

Stations agrométéorologiques

Du choix des capteurs jusqu'au monitoring des données

V a n e s s a B e n T a h a r

27/09/2023

Sommaire

- Présentation de Campbell Scientific
- Sélection du site
- Choix des capteurs
- La centrale de mesure
- Programmation et calculs
- Communications et récupération des données
- Visualisation des données





Campbell

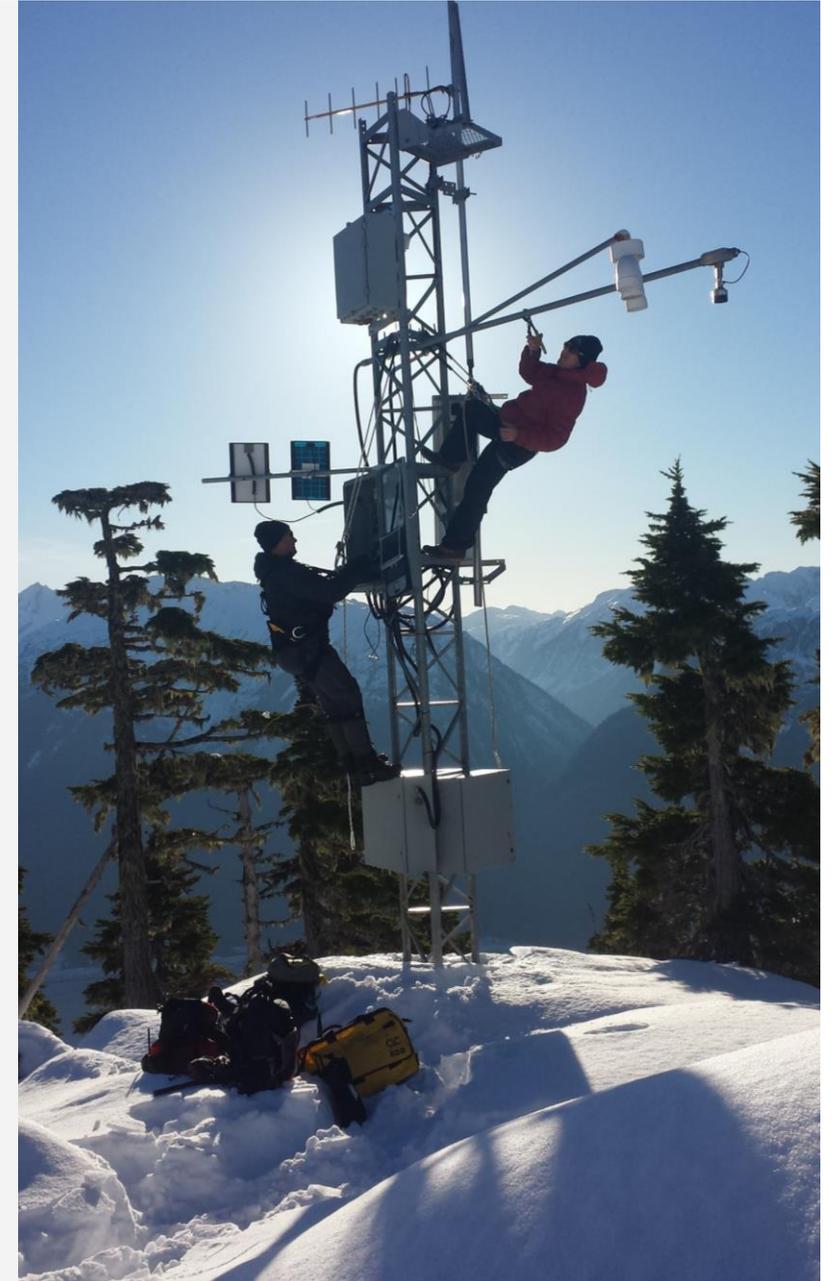
S C I E N T I F I C ®

Qui sommes-nous

Campbell Scientific fournit des solutions de mesure depuis 1974. Nos capteurs et nos stations de terrain sont robustes et fiables dans les conditions environnementales les plus difficiles.

Nos logiciels fournissent une vision spécifique à l'application et une gestion de réseau qui soutiennent la prise de décision quotidienne.

Notre expertise en matière d'applications et de projets nous permet d'être des conseillers de confiance dans toutes les phases d'un projet, y compris la conception du réseau, les tests du système, l'installation, la mise en service et la maintenance tout au long du cycle de vie.



Les usines CS

ÉTATS-UNIS



ROYAUME-UNI



CANADA



AUSTRALIE



Fabrication en interne gage de qualité et fiabilité

- Des systèmes à la fiabilité éprouvée
- La meilleure précision de sa catégorie grâce à la technologie des centrales Campbell Scientific
- Contrôle complet de la fabrication
- Installations pour le test et l'étalonnage
- ISO 9001:2015, ISO 14001:2015 (avril 2023), ISO/IEC 27001:2013 <https://www.campbellsci.com/iso-certifications>





