

Effet de l'ancrage sur les propriétés d'un cristal liquide antiferroélectrique confiné en cellule mince

Par

Julien Da Sylva

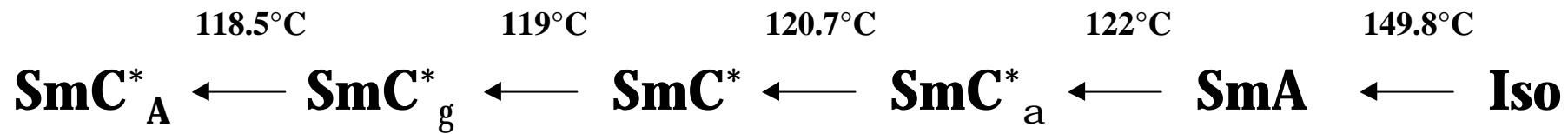
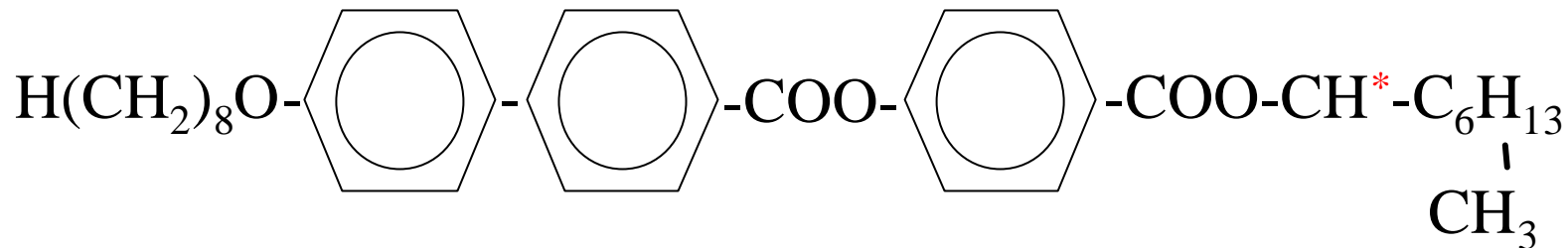
Laboratoire de **Physique** de la **Matière Condensée**
Amiens

Laboratoire **ELIS**
Gent

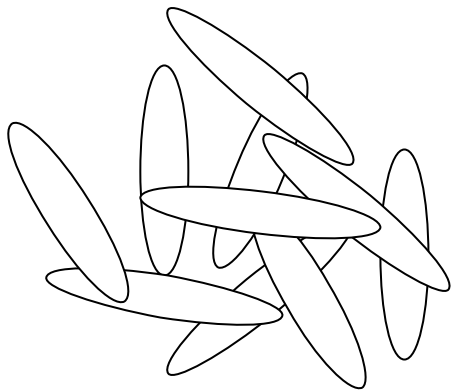
Sommaire

- Introduction
- Analyse de l'énergie d'ancrage
- Mesures de courant de dépolarisation
- Mesures électro-optiques de balayage
- Mesures de courant pyroélectrique
- Conclusion et perspectives

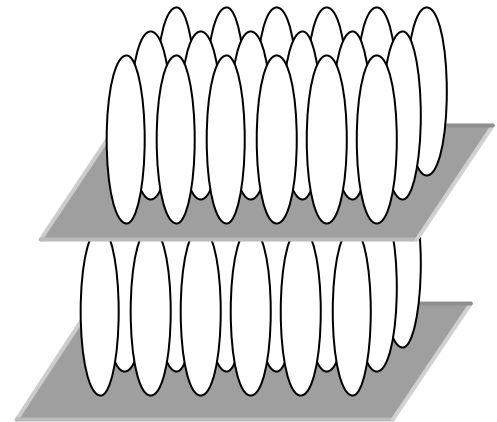
MHPOBC



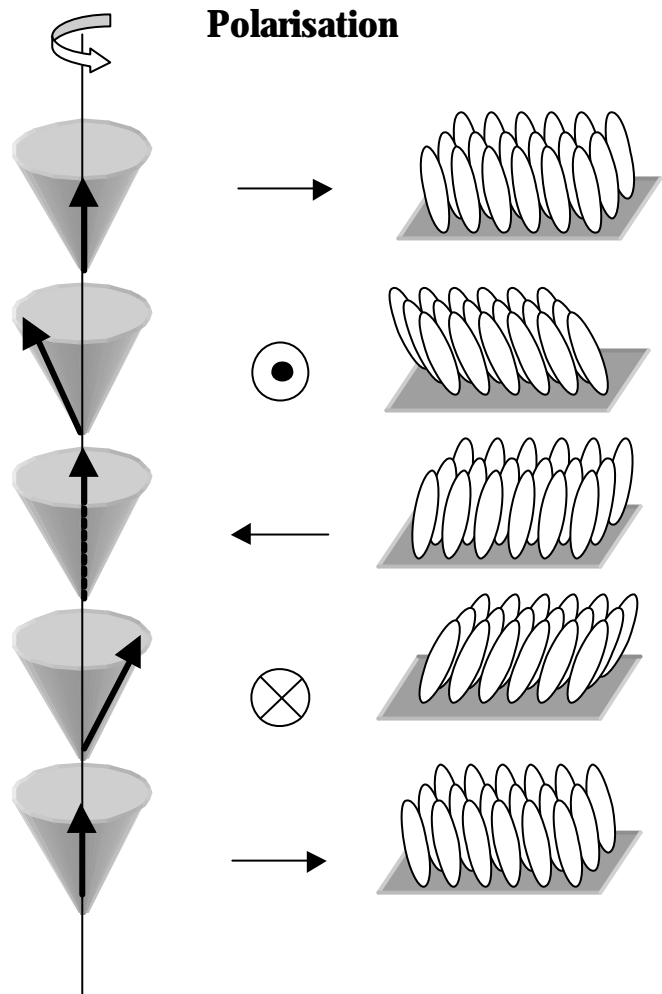
Phase isotrope



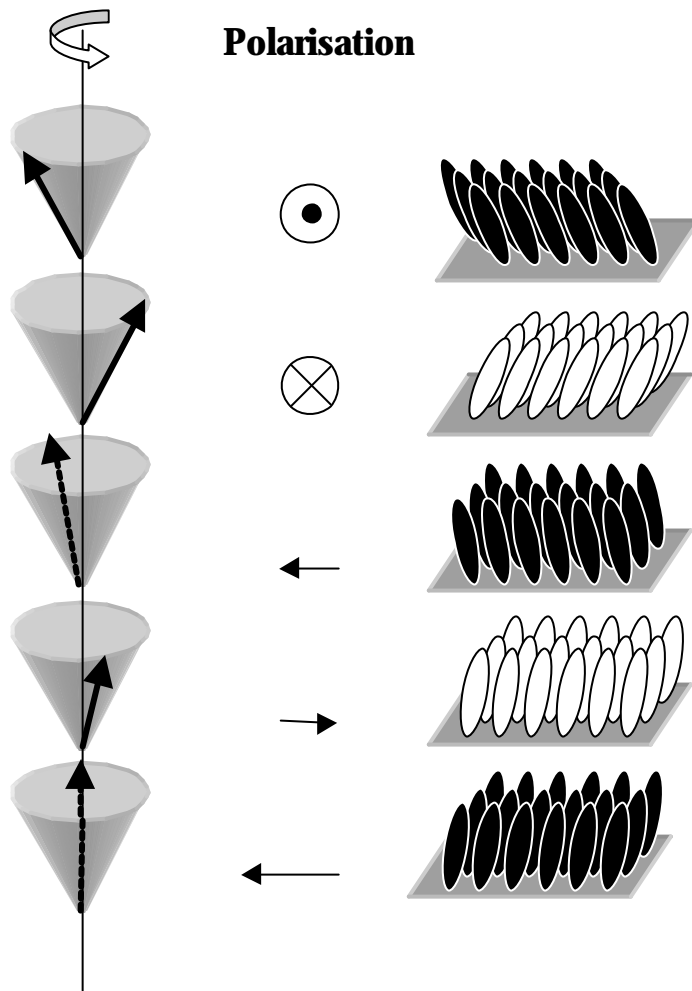
Phase SmA

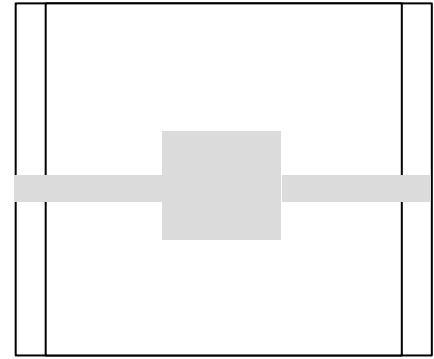
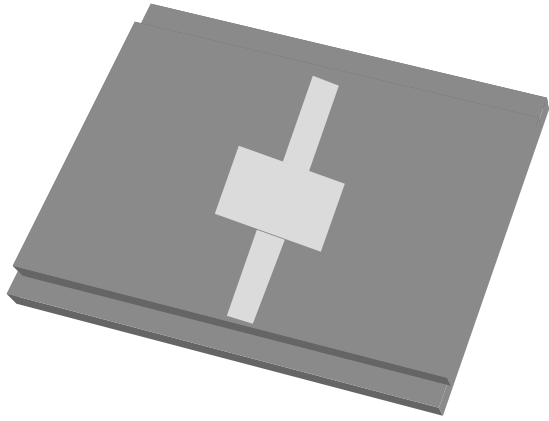


Phase SmC^*



Phase SmC^*_A

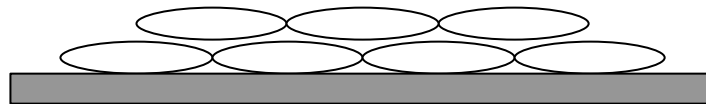




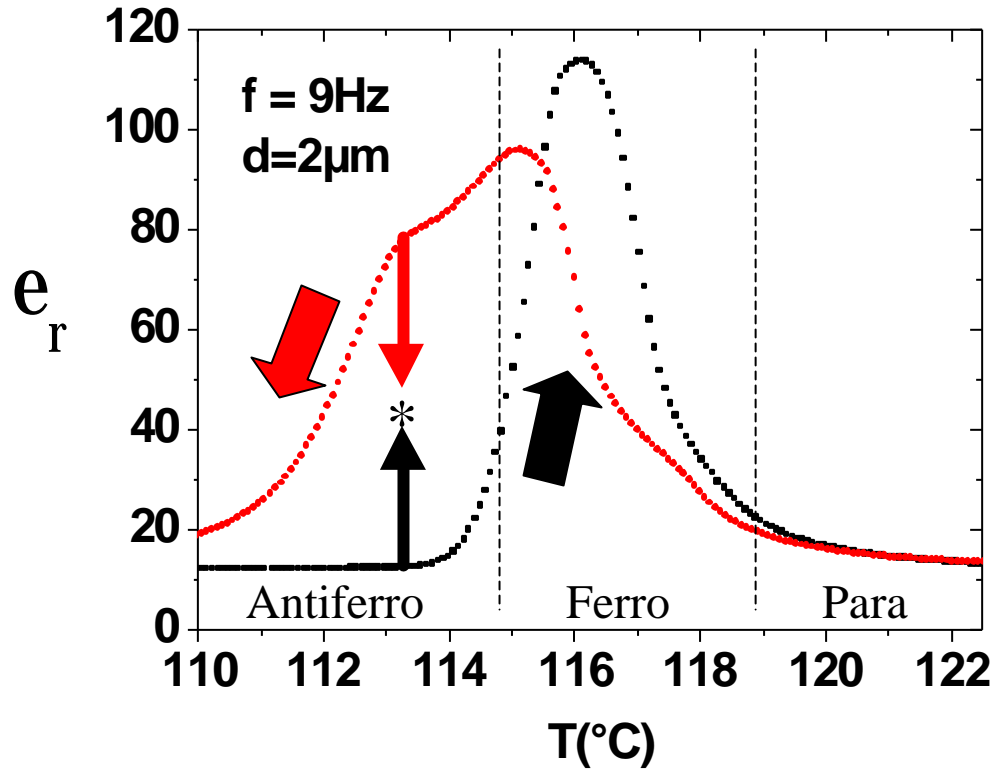
Introduction par capillarité en phase isotrope



Ancrage planaire



Mesures préliminaires



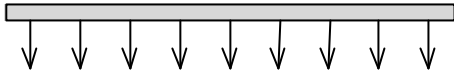
Saut de la constante diélectrique réelle \longrightarrow modification de la structure



Modification de l'**ancrage** ?

