



Récupération d'énergie à partir des fluctuations thermiques par l'effet pyroélectrique

Encadré par : Pr .ENNAWAOU CHOUAIB
Présenté par : REMAIDI MOHAMMED

MASTER MATÉRIAUX ET RAYONNEMENT, ÉNERGIE ET ENVIRONNEMENT

September 18,2023

Plan

- 1 Introduction générale
- 2 Notions fondamentales et état de l'art sur la récupération d'énergie
- 3 L'effet pyroélectrique : Modèle, simulation et expérience
- 4 Application de l'effet pyroélectrique
- 5 Conclusion général

Introduction générale

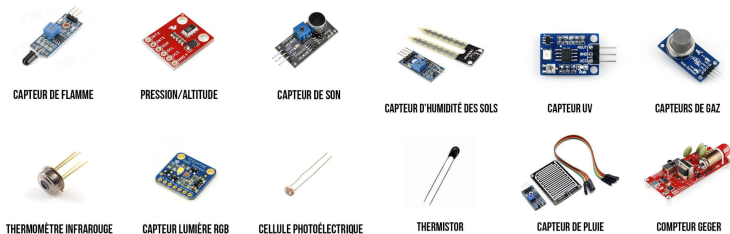


Figure: Quelques exemples de dispositifs de détection.

Notions fondamentales et état de l'art sur la récupération d'énergie

Caractéristiques diélectrique et polarisations

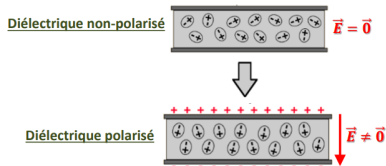


Figure: Dipôles dans un diélectrique.

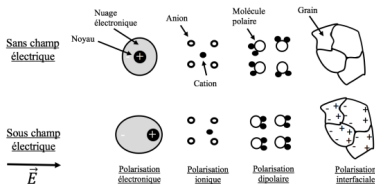


Figure: Contributions à la polarisation [1].

Notions fondamentales et état de l'art sur la récupération d'énergie

État de l'art sur la récupération d'énergie

- Techniques de conversion des ressources énergétiques

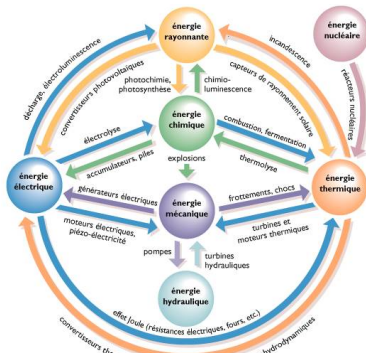


Figure: Différents types de conversion d'énergie.

Notions fondamentales et état de l'art sur la récupération d'énergie

État de l'art sur la récupération d'énergie

- Ressources énergétiques ambiantes

Ressources électromagnétiques:

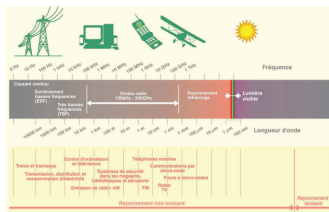


Figure: Spectre électromagnétique [2].

Ressources thermiques: exemple du corps humain :

si on estime $h=8 \text{ W/m}^2 \cdot ^\circ\text{C}$ pour l'air au repos.

la densité de flux dissipé est 14 mW.cm^{-2}

Notions fondamentales et état de l'art sur la récupération d'énergie

Zirconate Titanate de Plomb

- Structure et diagramme de phase .

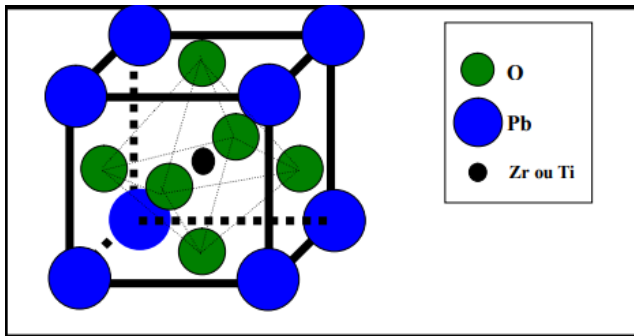


Figure: Structure perovskite de PZT [3].