Campbell
S C I E N T I F I C ®



Canada

USA

Costa Rica

Brazil

UK

France

Spain

Germany

South Africa

India

Thailand

China

Australia

CS Marchés Mondiaux de l'Environnement



Aviation



Alertes aux inondations



Transports de surface



Hydrologie



Flux de Gaz
et Turbulences



Météorologie



Agriculture / Sols

Station Automatique



Capteurs



Logiciel d'aide à la décision



Qui suis-je

Regional Technical Support Team leader _ EU

Ingénieur d'application

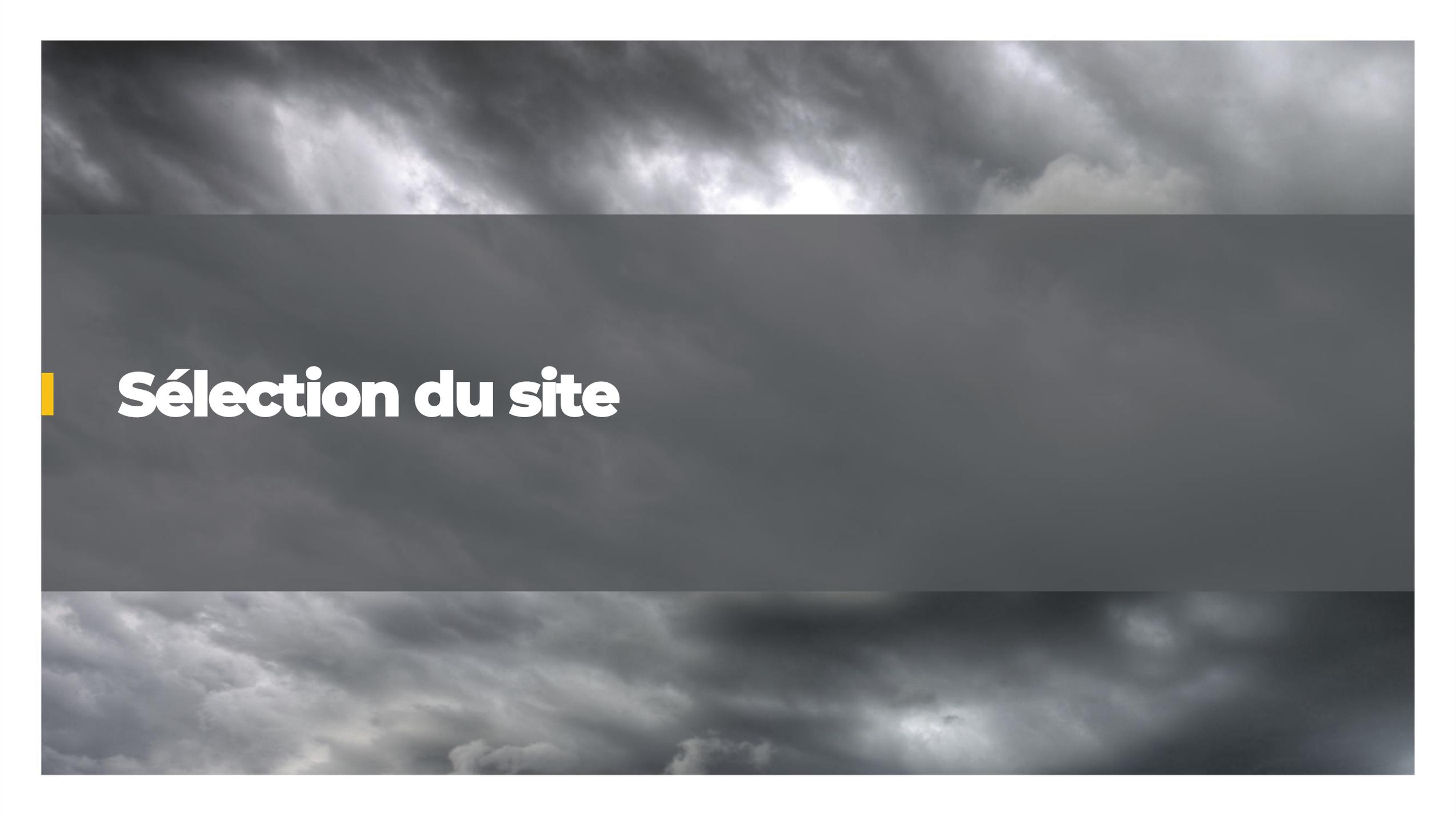
Campbell Scientific France

41 rue Périer, 92120 Montrouge

Téléphone : +33 (0)1 56 45 15 20

Vanessa.bentahar@campbellsci.fr

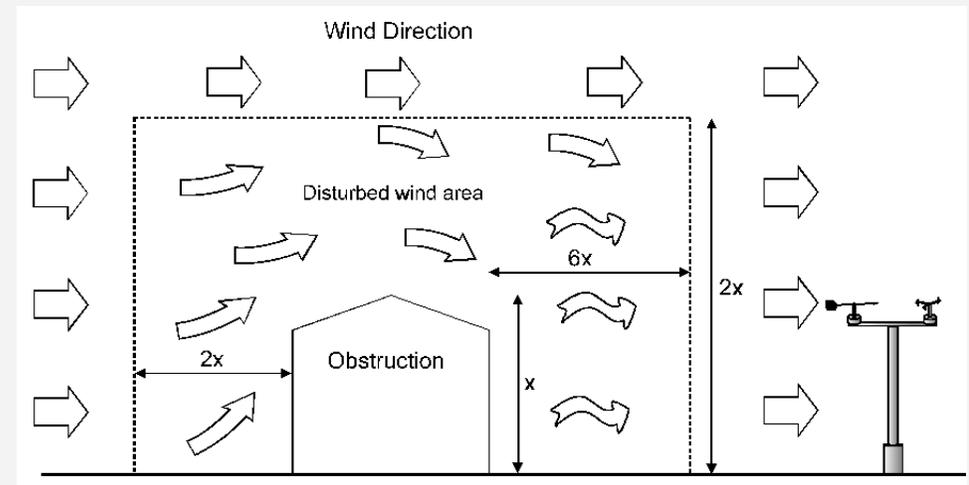


A dramatic, dark sky filled with heavy, grey clouds. A bright light source, likely the sun, is breaking through the clouds in the upper center, creating a strong glow and illuminating the surrounding cloud layers. The overall mood is intense and atmospheric.

Sélection du site

Sélection du site

- Le choix du site est aussi important que le choix des capteurs
- Facteur clé pour obtenir des données météo précises et fiables
- Représentation du climat de la région → loin des grands obstacles
- Hauteur similaire par rapport aux capteurs des autres sites



Site distant d'au moins 6 fois la hauteur de l'obstacle

Choisir un site adapté aux mesures

- Température et humidité

Abri ventilé fixé à une hauteur 4 fois supérieure à celle de l'obstacle



Hauteur OMM : 1,25 à 2 m

À 30 m des grandes zones pavées

Situé dans une zone ouverte (recouverte d'herbe courte ou de terre) avec un diamètre d'au moins 9 m.

Zones à éviter :

Les grandes sources de chaleur industrielles, les toits d'immeuble, les pentes raides, les cavités, la végétation haute, les zones à l'ombre, les marais, les zones basses qui retiennent l'eau de pluie.

Choisir un site adapté aux mesures

- Vitesse et direction du vent

Terrain dégagé à une distance de 6 à 10 fois la hauteur des bâtiments, des arbres et autres obstacles à proximité

Hauteur OMM : 10,00 m au-dessus du sol



- Précipitation



Installé à une hauteur 4 fois > l'obstacle

Mise à niveau et vue dégagée du ciel

Hauteur OMM : 0,30 m min au-dessus du sol

Choisir un site adapté aux mesures

- Rayonnement solaire

Installation loin des zones d'ombre, des surfaces réfléchissantes et des sources de rayonnements artificiels.

La hauteur de fixation n'influence pas la mesure.



