

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

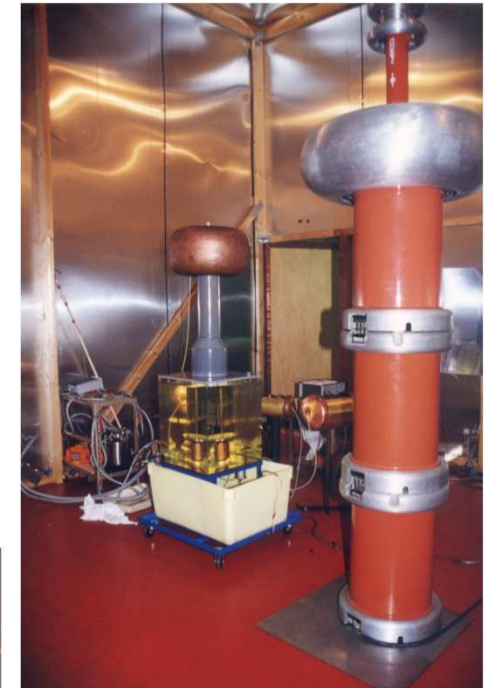
Objets d'étude

- o Isolants solides et liquides

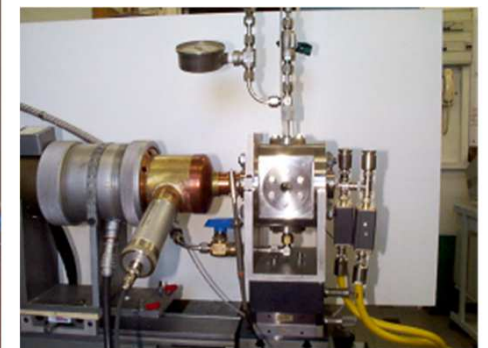
Responsable

- 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 (ϵ_r), du facteur de pertes ($\tan\delta$) et de la conductivité (σ) 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 N2

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



Analyseur



Spectroscopie diélectrique II et III à sole chauffante (sous atmosphère d'azote ou vide)

Informations fournies

- o Mesure de la permittivité (ϵ_r), du facteur de pertes ($\tan\delta$) et de la conductivité (σ) 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 $-170^\circ C$ à 350_{n2} 420_{n3} et $600_{n1}^\circ C$ (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

Analyseur



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

Conditions de mesure

- o Gamme de températures : de -170 ° C à 350_{n2} 420_{n3} et 600_{n1} ° C (enceinte à vide)
- o Nature de l'atmosphère : Vide ou N₂

Objets d'étude

- o Isolants en couches minces (<100 μ 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 Mesures resistances up to
- o 1016 Ω
- o • 1fA–20mA current measurement range
- o • <20 μ V burden voltage on lowest current ranges
- o • 200T Ω input impedance
- o • <3fA bias current
- o • Up to 125 rdgs/s
- o • 0.75fA p-p noise
- o • Built-in \pm 1kV voltage source

Pico-ampèremètre



Conditions de mesure

- o Gamme de températures : de -180 ° C à 200 ° C (flux azote)
- o Nature de l'atmosphère : N₂

Objets d'étude

- o Isolants en couches intermédiaires (<500 μ m)

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 Mesures resistances up to $10^{16}\Omega$
- o • 1fA–20mA current measurement range
- o • 200T Ω 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 (ϵ_r), du facteur de pertes ($\tan\delta$) et de la conductivité (σ) 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/DC : $1 \cdot 10^{-4} V$ à $20 V$ (rms) et $1 \cdot 10^{-4} V$ à $40 V$ (DC)
- 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 (ϵ_r), du facteur de pertes ($\tan\delta$) et de la conductivité (σ) 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° 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 α (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° C à 450° 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 μ m
- o Résolution verticale de l'ordre de 0.1C/m³

Objets d'étude

- o Adaptée plutôt à des polymères (propriétés acoustiques).
- o Epaisseur d'échantillon de 100 μ 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 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

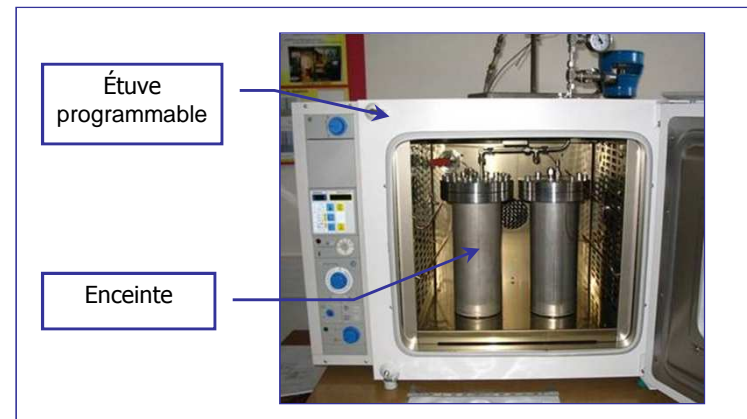
- o Gamme de pression : 1-10 bars
- o Gamme de températures : 20° C à 200° C
- o Possibilité cycles thermiques.
- o Nature de l'atmosphère : air, O₂, N₂, ...