Notions fondamentales et état de l'art sur la récupération d'énergie

Zirconate Titanate de Plomb

- Structure et diagramme de phase .

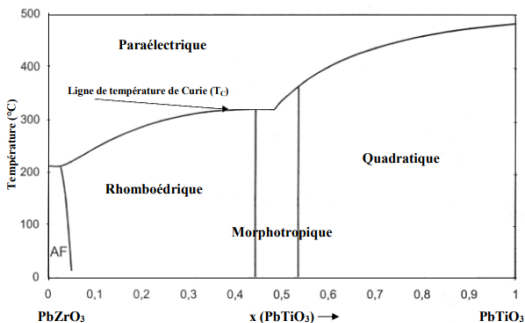


Figure: Digramme de phase pour la solution solide PZT [4].

L'effet pyroélectrique : Modèle, simulation et expérience

Principe de la pyroélectricité

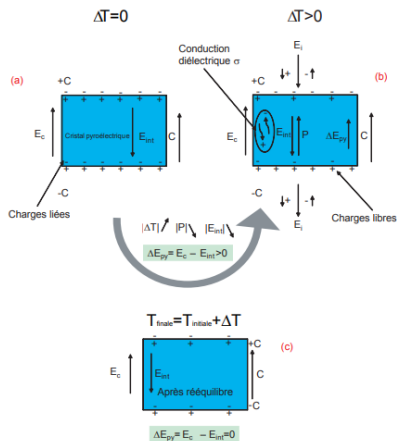


Figure: Comportement d'un cristal pyroélectrique [5].

L'effet pyroélectrique : Modèle, simulation et expérience

Modélisation de la pyroélectricité

Si en suit une approche maxwellienne

$$A \cdot p_m \cdot \frac{\partial T}{\partial t} = \frac{V_p}{R_p} + C_p \cdot \frac{dV_p}{dt}$$

L'effet pyroélectrique : Modèle, simulation et expérience

Modélisation de la pyroélectricité

Si en suit une approche maxwellienne

De cette équation en peut déduire

$$A \cdot p_m \cdot \frac{\partial T}{\partial t} = \frac{V_p}{R_p} + C_p \cdot \frac{dV_p}{dt}$$

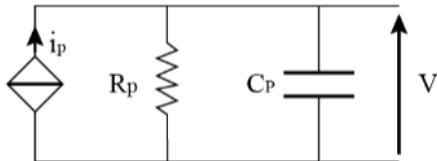
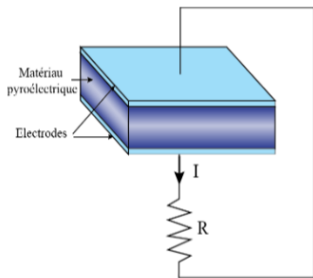


Figure: Modèle électrique.

L'effet pyroélectrique : Modèle, simulation et expérience

Modélisation de la pyroélectricité



$$P_p(t) = R.I.I^*$$

$$P_{s,p}(t) = \frac{R.R_p^2.p^2}{(R + R_p)^2 + (C_p\omega.R.R_p)^2} \left(\frac{\partial T}{\partial t} \right)^2$$

Figure: Matériau pyroélectrique
lié à une résistance R.

L'effet pyroélectrique : Modèle, simulation et expérience

Simulation sous COMSOL

Description:

- ▷ Définitions globales
- ▶ Component 1 (*comp1*)
 - ▷ Définitions
 - ▷ Geometry 1
 - ▷ Matériaux
 - ▷ Electrostatics (*es*)
 - ▷ Solid Mechanics (*solid*)
 - ▷ Heat Transfer in Solids (*ht*)
 - ▷ Electrical Circuit (*cir*)
 - ▷ Multiphysique
 - ▷ Mesh 1
- ▷ Study 1
- ▷ Study 2
- ▷ Etude 3

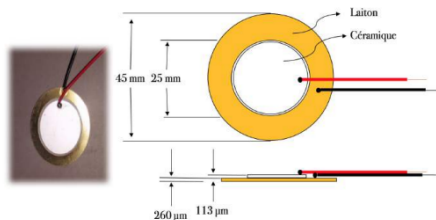


Figure: Physiques et modèle utilisés dans la simulation.