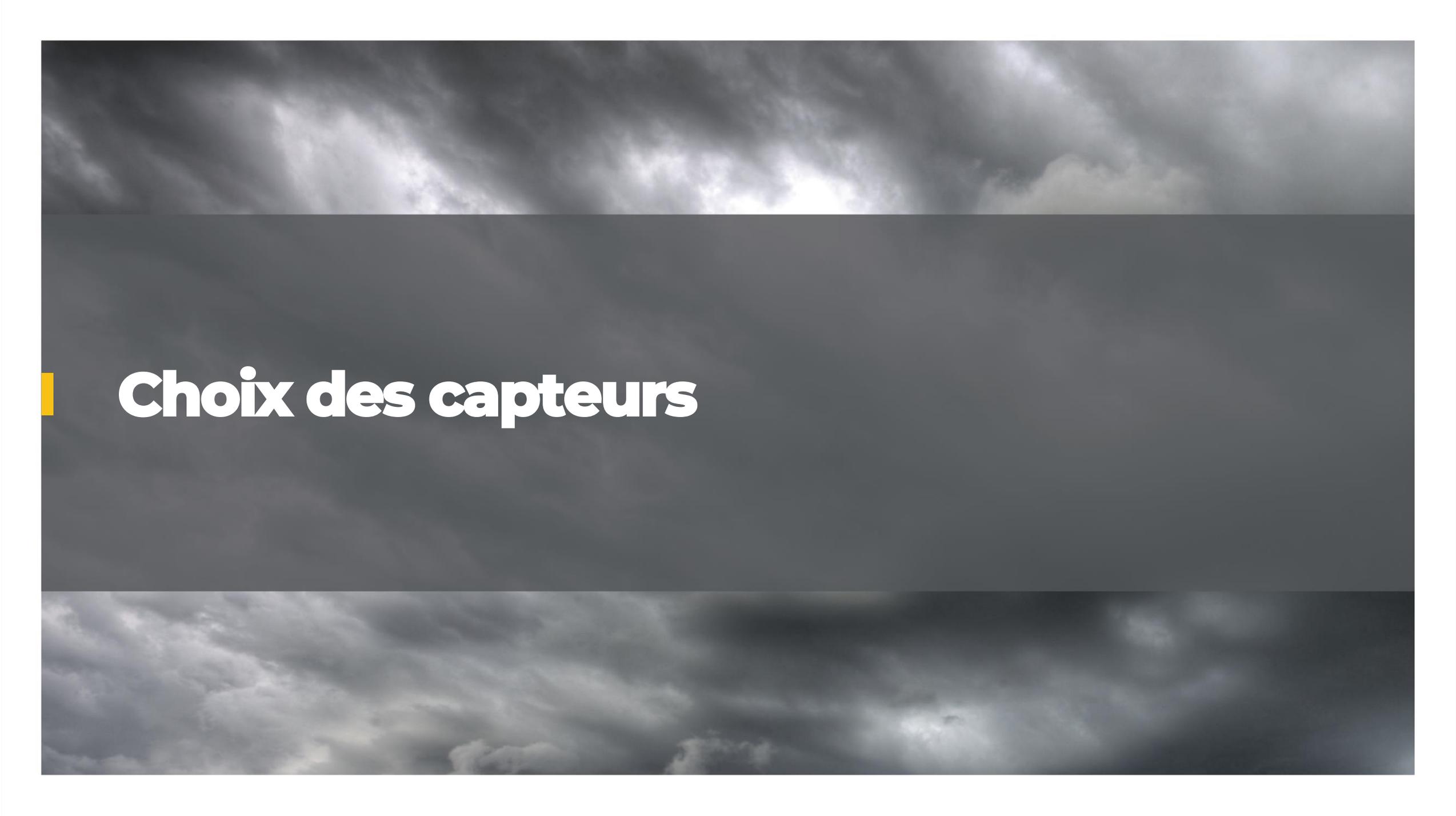
- Humidité du sol

Site de mesure : au moins 1 m² et représentatif de la surface d'intérêt.

La surface du sol doit être de niveau dans un rayon de 10 m.

Profondeur OMM : 0,10 m minimum



The background of the slide is a dramatic, dark sky filled with heavy, grey clouds. A bright light source, likely the sun, is breaking through the clouds in the upper center, creating a strong glow and illuminating the surrounding cloud layers. The overall mood is intense and atmospheric.

Choix des capteurs

Vitesse et direction du vent

- Types de capteurs :

Anémomètre à hélices ou à coupelles, girouette



05103 RM Young



03002 RM Young

Anémomètre sonique 2 dimensions

Avantages : aucune partie mécanique



WindSonic1 Gill



WindObserver 75 Gill

- Définir la gamme de mesure pour votre site :

0 à 60 m/s ou 0 à 75 m/s ou 0 à 100 m/s

Rayonnement solaire

- Le rayonnement solaire reçu à partir d'un angle de champ de 180° sur une surface horizontale est appelé rayonnement global.
- Classification des pyranomètres:

Classification ISO9060	CLASSE A	CLASSE B	CLASSE C
Temps de réponse	15s	30s	60s
Non-stabilité % de variation de la réactivité par an	± 0.8%	± 1.5%	± 3%
Non-linéarité (100 à 1000 W/m ²)	±0.5%	±1%	±3%
Sélectivité spectrale	± 3%	± 5%	± 10%
Réponse à la température	2%	4%	8%
Réponse à l'inclinaison	± 0.5%	± 2%	± 5%
Applications	Scientifiques ou photovoltaïques	Mesure de l'effet de serre	Stations météo.

- Gamme spectrale: 300 nm – 3 000 nm



CS320
Campbell Scientific
Classe C



CMP6
Kipp & Zonen
Classe B



MS-80
EKO
Classe A

Pression atmosphérique

- Gamme de mesure : 500 à 1100 hPa
- Incertitude $\pm 0,3$ hPa (à 20°C)
- Applications : la météorologie, l'hydrologie et l'aviation.
- Maintenance : le réétalonnage est possible sur le terrain en remplaçant la carte du capteur.

D'autres capteurs sur le marché doivent être mis hors service et renvoyés au fabricant pour être réétalonnés, souvent pendant des semaines, ce qui entraîne une perte de données et de temps précieux, ainsi qu'une dépense supplémentaire.



Température de l'air



- Type de capteur : Sonde platine (Pt100)
- Plage de mesure : -80°C à $+60^{\circ}\text{C}$
- Incertitude de mesure : $\pm 0,1^{\circ}\text{K}$ de -40°C à $+40^{\circ}\text{C}$
 $\pm 0,3^{\circ}\text{K}$ de -80°C à $+60^{\circ}\text{C}$
- Le premier capteur conforme à l'OMM qui respecte le temps de réponse par palier de 20 secondes avec une vitesse de vent ambiant de seulement 1 m/s

Précipitation

- Pluviographe en aluminium adapté à tous les environnements
- Type de capteur : augets basculants
- Une forme aérodynamique unique pour minimiser les effets du vent et augmenter la précision
- Mesure l'intensité des précipitations jusqu'à 1500 mm/h
- Mesure de l'inclinaison et de la température interne pour un diagnostic à distance sur le capteur
- En montagne : pluviographe à pesée (eau et neige)



RainVUE 20
Campbell Scientific

Teneur en eau du sol

- Types de capteurs :

Sonde réflectométrique



CS 655
Campbell Scientific

Sonde TDR (time domain reflectometry)



SoilVUE 10
Campbell Scientific

- Mesures effectuées : Conductivité électrique du sol (EC), permittivité diélectrique relative, teneur en eau volumique (VWC) et température du sol
- Profondeur de mesure : 5, 10, 20, 30, 40, 50, 60, 75, et 100 cm

Température du sol

- Température de fonctionnement : -55°C à $+85^{\circ}\text{C}$
- Précision type : $\pm 0,2^{\circ}\text{C}$ (-40°C à $+85^{\circ}\text{C}$) Incluant la dérive pendant la durée de vie du capteur
- Communications : SDI-12
- Applications : Mesure du profil de température du sol, de l'eau ou de la neige, gradient de chaleur géothermique, la détection du gel et la mesure du profil dans le pergélisol.
- CS230 longueur max. du tube : 3 m
Jusqu'à 32 capteurs internes et 4 externes
- CS225 longueur max. du câble : 152 m
Jusqu'à 36 capteurs



CS230
Campbell Scientific



CS225
Campbell Scientific

Composition d'une station agrométéo.

- Mât ou trépied avec kit de mise à la terre
- Bras de fixation et noix/plateau de montage
- Capteurs : vitesse et direction du vent, rayonnement, température et d'humidité, pluviographe, capteur d'humidité et température du sol.
- Coffret contenant : centrale de mesure + Batterie + régulateur + baromètre.
- Panneau solaire si pas de 220V sur le site



Station compacte

Le ClimaVUE™50 est un capteur météorologique tout en un bon marché.

Il mesure la température de l'air, l'humidité relative, la pression de vapeur, la pression atmosphérique, la vitesse, les rafales et la direction du vent, le rayonnement solaire, les précipitations et la foudre (comptage et distance).

Un capteur d'inclinaison intégré garantit l'intégrité des données à long terme.

Ce produit est idéal pour un déploiement rapide, sur des sites distants, pour de grands réseaux. Maintenance très facile.



