

# Plateforme expérimentale

## Matériaux Diélectriques & Electrostatique

# Liste des Principaux moyens techniques



- Générateurs haute tension et cages de faraday
- Analyseurs DP I et II
- Sonde de potentiel sans contact
- Spectroscopie diélectrique I à flux d'azote
- Spectroscopie diélectrique II et III à sole chauffante (sous atmosphère d'azote ou vide)
- Mesure de courants DC et courants thermo stimulés (TSC)
- Mesure de courants DC
- Mesure de courants DC (10 – 20 kV)
- Spectroscopie diélectrique IV à enceinte climatique
- Spectroscopie diélectrique V à étuve
- DMA (visco-analyseur)
- Charge d'espace (LIPP)
- Charge d'espace (PEA)
- Dispositifs de vieillissement sous pression et température
- Dispositifs de vieillissement longues longue durées sous tension et température
- Calorimétrie par rayonnement thermique
- Cryostats optiques
- Cellule haute pression
- MEB
- Pulvérisation: sputtering, PECVD
- Divers

# Générateurs haute tension et cages de faraday

## Informations fournies

- o Tenue diélectrique et conductivité

## Conditions de mesure

- o Spelmann +-360kDC
- o Spelmann 60kV DC
- o Générateur de Marx , ondes de manœuvre, onde de foudre ou onde de forme réglable.
- o 3 Transformateur élévateur 100kV => 300kVeff AC
- o 1 Transformateur élévateur 250kV / GBF
- o Nature de l'atmosphère : Air
- o 3 cages de Faraday
- o Diviseurs & sondes pour mesure haute tension:
  - o Capacitif 500 kV,
  - o sondes Tektronix 40 kV/75 MHz,
  - o North Star 100 kV/80 MHz,
  - o Transmetteurs analogiques à fibre optique 100MHz.
- o Générateurs spéciaux d'impulsion HT rapides:
  - o 20 kV / t montée : 20ns
  - o 50 kV / T montée & descente : 20 ns
  - o 50 kV / 1kA / 100 Hz

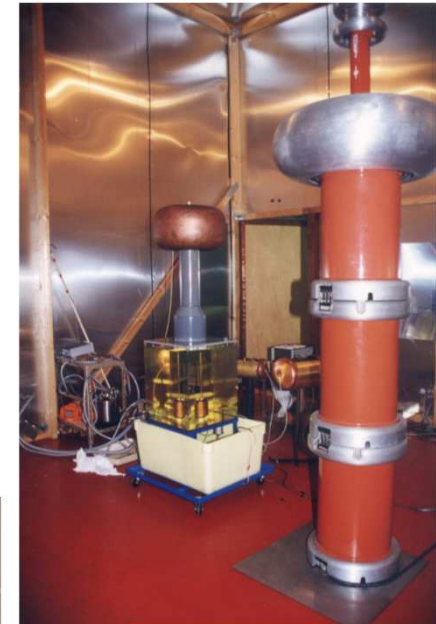
## Objets d'étude

- o Isolants solides et liquides

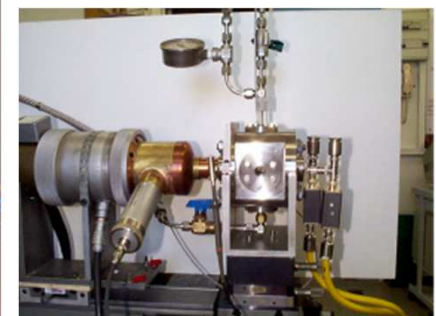
## Responsable

- o O. Lesaint

Transfo élévateur 300kV



Marx 500kV Foudre



# Analyseurs DP I et II

## Informations fournies

- o Mesure des DP (TADP)

## Gammes de mesure

- o Cf. data sh. Power Diagnostix

## Conditions de mesure

- o Gamme de tensions AC :
- o Gamme de fréquences :
- o Gamme de températures : de RT ° C à 200 ° C
- o Nature de l'atmosphère : Etuve Air