- Introduction
- **Analyse de l'énergie d'ancrage**
- Mesures de courant de dépolarisation
- Mesures électro-optiques de balayage
- Mesures de courant pyroélectrique
- Conclusion et perspectives

$$F_s = -g_2(\vec{P} \cdot \vec{n}) - g_3(\vec{A} \cdot \vec{n})^2$$



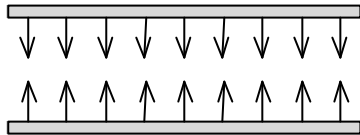
Ancrage ferroélectrique



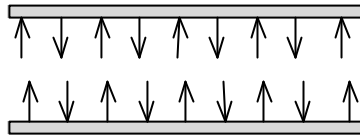
Ancrage antiferroélectrique



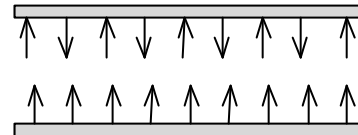
Quatre états possibles sans champ \vec{E}



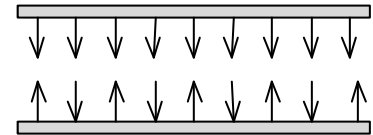
FE-FE



AF-AF



FE-AF



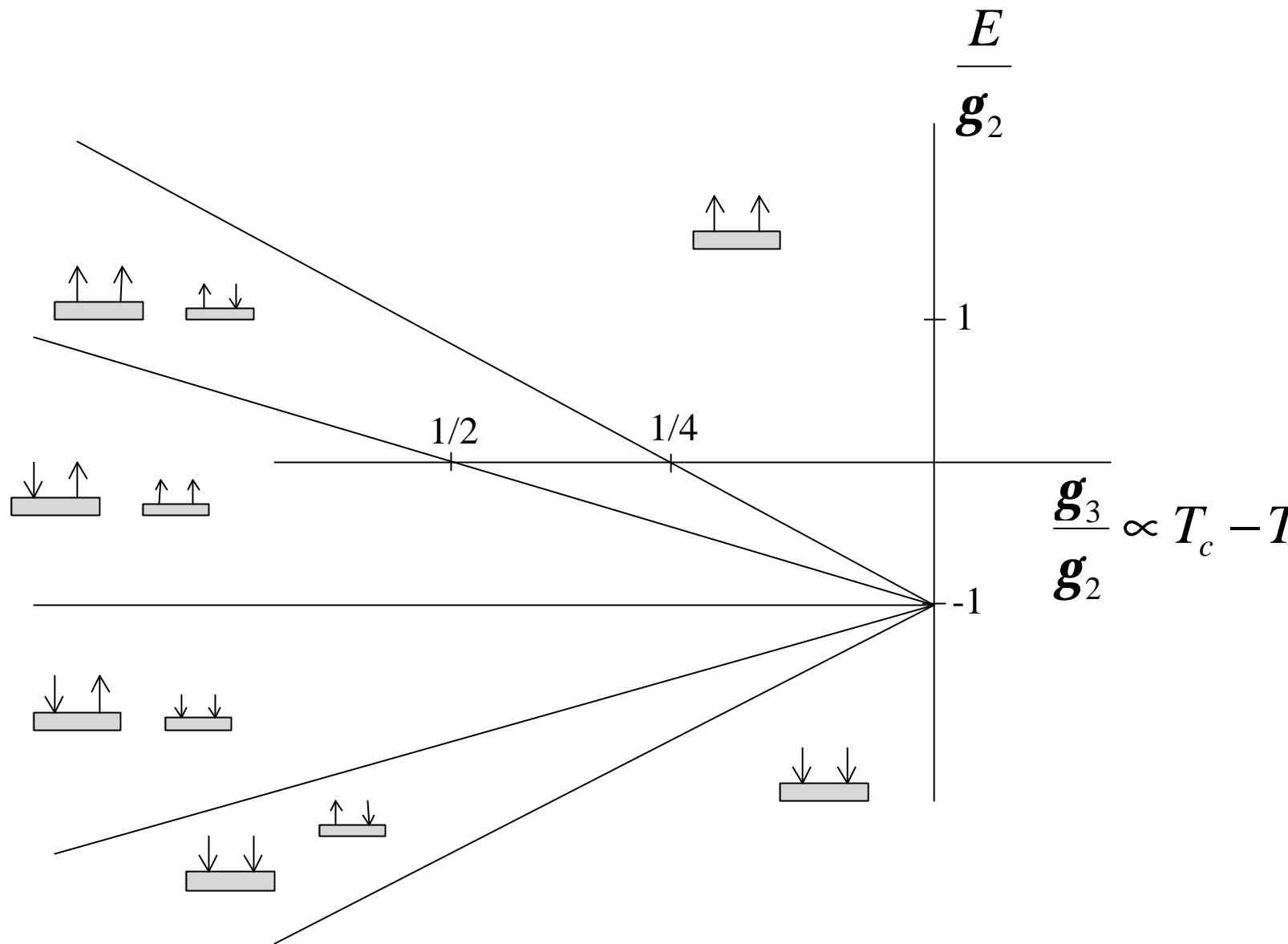
AF-FE

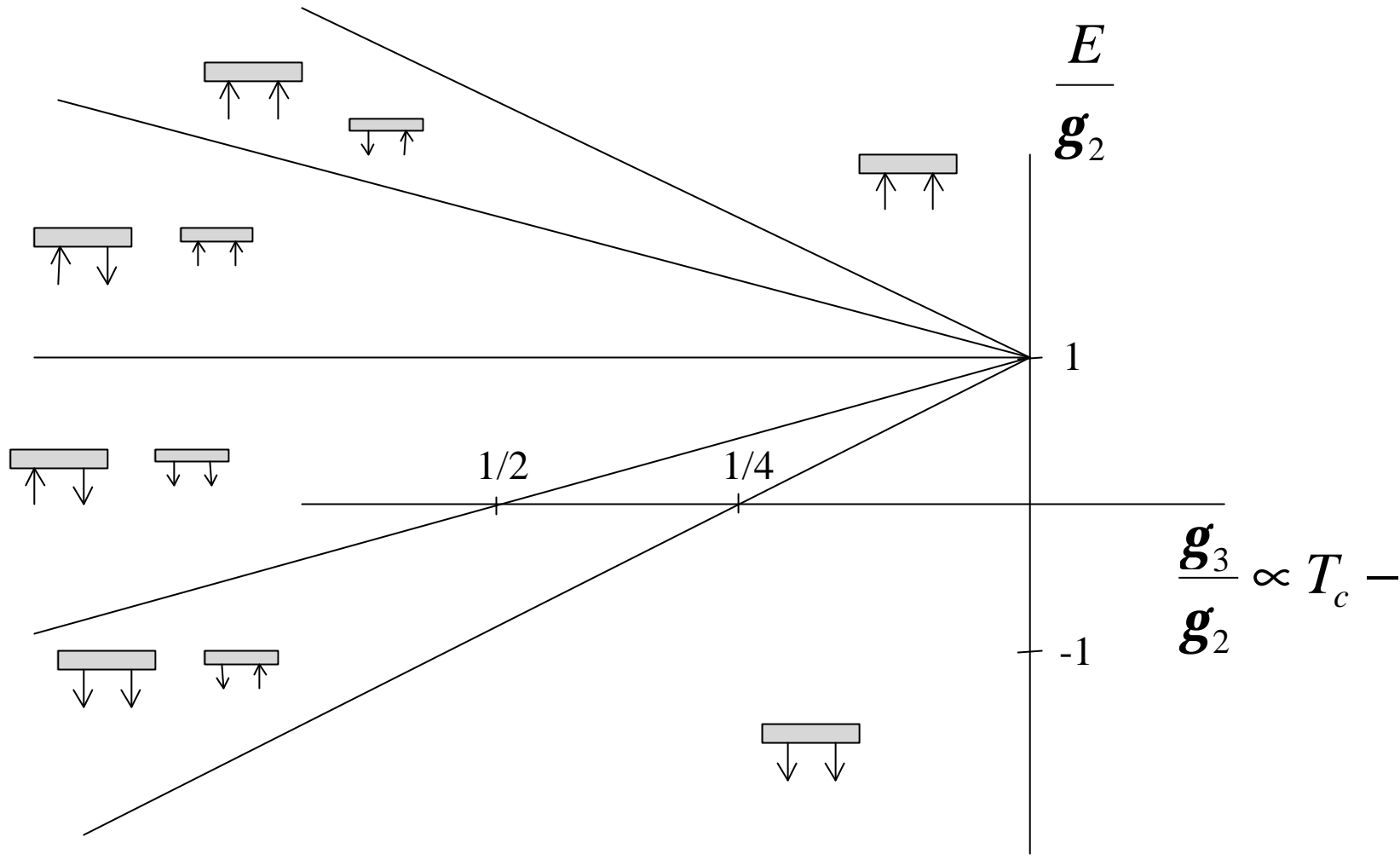
$$F_s = -\mathbf{g}_2(\vec{P} \cdot \vec{n}) - \mathbf{g}_3(\vec{A} \cdot \vec{n})^2 - \vec{P} \cdot \vec{E}$$

Minimisation de F_s \longrightarrow maximisation de $\vec{P} \cdot \vec{E}$
 \longrightarrow alignement de \vec{P} avec \vec{E}