The background of the slide is a dramatic, dark sky filled with heavy, grey clouds. A bright light source, likely the sun, is breaking through the clouds in the upper center, creating a strong glow and illuminating the surrounding cloud layers. The overall mood is intense and atmospheric.

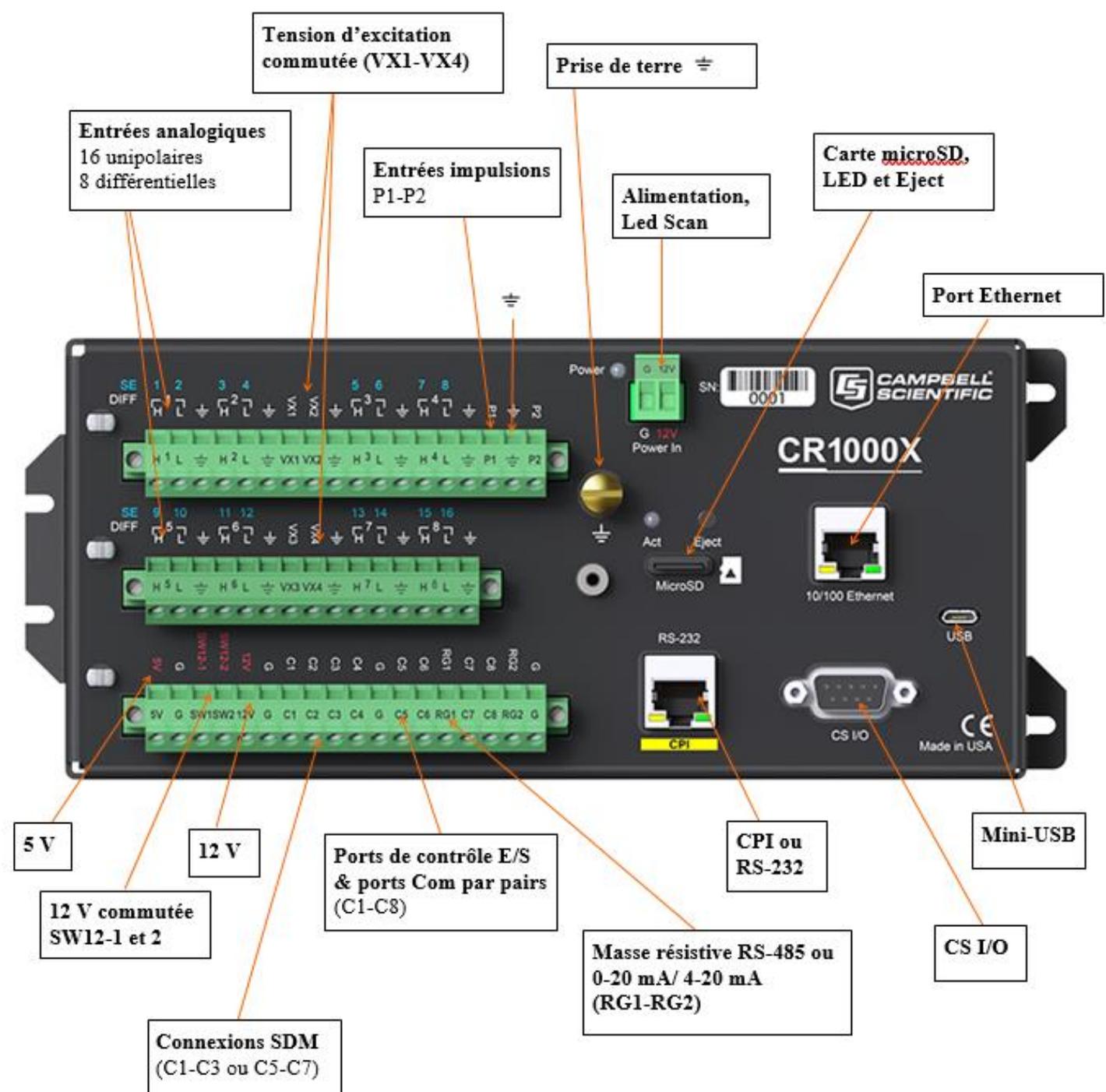
La centrale de mesure

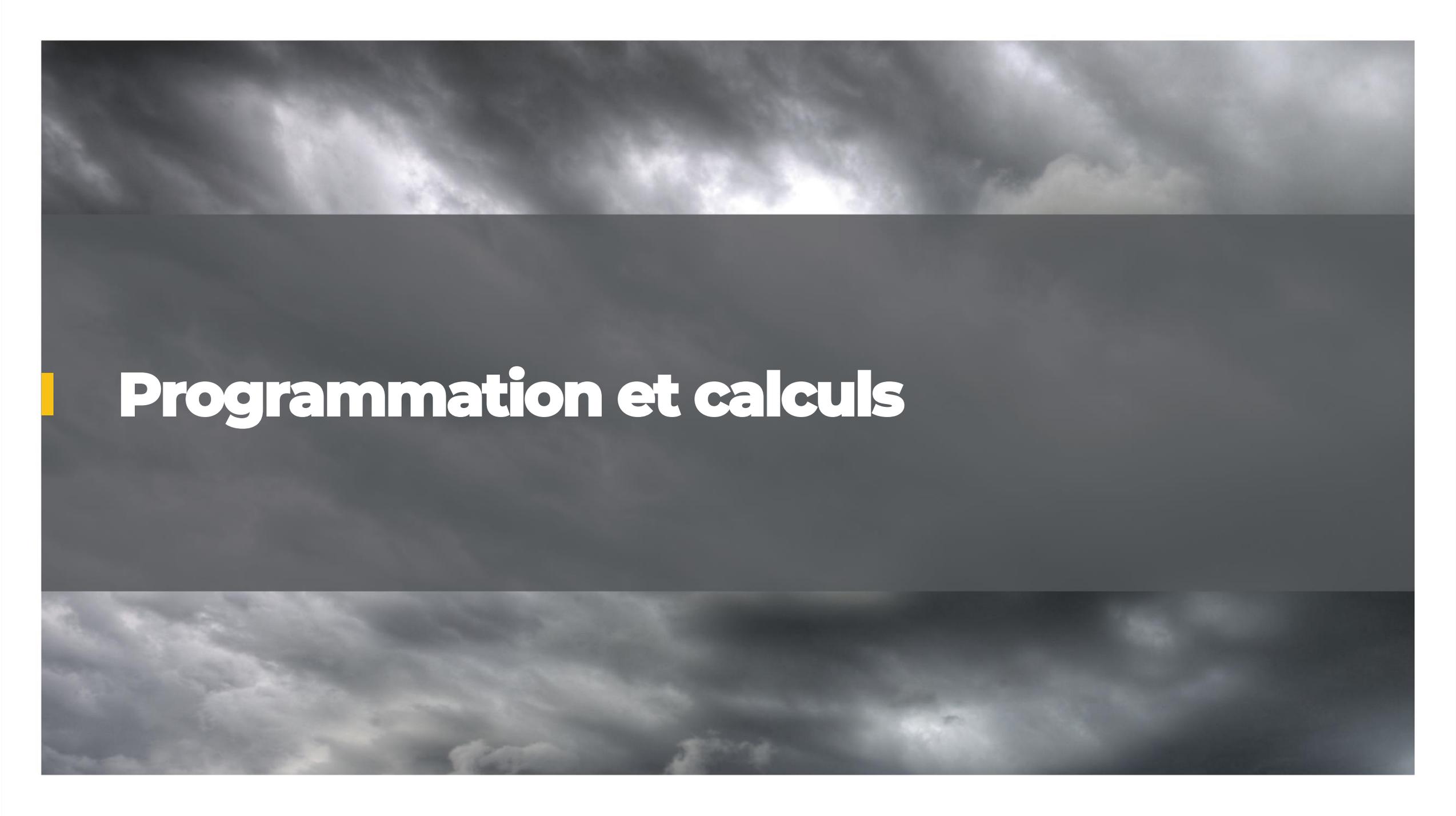
La centrale de mesure



- Convertie le signal électrique en grandeurs physiques et effectue des calculs complexes
- Réduit la quantité de données et gère les tableaux d'enregistrement
- Fonctionne dans des milieux extrêmes : -55°C à $+85^{\circ}\text{C}$
- Consommation en énergie réduite : 1 mA pour un scan de 1 Hz
- Vitesse d'échantillonnage de 10 à 1000 Hz en fonction des modèles

