

Extraction des Paramètres

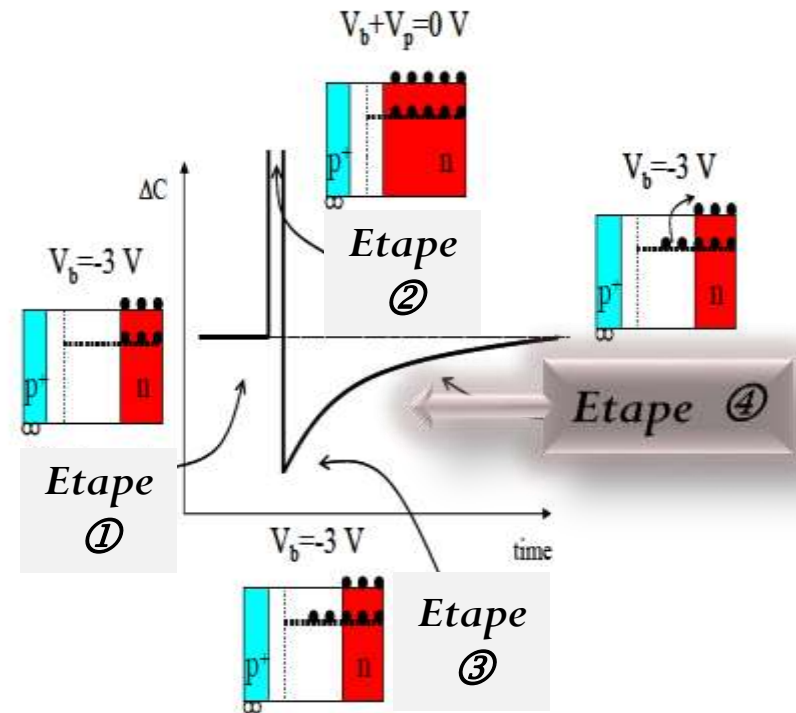
Pour extraire les paramètres des défauts:

- ✘ Position énergétique E_T par rapport à E_C pour un semi-conducteur de type N ou par rapport à E_V pour un semi-conducteur de type P ;
- ✘ Section efficace de capture des électrons ou des trous σ_n ou σ_p ;
- ✘ Concentration ou densité de défauts N_T .

On doit analyser le signal transitoire de l'étape ④ de la figure ci-contre.

Pour cette raison, on a besoin de deux courbes:

- ☒ Évolution de la capacité transitoire en fonction du temps et de la température;
- ☒ Changement de la capacité transitoire entre deux temps t_1 et t_2 : $C(t_2) - C(t_1)$ en fonction de la température (Fenêtre de temps donnée-Méthode de **BOXCAR**)..



La première courbe, montre l'évolution de la capacité transitoire en fonction du temps et de la température . On voit que:

☼ A haute température (T_4),

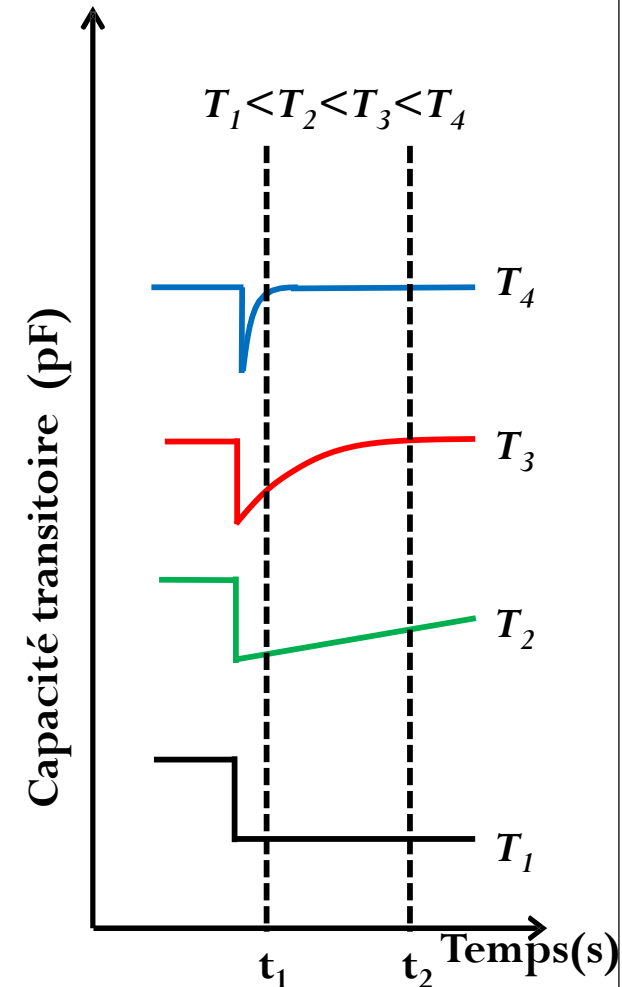
l'émission de l'électron piégé se produit en un temps très inférieur à t_1 et aucune variation de capacité entre les temps t_1 et t_2 n'est donc observée.