Figure: Structure et dimensions de Buzzer.

L'effet pyroélectrique : Modèle, simulation et expérience

Simulation sous COMSOL

Résultats : variation temporelle de la température au centre du Buzzer en K.

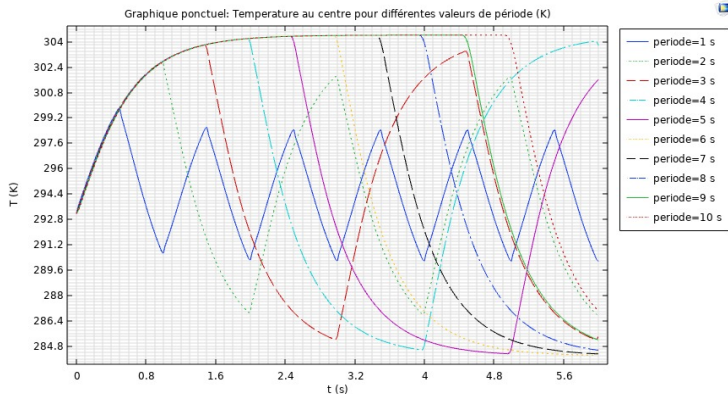


Figure: Impact de la période.

L'effet pyroélectrique : Modèle, simulation et expérience

Simulation sous COMSOL

Résultats : variation temporelle de la température au centre du Buzzer en K.

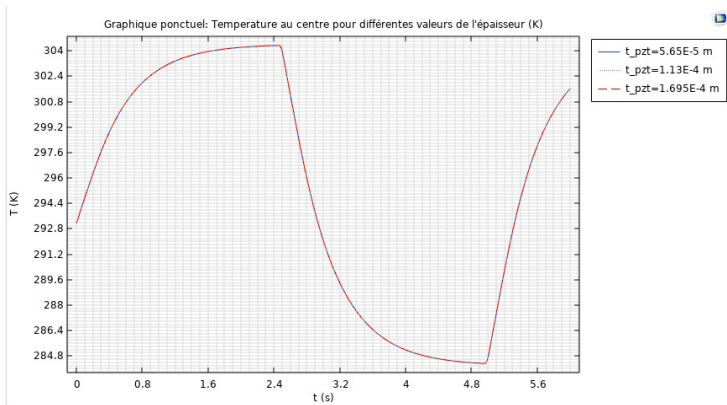


Figure: Impact d'épaisseur t_{pzt} .

L'effet pyroélectrique : Modèle, simulation et expérience

Simulation sous COMSOL

Résultats : variation temporelle de la température au centre du Buzzer en K.

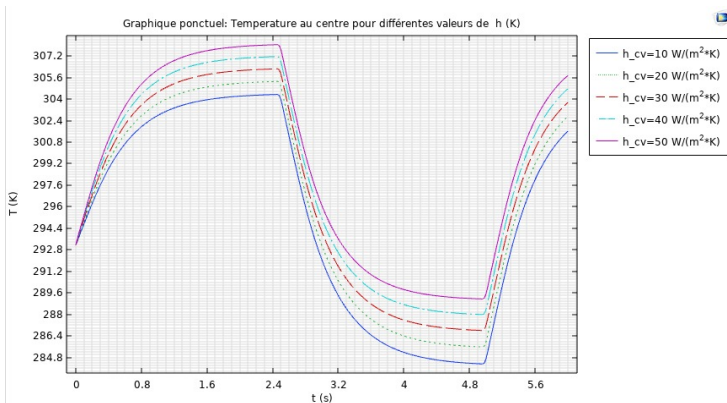


Figure: Impact de h_{cv} .

L'effet pyroélectrique : Modèle, simulation et expérience

Simulation sous COMSOL

Résultats : variation temporelle du potentiel .