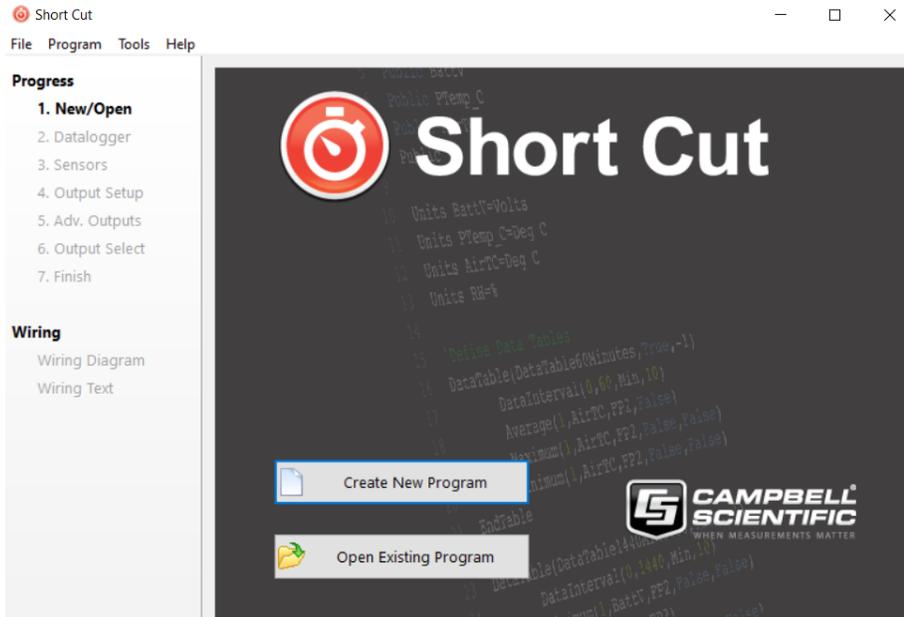
Les centrales Campbell Scientific sont compatibles avec tous les capteurs du marché



A dramatic, dark sky filled with heavy, grey clouds. A bright light source, likely the sun, is breaking through the clouds in the upper center, creating a strong glow and illuminating the surrounding cloud layers. The overall mood is intense and atmospheric.

Programmation et calculs

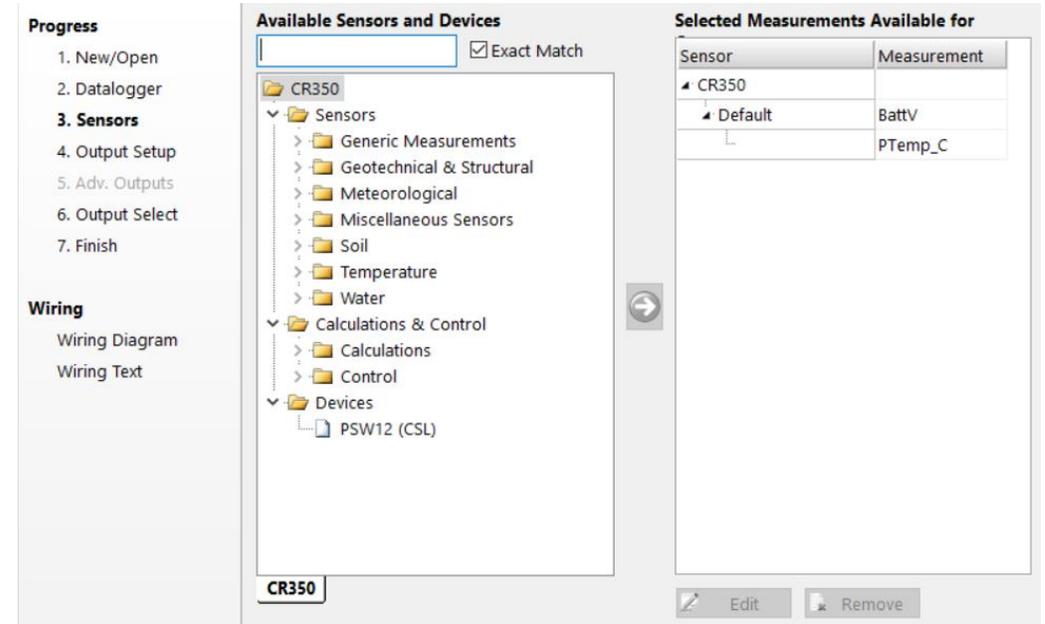
Short Cut



ClimaVUE50 - SlrFD_W, Rain_mm, Strikes, Dist_km, WS_ms...

Brown	12V
White	C1
Clear	G
Black	G

CR350



Selected Measurements Available for Output

Sensor	Measurement
CR350	
Default	BattV
	PTemp_C
ClimaVUE50	SlrFD_W
	Rain_mm
	Strikes
	Dist_km
	WS_ms
	WindDir
	MaxWS_ms
	AirT_C
	VP_mbar

- Average
- ETo
- Maximum
- Minimum
- Sample
- StdDev
- Total
- WindVector

CRBasic

- Pré compilateur pour le contrôle syntaxique avec messages d'avertissement et d'erreur détaillés
- Liste complète des instructions et fonctions du programme
- Documentation détaillée des instructions y compris des exemples de programmes
- Fonctionnalité Goto pour faciliter la navigation à travers le code...

```
'Main Program
BeginProg
'Main Scan
Scan(10,Sec,1,0)
'Default CR350 Datalogger Battery Voltage measurement 'BattV'
Battery(BattV)
'Default CR350 Datalogger Wiring Panel Temperature measurement 'PTemp_C'
PanelTemp(PTemp_C,50)
'Get ClimaVUE50 Compact Digital Weather Sensor metadata 'CVMeta' every day at midnig
If IfTime(0,1,Day) Then
  SDI12Recorder(CVMeta,C1,"0","I!",1,0)
EndIf
'Get data from ClimaVUE50 Compact Digital Weather Sensor
SDI12Recorder(CVData(),C1,"0","R7!",1,0,-1)
'Convert fractional relative humidity into percent relative humidity
RH=RH*100
'Calculate total solar flux in MJ/m^2 from flux density in W/m^2
SlrTF_MJ=SlrFD_W*1E-05
'Convert vapor pressure in kPa to mbar
VP_mbar=VP_mbar*10
'Convert barometric pressure in kPa to mbar
BP_mbar=BP_mbar*10
'High winds with rain can temporarily interfere with sonic wind measurements causing
'to the previous valid wind measurements. This will 'flat-line' the measurements unt
'a wind measurement is invalid. For troubleshooting purposes, it is highly recommend
'wind speed and/or direction data from the ClimaVUE50.
If WS_ms<0 Then
  WS_ms=WSPrev
  WindDir=WindDirPrev
  MaxWS_ms=MaxWSprev
  Invalid_Wind=1
Else
```

Calcul ETo

L'instruction ETo utilise la formule de Penman-Monteith

Tableaux de sorties horaires SEULEMENT

Mesures et unités nécessaires : température de l'air (en degrés C), humidité relative (%), vitesse du vent (m/s) et rayonnement solaire total (MJ/m²)

L'horloge de la centrale en heure standard, et non en heure d'été

L'anémomètre doit être placé soit à 2 ou 3 m de haut

Spécifier la latitude et la longitude en degrés décimaux.

