

LESO-PB

**Dispositif automatique de mesure du facteur
de lumière du jour**

Scartezzini J.-L.
Deschamps L.
Roecker C.

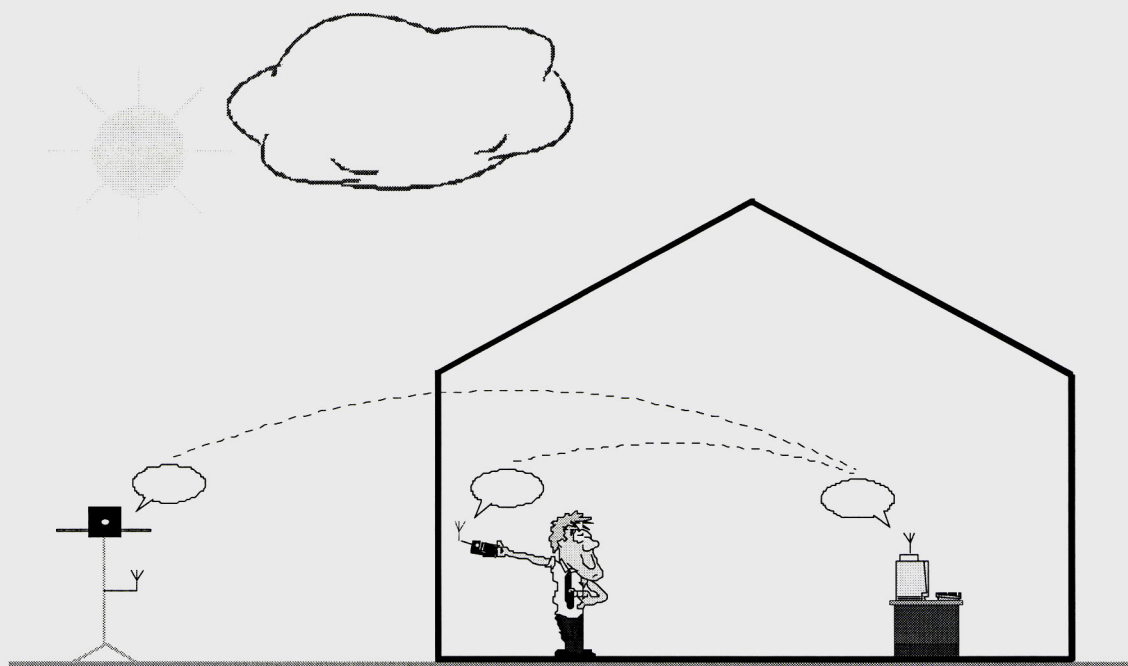
Projet OFEN



ÉCOLE POLYTECHNIQUE
FÉDÉRALE DE LAUSANNE

DISPOSITIF AUTOMATIQUE DE MESURE DU FACTEUR DE LUMIERE DU JOUR

Projet OFEN





ÉCOLE POLYTECHNIQUE
FÉDÉRALE DE LAUSANNE

DISPOSITIF AUTOMATIQUE DE MESURE DU FACTEUR DE LUMIERE DU JOUR

Projet OFEN

Prof. J.-L. Scartezzini

L. Deschamps

C. Roecker

Responsable du projet

Ingénieur-technicien ETS

Ingénieur- électricien EPFL

Table des matières

1. Introduction	1
2. Mesure du facteur de lumière du jour	1
3. Description du dispositif	2
Sondes de mesure d'éclairement	3
Station de mesures extérieures.....	3
Sonde intérieure.....	4
Sondes intérieures multiplexées.....	5
4. Pilotes et programmes informatiques	7
Contrôle ponctuel des mesures.....	7
Contrôle automatique des mesures.....	9
Conclusion	10
Références	11

1. Introduction

La mesure des performances en éclairage naturel de bâtiments repose sur la détermination du facteur de lumière du jour [CIE 70], effectuée en divers points des locaux. Cette mesure nécessite l'acquisition simultanée de valeurs d'éclairement intérieur et extérieur, ainsi que de température de couleur.

Ces mesures sont réalisées habituellement par plusieurs personnes, assurant leur coordination par l'intermédiaire de transmissions radiophoniques. Afin de rendre ce type de mesures plus aisées, un dispositif automatique de mesures du facteur de lumière du jour, basé sur des équipements microélectroniques modernes, a été développé.