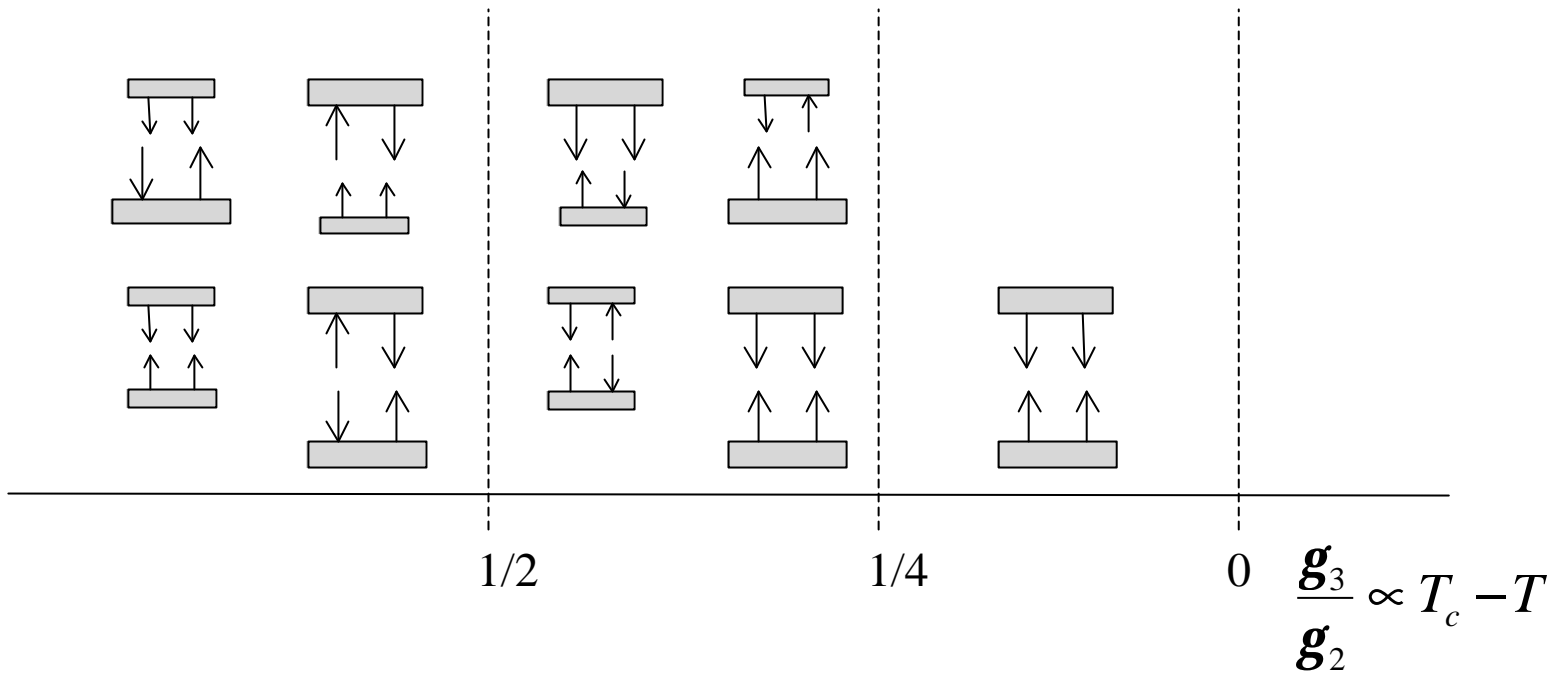


Modification des ancrages à l'équilibre



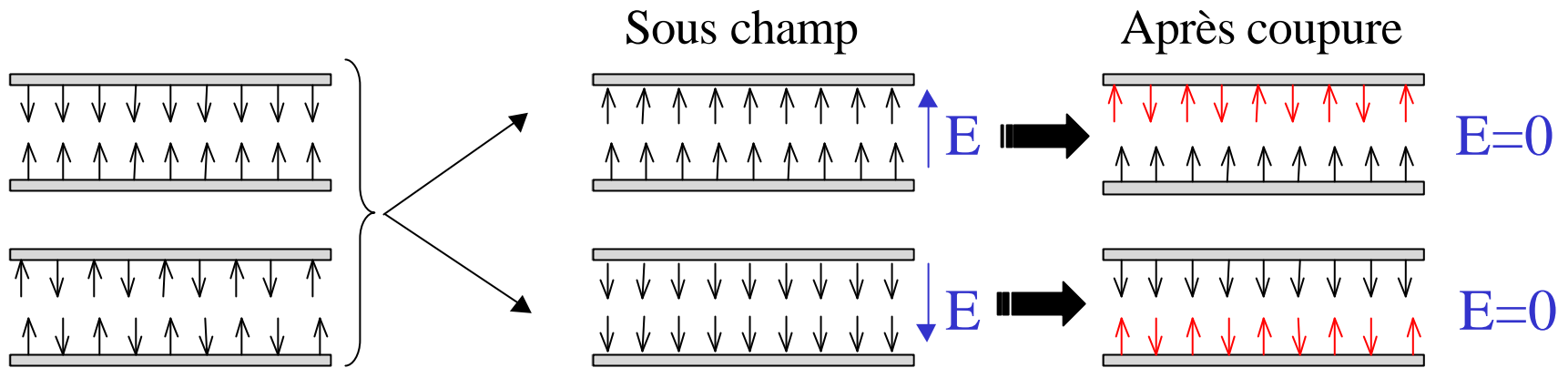


Bilan à champ nul $E = 0$

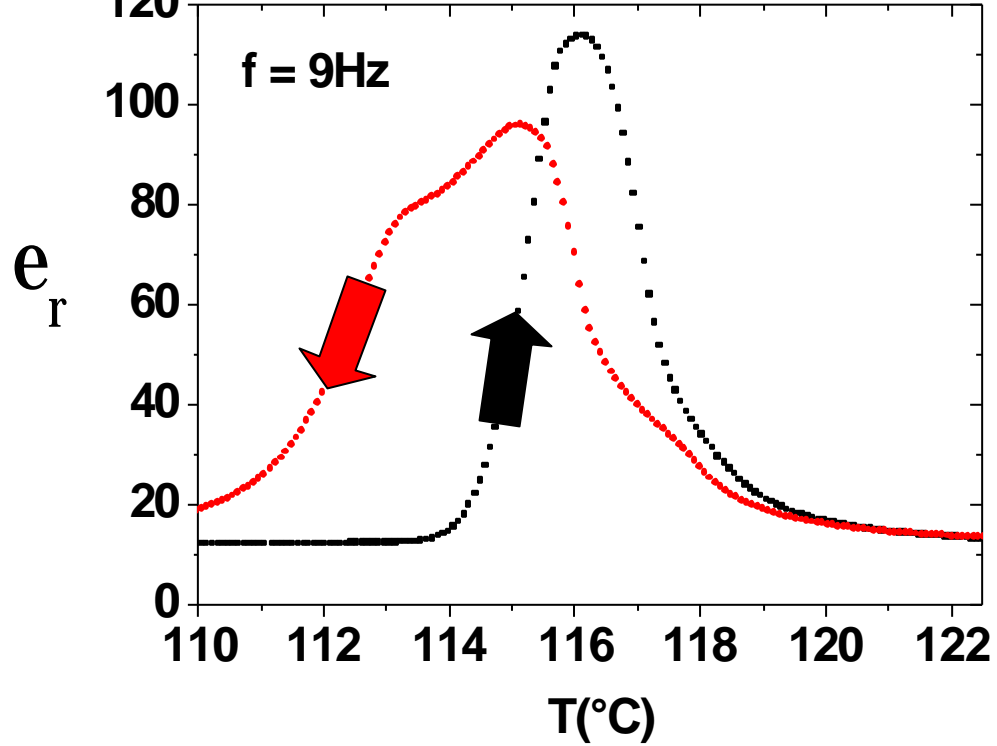


Prédiction des états mixtes AF-FE et FE-AF
par analyse de l'énergie d'ancrage

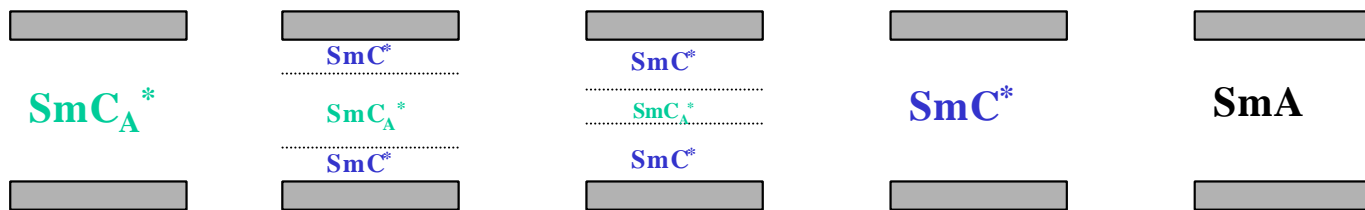
Mécanisme de transition vers l'état mixte



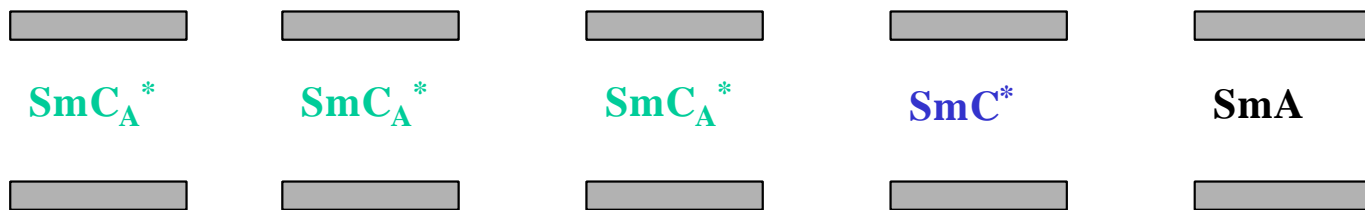
- Etats AF-AF et FE-FE obtenus par action sur T
- Etats AF-FE et FE-AF obtenus par action sur E



refroidissement



chauffage



Prise en compte des surfaces



Prédiction des états mixtes dans la phase antiferroélectrique

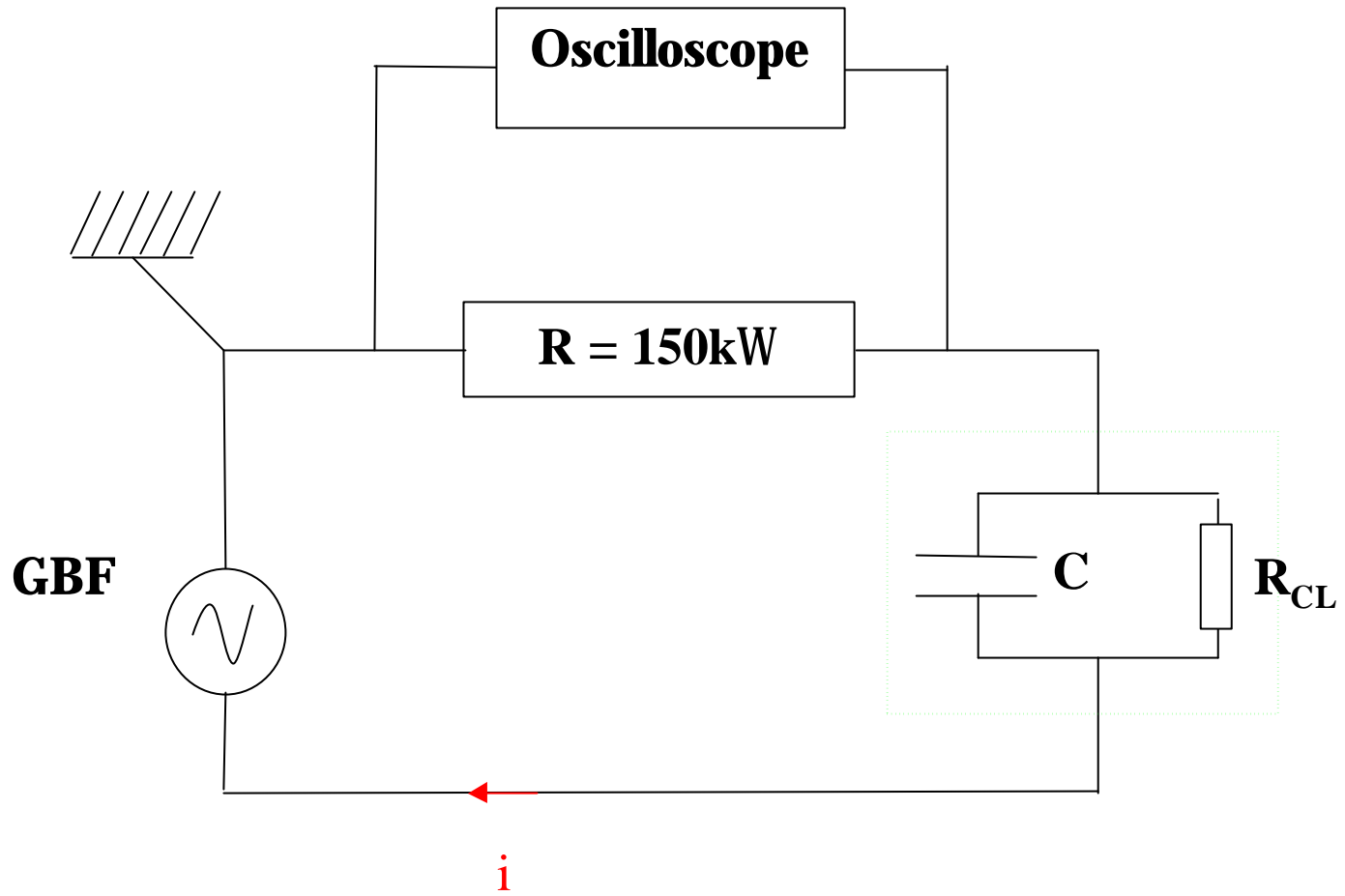


Prédiction d'une large hystérésis à la transition ferro-antiferro

- Introduction
- Analyse de l'énergie d'ancrage
- **Mesures de courant de dépolarisation**
- Mesures électro-optiques de balayage
- Mesures de courant pyroélectrique
- Conclusion et perspectives