Le champ "Crop Reference" = culture de référence

- «Short» pour des cultures de faible hauteur = herbe coupée (ETos)
- «Tall» pour des cultures "hautes" = luzerne (ETrs)

The screenshot shows the ETo (Version: 2.8) software interface with the following input fields:

- Air Temperature Measurement (Deg C): dropdown menu
- Relative Humidity (%) Measurement: dropdown menu with "RH" selected
- Wind Speed Measurement (m/s): dropdown menu with "WS_ms" selected
- Wind Speed Sensor Height (m): text input field with "3" entered
- Total Solar Radiation (Total Flux) Measurement (MJ/m²): dropdown menu
- Site Latitude (decimal degrees): text input field with "0" entered
- Site Longitude (decimal degrees): text input field with "0" entered
- Site Elevation (m): text input field with "0" entered
- Crop Reference: dropdown menu with "Short" selected

En sortie 2 valeurs :

- L'évapotranspiration totale (mm) → comparaison avec totale précipitation sur 1h
- Le rayonnement solaire total calculé en ciel clair (MJ / m²) → comparaison avec la mesure (<10%)

L'évapotranspiration des cultures (ETc) en post-traitement des estimations ETo :

$$ETc = Kc * ETo$$

ETc = évapotranspiration des cultures

Kc = coefficient cultural (FAO Irrigation and Drainage Paper No. 24)

ETo = évapotranspiration de la culture de référence

Calcul point de rosée

Mesure directe → hygromètre à miroir refroidi

Calcul → capteur de T et HR + centrale CS

L'instruction « DewPoint » utilise l'équation de Tetens dont les coefficients sont optimisés pour des températures de -35 à +50° C.

La température du point de rosée est déterminée à partir de la pression de vapeur, de l'humidité relative et de la pression de vapeur saturante.

L'équation de Tetens = approximation de la variation réelle de la pression de vapeur saturée en fonction de la température.

Les erreurs de point de rosée sont bien inférieures à 0,1°C. Elles proviennent d'erreurs dans l'étalonnage absolu du capteur de température et d'humidité relative.

$$T_d = \frac{A_3 * \ln\left(\frac{Vp}{A_2}\right)}{A_2 - \ln\left(\frac{Vp}{A_1}\right)}$$

where:

T_d = dew point temperature

A_1 = 0.61078

A_2 = 17.558

A_3 = 241.88

Calcul albédo

Capteurs : Albédomètre ou 2 pyranomètres séparés, nécessite un écran anti-éblouissement pour le capteur orienté vers le bas afin d'empêcher le rayonnement non réfléchi à faible angle.

Albédo = Rayonnement solaire réfléchi par la terre / Rayonnement solaire reçue sur terre

Nombre sans dimension qui varie entre 0 et 1.

Les valeurs typiques de l'albédo sont : < 0,1 pour l'eau

de 0,1 pour les sols humides à 0,5 pour le sable sec

de 0,1 à 0,4 pour la végétation

jusqu'à 0,9 pour la neige fraîche.



A dramatic, high-contrast image of a stormy sky with dark, heavy clouds and a bright light source breaking through in the center. The image is split horizontally into three sections: a top section with the sky, a middle dark grey section containing the text, and a bottom section with the sky.

Communications et récupération des données

Communications séries

- RS-232 sur 20 m

Câblage sur la broche RS232 et/ou sur un port COM:

Pin 2 → TXD

C impair → TXD

Pin 3 → RXD

C pair → RXD

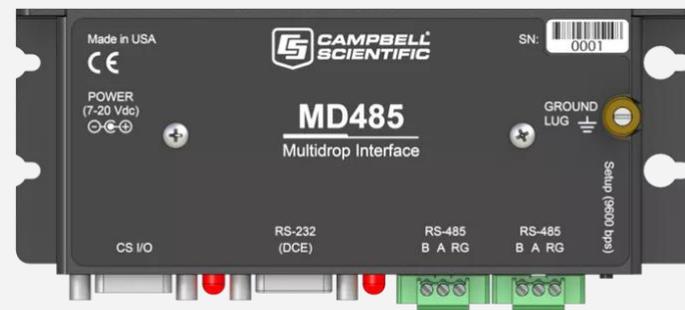
Pin 5 → GND

G → GND

- RS-485 sur plusieurs km

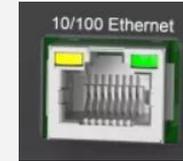
Intégré aux centrales de mesure CR350, CR6, CR1000X

Ajout d'un MD485 pour les autres centrales



Communications TCP/IP

- Ethernet intégré sur les centrales CR310, CR6 et CR1000X



- WIFI NL241 portée 1 km à vue

Peut être intégré directement aux centrales ou ajouté par la suite



- Modem CELL215 4G

Konect Pakbus Routing Service offert avec chaque modem

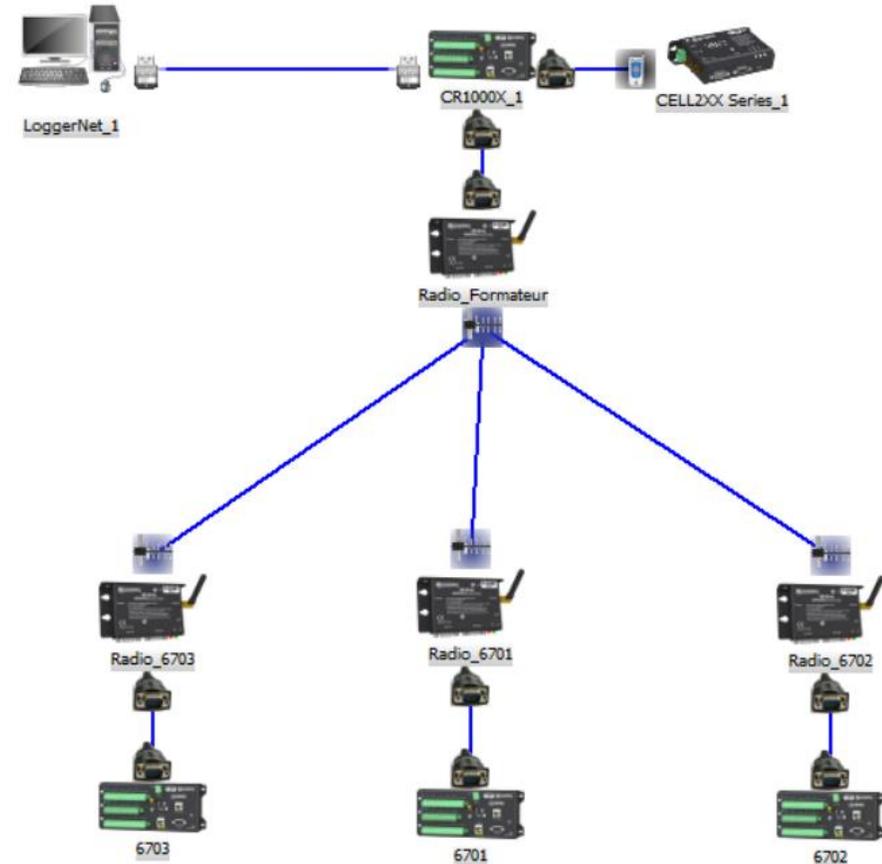
Nécessite une carte SIM avec un abonnement



Récupération des données par Email, SMS, FTP...