- Impact de la période : Pour une charge $R_{ext} = 2M\Omega$, $t_{PZT} = 113\mu m$

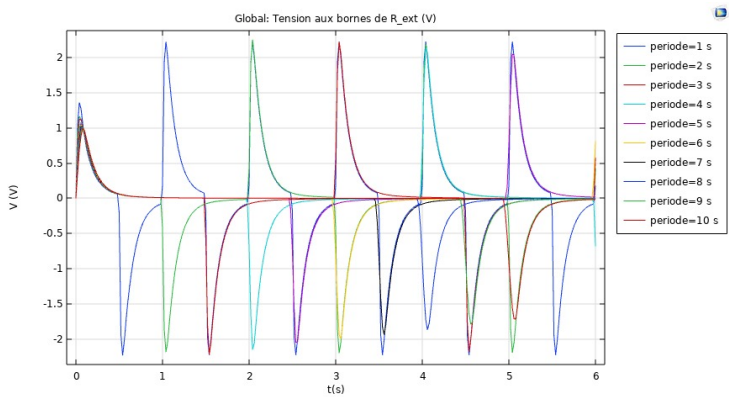


Figure: Potentiel récupéré pour différentes périodes en V .

L'effet pyroélectrique : Modèle, simulation et expérience

- Impact de l'épaisseur : Pour une charge $R_{ext} = 2M\Omega$ et période=5(s)

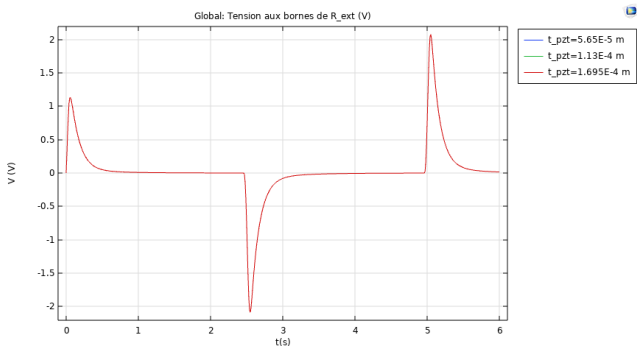


Figure: Potentiel récupéré pour trois épaisseurs.

L'effet pyroélectrique : Modèle, simulation et expérience

- Impact de h_{cv} : pour une charge $R_{ext} = 2M\Omega$, période=5(s), $t_{PZT} = 113\mu m$

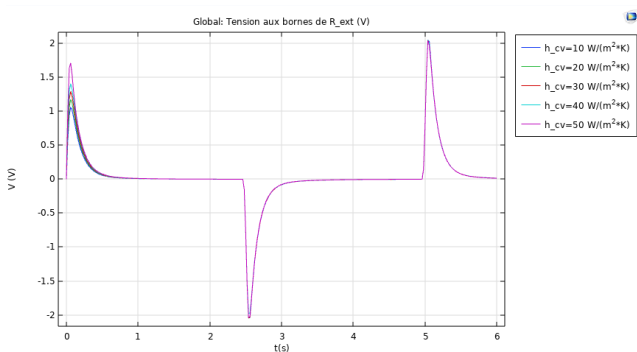


Figure: Potentiel récupéré en présence de la convection.

L'effet pyroélectrique : Modèle, simulation et expérience

Simulation sous COMSOL

Résultats : variation temporelle de la puissance.

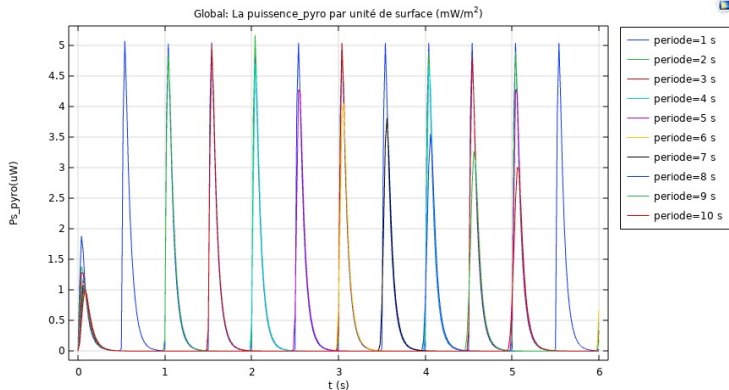


Figure: Impact de la période

L'effet pyroélectrique : Modèle, simulation et expérience

Résultats : variation temporelle de la puissance.