Objectifs

- Différentiation des états mixtes
- Étude de la réponse électrique sous champ \vec{E}

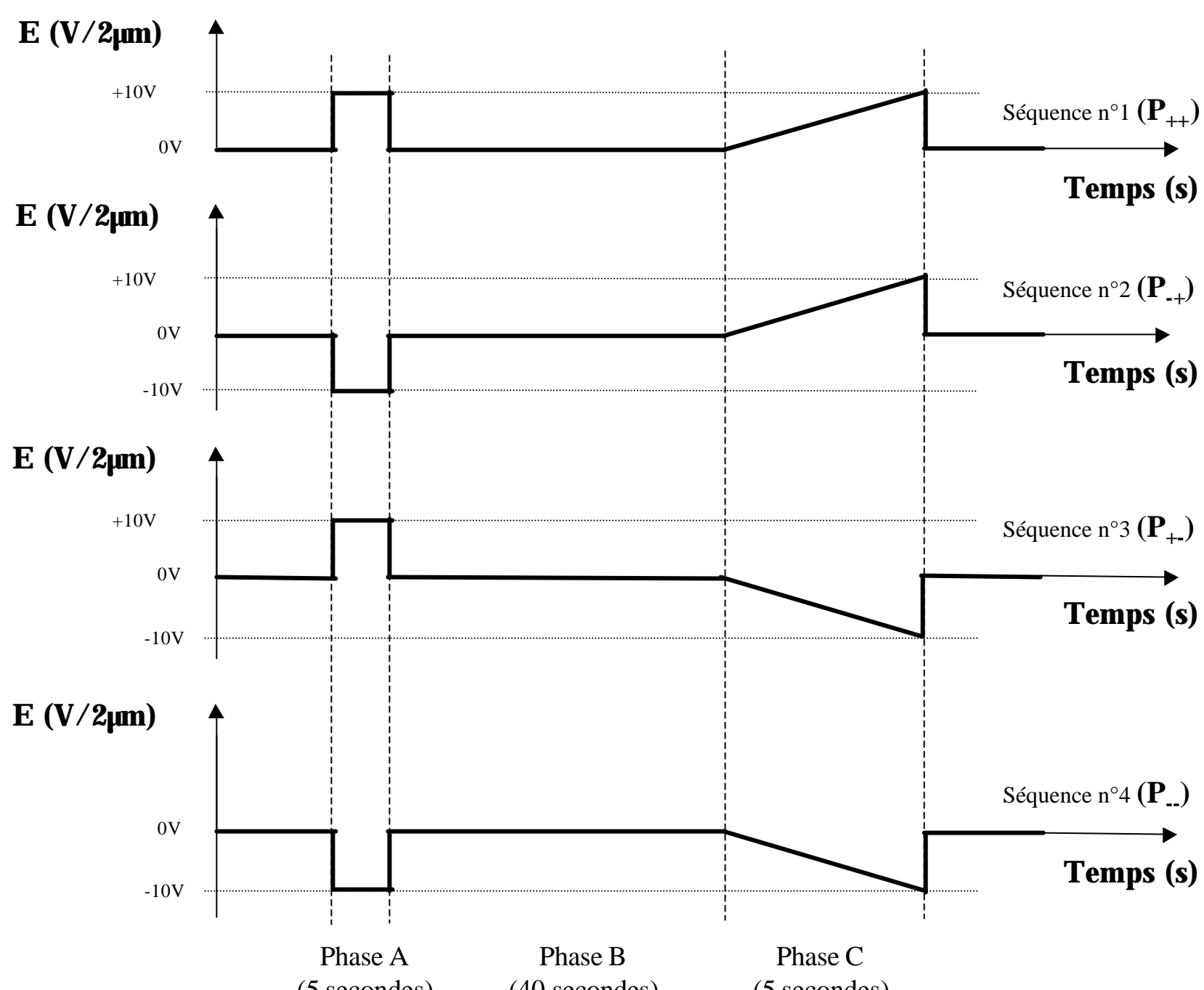


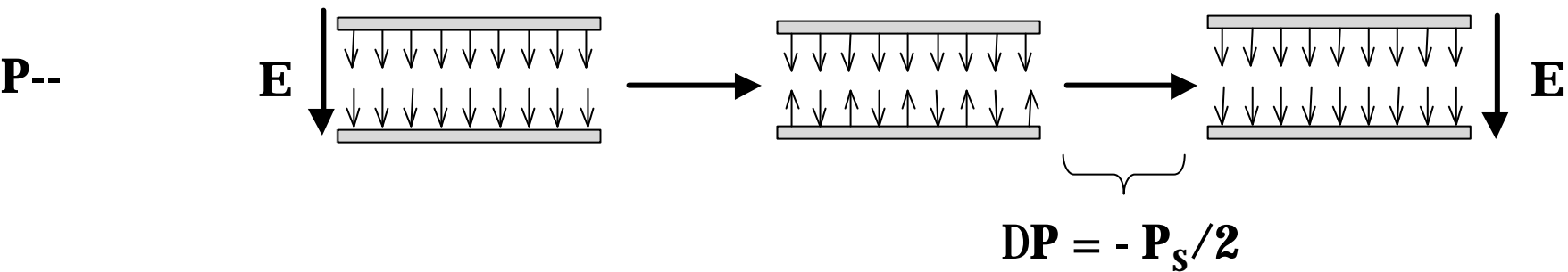
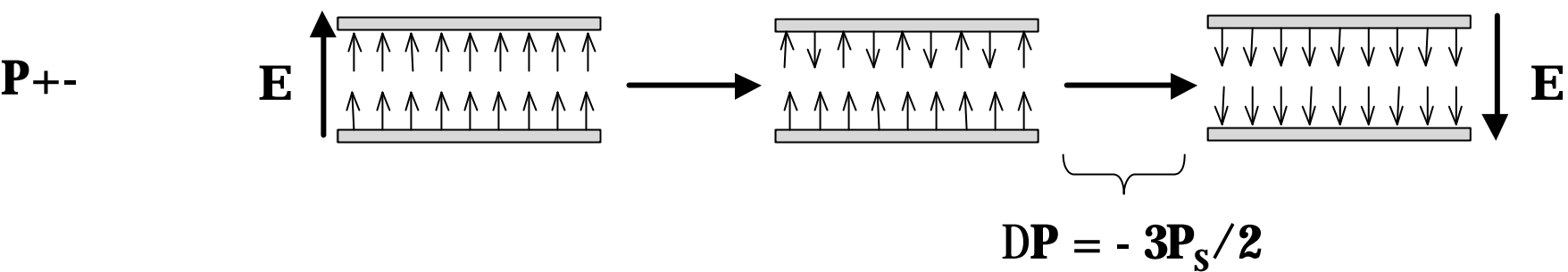
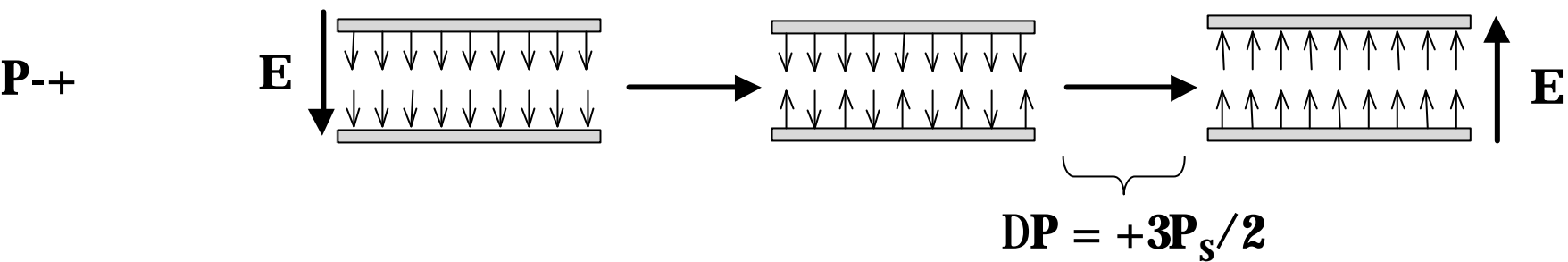
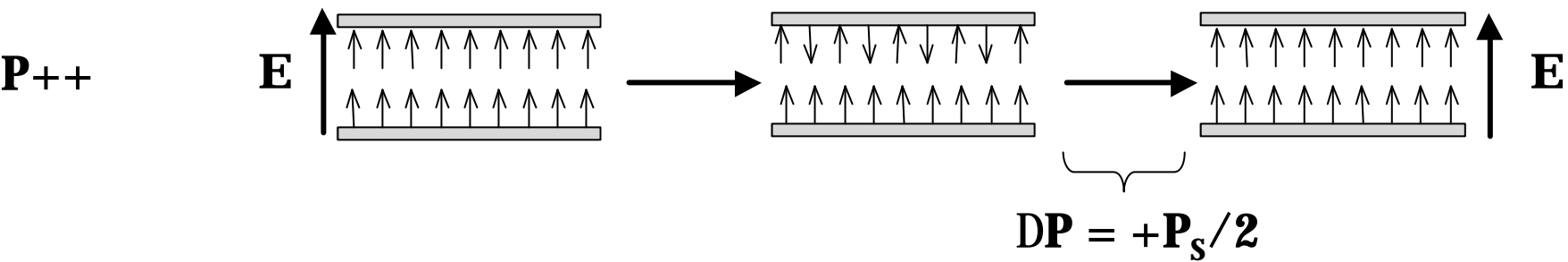
$$I(t) = C \frac{d(V)}{dt} + S \frac{dP}{dt} + \frac{V}{R_{CL}}$$