## Objets d'étude

- o Isolants solides et liquides

## Responsable

- o P. Rain / O. Lesaint



# Sonde de potentiel sans contact

## Informations fournies

- o Mesure du déclin de potentiel

## Gammes de mesure

- o Cf data s. Trek 347 electrostatic voltmeter

## Conditions de mesure

- o Gamme de potentiel : 3kV
- o Gamme de températures : de -50 °C à 100 °C
- o Nature de l'atmosphère : Enceinte climatique
- o Dépôt de charge à potentiel contrôlé par décharge couronne

## Objets d'étude

- o Isolants solides

## Responsable

- o A. Sylvestre / O. Gallot-Lavallée

Sonde de potentiel sans contact



Enceinte climatique



# Spectroscopie diélectrique I

## à flux d'azote

### Informations fournies

- o Mesure de la permittivité ( $\epsilon_r$ ), du facteur de pertes ( $\tan\delta$ ) et de la conductivité ( $\sigma$ ) des matériaux diélectriques à travers la mesure de leur impédance complexe ( $Z^*$ ) sous champ électrique alternatif sinusoïdal de fréquence et de valeur efficace variable

### Gammes de mesure

- o Impédance :  $10^{-2} \Omega$  à  $10^{14} \Omega$
- o Capacité :  $10^{-15} F$  à  $1 F$
- o  $\tan \delta$  :  $10^{-5}$  à  $10^4$

### Conditions de mesure

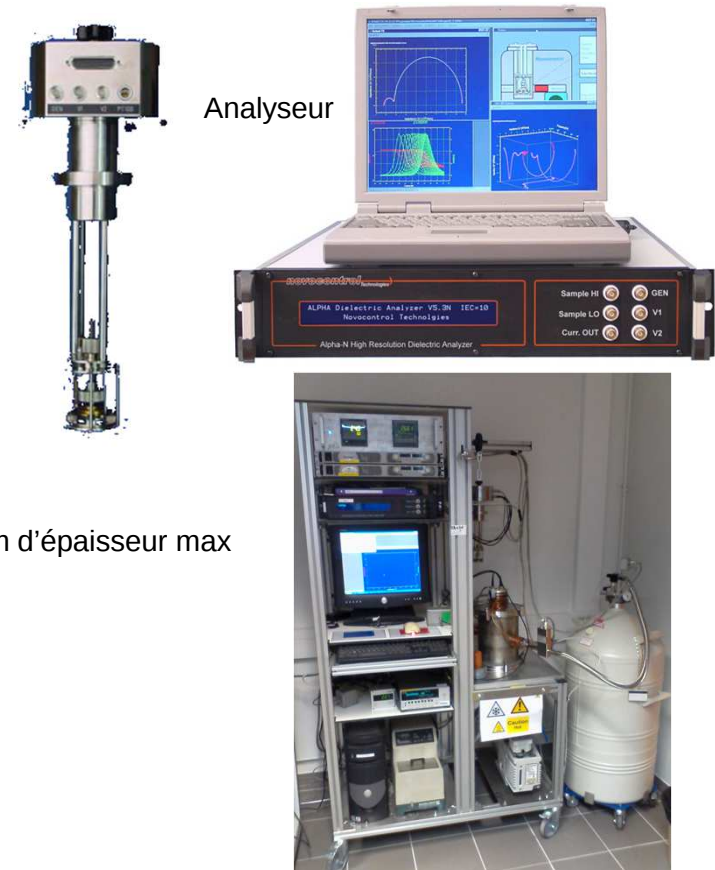
- o Gamme de tensions AC :  $10^{-4} V$  à  $3 V$  (rms)
- o Gamme de fréquences :  $3 \cdot 10^{-6} Hz$  à  $4 \cdot 10^7 Hz$
- o Gamme de températures : de  $-180^\circ C$  à  $200^\circ C$
- o Nature de l'atmosphère : Flux  $N_2$

### Objets d'étude

- o Isolants solides sous forme de disque de 4 cm de diamètre et 0,5mm d'épaisseur max