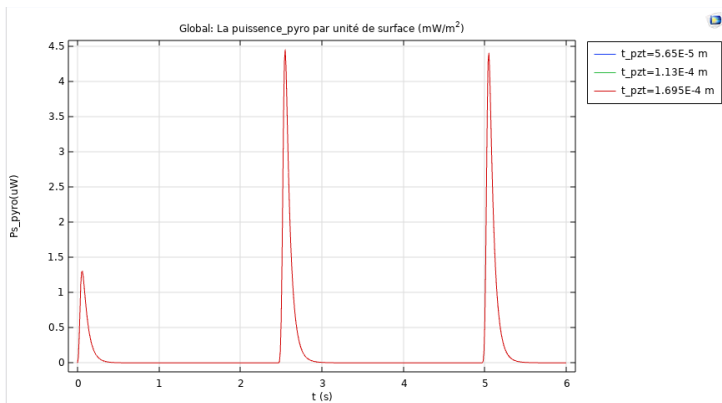


Figure: Impact de t_{pzt}

L'effet pyroélectrique : Modèle, simulation et expérience

Résultats : variations temporelles de la puissance.

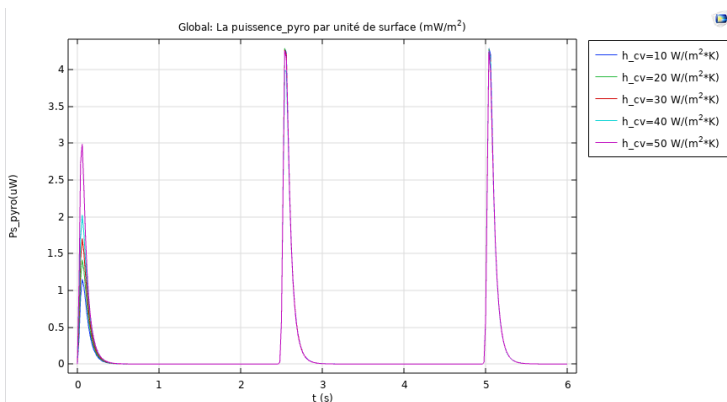


Figure: Impact de h_{cv} .

L'effet pyroélectrique : Modèle, simulation et expérience

Expérience de la récupération d'énergie par l'effet pyroélectrique

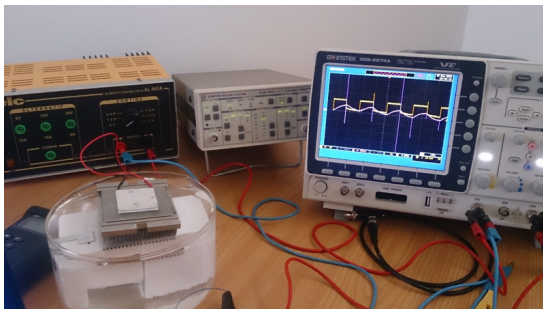


Figure: Éléments de l'expérience.

L'effet pyroélectrique : Modèle, simulation et expérience

Expérience de la récupération d'énergie par l'effet pyroélectrique

Description de l'expérience 1:

En utilisant la surface chaude de la thermoélectrique

- Cycle 1 : la température s'élève de 27 °C à 30 °C.
- Cycle 2 : La deuxième 5 seconde on éteint la thermoélectrique.

L'effet pyroélectrique : Modèle, simulation et expérience

Expérience de la récupération d'énergie par l'effet pyroélectrique

Résultat de l'expérience:

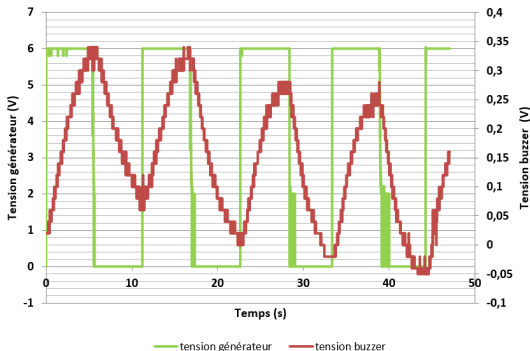


Figure: Potentiel récupéré en fonction du temps

L'effet pyroélectrique : Modèle, simulation et expérience

Expérience de la récupération d'énergie par l'effet pyroélectrique

Description de l'expérience 2:

En utilisant la surface froide de la thermoélectrique

- Cycle 1 : la température diminue de 27 °C à 24 °C.
- Cycle 2 : la température revient à son état initial.

