



**HAL**  
open science

## **Note de synthèse pour bien démarrer avec la réalisation de transducteurs piézoélectriques en Sel de Rochelle (avec électrodes)**

Etienne Lemaire, Atilla Atli

### **► To cite this version:**

Etienne Lemaire, Atilla Atli. Note de synthèse pour bien démarrer avec la réalisation de transducteurs piézoélectriques en Sel de Rochelle (avec électrodes). 2021. <hal-03130122>

**HAL Id: hal-03130122**

**<https://hal.science/hal-03130122v1>**

Preprint submitted on 3 Feb 2021

**HAL** is a multi-disciplinary open access archive for the deposit and dissemination of scientific research documents, whether they are published or not. The documents may come from teaching and research institutions in France or abroad, or from public or private research centers.

L'archive ouverte pluridisciplinaire **HAL**, est destinée au dépôt et à la diffusion de documents scientifiques de niveau recherche, publiés ou non, émanant des établissements d'enseignement et de recherche français ou étrangers, des laboratoires publics ou privés.



HAL Authorization

# Note de synthèse pour bien démarrer avec la réalisation de transducteurs piézoélectriques en Sel de Rochelle (avec électrodes)

Etienne Lemaire, Atilla Atli  
Contact : etienne.lemaire@ecam.fr  
Le 17/11/2020

## 1 - Quelques informations utiles et remarques d'ordre générales :

Tout d'abord, la lecture des fiches *wikipedia* de [Sel de Seignette](#) (sel de Rochelle) ou « [Rochelle salt](#) » (RS) en anglais contiennent un certain niveau d'information pour commencer à travailler sur ce sujet. La masse volumique de  $1767 \text{ kg.m}^{-3}$  y est notamment mentionnée. Un échantillon de RS fond à  $75^\circ\text{C}$  d'après cette fiche. Des indications sur la solubilité sont données également. Mais attention, les températures indiquées ne tiennent pas compte du fait que la dissolution du RS dans l'eau est une réaction fortement endothermique. En réalité, si l'on laisse le mélange remonter à température ambiante ( $25^\circ\text{C}$ ) après dissolution, on pourra dissoudre facilement plus de 100g de RS dans 100 mL d'eau. De plus, sur *wikipedia* vous ne trouverez pas les propriétés piézoélectriques détaillées du sel de Rochelle. Ce cristal a deux température de Curie, une température basse à  $-18^\circ\text{C}$  et une « haute » à  $24^\circ\text{C}$ <sup>1</sup>. Suivant la gamme de température le cristal présente une phase orthorhombique ou monoclinique<sup>2</sup>

Plusieurs éléments à prendre en compte concernant les propriétés piézoélectriques du sel de Rochelle :

- Piézoélectricité fortement dépendante de la température et existante jusqu'à maximum  $45^\circ\text{C}$ <sup>3</sup>.
- Piézoélectricité sur plusieurs axes cristallographiques avec des coefficients très différents suivant l'orientation<sup>4</sup>.
- La modélisation du matériau piézoélectrique est complexe<sup>5</sup>.

Finalement il est relativement aisé de fabriquer des cristaux de sels de Rochelle (par exemple dans sa cuisine<sup>6</sup>). Pourtant les cristaux obtenus peuvent faire l'objet d'expérimentations scientifiques avancées<sup>7</sup> (ex : spectroscopie d'impédance à différentes températures, suivant différents axes cristallographiques, etc.). A la suite sont détaillées quelques informations pratiques pour mettre en œuvre des échantillons à base de sel de Rochelle avec des électrodes.

---

<sup>1</sup> Mason, W. P. (1947). Theory of the ferroelectric effect and clamped dielectric constant of rochelle salt. *Physical Review*, 72(9), 854. [DOI](#)

<sup>2</sup> Levitskii, R. R., Zachek, I. R., & Moina, A. P. (2005). Monoclinic elastic and piezoelectric properties of Rochelle salt. Description within the modified Mitsui model. *Condensed Matter Physics*. [PDF](#)

<sup>3</sup> Valasek, J. (1922). Piezo-electric activity of Rochelle salt under various conditions. *Physical Review*, 19(5), 478., [PDF](#)

<sup>4</sup>Rochelle Salt properties, efunda.com :

[https://www.efunda.com/materials/piezo/material\\_data/matdata\\_output.cfm?Material\\_ID=Rochelle\\_Salt](https://www.efunda.com/materials/piezo/material_data/matdata_output.cfm?Material_ID=Rochelle_Salt)

<sup>5</sup>Andrusyk, A. (2011). Piezoelectric effect in Rochelle salt. *Ferroelectrics-Physical Effects*, 195. [PDF](#)

<sup>6</sup>Make Rochelle Salt by MakerIan : <https://www.instructables.com/Make-Rochelle-Salt/>

<sup>7</sup> Lemaire, E., Thuau, D., Souêtre, M., Zgainski, L., Royet, A., & Atli, A. (2020). Revisiting two piezoelectric salts within an eco-design paradigm for sensors and actuators applications. *Sensors and Actuators A: Physical*, 318, 112483. [PDF](#).