### Responsable

- o O. Gallot-Lavallée



# Spectroscopie diélectrique II et III

## à sole chauffante (sous atmosphère d'azote ou vide)

### Informations fournies

- o Mesure de la permittivité ( $\epsilon_r$ ), du facteur de pertes ( $\tan\delta$ ) et de la conductivité ( $\sigma$ ) des matériaux diélectriques à travers la mesure de leur impédance complexe ( $Z^*$ ) sous champ électrique alternatif sinusoïdal de fréquence et de valeur efficace variable

### Gammes de mesure

- o Impédance :  $10^{-2} \Omega$  à  $10^{14} \Omega$
- o Capacité :  $10^{-15} F$  à  $1 F$
- o  $\tan \delta$  :  $10^{-5}$  à  $10^4$

### Conditions de mesure

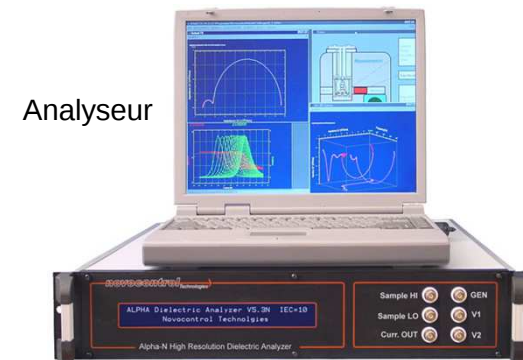
- o Gamme de tensions AC :  $10^{-4} V$  à  $3 V$  (rms)
- o Gamme de fréquences :  $3 \cdot 10^{-6} Hz$  à  $4 \cdot 10^7 Hz$
- o Gamme de températures : de  $-150^\circ C$  à  $400^\circ C$  (enceinte à vide)
- o Nature de l'atmosphère : Vide ou  $N_2$

### Objets d'étude

- o Isolants en couches minces ( $<100\mu m$ )

### Responsable

- o O. Gallot-Lavallée



Micro contact  
(Enceinte à vide)

# Mesure de courants DC et courants thermo stimulés (TSC)

## Informations fournies

- o Mesure du courant en fonction du temps et de l'application d'une tension continue

## Gammes de mesure

- o Measures resistances up to  $10^{16}\Omega$
- o • 1fA–20mA current measurement range
- o • <20 $\mu$ V burden voltage on lowest current ranges
- o • 200T $\Omega$  input impedance
- o • <3fA bias current
- o • Up to 125 rdgs/s
- o • 0.75fA p-p noise
- o • Built-in  $\pm 1$ kV voltage source

## Conditions de mesure

- o Gamme de températures : de -150 ° C à 400 ° C (enceinte à vide)
- o Nature de l'atmosphère : Vide ou N<sub>2</sub>

## Objets d'étude

- o Isolants en couches minces (<100 $\mu$ m)

## Responsable

- o O. Gallot-Lavallée / A. Sylvestre

Pico-ampèremètre



Micro contact  
(Enceinte à vide)

# Mesure de courants DC

## Informations fournies

- o Mesure du courant en fonction du temps et de l'application d'une tension continue

## Gammes de mesure

- o Measures resistances up to
- o 1016Ω
- o • 1fA–20mA current measurement
- o range
- o • <20μV burden voltage on
- o lowest current ranges
- o • 200TΩ input impedance
- o • <3fA bias current
- o • Up to 125 rdgs/s
- o • 0.75fA p-p noise
- o • Built-in  $\pm 1$ kV voltage source

Pico-ampèremètre



## Conditions de mesure

- o Gamme de températures : de -180 ° C à 200 ° C (flux azote)
- o Nature de l'atmosphère : N<sub>2</sub>

## Objets d'étude

- o Isolants en couches intermédiaires (<500μm)

## Responsable

- o O. Gallot-Lavallée



# Mesure de courants DC (10 – 20 kV)

## Informations fournies

- o Mesure du courant en fonction du temps et de l'application d'une tension continue

## Gammes de mesure

- o Measures resistances up to  $10^{16}\Omega$
- o • 1fA–20mA current measurement range
- o • 200T $\Omega$  input impedance