L'effet pyroélectrique : Modèle, simulation et expérience

Expérience de la récupération d'énergie par l'effet pyroélectrique

Résultat de l'expérience:

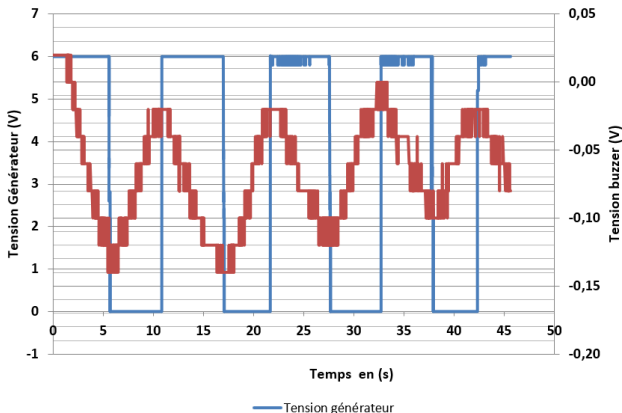


Figure: Potentiel récupéré en fonction du temps

L'effet pyroélectrique : Modèle, simulation et expérience

Conclusion.

L'effet pyroélectrique : Modèle, simulation et expérience

Conclusion.

- Le nombre de charges liées dans un cristal de liaison ionique-covalente peut varier sous l'effet des fluctuations thermiques.

L'effet pyroélectrique : Modèle, simulation et expérience

Conclusion.

- Le nombre de charges liées dans un cristal de liaison ionique-covalente peut varier sous l'effet des fluctuations thermiques.
- Le taux de variation de la température est le facteur dominant pour obtenir une réponse pyroélectrique importante.

L'effet pyroélectrique : Modèle, simulation et expérience

Conclusion.

- Le nombre de charges liées dans un cristal de liaison ionique-covalente peut varier sous l'effet des fluctuations thermiques.
- Le taux de variation de la température est le facteur dominant pour obtenir une réponse pyroélectrique importante.
- La valeur fixe du coefficient pyroélectrique élimine l'impact de l'épaisseur.

L'effet pyroélectrique : Modèle, simulation et expérience

Conclusion.

- Le nombre de charges liées dans un cristal de liaison ionique-covalente peut varier sous l'effet des fluctuations thermiques.
- Le taux de variation de la température est le facteur dominant pour obtenir une réponse pyroélectrique importante.
- La valeur fixe du coefficient pyroélectrique élimine l'impact de l'épaisseur.
- Expérimentalement, l'augmentation de la température du Buzzer de 3°C pendant 5 secondes génère un potentiel de 340 mV.

Application de l'effet pyroélectrique

Détecteur autonome de niveau d'un fluide chaud

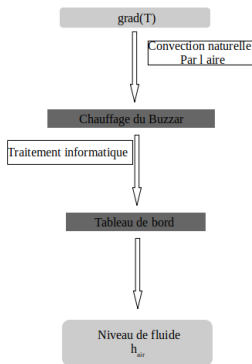


Figure: Concept du détecteur.

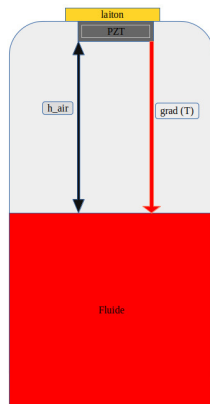


Figure: Configuration plane du système étudié.

Application de l'effet pyroélectrique

Détecteur autonome de niveau d'un fluide chaud

Simulation du détecteur de niveau : description

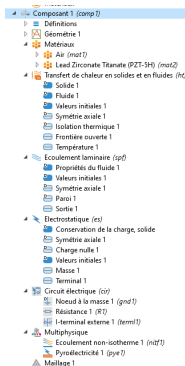


Figure: Physiques utilisées dans la simulation.