✱ A basse température (T_1),

le niveau de piège émet l'électron piégé en un temps très long par rapport à t_2 . Aucune variation de capacité entre les temps t_1 et t_2 n'est donc observée.

☼ Entre la haute température (T_4) et la basse température (T_1),

on constate qu'il y a une variation de capacité entre les temps t_1 et t_2 .



Évolution de la capacité transitoire en fonction du temps et de la température

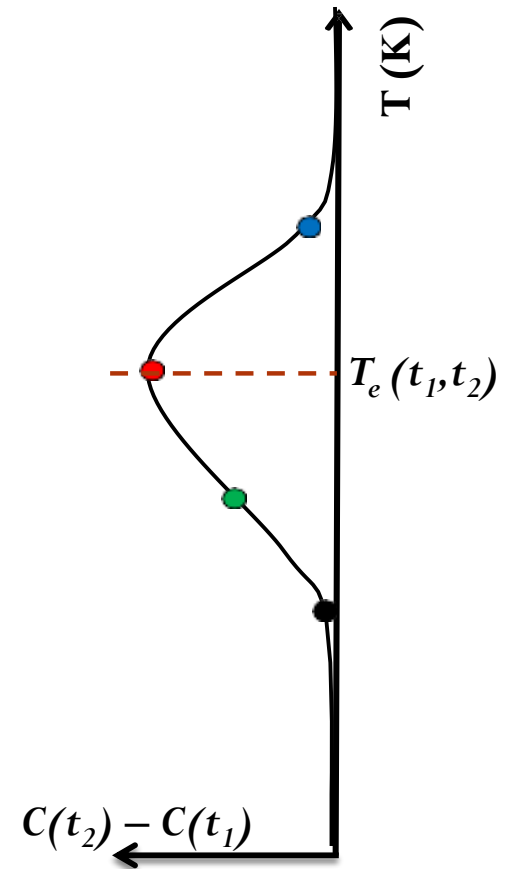
La deuxième courbe, montre le changement de $C(t_2)-C(t_1)$ en fonction de la température.

On observe que la différence de capacité $C(t_2)-C(t_1)$ passe par un **maximum** quand l'inverse du taux d'émission e_n est comparable à (t_2-t_1) (lorsque la température $T=T_e$)

La température T_e qui correspond à ce maximum dépend de:

↪ niveau de piège;

↪ fenêtre (t_1, t_2) choisie.