Le principal avantage de ce dispositif est de permettre le contrôle et l'acquisition automatique de ces mesures. Son utilisation est ainsi envisageable dans plusieurs cas pratiques :

- Diagnostic de lumière naturelle d'un bâtiment existant, en vue d'une rénovation.
- Diagnostic de lumière naturelle d'un prototype de façade, en vue de sa construction.

Ce dispositif doit permettre ainsi de répondre aussi bien aux besoins des praticiens, qu'à ceux des enseignants du domaine de l'éclairage naturel.

2. Mesure du facteur de lumière du jour

La mesure du facteur de lumière du jour requiert l'acquisition simultanée de valeurs d'éclairement intérieur et extérieur (cf. Fig. 1).

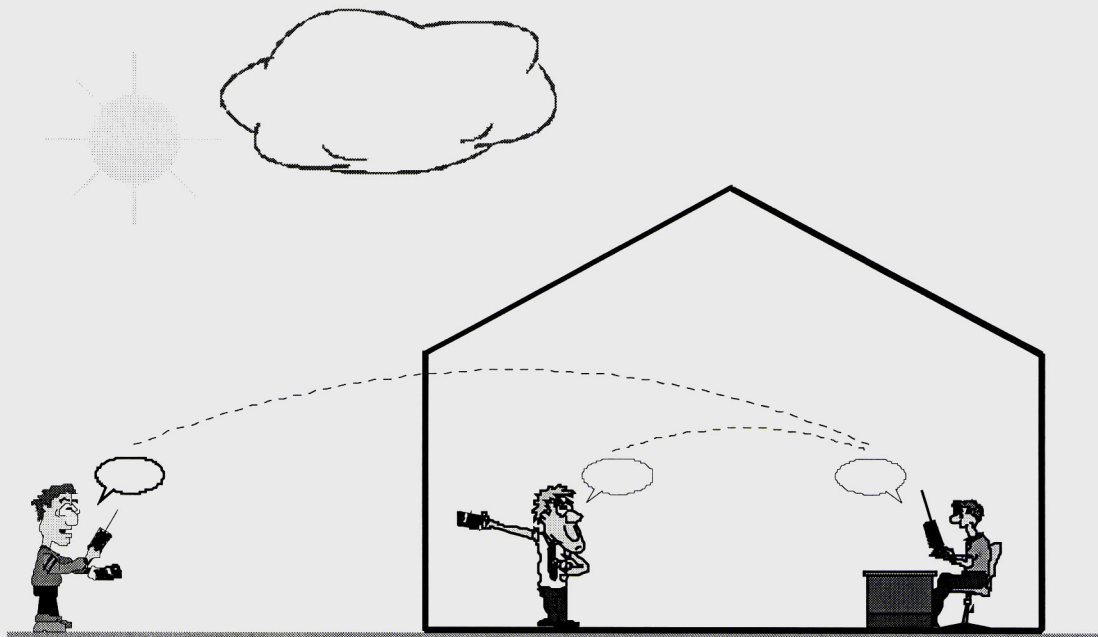


Figure 1 : Mesures conventionnelles du facteur de lumière du jour par trois personnes

Elle nécessite usuellement la présence de 3 personnes, effectuant des tâches spécifiques différentes. L'une d'entre elles est chargée de mesurer l'éclairement global horizontal extérieur en un site dégagé, donc distant du bâtiment considéré. La seconde a pour mission d'effectuer des mesures d'éclairement sur le plan utile à l'intérieur du bâtiment; la dernière assure la coordination des opérations, en veillant à ce que les mesures intérieure et extérieure soient réalisées simultanément : elle prend note de ces dernières et assure la transmission des données et leur coordination par transmission radio.

Cette méthode de mesure conventionnelle présente les avantages et inconvénients suivants :

Avantages :

- Possibilité d'appréciation de la couverture nuageuse par la personne située à l'extérieur
- Sauvegarde des données par ordinateur possible.

Inconvénients :

- Nombre de personnes important
- Mise en place des points de mesure au préalable
- Synchronisation des mesures indispensable
- Prise manuelle des mesures nécessaire.