Application de l'effet pyroélectrique

Simulation de détecteur de niveau

Résultats : Variations temporelles de la température au centre du Buzzer pour $T_{fixe}=400.15K$.

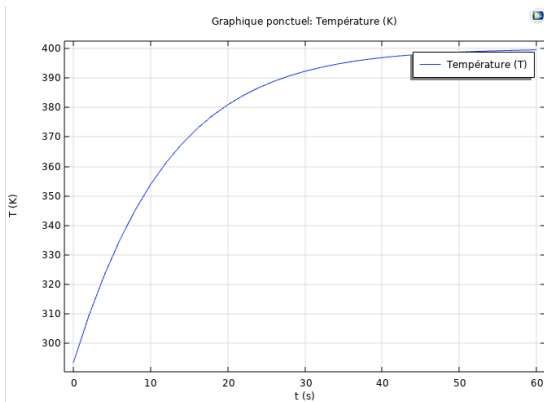


Figure: $h_{air}=1mm$.

Application de l'effet pyroélectrique

Simulation de détecteur de niveau

Résultats : Variations temporelles de la température au centre du Buzzer pour $T_{fixe}=400.15K$.

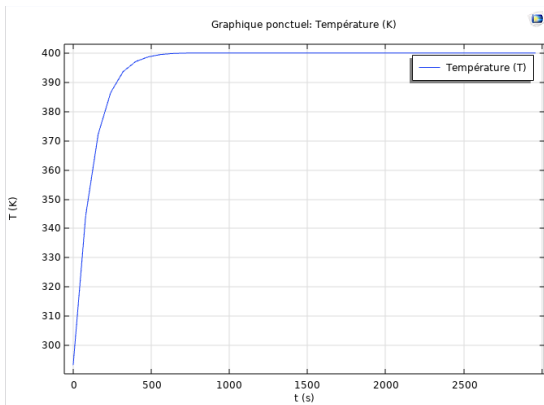


Figure: $h_{air}=10mm$.

Application de l'effet pyroélectrique

Simulation de détecteur de niveau

Résultats : Variation temporelle du courant.

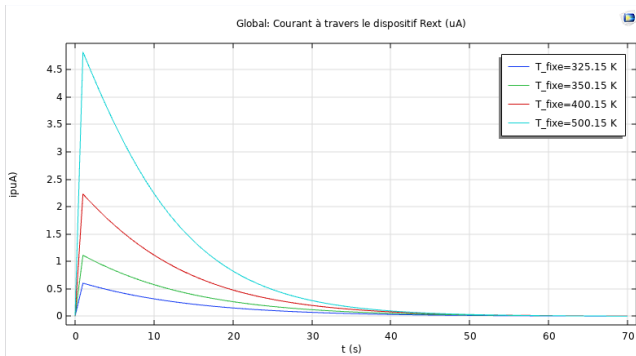


Figure: L'intensité de courant qui traverse R_{ext} : $h_{air}=1\text{mm}$

Application de l'effet pyroélectrique

Simulation de détecteur de niveau

Résultats : Variation temporelle du courant.

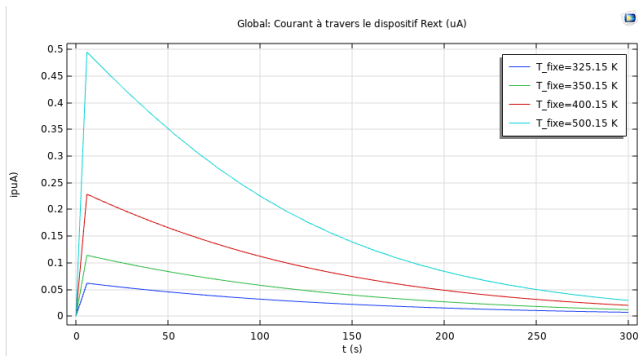


Figure: L'intensité de courant qui traverse R_{ext} : (b) $h_{air}=10\text{mm}$.