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

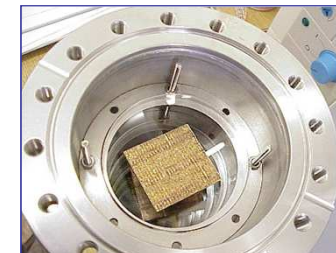
- o P. Rain



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

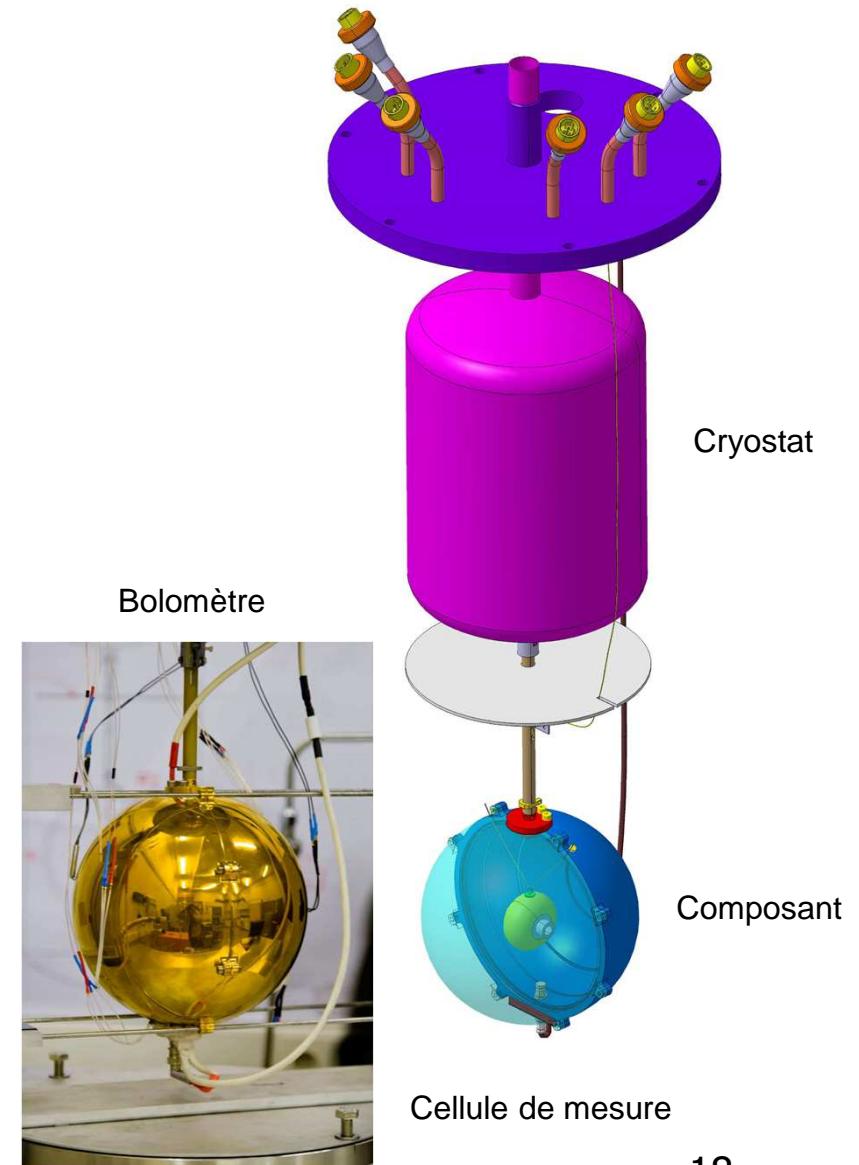
- o Gamme de tensions RMS : 3,5kV max
- o Gamme de fréquences : 5MHz max
- o Gamme de températures : de -55°C à 155°C
- o Nature de l'atmosphère : Vide secondaire