## Conditions de mesure

- o Gamme de températures : de -20° C à 200 ° C
- o Nature de l'atmosphère : Etuve HR contrôlée

## Objets d'étude

- o Isolants solides

## Responsable

- o O. Gallot-Lavallée

Pico-ampèremètre



Alim Spellmann 20kV DC



Alim SRS 10kV DC



# Spectroscopie diélectrique IV

## à enceinte climatique

### Informations fournies

- o Mesure de la permittivité ( $\epsilon_r$ ), du facteur de pertes ( $\tan\delta$ ) et de la conductivité ( $\sigma$ ) des matériaux diélectriques à travers la mesure de leur impédance complexe ( $Z^*$ ) sous champ électrique alternatif sinusoïdal de fréquence et de valeur efficace variable

### Gammes de mesure

- o Impédance :  $10^{-2} \Omega$  à  $10^8 \Omega$
- o Capacité :  $10^{-17} F$  à  $10 F$
- o  $\tan \delta$  :  $10^{-6}$  à  $10$

### Conditions de mesure

- o Gamme de tensions AC :  $5 \cdot 10^{-3} V$  à  $2 V$  (rms)
- o Gamme de fréquences :  $20 Hz$  à  $1 \cdot 10^6 Hz$
- o Nature de l'atmosphère : Air
- o Gamme de températures : de  $-70^\circ C$  à  $180^\circ C$  (enceinte climatique)
- o Nature de l'atmosphère : Air HR de  $10$  à  $80\%$  (de  $10$  à  $95^\circ C$ )

### Objets d'étude

- o Isolants liquides ou solides, composants électriques

### Responsable

- o O. Gallot-Lavallée

Analyseur 4284A



Enceinte climatique

# Spectroscopie diélectrique V à étuve

## Informations fournies

- o Mesure de la permittivité ( $\epsilon_r$ ), du facteur de pertes ( $\tan\delta$ ) et de la conductivité ( $\sigma$ ) des matériaux diélectriques à travers la mesure de leur impédance complexe ( $Z^*$ ) sous champ électrique alternatif sinusoïdal de fréquence et de valeur efficace variable

## Gammes de mesure

- o Impédance :  $10^4$  à  $10^{11} \Omega$
- o Capacité :  $10^{-12}$  F à  $10^{-4}$  F
- o  $\tan \delta$  :  $10^{-3}$  à 10

## Conditions de mesure

- o Gamme de tensions AC : 0 V à 140 V (rms) ou de 140 V à  $21 \cdot 10^3$  V (rms)
- o Gamme de fréquences BT :  $10^{-4}$  Hz à  $10^3$  Hz (de 0 à 140V rms)
- o Gamme de fréquences HT :  $10^{-4}$  Hz à  $10^2$  Hz (de 140V à  $21 \cdot 10^3$  V rms)
- o Gamme de températures : de l'ambiante à  $400^\circ$  C (étuve)
- o Nature de l'atmosphère : Air
- o Protection : Cage de Faraday

## Objets d'étude

- o Isolants liquides ou solides, Machines électriques, Câbles, Composants électriques

## Responsable

- o O. Gallot-Lavallée

Analyseur



Module HT



# DMA (visco-analyseur)

## Informations fournies

- o Mesure des modules élastique  $E'$  et visqueux  $E''$ , et du facteur de pertes ( $\tan\delta$ ) de matériaux polymères à travers la mesure de leur raideur complexe ( $K^*$ ) sous force ou déplacement imposé, à amplitude et fréquence variable.
- o Applications: mesure de température de transition  $\alpha$  ( $T_g$ ), mesure de modules, contrôle du vieillissement.