Le dispositif développé dans le cadre de ce projet vise à pallier à cet inconvénient. Le projet vise ainsi à concevoir et à réaliser un dispositif automatique de mesure du facteur de lumière du jour, basé sur la transmission par voie hertzienne.

Celui-ci doit permettre :

- de mesurer simultanément des éclairagements intérieurs en divers points d'un local et à l'extérieur,
- d'acquérir en parallèle des valeurs de température de couleur,
- de transmettre ces données par voie hertzienne à une unité d'acquisition,
- de réaliser ces opérations de façon automatique.

Une description du dispositif réalisé est donnée ci-après.

3. Description du dispositif

L'ensemble du dispositif automatique de mesure du facteur de lumière du jour comprend trois principaux éléments :

- 5 sondes d'éclairement (station de mesure extérieure), destinées à mesurer les conditions d'éclairement extérieur dans les plans horizontaux et verticaux;
- 8 sondes d'éclairement (luxmètres), permettant de mesurer l'éclairement utile sur le plan de travail en différents points;
- un boîtier électronique, chargé de l'acquisition par voie hertzienne et du stockage des données sur mémoire de masse.

L'effort de développement principal a porté sur les équipements de transmission et d'acquisition, constitué d'une unité de transmission par voie hertzienne (radio) et d'un système d'acquisition de données automatique à plusieurs canaux (multiplexeur). Une description détaillée de cet équipement est donnée ci-après.

Sondes de mesure d'éclairage

Le choix des sondes de mesure s'est porté sur le Luxmètre-chromamètre Minolta xy-1 qui permet de mesurer simultanément éclairage et température de couleur. Cet appareil, en plus de son affichage à cristaux liquides, fournit toutes les valeurs désirées en signal de sortie et dispose d'une interface numérique. Il permet aussi de détacher le senseur lumineux de l'unité de mesure, ce qui est indispensable en vue du multiplexage de plusieurs sondes.



Figure 2 : Luxmètre-chromamètre Minolta xy-1

Station de mesures extérieures

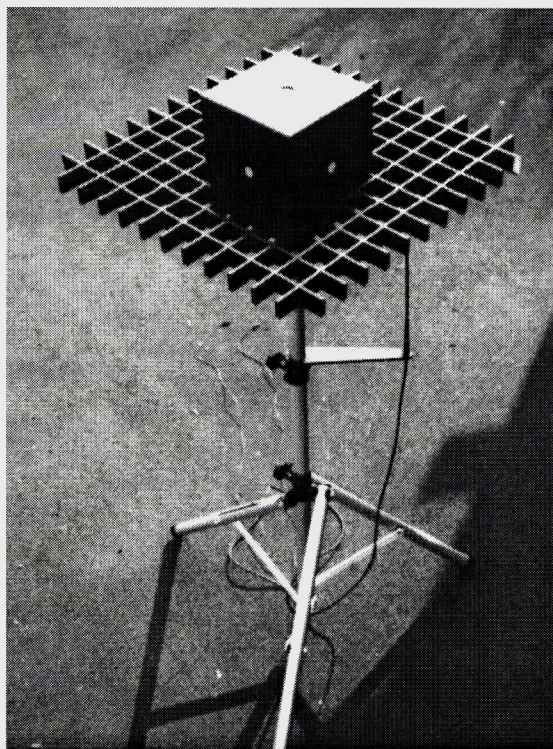


Figure 3 : Station de mesures extérieures

La station de mesure, placée à l'extérieur, en site dégagé, comporte 5 sondes :

- 1 sonde de mesure d'éclairement global horizontal,
- 4 sondes de mesure d'éclairement vertical dans les quatre plans cardinaux.

Ces 5 sondes sont multiplexées à une unité centrale, permettant ainsi de vérifier l'uniformité du ciel. Les valeurs mesurées sont ensuite stockées en mémoire jusqu'à ce que le relais, situé à l'intérieur du bâtiment, donne ordre de les transférer en mémoire de masse, dans un ordinateur personnel (PC) connecté au dispositif. Un émetteur-récepteur "Radio-modem", incorporé dans la station de mesure, transmet les données à l'intérieur. Un dispositif de "Reset" permet en tout temps de redémarrer le système en cas de défaillance.