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

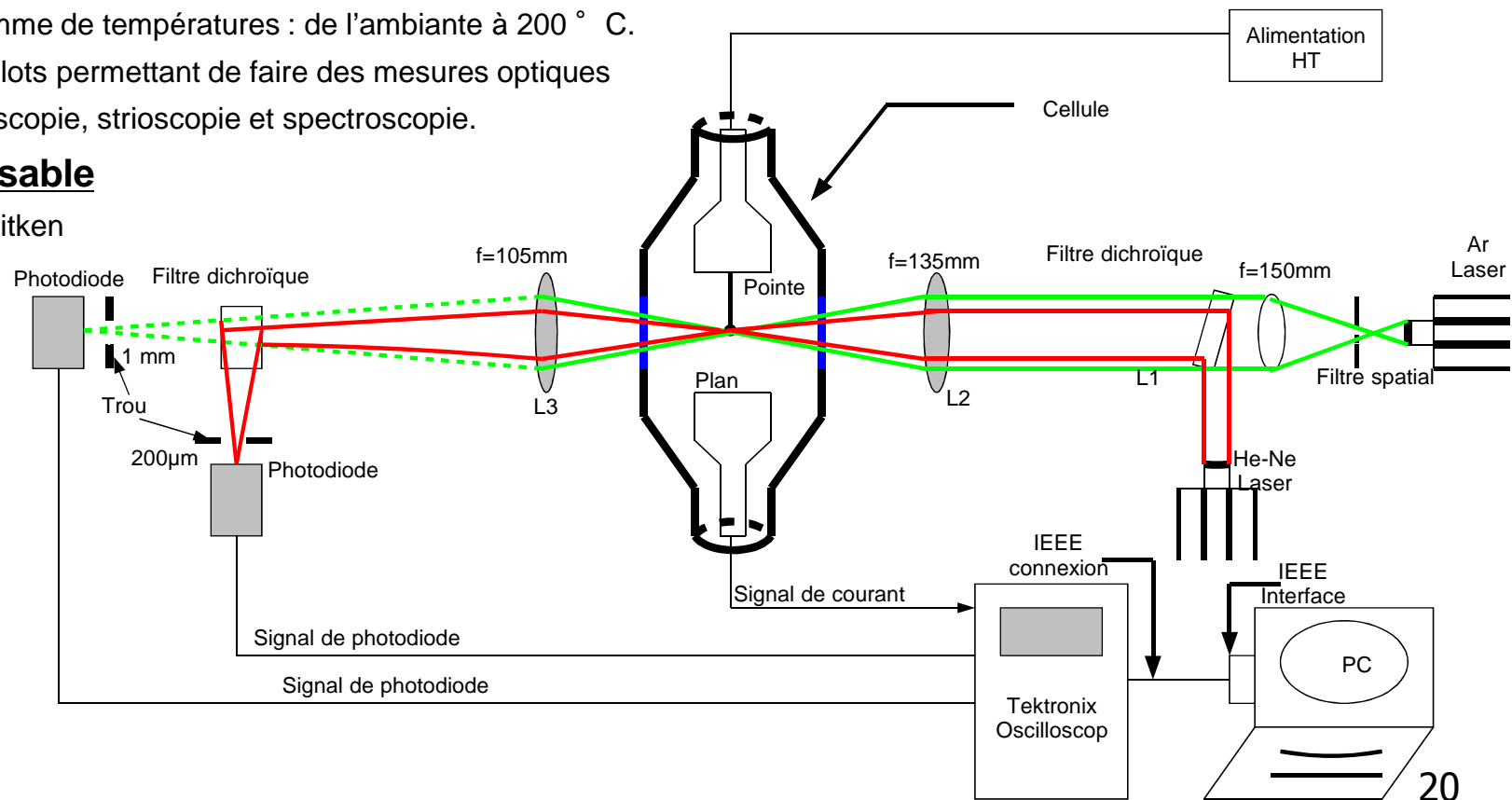
- o Cette cellule permet d'étudier les décharges couronnes dans les fluides dans des conditions variées de pression et de température.

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

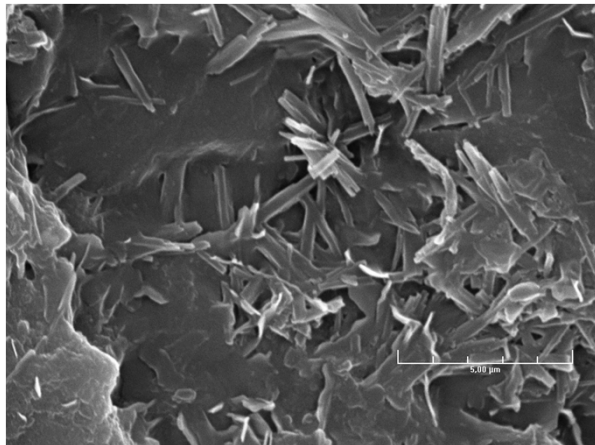
- o Cartographie de surface (émission secondaire) et de composition (rétrodiffusion).

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 Pa - 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 Conductivi-mètres à liquides
- o Rhéomètre
- o Rodeuse pour rugosité et planéité d'électrodes (<math>< \mu\text{m}</math>)
- o Enceintes climatiques

Responsable

- o O. Gallot-Lavallée



Coulomètre



Balance



Rodeuse



FTIR