## 2 - Quelques informations pratiques pour préparer des échantillons piézoélectriques avec électrodes :

Comme indiqué dans bon nombre de tutoriels, pour faire croître des cristaux de sels de Rochelle de taille importante, il faut le faire en deux temps. Une première cristallisation (dans une solution saturée) va permettre de produire des cristaux de petites tailles, des amorces. On peut ensuite en sélectionner quelques-unes pour une croissance cristalline qui donnera des monocristaux de taille plus importante (Figure 1). Cette deuxième étape peut être faite au réfrigérateur, avec une solution légèrement sous saturée<sup>8</sup> à température ambiante afin de favoriser une lente croissance monocristalline.

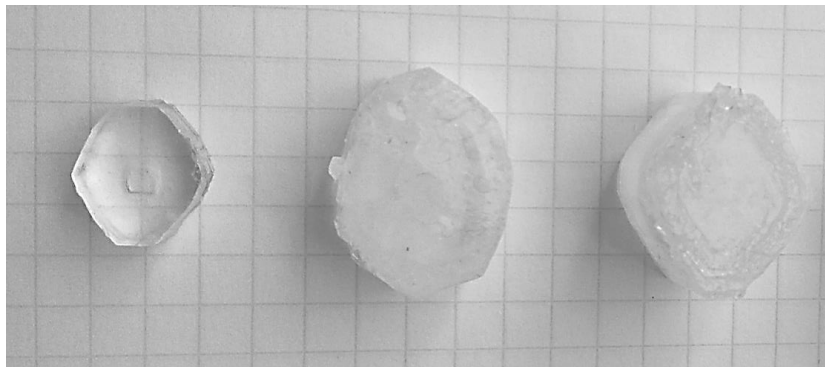


Figure 1 – exemple de cristaux de sel de Rochelle de taille centimétrique.

Une fois que l'on a obtenu un cristal de sel de Rochelle conséquent, il est nécessaire d'étudier son orientation cristallographique. Il est relativement aisé de sélectionner un cristal qui présente une surface maximale normale à l'axe X de la Figure 2-a. Ceci, afin de pouvoir ensuite polariser électriquement le cristal suivant cet axe cristallographique. Pour maximiser le champ appliqué et obtenir une bonne capacité électrique, le cristal peut être aminci (exemple de cristal aminci sur la Figure 2-b). Un polissage soigneux peut être réalisé de manière à obtenir un échantillon mince (par exemple d'environ 1 mm d'épaisseur) avec deux surfaces en regards (par exemple d'environ 1 cm<sup>2</sup>).

Ensuite il faut déposer une électrode sur chaque face du cristal. Pour cela une solution simple est d'utiliser une encre conductrice qui sèche à température ambiante (ex : *Electric paint*, de Bare Conductive). De fins fils conducteurs peuvent également être pris au piège dans la couche d'encre pour assurer une bonne connexion électrique avec les électrodes de l'échantillon (Figure 3.a). Afin d'homogénéiser le potentiel électrique en surface de chaque électrode, un film d'aluminium (ex : de papier aluminium commercial) peut aussi être déposé sur la couche d'encre. Afin de fournir une première caractérisation du cristal aminci avec ses électrodes, un spectre d'impédance peut être fait (Figure 3.b). Celui-ci est alors caractéristique d'un échantillon piézoélectrique.

Les cristaux de sel de Rochelle sont fragiles d'un point de vue mécanique (cassant comme le quartz par exemple). Une encapsulation du cristal, l'élaboration d'un composite ou d'un renforcement mécanique par un enrobant est donc possible à envisager. Ceci implique une bonne adhésion avec le matériau considéré.

Le sel de Rochelle est aussi déléscence, il se dégrade avec la lumière, l'humidité et la température. Ainsi, au bout de plusieurs jours, semaines ou mois, suivant les conditions environnementales, de petites taches blanchâtre peuvent apparaître à la surface des cristaux. Avec le temps, ces taches recouvriront l'intégralité du cristal s'il n'est pas protégé (par une peinture, un enrobant, ou autre). Une manière

<sup>8</sup> Ajouter 10% (massique) d'eau dans la solution saturée à température ambiante.

d'allonger la durée de vie des échantillons à base de sel de Rochelle est donc de les encapsuler. Les électrodes peuvent constituer une protection relativement couvrante de l'échantillon. La protection dans le volume et le renforcement mécanique de l'échantillon peuvent être obtenus en faisant croître le cristal dans une capsule, un tubulaire ou à travers une matrice polymérique (c'est l'option choisie dans nos travaux incorporant du RS dans du papier<sup>9</sup>, du bois<sup>10</sup> ou du PLA<sup>11</sup>). Pour la réalisation d'un transducteur (acoustique par exemple), le couplage électromécanique entre déformation du matériau et polarisation électrique peut donc être optimisé en améliorant l'intégration et l'adhésion du sel de Rochelle avec l'élément mobile ou vibrant du transducteur. Nous avons constaté qu'un dispositif stabilisé et correctement protégé peut fonctionner plusieurs années dans des conditions environnementales d'intérieur suffisamment satisfaisantes (ex : intervalles de températures de [15-35] °C et d'humidité relative de [30-80]%).