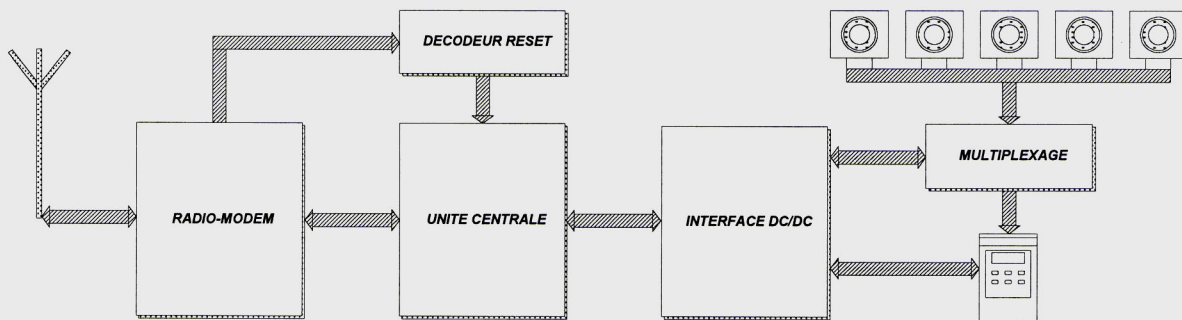


Figure 4 : Schéma bloc de la station de mesure extérieure

La station de mesure extérieure peut être disposée jusqu'à 30 km du bâtiment analysé, grâce à la performance de l'émetteur-récepteur; elle permet de s'adapter à toute situation et de trouver ainsi un emplacement en site dégagé.

Sonde intérieure

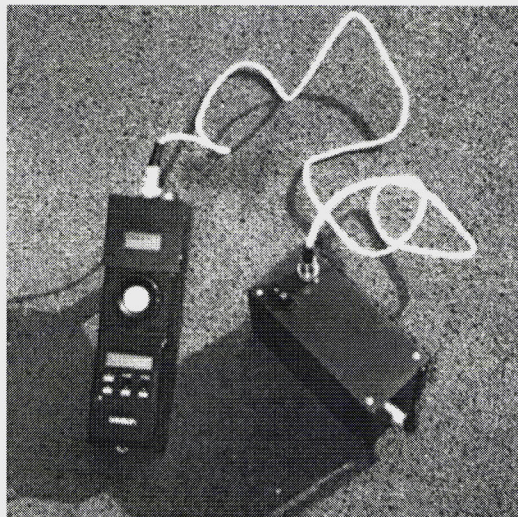


Figure 5 : Sonde intérieure d'éclairement

Un luxmètre-chromamètre, équipé d'un émetteur, a été raccordé à un dispositif électronique, qui permet de donner l'ordre au relais d'acquérir une mesure extérieure (station de mesure) et de transmettre sa propre mesure au PC; une fois la valeur enregistrée, l'affichage situé au-dessus de la sonde indique l'éclairement extérieur, le facteur de lumière du jour et les coordonnées du point de mesure considéré.

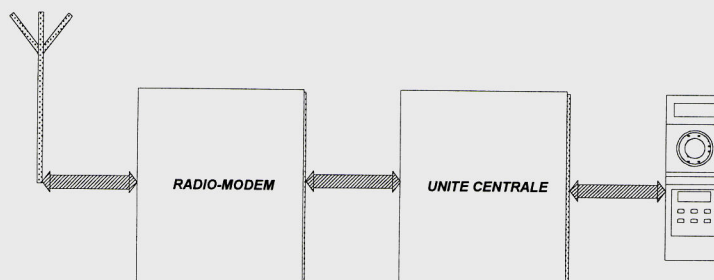


Figure 6 : Schéma bloc d'une sonde intérieure d'éclairement et de son dispositif de transmission

La personne effectuant les mesures dispose d'informations pour vérifier le travail en cours. En cas de doute, elle peut en tout temps obtenir plus de données ou répéter une mesure insatisfaisante.

Sondes intérieures multiplexées



Figure 7 : Système de connexion pour les sondes multiplexées

L'utilisation d'une sonde unique de mesure de l'éclairage intérieur n'est pas sans difficultés, lorsqu'il s'agit d'établir des profils de facteurs de lumière du jour dans un local. Cette sonde peut être avantageusement remplacée par une série de sondes multiplexées, disposées de façon appropriée dans le local.