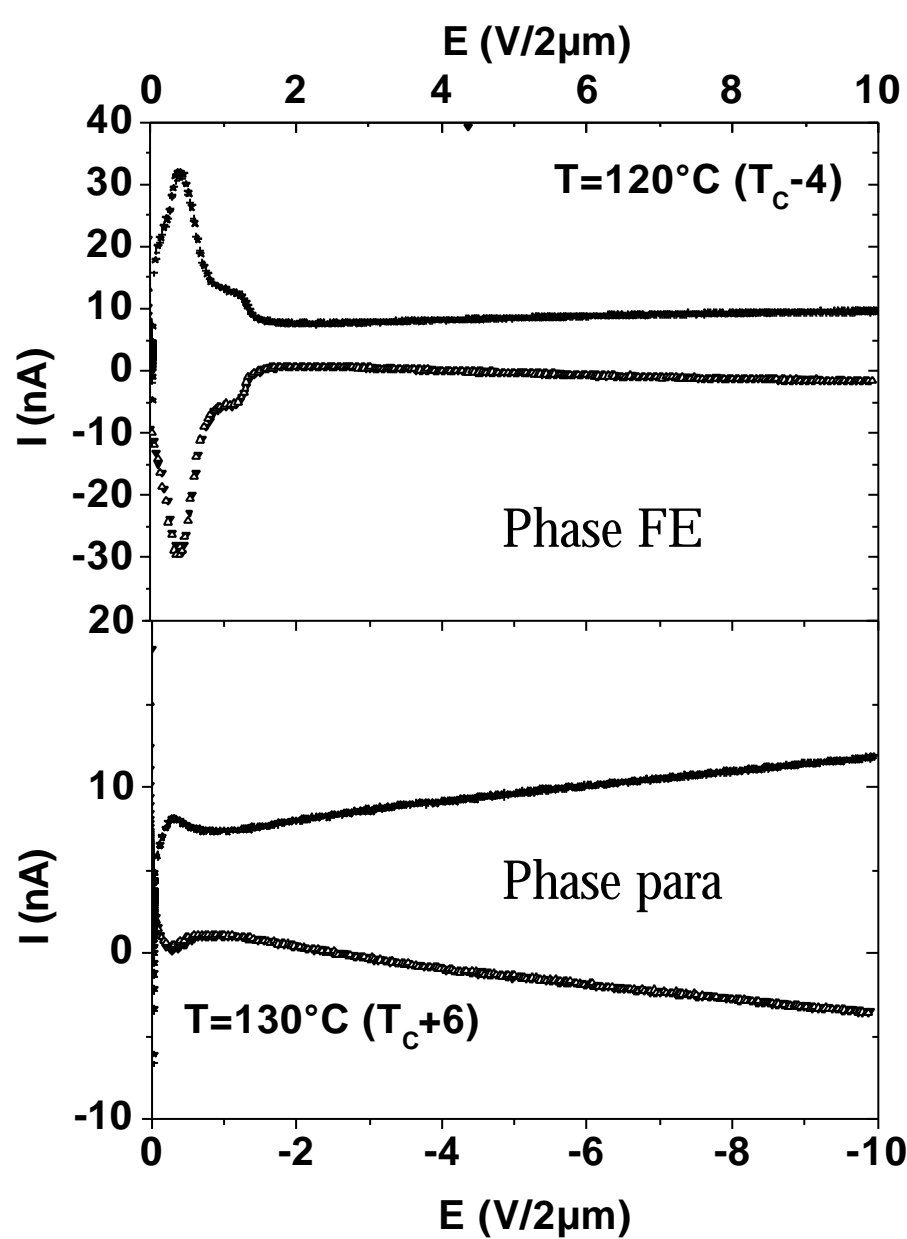
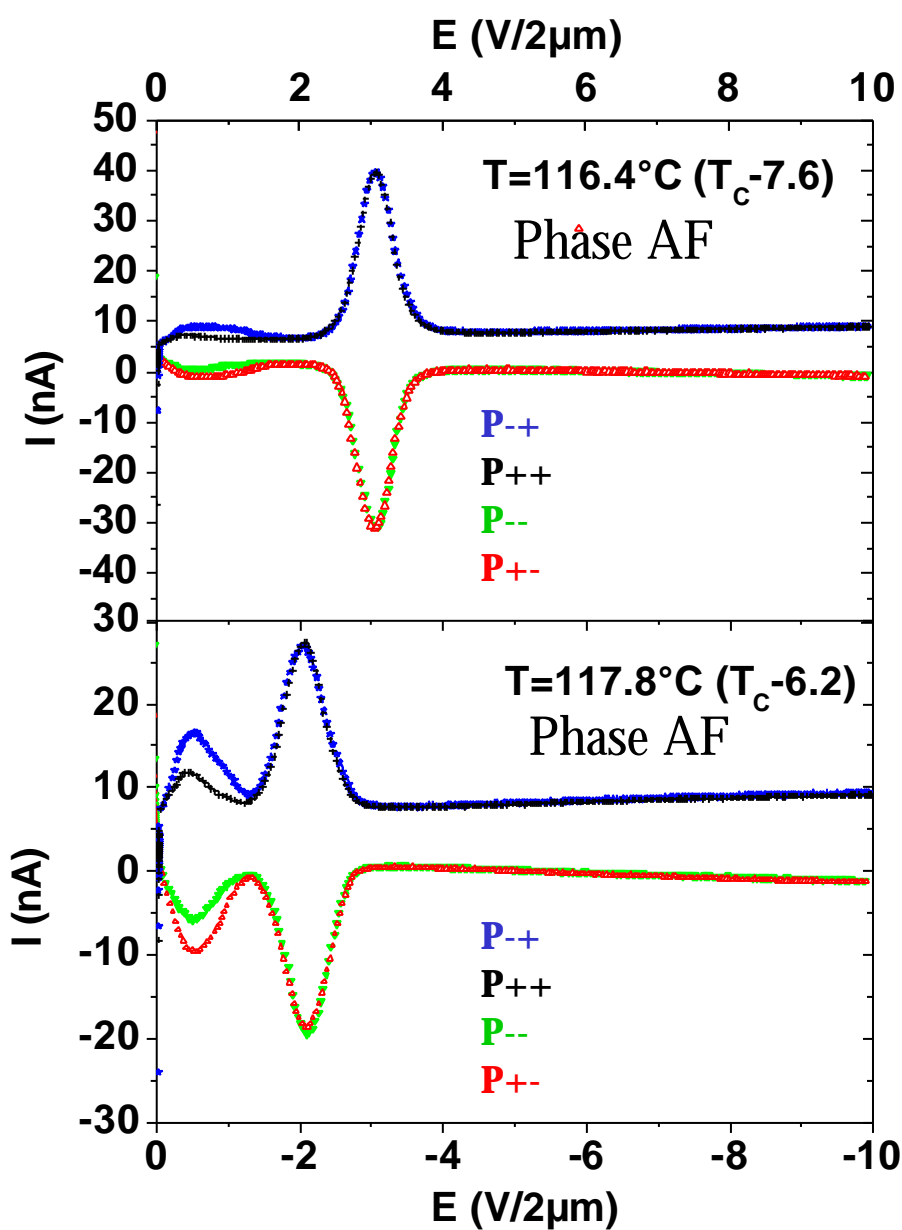
$C \frac{d(V)}{dt}$: Charge du condensateur équivalent

$S \frac{dP}{dt}$: Basculement moléculaire

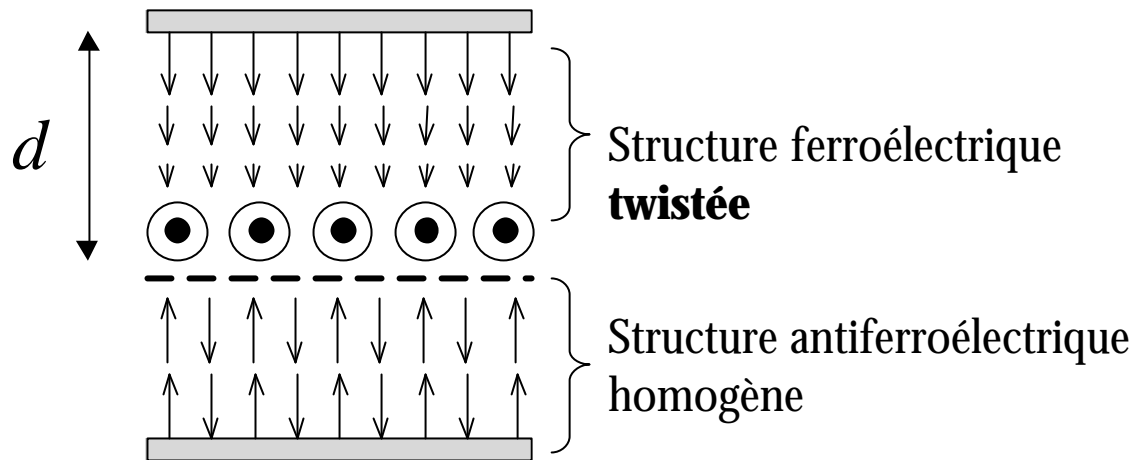
$\frac{V}{R_{CL}}$: Contribution ohmique



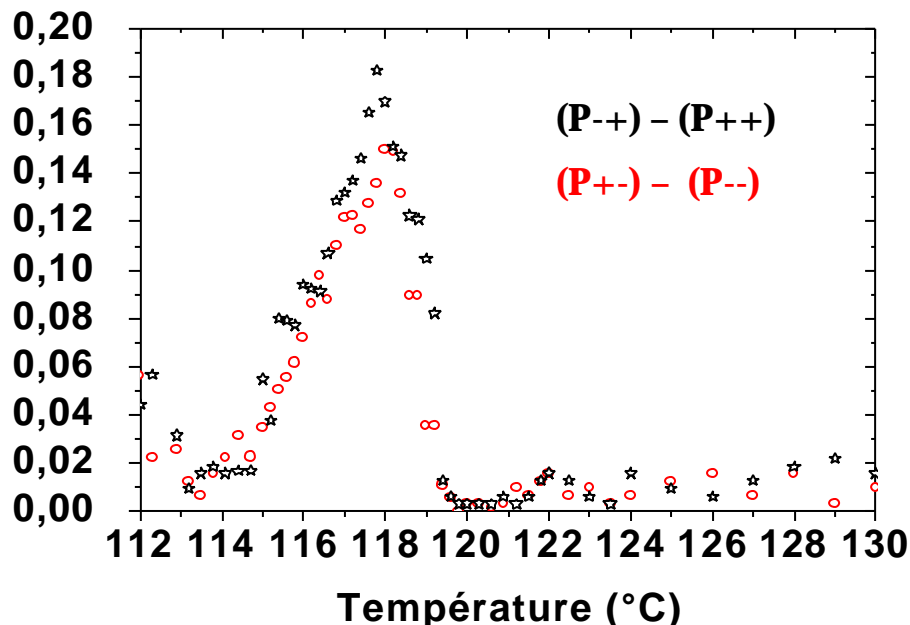




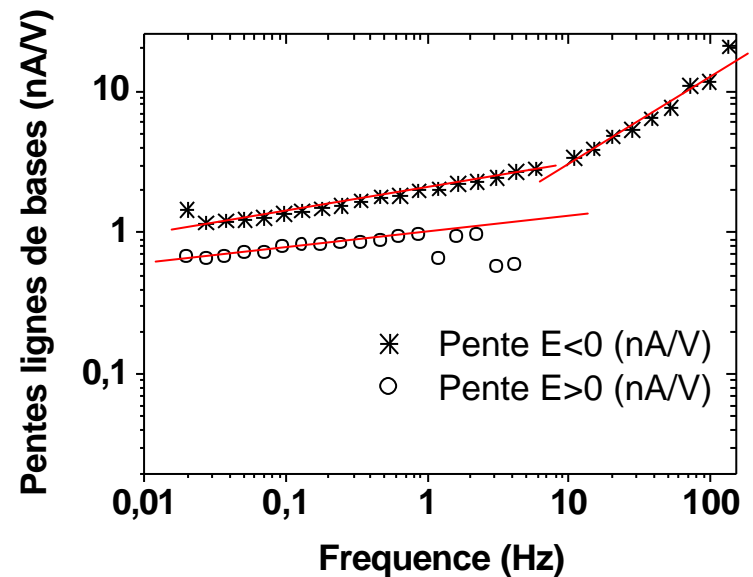
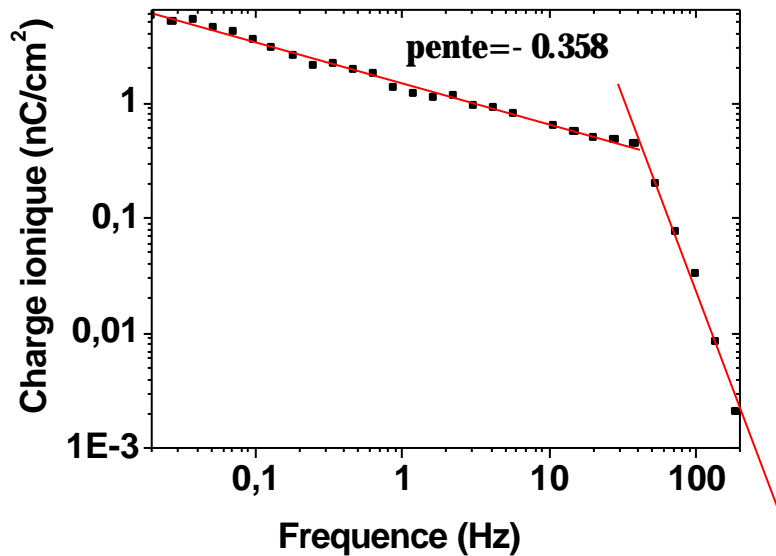
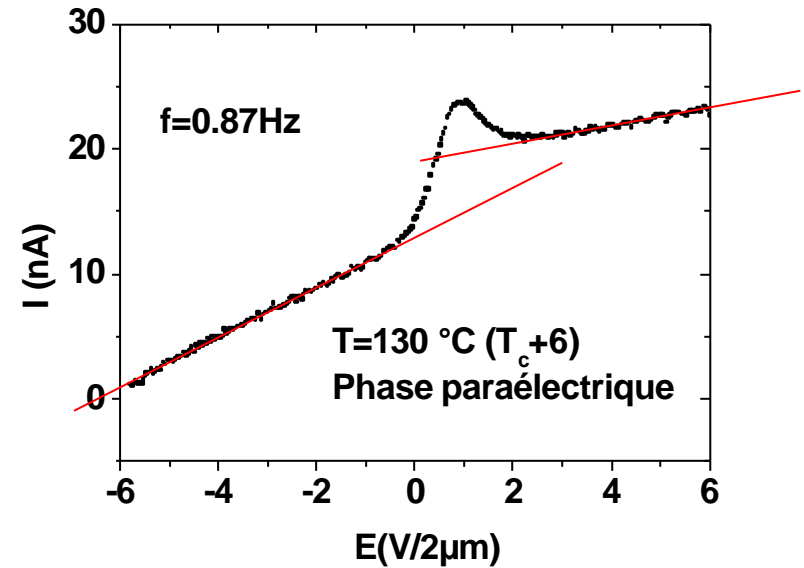
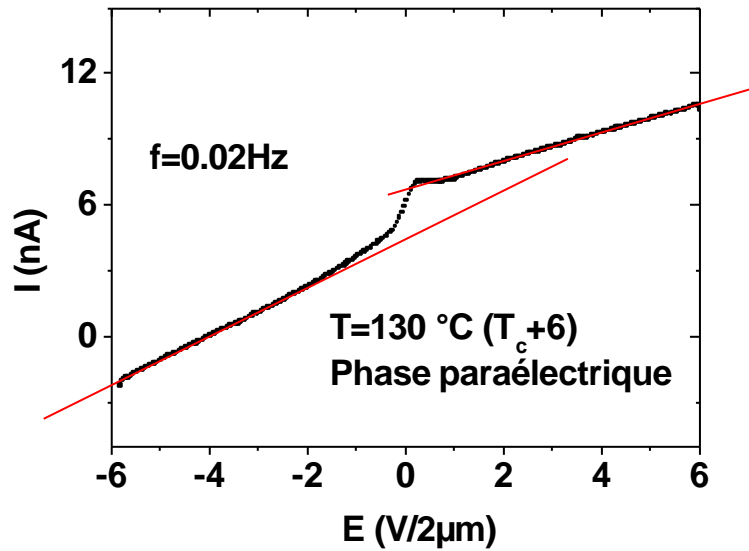
Hypothèse
structurale