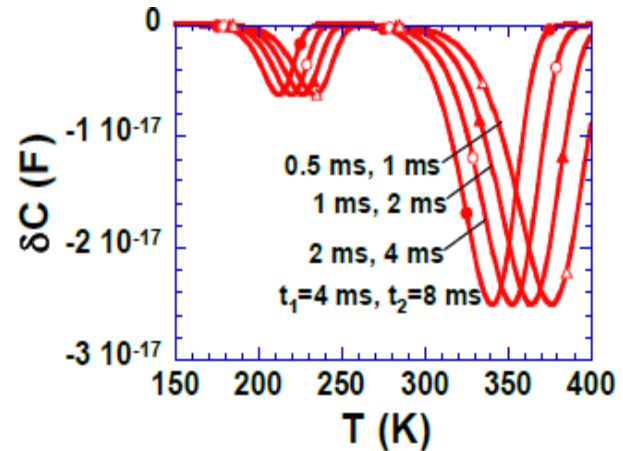
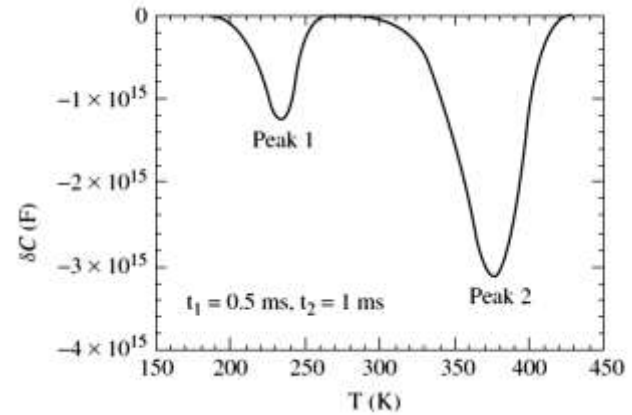
Changement de la capacité entre les temps t_1 et t_2 en fonction de la température

En effet, on obtient:

□□ pour une fenêtre (t_1, t_2) fixe,
une série de pics chacun étant relié au minimum
à un niveau de piège;

□□ pour un pic donné, une série de courbes
de même maximum δC_{max} , chacun étant relié à une
fenêtre (t_1, t_2) donnée.

En utilisant ces courbes, on peut extraire les propriétés
(signature) de chaque niveau de piège.



Formules utilisées et Pas à Suivre

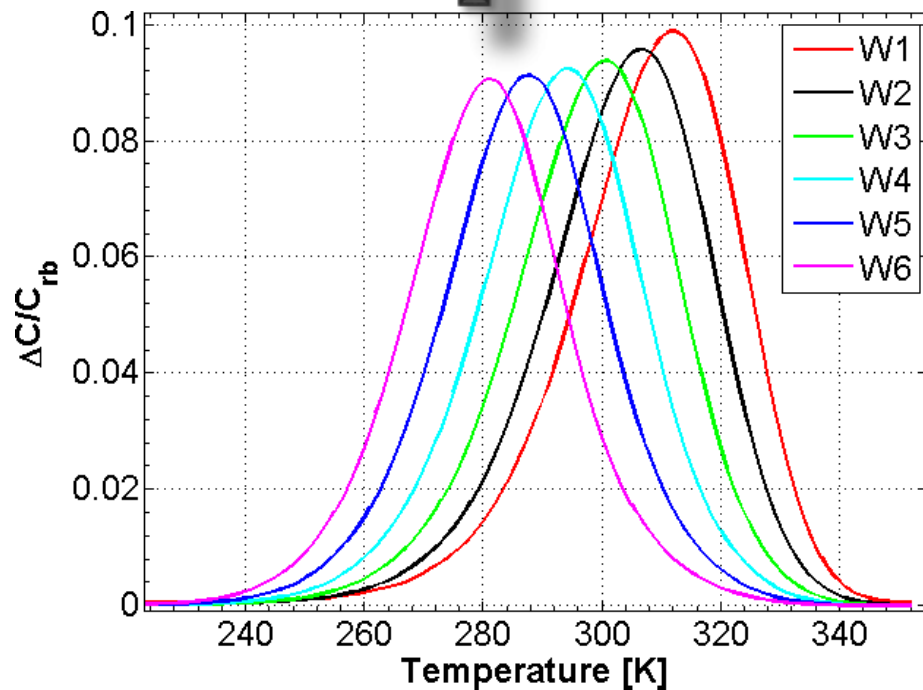
✿ Deuxième pas

$$\begin{cases} e_n(T = T_e) = K_n T_e^2 \sigma_n e^{-\frac{E_C - E_T}{K_B T_e}} \\ e_n(T) = \frac{1}{\tau_e} \end{cases} \longrightarrow$$