Les sondes sont disposées par l'utilisateur afin de faciliter la mesure d'un profil. Celui-ci choisit le nombre de sondes (1 à 8), qu'il convient d'utiliser. Ces sondes sont multiplexées à une unité centrale, qui contrôle et stocke les données jusqu'à ce que le relais, situé dans le local, donne l'ordre de transfert vers l'ordinateur. Un émetteur-récepteur "Radio-modem" transmet les données au PC par voie hertzienne. Enfin, un dispositif "Reset" permet en tout temps de redémarrer le système en cas de défaillance.

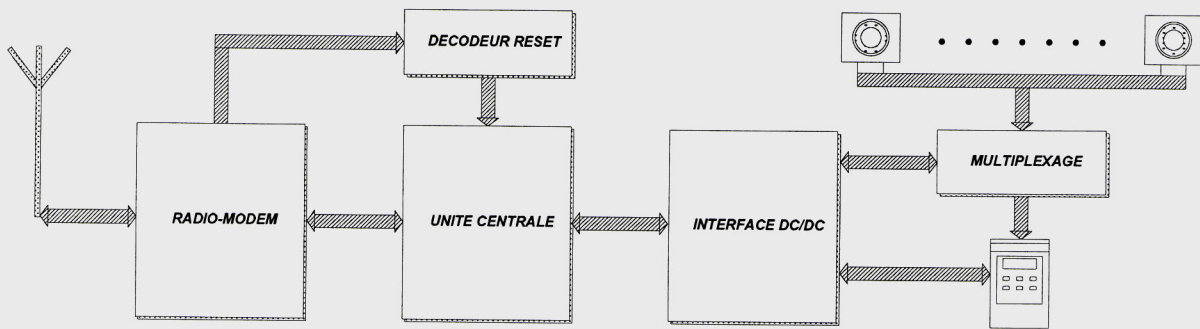


Figure 8 : Schéma bloc des sondes intérieures multiplexées

4. Pilotes et programmes informatiques

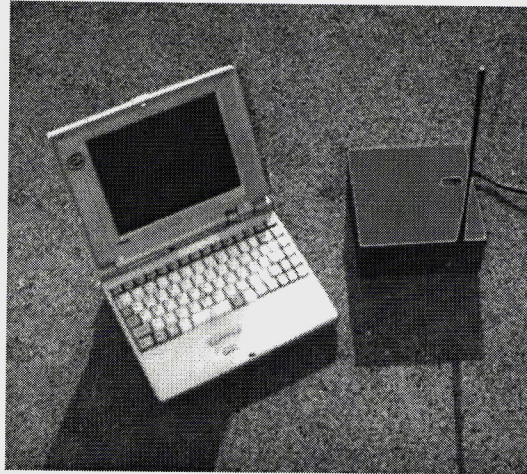


Figure 9 : Ordinateur et relais de transmission

L'ensemble des dispositifs est piloté par un ordinateur portable, grâce à des logiciels informatiques développés à cet effet sous environnement "Windows". Il est ainsi envisageable de relier en tout temps l'ordinateur par voie "modem" ou par réseau, afin de contrôler l'acquisition des mesures.

Contrôle ponctuel des mesures

De l'intérieur du local, il n'est pas possible d'avoir une vision complète de la coûte céleste. En cas de doute sur l'homogénéité du ciel, les valeurs d'éclairement extérieur peuvent être comparées dans les quatre directions cardinales, ainsi que le zénith; ce contrôle peut être effectué graphiquement ou numériquement. L'acquisition des mesures est ainsi interrompu, en cas de non homogénéité de la coûte céleste, due à la présence de lumière directe (ciel intermédiaire et serein).

Les 4 valeurs d'éclairement vertical sont mesurées suffisamment proches, pour donner lieu à une forme quasi-circulaire.