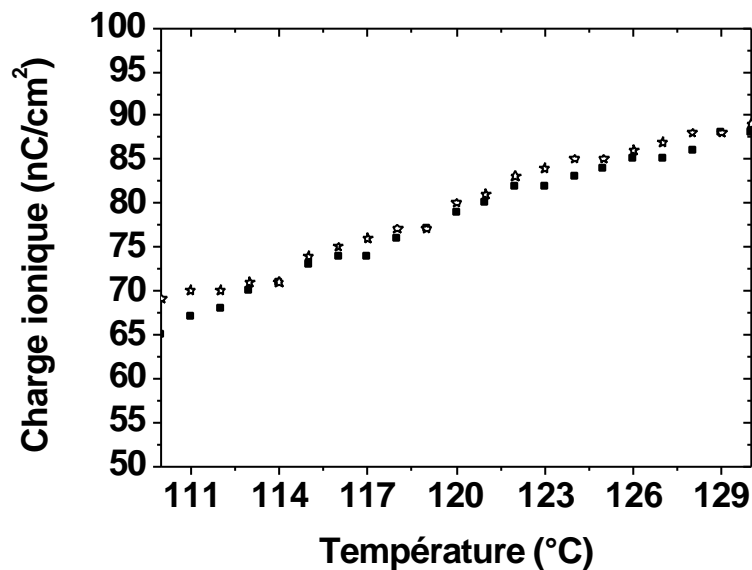
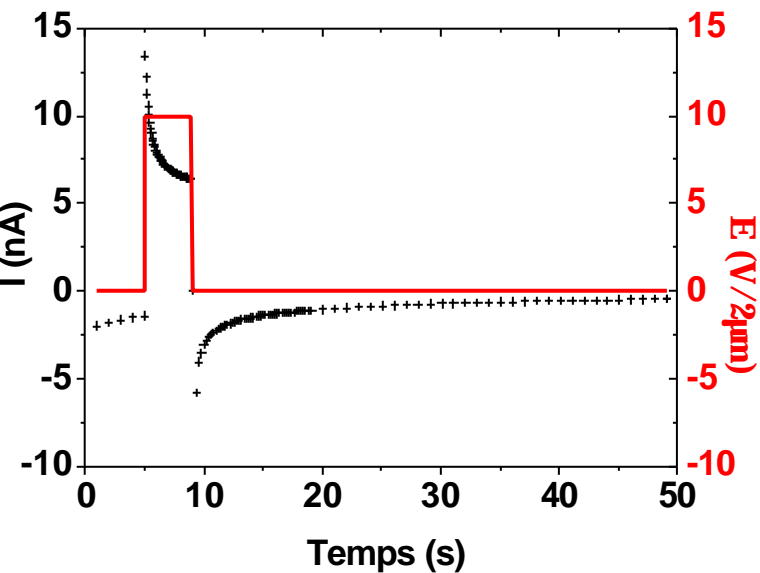


Épaisseur ferroélectrique basculée d (μm)



Contribution ohmique : étude des ions





Charge ionique \sim polarisation spontanée P_s

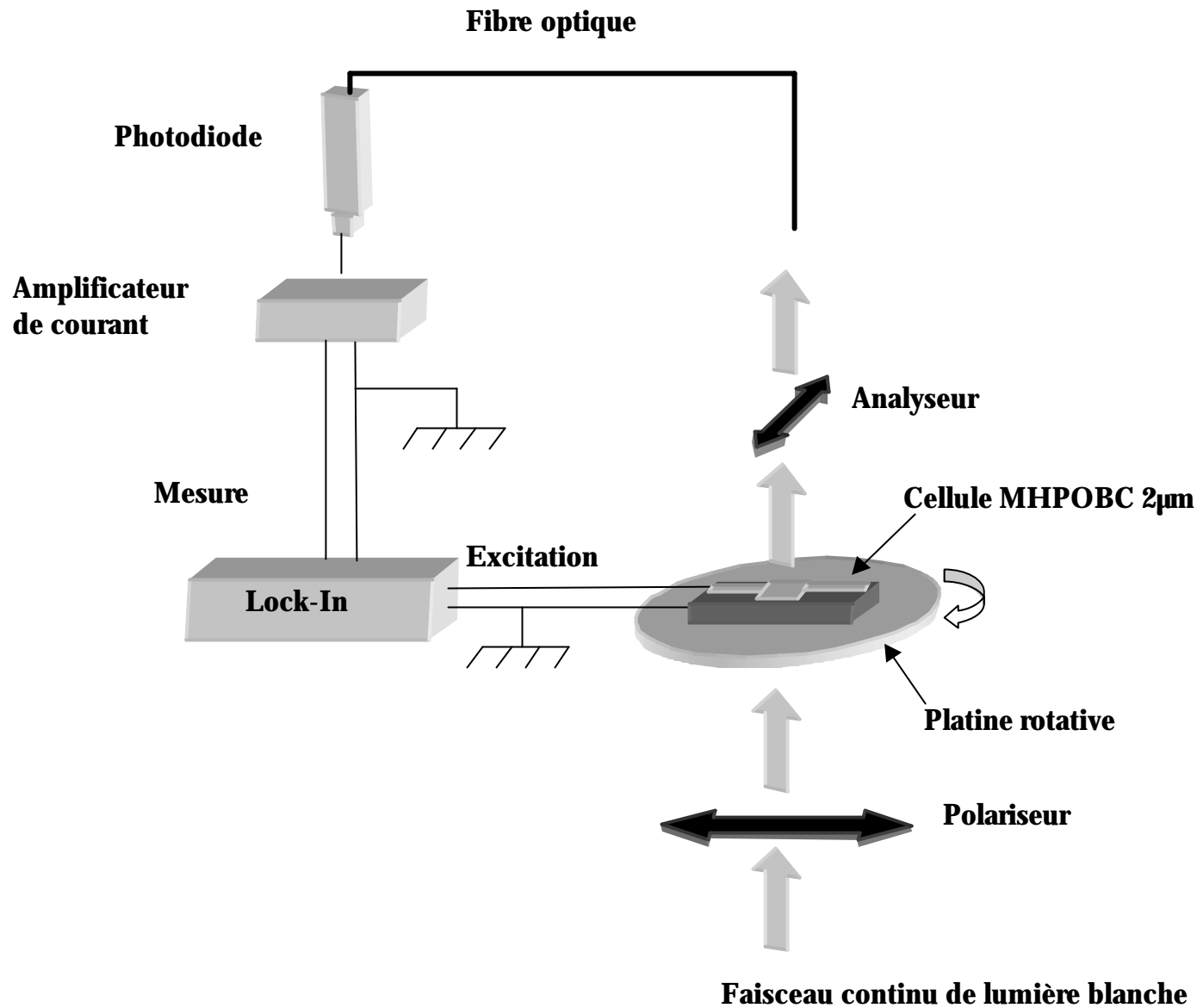


Ecrantage total possible



Nécessité d'une prise en compte des ions

- Introduction
- Analyse de l'énergie d'ancrage
- Mesures de courant de dépolarisation
- **Mesures électro-optiques de balayage**
- Mesures de courant pyroélectrique
- Conclusion et perspectives



$$I = I_0 \sin^2(2\mathbf{a}) \sin^2\left(\frac{\mathbf{p}d n_a}{\mathbf{l}}\right)$$

Développement limité 1^{er} ordre

$$\frac{\Delta I}{I_0} = [2 \sin(4\mathbf{a}_0) \sin^2(\mathbf{b}n_a)]\Delta\mathbf{a} + [\mathbf{b} \sin^2(2\mathbf{a}_0) \sin(2\mathbf{b}n_a)]\Delta n_a$$

$$\Delta\mathbf{a} \propto \Delta E \quad \Delta n_a \propto \Delta E^2$$



Réponse en première harmonique

$$\frac{\Delta I}{I_0} = [2 \sin(4\mathbf{a}_0) \sin^2(\mathbf{b}n_a)]\Delta\mathbf{a}$$

- Application d'un champ continu \vec{E}
- Effet de surface

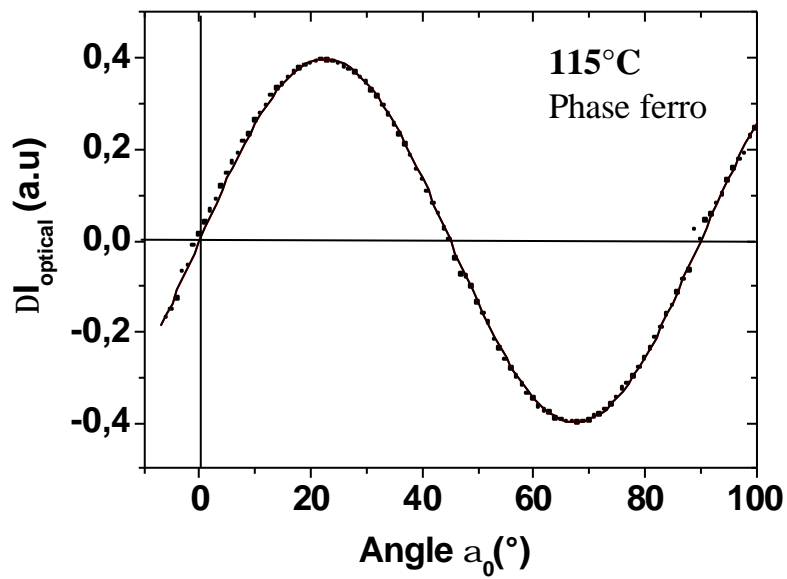


$$\Delta \mathbf{a} \propto \Delta E \quad \Delta n_a \propto \Delta E + \Delta E^2$$