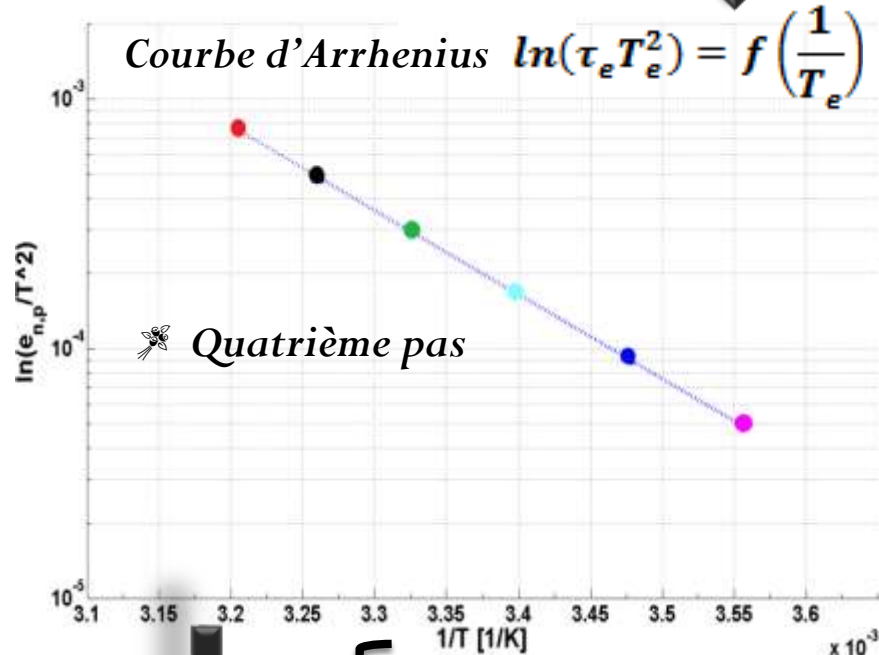
✿ Troisième pas

$$\begin{cases} \ln(\tau_e T_e^2) = +\frac{E_C - E_T}{K_B} \cdot \frac{1}{T_e} - \ln(K_n \cdot \sigma_n) \\ \tau_e = \frac{t_2 - t_1}{\ln\left(\frac{t_2}{t_1}\right)} \end{cases}$$

✿ Premier pas



Courbe d'Arrhenius $\ln(\tau_e T_e^2) = f\left(\frac{1}{T_e}\right)$



✿ Quatrième pas

$$\begin{cases} E_C = 0.67 \text{ eV} \\ \sigma_n = 4 * 10^{-14} \text{ cm}^2 \end{cases}$$

$$\left\{ \begin{array}{l} C(\infty) = \frac{\epsilon_0 \epsilon_r * S}{W} = S \sqrt{\frac{\epsilon_0 \epsilon_r * q * N_D}{2(\phi_i - V)}}, \\ n_T(t) = N_T e^{-e_n t} \\ C(t) = C(\infty) \left[1 - \frac{N_T}{2 N_D} e^{-e_n t} \right] \end{array} \right.$$

$$\left\{ \begin{array}{l} e_n(T = T_e) = K_n T_e^2 \sigma_n e^{-\frac{E_C - E_T}{K_B T_e}} \\ e_n(T) = \frac{1}{\tau_e} \end{array} \right.$$

$$\left\{ \begin{array}{l} \ln(\tau_e T_e^2) = + \frac{E_C - E_T}{K_B} \cdot \frac{1}{T_e} - \ln(K_n \cdot \sigma_n) \\ \tau_e = \frac{t_2 - t_1}{\ln\left(\frac{t_2}{t_1}\right)} \end{array} \right.$$

$$\left\{ \begin{array}{l} N_T = \frac{\delta C_{max}}{C(\infty)} \frac{2 N_D}{e^{-t_2/\tau_{max}} - e^{-t_1/\tau_{max}}} \\ N_T = \frac{\delta C_{max}}{C(\infty)} 2 N_D \frac{r}{1-r} \\ r = \frac{t_2}{t_1} \end{array} \right.$$