## Gammes de mesure

- o Raideur maximum: quelques  $10^7$  N/m
- o  $\tan \delta$  : sensibilité  $10^{-4}$  ; résolution  $10^{-5}$

## Conditions de mesure

- o Force: jusqu'à 100 N
- o Gamme de fréquences : 0.001 Hz à 200 Hz
- o Température :  $-150^\circ \text{C}$  à  $450^\circ \text{C}$
- o Spectroscopie Mécanique Dynamique (DMA ; viscoanalyseur Métravib VA 2000)

## Objets d'étude

- o Selon porte-échantillon:

En flexion 3 points: Barreau à section rectangulaire ( $L_{\max} \times W_{\max} \times T_{\max}$  : 125 X 26 X 7 mm)

## Responsable

- o P. Rain



DMA Metravib

# Charge d'espace (LIPP)

## Informations fournies

- o Mesure de la distribution spatiale des charges d'espace;
- o Calcul simple de la distribution du champ électrique.

## Conditions de mesure

- o Mesure sous tension continue ou alternative (DC-100Hz) avec résolution selon la phase du signal.
- o Possibilité de mesures sous champ électrique appliqué ou en court circuit
- o Température variable (20-120° C); sous air

## Aspects techniques

- o Possibilité de lecture des signaux bruts sans traitement du signal
- o Calibration simple

## Résolution

- o Résolution spatiale de l'ordre de 10 $\mu$ m
- o Résolution verticale de l'ordre de 0.1C/m<sup>3</sup>

## Objets d'étude

- o Adaptée plutôt à des polymères (propriétés acoustiques).
- o Epaisseur d'échantillon de 100 $\mu$ m à quelques mm selon atténuation acoustique.
- o Adaptable à différentes géométries: plaques, objets avec électrodes moulées.

## Responsable

- o P. Rain / A. Sylvestre



# Charge d'espace (PEA)

## Informations fournies

- o Mesure de la distribution spatiale des charges d'espace;
- o Calcul simple de la distribution du champ électrique.

## Conditions de mesure

- o Mesure sous tension continue
- o Possibilité de mesures sous champ électrique appliqué ou en court circuit
- o Sous air

## Résolution

- o Résolution spatiale de l'ordre de  $10\mu\text{m}$
- o Résolution verticale de l'ordre de  $0.1\text{C}/\text{m}^3$
- o Logiciel de pilotage PEANUTS

## Objets d'étude

- o Epaisseur d'échantillon de  $50\mu\text{m}$  à  $1\text{ mm}$  selon atténuation acoustique.

## Responsable

- o O. Gallot-Lavallée



# Dispositifs de vieillissement

sous pression et température

## Objectifs

- o Vieillissements longues durées sous pression et température de matériaux

## Conditions de mesure

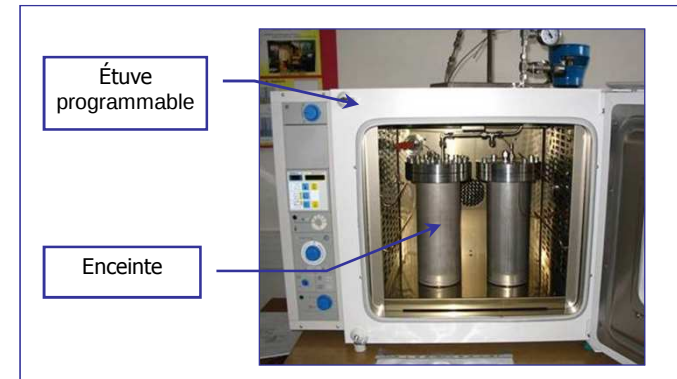
- o Gamme de pression : 1-10 bars
- o Gamme de températures : 20° C à 200 ° C
- o Possibilité cycles thermiques.
- o Nature de l'atmosphère : air, O<sub>2</sub>, N<sub>2</sub>, ...