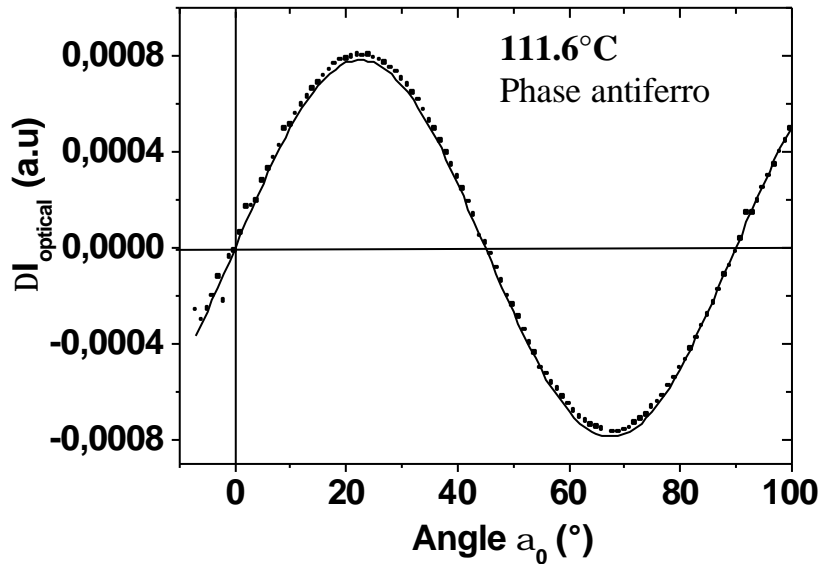
Réponse en première harmonique

$$\frac{\Delta I}{I_0} = [2 \sin(4\mathbf{a}_0) \sin^2(\mathbf{b}n_a)]\Delta \mathbf{a} + [\mathbf{b} \sin^2(2\mathbf{a}_0) \sin(2\mathbf{b}n_a)]\Delta n_a$$



$$\frac{\Delta I}{I_0} = a_g \sin(4a_0)$$

$$f_1 \approx 7400 \text{ Hz}$$



$$\frac{\Delta I}{I_0} = a_g \sin(4a_0)$$

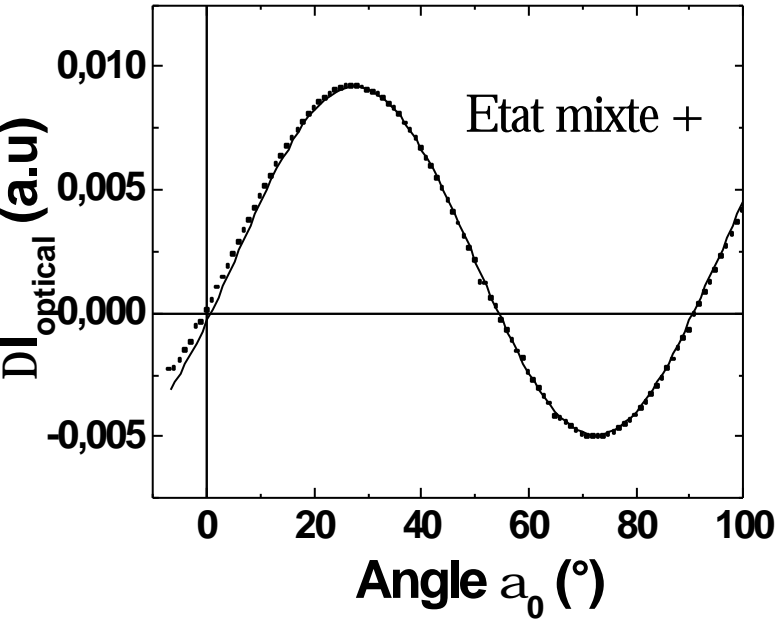
$$f_1 \approx 7500 \text{ Hz}$$



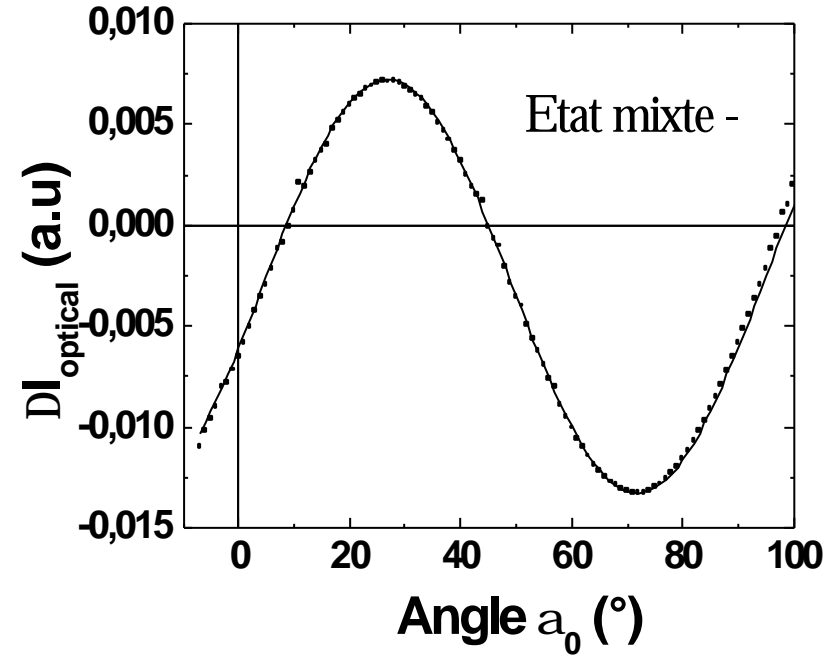
Une contribution en phase FE et AF: mode de Goldstone

Impulsion \vec{E} : transition vers l'état mixte

$E > 0$



$E < 0$



$$\frac{\Delta I}{I_0} = [a_g \sin(4a_0 - q)]\Delta a - \left[\frac{a_s}{2} \cos(4a_0) + \frac{a_s}{2} \right] \Delta n_a$$

$f_1 \approx 7400 \text{ Hz}$

$f_2 \approx 150 \text{ Hz}$

Passage vers l'état mixte

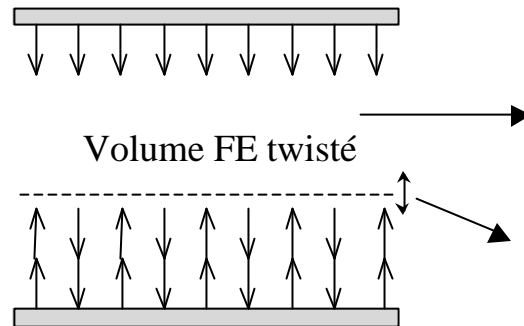
- Apparition d'une contribution en biréfringence basse fréquence (150Hz) en première harmonique



Brisure de symétrie du système sans champ appliqué



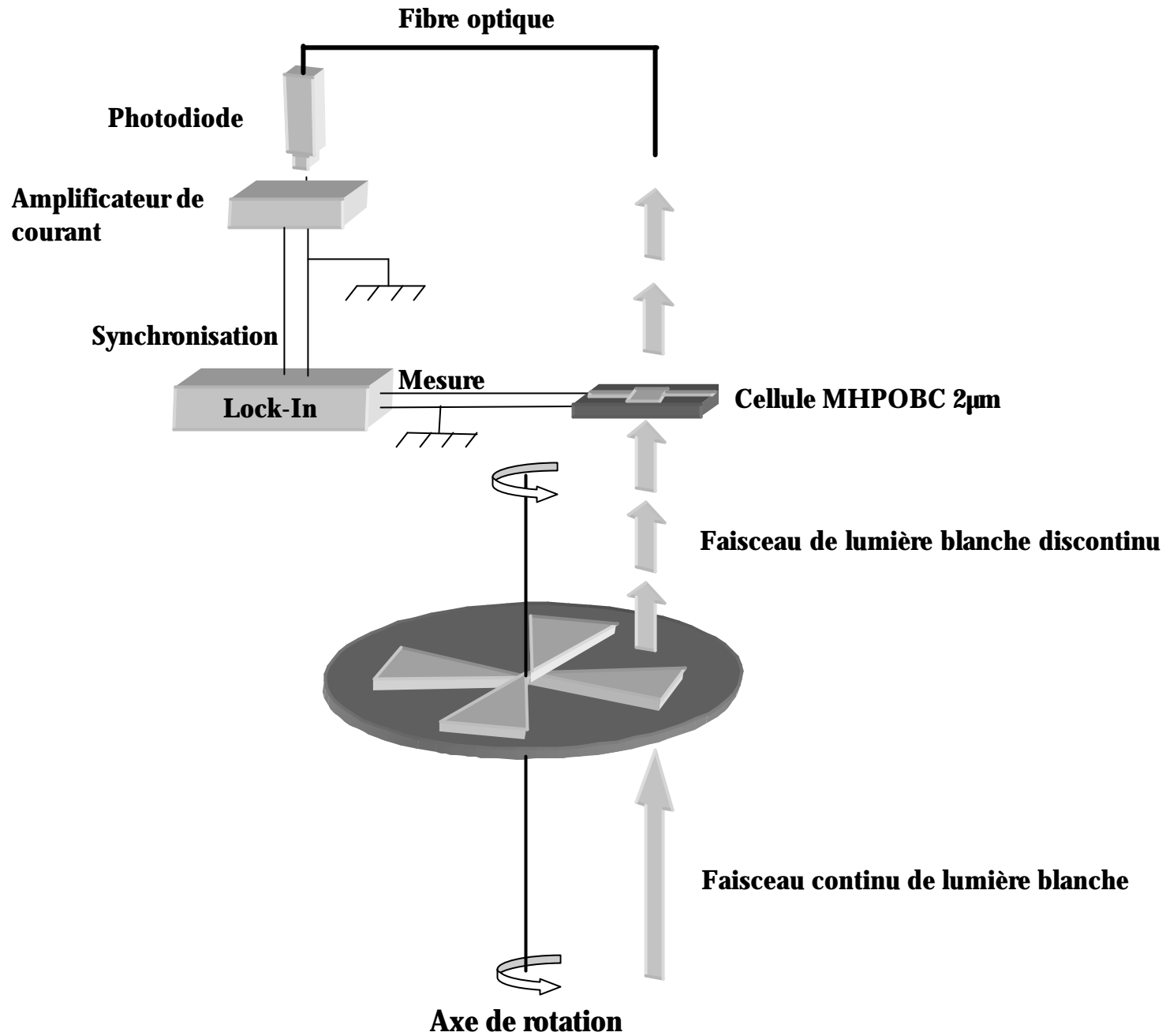
Mise en évidence du mouvement de la paroi séparant les états FE et AF



-Comportement en $\text{Sin}(4\alpha_0)$ de TRES faible amplitude

-Contribution optique en biréfringence ($\text{Sin}^2(2\alpha_0)$)

- Introduction
- Analyse de l'énergie d'ancrage
- Mesures de courant de dépolariation
- Mesures électro-optiques de balayage
- **Mesures de courant pyroélectrique**
- Conclusion et perspectives