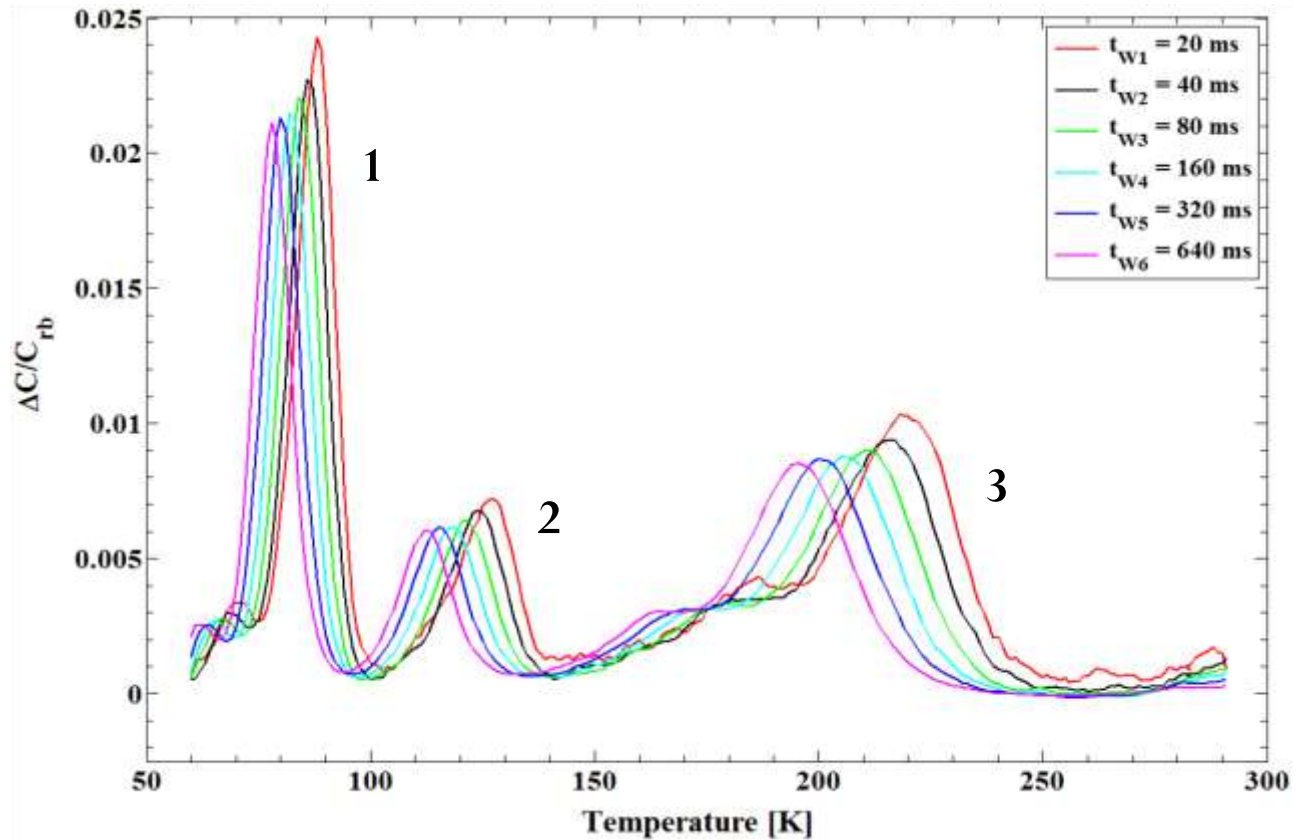
Exemples de Mesure - 1 -

DLTS measurements

PN-diodes (Si)