## Aspects techniques

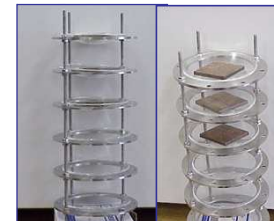
- o Deux dispositifs indépendants identiques, comprenant chacun une étuve et deux enceintes sous pression.
- o Volume disponible par enceinte : 2l.
- o Contrôle électronique de la pression.
- o Contrôle de la température à l'intérieur des enceintes sous pression

## Responsable

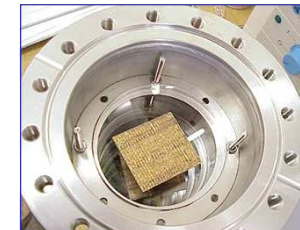
- o P. Rain



Enceinte UV



Panier servant de porte-échantillon  
(échantillons dans les verres de montre)



Vue du dessus des  
échantillons dans l'enceinte  
sous pression

# Dispositifs de vieillissement

longues longue durées sous tension et température



## **Objectifs**

- o Vieillissements longues durées sous tension et température

## **Conditions de mesure**

- o Gamme de tension : 10 kV (rms), 20-200 Hz
- o Gamme de températures : 20° C à 200 ° C
- o Nature de l'atmosphère : air

## **Aspects techniques**

- o Les 8 transformateurs alimentent 8 objets en parallèle.
- o Un claquage sur un objet n'affecte pas le vieillissement des autres objets.
- o Compteur horaire, interrupteur et détecteur de claquage sur chaque objet.

## **Responsable**

- o P. Rain

# Calorimétrie par rayonnement thermique

## Informations fournies

- o Ce calorimètre permet de mesurer les pertes de puissance sous contraintes électriques diverses (sinus, continue, MLI, etc...).

## Gammes de mesure

- o Puissance : 1mW à 1W
- o Poids : 1kg max
- o Encombrement :  $\Phi 100\text{mm}$  max

## Conditions de mesure

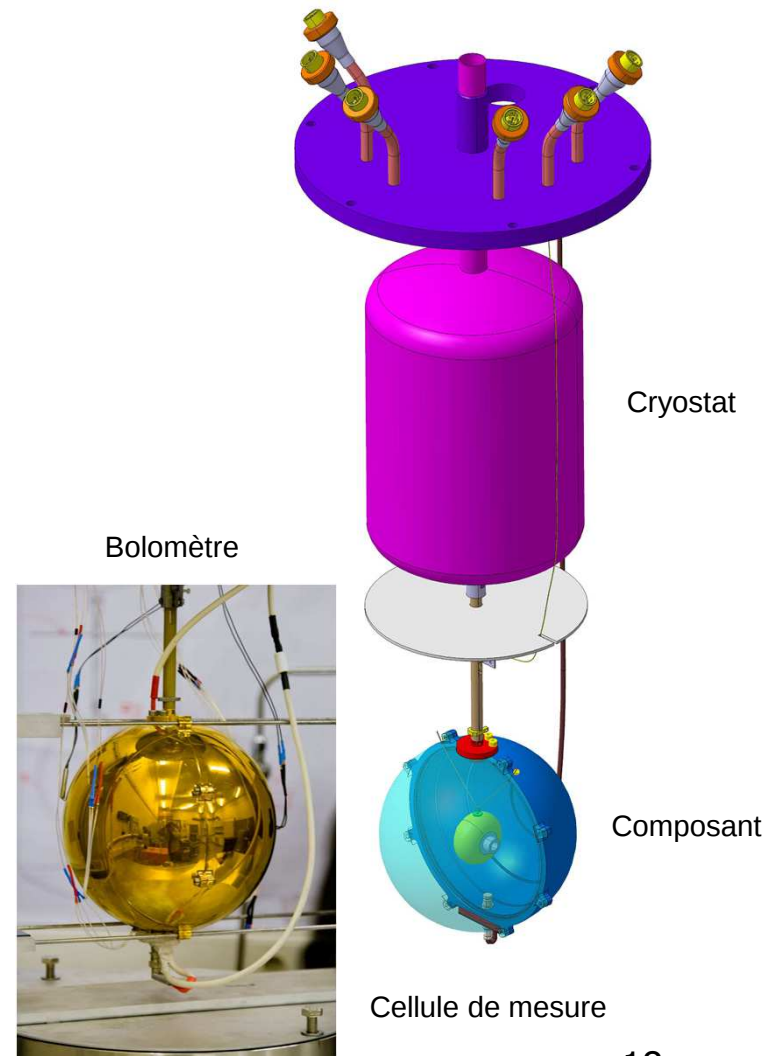
- o Gamme de tensions RMS : 3,5kV max
- o Gamme de fréquences : 5MHz max
- o Gamme de températures : de  $-55^{\circ}\text{C}$  à  $155^{\circ}\text{C}$
- o Nature de l'atmosphère : Vide secondaire

## Objets d'étude

- o Composants, condensateurs, circuits intégrés de puissance; matériaux diélectriques, matériaux magnétiques.