Ce que l'on mesure

$$\frac{dP}{dt} = \frac{dP}{dT} \times \frac{dT}{dt}$$



Variation de polarisation / temps



g

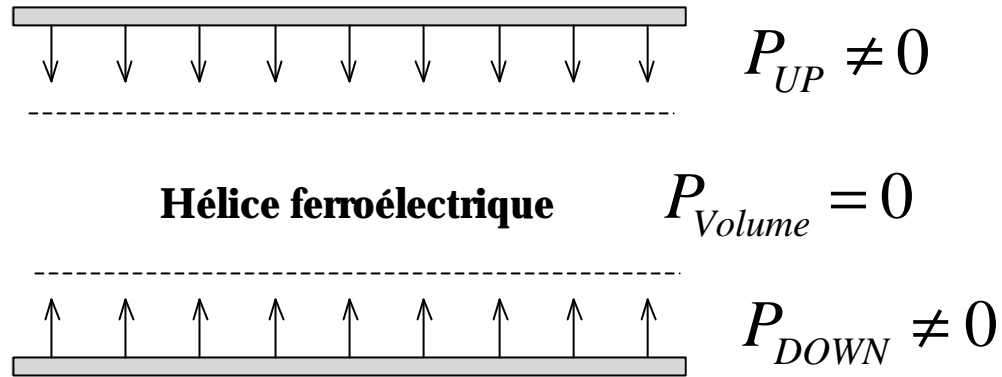


Variation de température / temps

Coefficient pyroélectrique

$$\mathbf{g} = \frac{dP}{dT} \approx \frac{\Delta P}{\Delta T}$$

Structure phase ferroélectrique

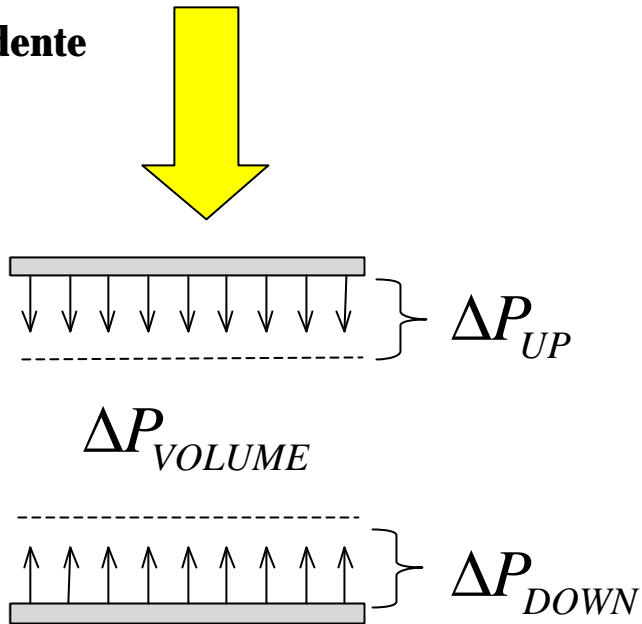


$$P_{UP} + P_{DOWN} = 0$$

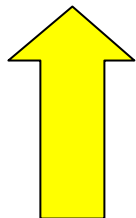


$\sum P = 0$ en l'absence de déformation de l'hélice ferroélectrique

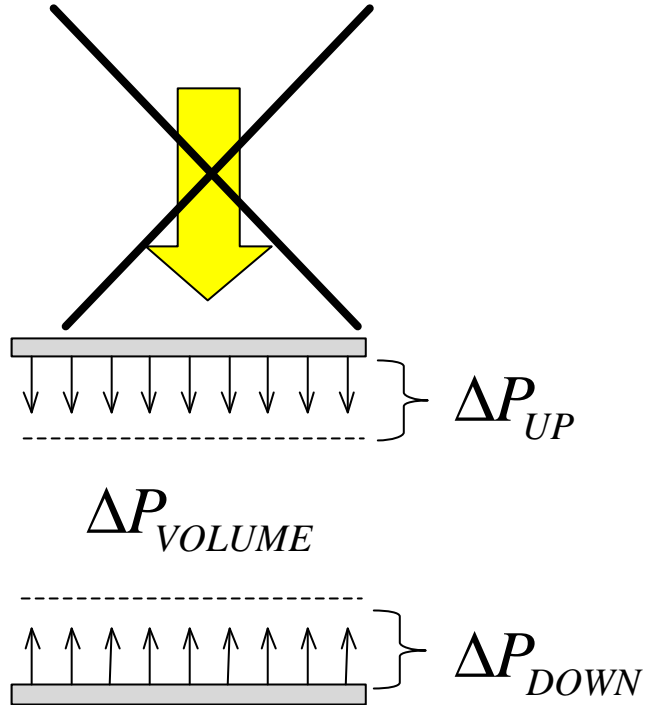
Lumière incidente



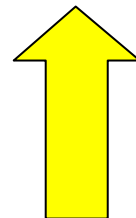
Lumière incidente



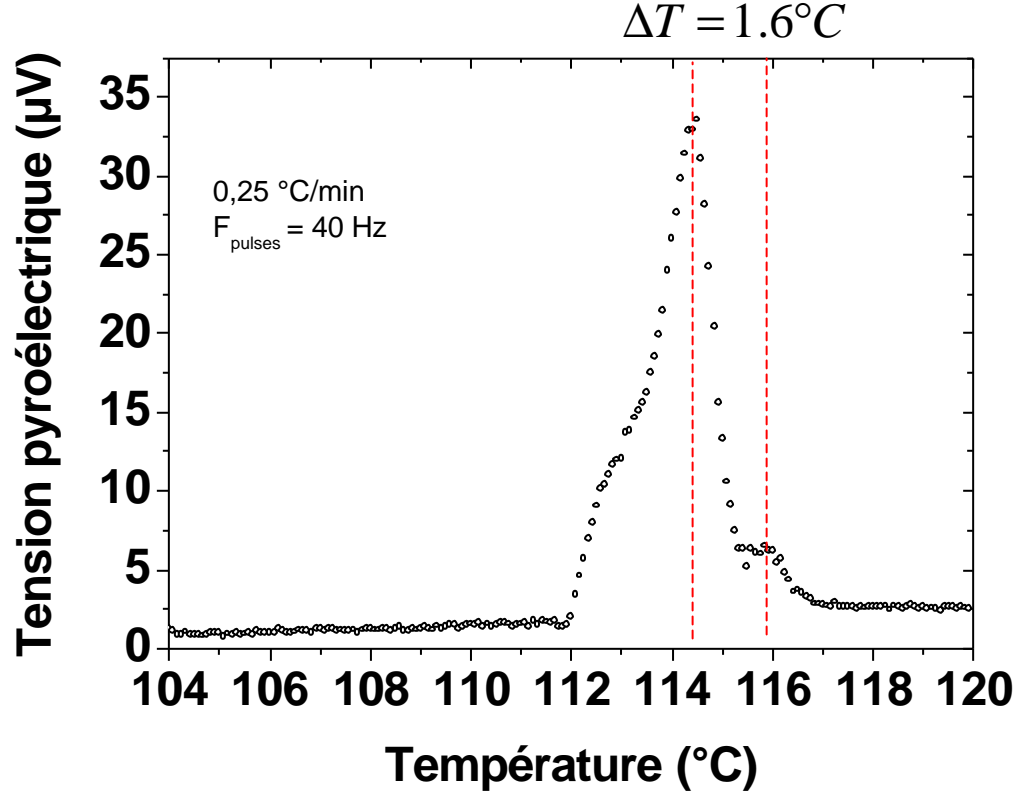
 $\sum \Delta P = 0$



Lumière incidente



 $\sum \Delta P \neq 0$



Présence de deux maximums (i.e deux transitions)



Transition de volume + transition de surface ?

Théorie

$$G = \pm g_1 P - \frac{g_2}{2} P^2 + \frac{a}{2} P^2 + \frac{b}{4} P^4 - PE$$



$$[a(T - T_0)P - g_2 P] + bP^3 - E \pm g_1 = 0$$



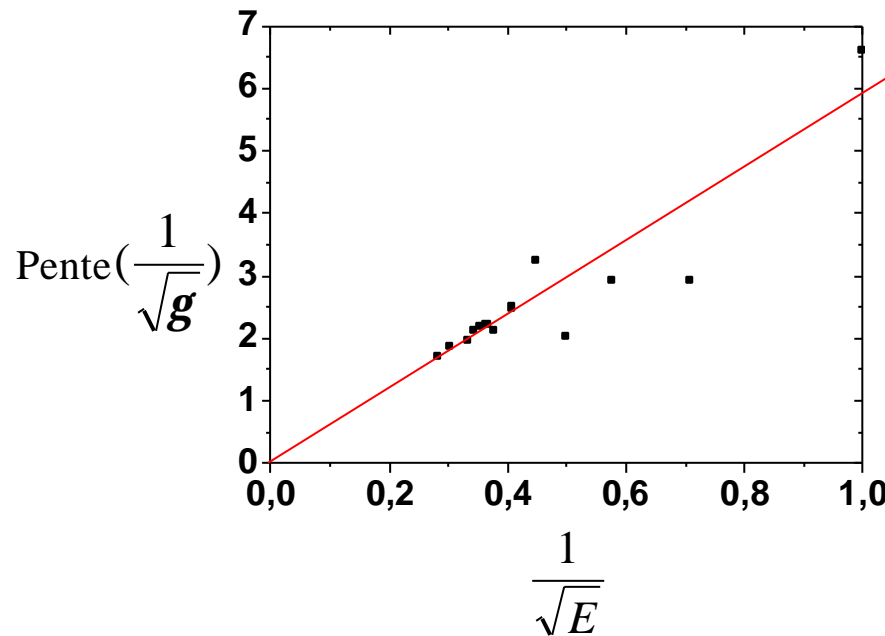
$$\frac{1}{\sqrt{\frac{dP}{dT}}} = (T - T_{0s}) \cdot \sqrt{\frac{a}{E}}$$



$$\frac{1}{\sqrt{\frac{dP}{dT}}} \propto \sqrt{\frac{1}{E}}$$



Résultats



$$\frac{1}{\sqrt{\frac{dP}{dT}}} \propto \sqrt{\frac{1}{E}}$$

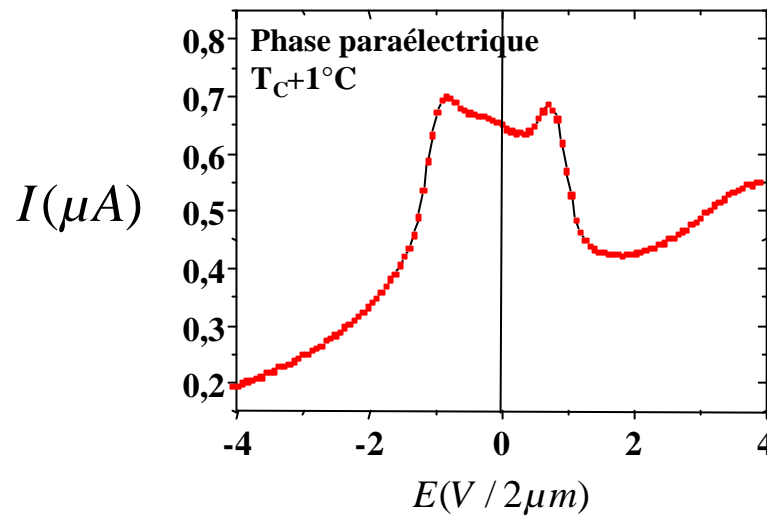
Mesures pyroélectriques :

- A champ nul



Mise en évidence de l'effet des surfaces
UP/DOWN

Mise en évidence de la transition de surface
en phase SmA : **effet électroclinique de surface**



Mesures pyroélectriques :

- A champ non nul

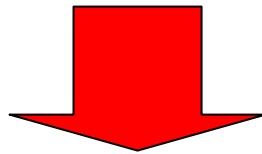


Corrélation avec la théorie Landau - de Gennes
à la transition SmA-SmC*

- Introduction
- Analyse de l'énergie d'ancrage
- Mesures de courant de dépolarisation
- Mesures électro-optiques de balayage
- Mesures de courant pyroélectrique
- **Conclusion et perspectives**

Conclusion

- Mesures de courant de dépolariation : quantification précise des proportions FE-AF
- Mesures de la réponse électro-optique : mise en évidence du mouvement de la paroi FE-AF
- Mesures de courant pyroélectrique : influence de la surface à la transition SmA-SmC*



Validation du modèle théorique

Perspectives - Technologie AFLC

- Contrôle extrême de la stabilité des afficheurs par la prise en compte de tous les états accessibles
- Passage possible entre différents états par action simultanée sur les variables thermodynamiques E et T
- Choix des couleurs par modification de la biréfringence optique (i.e action sur la paroi FE-AF)