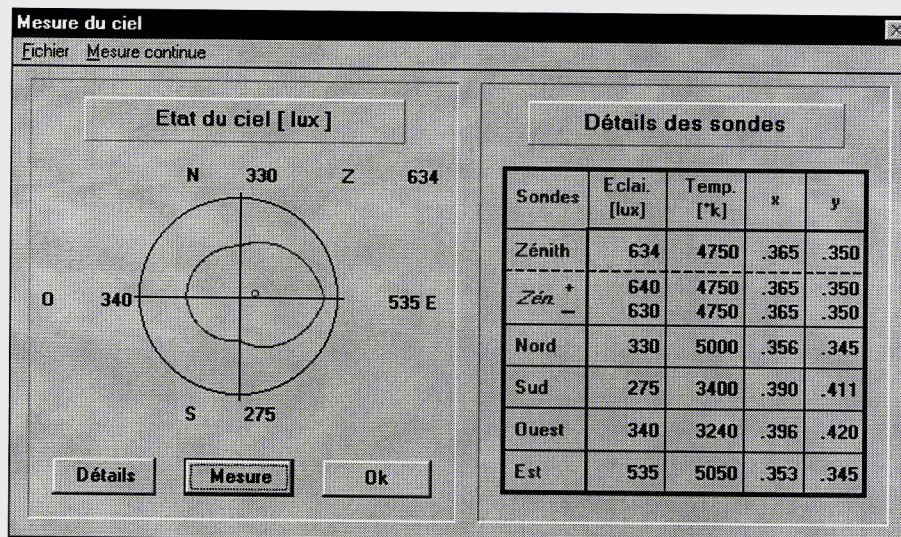


Figure 10 : Contrôle de l'état de la couverture nuageuse

En cliquant sur l'une des directions cardinales, on affiche la valeur d'éclairement vertical correspondante; cet affichage ne modifie pas ceux du tableau général, qui indique l'éclairement global horizontal acquis au même instant. (cf. Fig. 10).

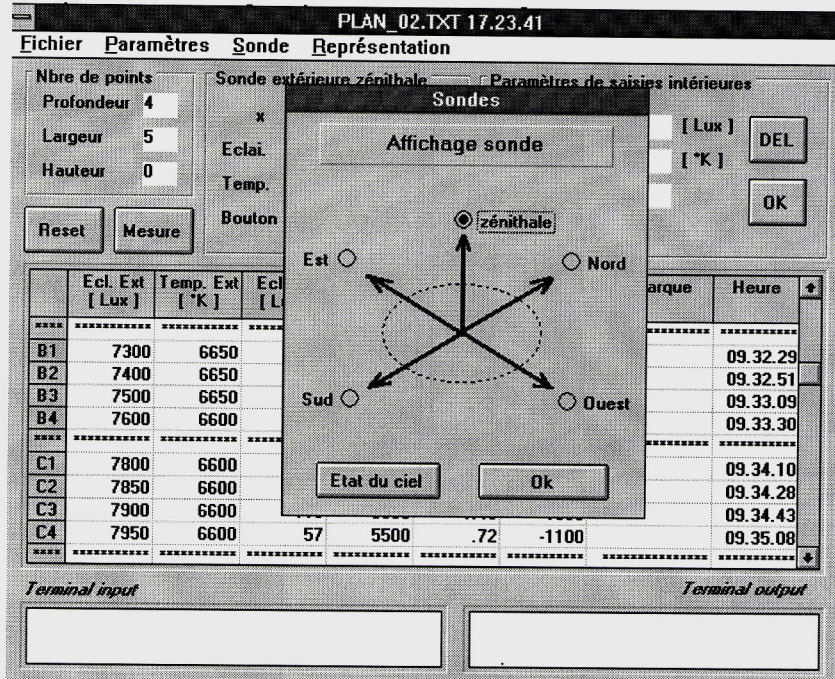


Figure 11 : Choix de la sonde d'éclairement affichée

Le choix de la trame des points de mesure, définie selon les axes de profondeur et de largeur du local, doit être effectuée avant l'acquisition des données. Ces points sont désignés par des lettres suivies d'un chiffre, fonction des profils auxquels ils appartiennent (A1, A2, A3,; B1, B2, B3, ..., par ex.) Le choix des trames (profondeur et largeur) doit être reporté avant le début de la mesure; il détermine ainsi le tableau des points de mesure. L'affichage principal donne toutes les valeurs mesurées point, par point en fonction de la trame définie. Un contrôle direct des valeurs de facteur de lumière du jour peut ainsi être réalisé (cf. Fig. 11).

