Ts-Ta)$

- r = résistance de l'élément chauffant
- i = courant de chauffage
- h = coefficient de transfert de chaleur
- S = superficie de l'élément chauffant
- T_s = température de la sonde
- T_a = température de l'aubier

Plusieurs effets contribuent à la dissipation de la chaleur :

- Conduction vers la sève
- Convection vers la sève
- Conduction par les fils
- Rayonnement thermique

Seule la conduction est prise en considération les autres étant considérés comme négligeables. Le coefficient de transfert de chaleur dépend du flux de sève.



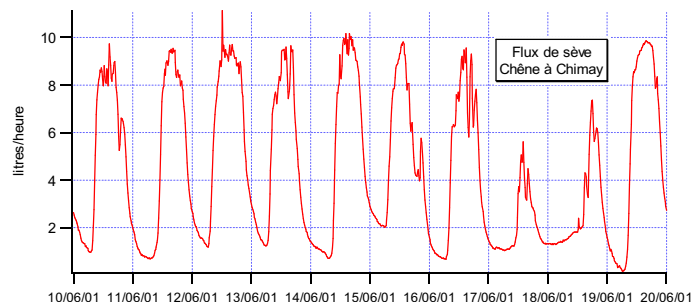
Les deux thermocouples insérés dans l'aubier



Protection du dispositif contre la pluie



Protection contre le rayonnement solaire



Contrainte de la méthode

La méthode de mesure classique nécessite un chauffage permanent de la sonde. Cette contrainte ne permet pas d'implanter de nombreuses mesures dans un site isolé. Une batterie de 12V/120Ah n'autorise la mesure du flux de sève que dans 3 arbres avec une autonomie limitée à environ 10 jours.

D'autre part l'utilisation d'un thermocouple permet une mesure inhérente d'une différence de températures mais possède une très faible sensibilité.

Proposition d'une nouvelle méthode de mesure

L'introduction d'un processeur embarqué dédié à la gestion de la mesure du flux de sève permet d'améliorer sensiblement le système de mesure.

La nouvelle méthode propose d'utiliser une CTN (résistance à coefficient négatif) en auto-échauffement discontinu.

La CTN unique dont le diamètre est inférieur au mm est insérée dans l'aubier.

Processus d'une mesure

- Le processeur relève et enregistre la température de l'arbre par mesure de la résistance électrique de la CTN.
- Le processeur applique un courant électrique constant dans la CTN ce qui provoque son auto-échauffement.
- Le processeur suit alors l'évolution dans le temps de la température, à partir de celle de départ, afin de déterminer le flux de sève.
- Arrêt du courant et du processus jusqu'à la mesure suivante.

Avantages de la méthode

- La grande sensibilité de la CTN.
- Construction simplifiée de la sonde.
- Une sonde unique élimine les erreurs dues à la dispersion des caractéristiques des deux sondes de la méthode classique.
- Forte diminution de la consommation électrique.

Bien entendu la méthode nécessite un processeur avec programme embarqué pour la gestion du processus de mesure.