Communications radios

- Radio RF422 (868 MHz) portée 5 km à vue
- Réseau courte distance en radio et longue distance en 4G
 - 1 station principale
 - 3 stations secondaires
 - Centralisation des données
 - Remise à l'heure des stations



Communications satellites

- Satellites (METEOSAT, ARGOS et GOES)

Assurer des communications unidirectionnelles entre une plate-forme de collecte de données (DCP) et une station de réception.

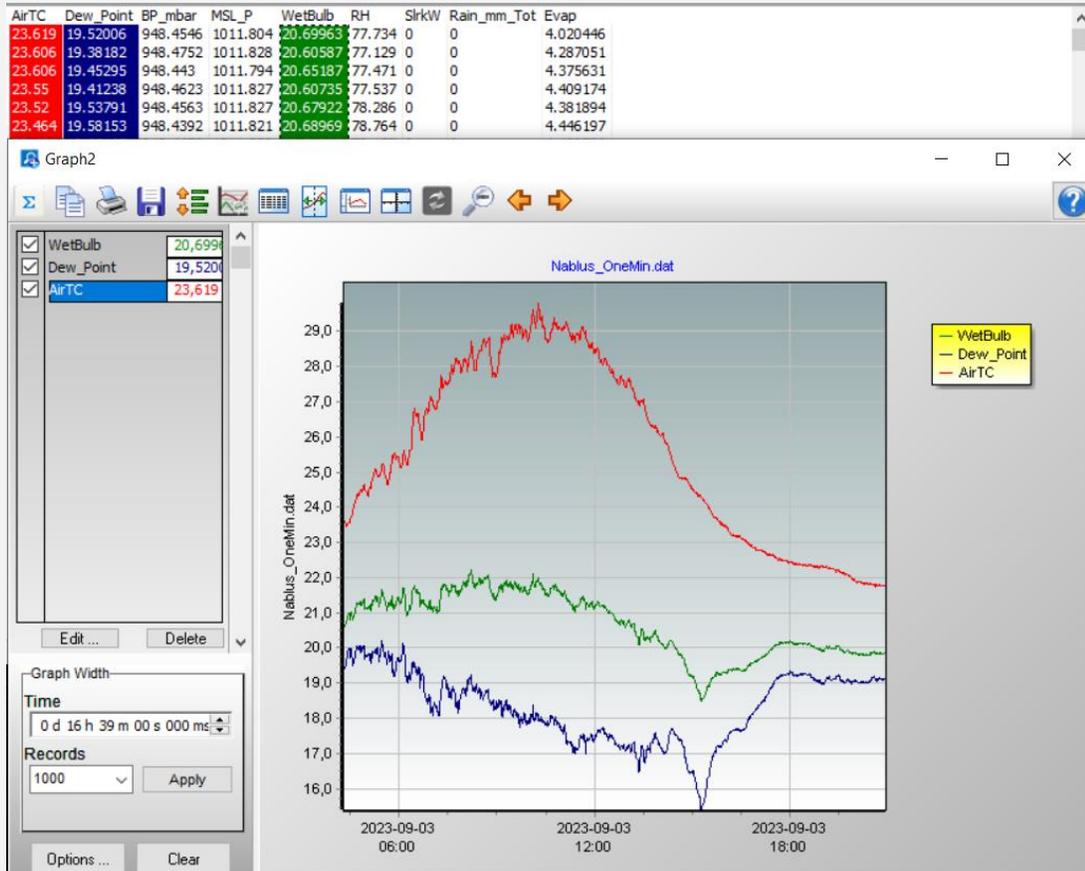
Comme la précision de l'horloge est d'une importance capitale pour la télémétrie par satellite Meteosat, le TX326 comprend un récepteur GPS intégré.



A dramatic, dark, and stormy sky with heavy, grey clouds and a bright light source breaking through in the center, creating a lens flare effect. The sky is divided into three horizontal bands: a top band with the light source, a middle dark grey band, and a bottom band with more clouds.

Visualisation des données

ViewPro (LoggerNet)



Graphiques simples et rapides

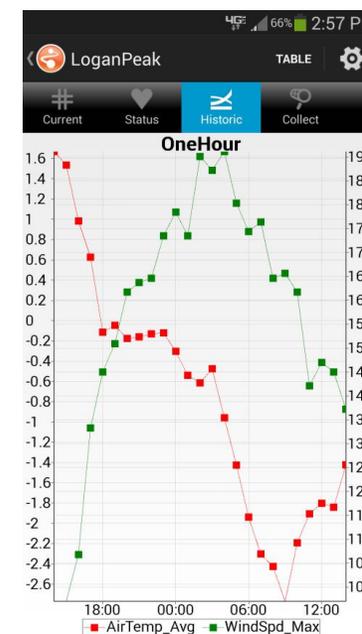
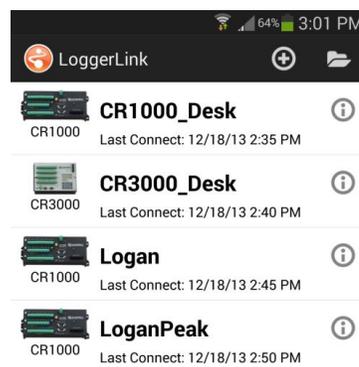
Affichage et comparaison de données provenant de plusieurs tableaux

View Pro peut ouvrir des fichiers .DAT, .DLD, .CSI, .PTI, .FSL, .LOG, .CRX et autres.

LoggerLink

Cette application mobile supporte les tâches de maintenance sur le terrain:

Affichage et collecte de données, réglage de l'horloge et téléchargement de programmes