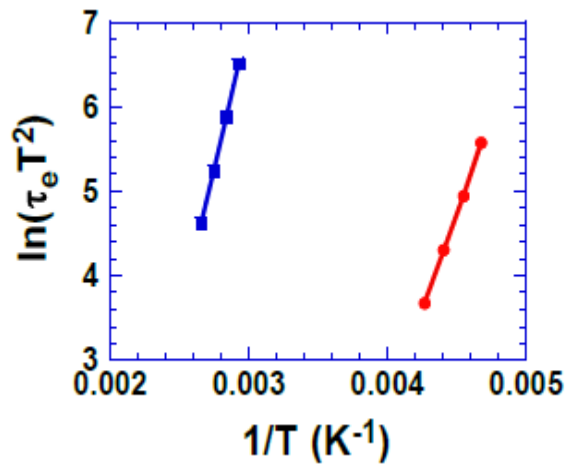
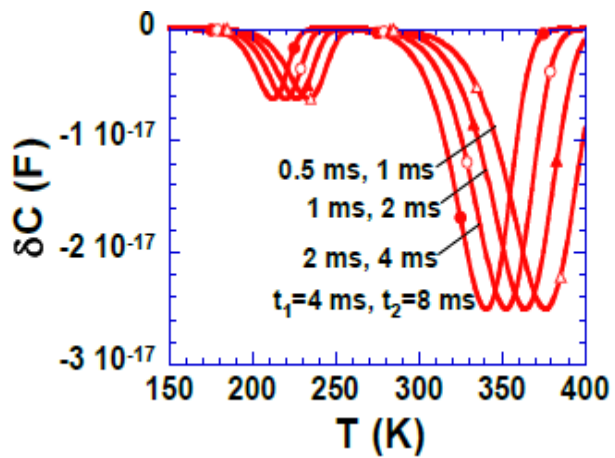
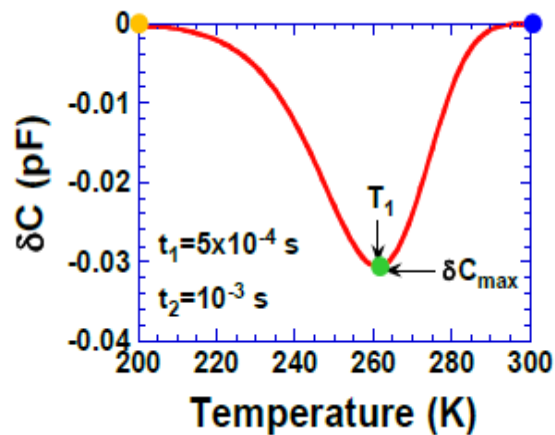
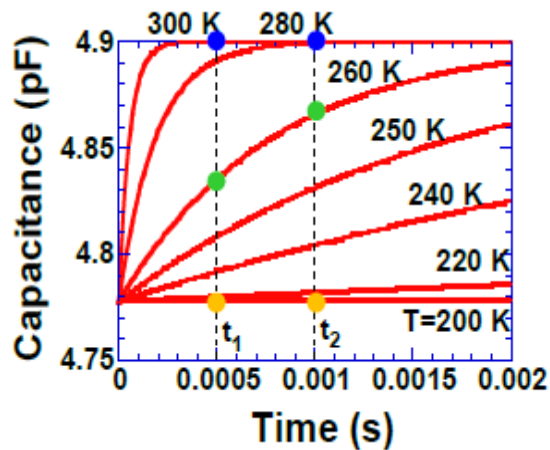
Irradiated by protons
with dose

$$2 * 10^{10} \text{ cm}^{-2}$$



Defect Identity	Energy Position	Capture Cross Section
1	$E_C - E_t = 0.17 \text{ eV}$	$\sigma = 7.2 * 10^{-15} \text{ cm}^2$
2	$E_C - E_t = 0.23 \text{ eV}$	$\sigma = 3.5 * 10^{-15} \text{ cm}^2$
3	$E_C - E_t = 0.41 \text{ eV}$	$\sigma = 2 * 10^{-15} \text{ cm}^2$

Exemples de Mesure - 2 -



Équipements Nécessaires – DLTS –

Echantillon (jonction p-n, diode Schottky)