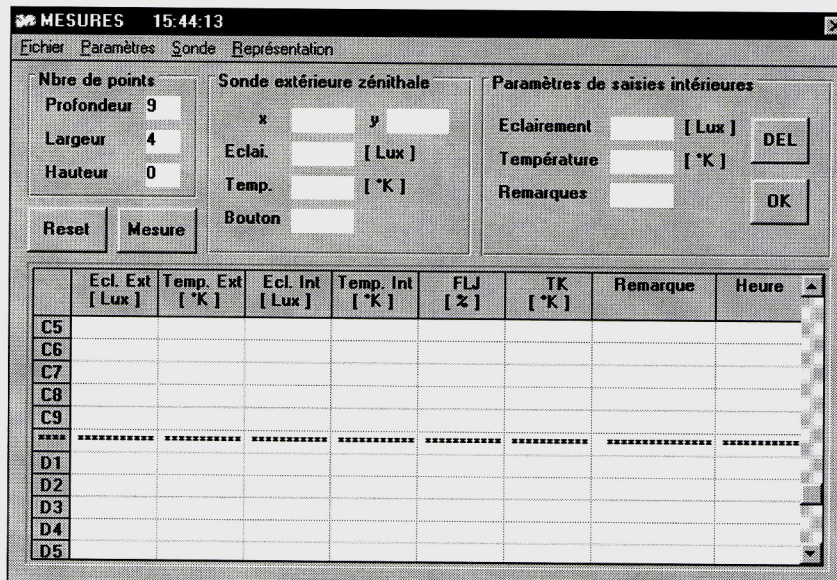


Figure 12 : Tableau principal de mesure en absence de valeurs expérimentales

Une valeur nulle est attribuée aux autres coordonnées de position (largeur ou profondeur du local) en fonction du choix de la paroi sur laquelle sont disposés les points de mesure.

Durant l'acquisition, il est possible en tout temps d'introduire des valeurs ponctuelles, ainsi que d'apporter des remarques et observations.

Une représentation graphique simple permet de visualiser d'éventuelles erreurs, apparues en cours d'acquisition et donnant lieu à un comportement graphique aberrant. Cette représentation est tridimensionnelle (profondeur et largeur du local, valeur du FLJ). Il est ainsi possible de visualiser directement la prise de mesures par voie graphique en temps réel (cf. Fig. 13).

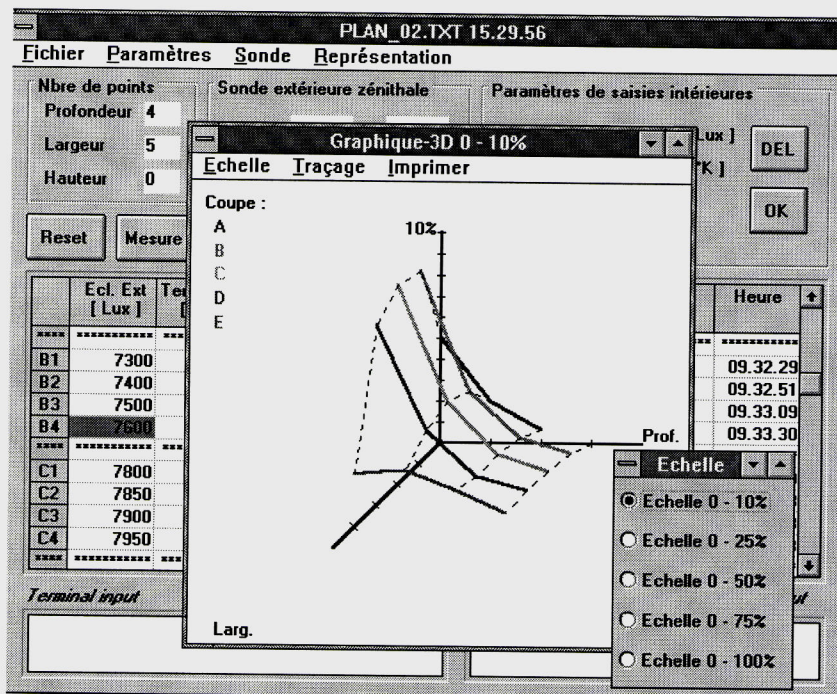


Figure 13 : Représentation graphique des mesures

Contrôle automatique des mesures

Un interface graphique simple permet de définir les paramètres principaux du programme d'acquisition automatique de mesures. La figure 14 donne un aperçu de cet interface, qui comprend les paramètres suivants :

- Heures du début et de fin d'acquisition
- Intervalle d'acquisition
- Nombre de sondes de mesure
- Erreur relative tolérée sur l'éclairage extérieur
- Valeurs d'éclairage intérieur et extérieur mesurées.