## Responsable

- o O. Gallot-Lavallée / F. Aitken



# Cryostats optiques

## Objectifs

- o Etude de décharges dans l'azote et dans l'hélium.
- o Mesures diélectriques à basse température

## Conditions de mesure

### Cryostat Hélium

- o Gamme de tension : 20 kV
- o Gamme de températures : 4 K à 77 K
- o Gamme de pression : 0,1 à 12 MPa

### Cryostat Azote

- o Gamme de tension : 200 kV
- o Gamme de températures : 77 K
- o Gamme de pression : 0,1 à 0,5 MPa

## Aspects techniques

- o Hublots permettant la visualisation

## Responsable

- o N. Bonifaci



# Cellule haute pression

## Informations fournies

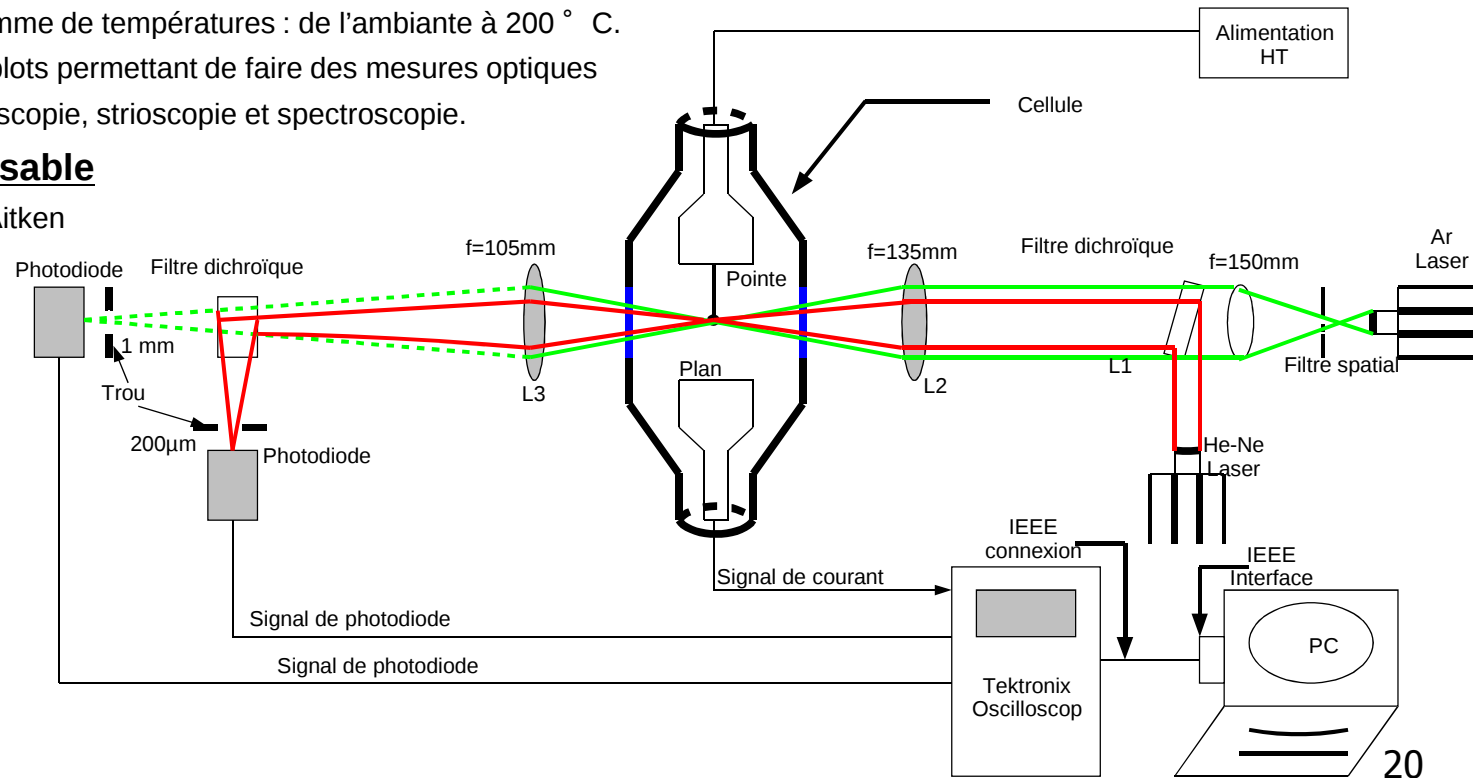
- o Cette cellule permet d'étudier les décharges couronnes dans les fluides dans des conditions variées de pression et de température.