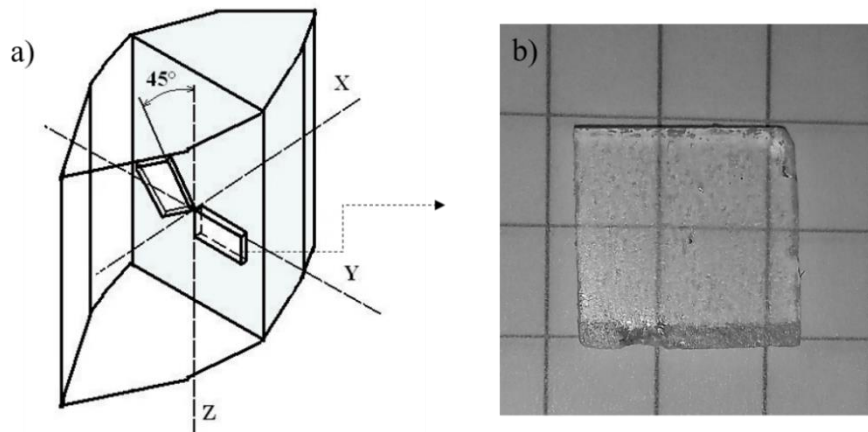


Figure 2 – a) Axes cristallographique du sel de Rochelle, b) tranche de cristal amincie (photo prise suivant l'axe de taille centimétrique X : axe normal à l'échantillon).

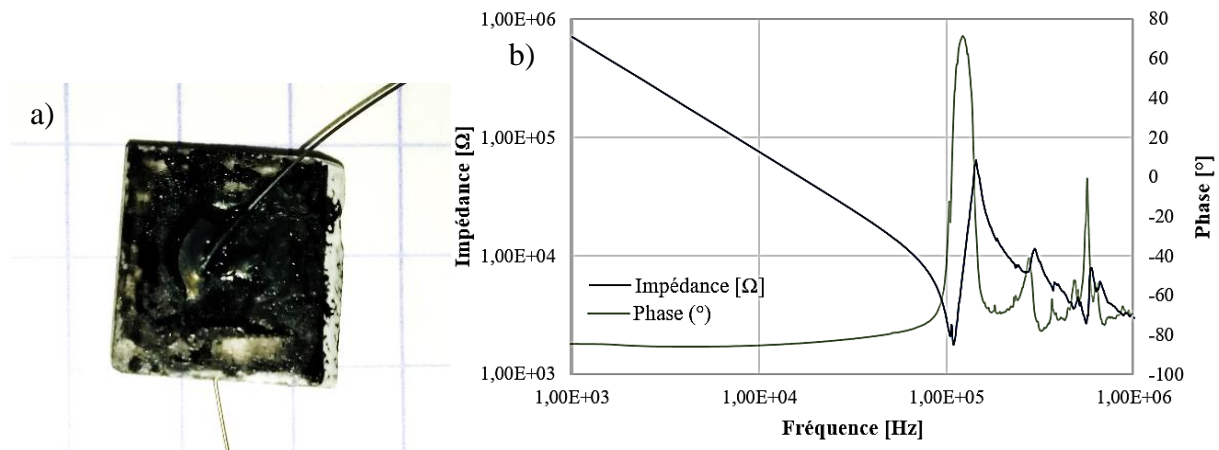


Figure 3 – a) Image et b) Spectre d'impédance  $Z[\Omega]/\theta(^{\circ})$  d'une tranche de cristal amincie avec électrodes de peinture conductrice.

<sup>9</sup> Lemaire, E., Moser, R., Borsa, C. J., & Briand, D. (2016). Green paper-based piezoelectronics for sensors and actuators. *Sensors and Actuators A: Physical*, 244, 285-291. [PDF](#)

<sup>10</sup> Lemaire, E., Ayela, C., & Atli, A. (2018). Eco-friendly materials for large area piezoelectronics: self-oriented Rochelle salt in wood. *Smart Materials and Structures*, 27(2), 025005. [PDF](#)

<sup>11</sup> Lemaire, E., De Vault, J. B., Vaissiere, N., Delin, T., & Atli, A. (2020, September). "Fablab ready" 3D printed piezoelectric composites. In *IWPMA2020, 17. International Workshop on Piezoelectric Materials and Applications in Actuators*. [PDF](#)