Y Capacimètre



Y Générateur de fonction



Y Oscilloscope



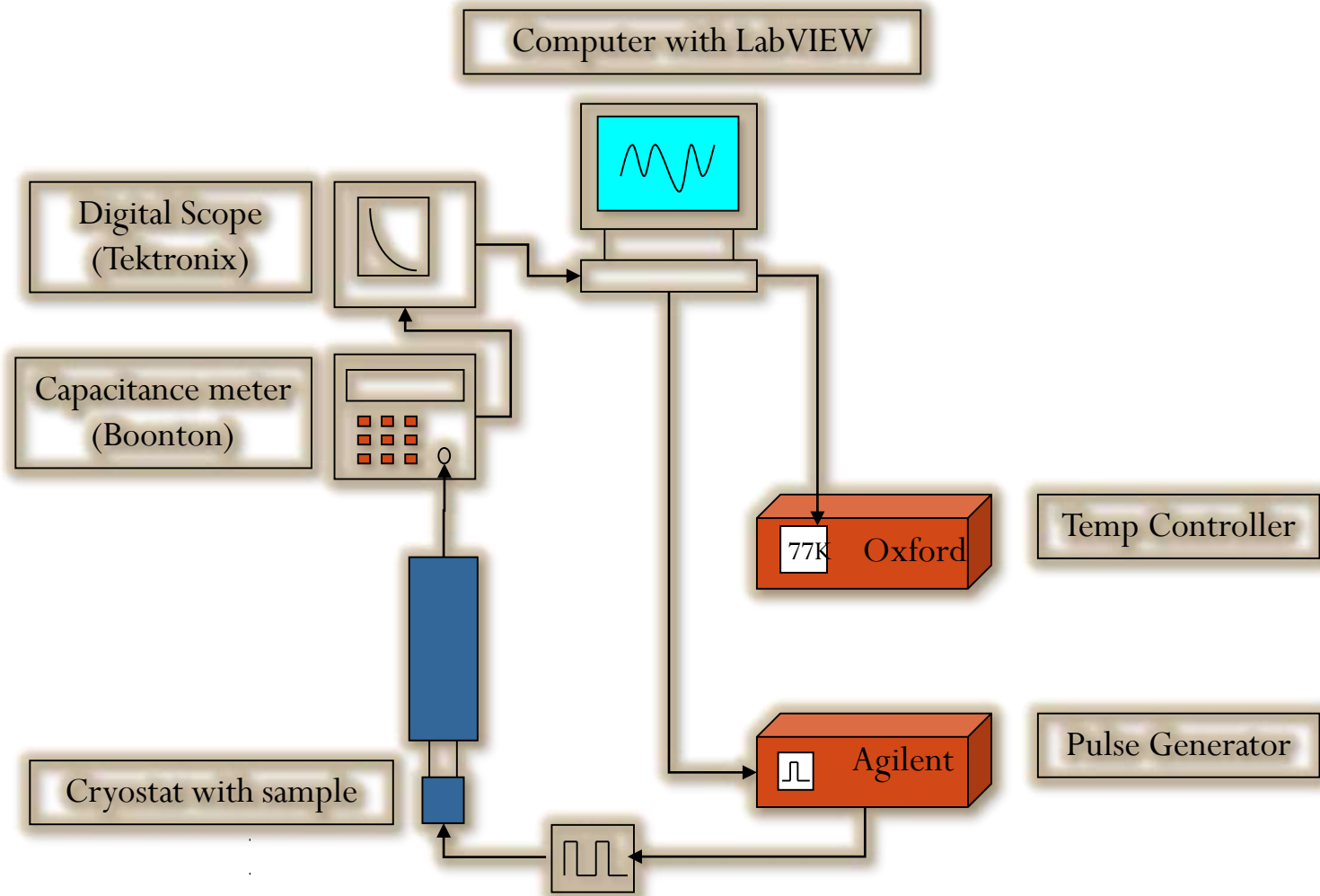
Y Cryostat + Contrôleur de température (77K-600K)



Y Azote liquide



Montage Expérimentale - DLTS -



Avantages et Inconvénients

Avantages:

- 👍 Technique très sensible;
- 👍 Permet de déterminer l'énergie d'activation, la section efficace de capture ainsi que la densité des défauts;
- 👍 Peut détecter les pièges à électron et à trou (porteurs majoritaires et minoritaires).

Inconvénients:

- 👎 Détecte seulement les défauts introduisant des niveaux électriquement actifs;
- 👎 Ne permet pas de déterminer la structure du défaut;
- 👎 Précision et résolution des niveaux d'énergie est faible.