## Conditions de mesure

- o Gamme de tensions : 0 à 20 kV.
- o Gamme de pressions : 1 à 250 bars.
- o Gamme de températures : de l'ambiante à 200 ° C.
- o Hublots permettant de faire des mesures optiques par ombroscopie, strioscopie et spectroscopie.

## Responsable

- o F. Aitken



## Informations fournies

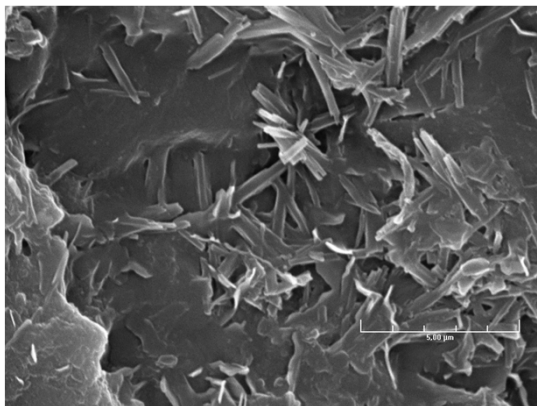
- o Cartographie de surface (émission secondaire) et de composition (rétrodiffusion).

## Conditions de mesure

- o Gamme de tensions : 0 à 30 kV.
- o Gamme de pressions : LV et Vide secondaire
- o Emission filamentaire W (JEOL 5600 LV ). Grossissement X 18 à 300 000
- o This is a high vacuum and partial vacuum ( $10^{-4}$  Pa) SEM with secondary electron detector based on the scintillator-photomultiplier design of Everhardt and Thornley. Also fitted; solid state backscattered electron detector for compositional and topographical information. SEM for use at accelerating voltages of between 300V-30 kV. Images stored digitally and/or on film.

## Responsable

- o O. Gallot-Lavallée



Câble chargé dihydroxyde de magnésium



# Pulvérisation: sputtering, PECVD

## Informations fournies

- o Dépôt de couches mince (par procédés plasma).

## Conditions de mesure

- o Métalliseur Quorum techno QT150 TES.
- o Réacteur PECV
- o Réacteur PE

## Responsable

- o O. Gallot-Lavallée / S. Flury



PECVD



Métalliseur QT150 TES



Pulvé. cathodique

## Equipements d'optique

- o Spectroscopie optique ((3réseaux) 2CCD (pulsée et refroidie) 200 - 1000nm)
- o Caméra à balayage de fente
- o Imagerie rapide, haute sensibilité
- o Photo-Multiplicateur

## Simulation

- o COMSOL
- o Mathématica

## Physico-chimie

- o Spectromètre infra-rouge à transformée de Fourier (FTIR)
- o Spectrophotomètre UV-Visible
- o Balances de précision
- o Coulométrie Karl Fischer
- o pH-mètre
- o Conductivité-mètres à liquides
- o Rhéomètre
- o Rodeuse pour rugosité et planéité d'électrodes (<μm)
- o Enceintes climatiques

## Responsable

- o O. Gallot-Lavallée



Coulomètre



Balance



Rodeuse

FTIR