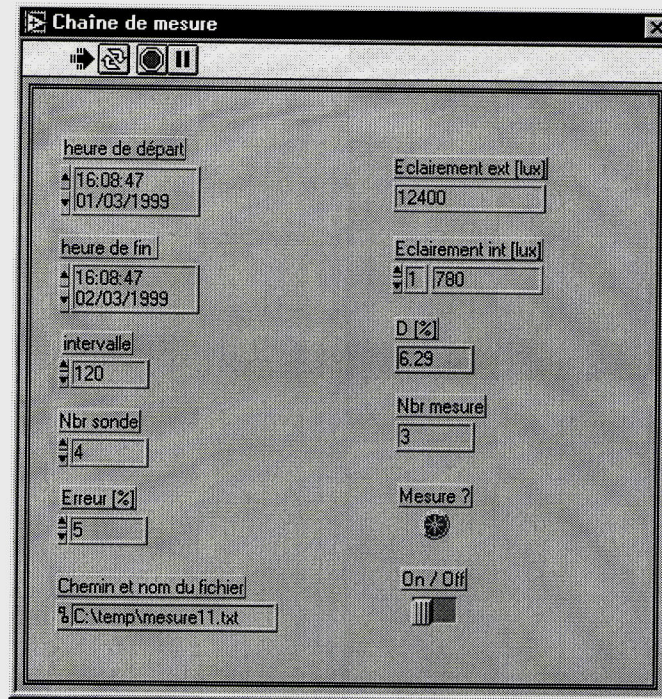


Figure 14 : Interface du programme automatique de mesure

La fluctuation relative tolérée de l'éclairement horizontal est un paramètre important, défini avant la mise en route de l'acquisition de données. Elle vise à assurer que la prise de mesures est effectuée dans des conditions de stabilité suffisante sur le plan de l'éclairage naturel extérieur.

En cas de fluctuation supérieure à la valeur tolérée, le programme adapte deux attitudes possibles différentes, en fonction du temps restant à sa disposition pour achever l'acquisition des données :

- il répète la mesure jugée insatisfaisante en cas de temps suffisant,
- il achève la séquence de mesure prévue, en signalant la mesure insatisfaisante par un astérisque (*)

L'utilisateur a la possibilité de visualiser l'éclairement extérieur, ainsi que celui correspondant à une sonde intérieure souhaitée. Le facteur de lumière du jour (D) est déterminé en fonction de la sonde intérieure choisie. Une led "Mesure?" indique lorsque le dispositif est en cours d'acquisition de données. Le nombre de mesures effectuées est affiché en permanence.

Conclusion

Le dispositif automatique de mesures du facteur de lumière du jour a pour principal avantage de réduire le nombre de personnes nécessaire pour cette tâche. Il facilite ainsi ces opérations et rend l'analyse des performances lumineuses du bâtiment plus aisées. Sa réalisation a été rendue possible par l'emploi de nouvelles techniques de microélectronique et d'informatique.

Cet équipement doit permettre, en particulier, de répondre aux besoins des praticiens en matière de diagnostic de bâtiments. Il trouve aussi sa place dans l'enseignement, qui requiert la réalisation de tels diagnostics dans des bâtiments, faisant l'objet d'études approfondies en éclairage naturel par les étudiants.

Références

- [CIE 70] Commission Internationale de l'Eclairage, "Daylight", Publication CIE No 16 (E – 3.2), Paris (1970).
- [LUM 97] LUMEN2, "Chaîne de mesure de lumière naturelle – Analyse de bâtiments", Projet CERS, ITB/EPFL (1997).
- [Min 95] Minolta, "Manuel d'utilisation des luxmètres-chromamètres xy – 1", 1995.