LoggerLink est téléchargeable gratuitement sur Apple Store ou Google Play

RTMC Pro

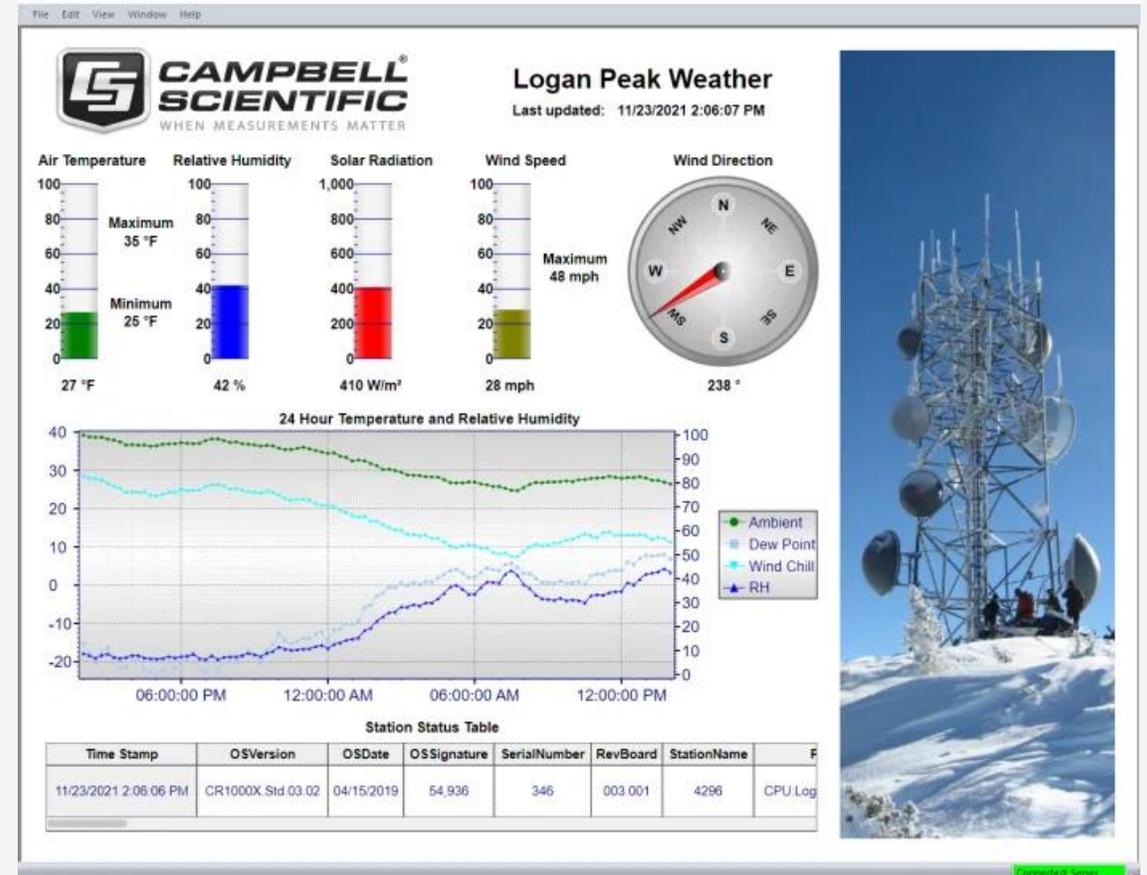
Logiciel d'affichage et de contrôle en temps réel des données

Grande variété de fonctions : alarmes visuelles et sonores, interrupteurs, barres d'état, graphiques, jauges, roses des vents, ...

Envoyer des emails ou exécuter des programmes lorsque des alarmes sont déclenchées

Les composants interactifs (interrupteurs ou listes déroulantes) permettent de basculer des drapeaux ou de configurer les valeurs de la centrale de mesure directement à partir de l'écran RTMC.

Visualiser les données de plusieurs serveurs LoggerNet ou centrales en HTTP et des images provenant de caméra IP le tout dans un seul projet RTMC Pro.



RTMC Pro

Surveiller et contrôler les données en publiant vos projets RTMC sur votre intranet ou sur Internet à l'aide de l'éditeur web et du serveur web CSI inclus.

Créer des rapports qui vous permettent de parcourir facilement les données historiques et d'exporter un écran RTMC, selon un calendrier ou manuellement.

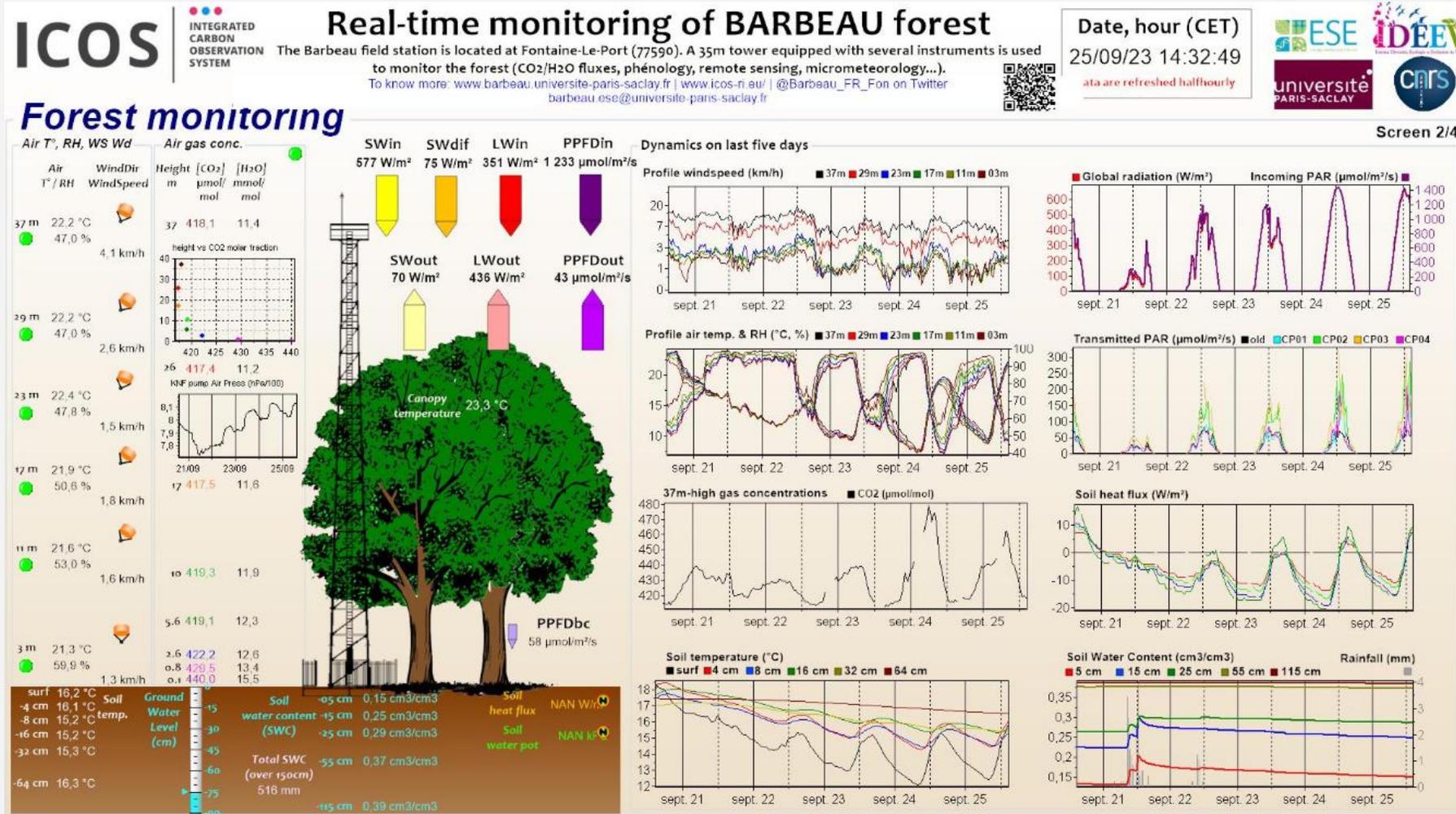
Utiliser la vaste bibliothèque d'expressions mathématiques et logiques pour convertir et/ou combiner vos données en vue de leur affichage.

Conception de multiples onglets afin de personnaliser différents écrans.



RTMC Pro

CNRS – D. Berveiller



Merci

Des questions ?