Application de l'effet pyroélectrique

Simulation de détecteur de niveau

Application des résultats:

Pour: $T_{fixe} = 400.15K$, et R donné

$h_{air}(mm)$	$i_{pmax}(\mu A)$	$V_{pmax}(mV)$
0.1	11.5	1150
1	2.25	250
5	0.44	44
10	0.23	23
50	0.043	4.3
100	0.02	2

Table: Valeurs maximales du courant i_p et v_p pour différentes hauteurs.

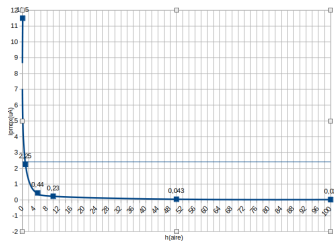


Figure: l'intensité maximale i_p en fonction de h_{air} .

Application de l'effet pyroélectrique

Conclusion

Application de l'effet pyroélectrique

Conclusion

- L'écoulement d'un fluide rend la conversion pyroélectrique possible même par un gradient spatial de température.
- La réponse pyroélectrique dépend de la hauteur d'air et ΔT .
- Le traitement des résultats électriques nous informe sur le niveau du fluide chaud.

Application de l'effet pyroélectrique

Conclusion

- L'écoulement d'un fluide rend la conversion pyroélectrique possible même par un gradient spatial de température.
- La réponse pyroélectrique dépend de la hauteur d'air et ΔT .
- Le traitement des résultats électriques nous informe sur le niveau du fluide chaud.

Perspectives

Application de l'effet pyroélectrique

Conclusion

- L'écoulement d'un fluide rend la conversion pyroélectrique possible même par un gradient spatial de température.
- La réponse pyroélectrique dépend de la hauteur d'air et ΔT .
- Le traitement des résultats électriques nous informe sur le niveau du fluide chaud.

Perspectives

- Étude de l'impact de la viscosité du fluide.
- Étude de l'impact du type d'écoulement de l'air.
- Prendre en compte la contribution de la dilatation thermique de PZT.
- Étude de la fiabilité d'autres matériaux son plomb.

Conclusion générale

Conclusion générale

- La transition structurelle, observée pour un matériau pyroélectrique sous l'effet de l'excitation thermique, diminue le nombre des charges liées.

Conclusion générale

- La transition structurelle, observée pour un matériau pyroélectrique sous l'effet de l'excitation thermique, diminue le nombre des charges liées.
- L'effet pyroélectrique résulte d'une variation de la polarisation.

Conclusion générale

- La transition structurelle, observée pour un matériau pyroélectrique sous l'effet de l'excitation thermique, diminue le nombre des charges liées.
- L'effet pyroélectrique résulte d'une variation de la polarisation.
- L'écoulement d'un fluide donne lieu à la pyroélectricité, même en présence d'un gradient spatial de température.

Conclusion générale

- La transition structurelle, observée pour un matériau pyroélectrique sous l'effet de l'excitation thermique, diminue le nombre des charges liées.
- L'effet pyroélectrique résulte d'une variation de la polarisation.
- L'écoulement d'un fluide donne lieu à la pyroélectricité, même en présence d'un gradient spatial de température.
- La récupération d'énergie issue de la convection de l'air à l'intérieur d'un réservoir nous permet de développer un détecteur de niveau.

Références



[1] S. Orlowska, "Thèse: Conception et prédiction des caractéristiques diélectriques des matériaux composites," 2003.



[2] H. Reinisch, S. Gruber, H. Unterassinger, M. Wiessflecker, G. Hofer, W. Pribyl, G.

Holweg, An electromagnetic energy harvesting system with 190 nw idle mode power consumption for a baw based wireless sensor node, IEEE Journal of solid-state circuits 46 (7) (2011) 1728–1741.



[3] R. Perrin, J. P. Scharff, Chimie industrielle, 632, 639, 640, (1999).



[4] E. DEFAÏ, Thèse de doctorat. Université de Lyon, (1999)



[5] J. Safioui, Nouvelle technique de photo-inscription dans linbo3 : autofocalisation contrôlée par effet pyroélectrique, Thèse de doctorat, Université de Franche-C

.

**MERCI
POUR
VOTRE
ATTENTION**