

# Master MIR, semestre 4

## Examen Microsystèmes Acoustiques

### Transducteurs à ondes élastiques

1<sup>er</sup> mars 2020

Durée : 2 heures – Tous documents autorisés, pas de communication ni téléphones portables.

## 1 Résonateurs pour mesure sans fil de capteurs passifs

T. Ostertag (RSSI GmbH) a proposé d'utiliser des résonateurs à onde de volume pour une mesure sans fil de capteurs passifs. Ce dispositif est favorablement réalisé en quartz, dans lequel l'onde transverse se propage à peu près à 5000 m/s.

1. Compte tenu des normes radiofréquences qui n'autorisent à émettre qu'autour de 434 MHz ou 2400 MHz, quelles sont les dimensions caractéristiques du transducteur fonctionnant à ces fréquences ? De tels dispositifs sont-ils technologiquement réalisables ? Argumenter.

Au vu de la contrainte identifiée ci-dessus, il a été proposé d'abaisser la fréquence de fonctionnement du dispositif à onde élastique à 10 MHz et sonder la réponse du transducteur par une porteuse (à 434 MHz ou à 2400 MHz) modulée en amplitude à 10 MHz.

2. Comment démoduler l'onde modulée en amplitude pour restituer le signal modulant et éliminer la porteuse ? Quel composant permet cette opération ?
3. Quelle propriété fondamentale permettant à un dispositif piézoélectrique de répondre à une sollicitation d'une onde électromagnétique incidente, quelle que soit sa puissance, est perdue par ce processus de démodulation ?

Le quartz présente des propriétés intrinsèques de pertes viscoélastiques dont la contribution croît avec la fréquence qui limite le produit  $Q \times f$  du facteur de qualité par la fréquence de l'onde élastique qui s'y propage à  $10^{13}$  Hz.

4. Quelle conséquence a l'évolution du facteur de qualité sur la constante de temps de la réponse impulsionnelle du transducteur avec le passage d'une fréquence de fonctionnement de 2400 MHz à 10 MHz ?
5. Sachant que l'électronique de mesure de ces dispositifs, s'apparentant à un RADAR monostatique, ne peut commuter son étage d'émission vers son étage de réception qu'en  $1 \mu\text{s}$ , quelle solution semble la plus appropriée ?
6. Quel serait le bénéfice de travailler à 434 MHz dans ces conditions, en omettant toute considération de réalisation technologique ?
7. Ce capteur est plongé dans l'eau : quelle est la conséquence sur la capacité de mesure sans fil compte tenu des paramètres analysés jusqu'ici ?

## 2 Conception d'un dispositif à ondes élastiques de surface

White et Voltmer ont proposé en 1965 d'exciter des ondes élastiques de surface en déposant des électrodes interdigitées sur un substrat piézoélectrique afin de lever les limitations constatées dans la première question.

8. Expliquer brièvement le principe de fonctionnement d'un transducteur à peignes interdigités.
9. En quoi le passage d'une onde de volume à une onde de surface résout-il le problème identifié dans la première question ?

Il est possible de modéliser en première approximation les ondes élastiques générées par ces transducteurs sous la forme d'ondes planes monochromatiques se propageant sous les électrodes à la vitesse  $v$ .

10. Comment exprimer le retard temporel induit par le temps de propagation de l'onde de la première à la  $N$ ème électrode ? En déduire une expression du courant (ou, à l'impédance près, du potentiel) sur le bus connectant les électrodes du transducteur.

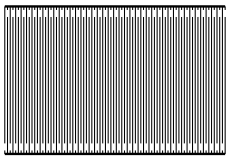
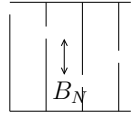
recouvrement  $B_N$  d'une électrode avec la suivante,

11. Compléter l'expression précédente avec une contribution de pondération de chaque électrode à l'expression globale. Quelle fonction numérique vous rappelle-t-elle ?

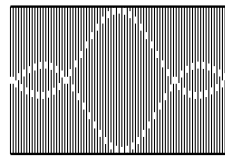
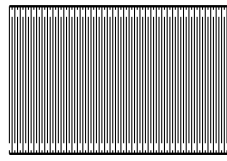
12. Quelle est la forme de la fonction de transfert résultante ?

13. Quelle est la fonction de transfert (spectrale) d'un recouvrement uniforme des électrodes adjacentes ?

14. Quel motif de recouvrement des électrodes adjacentes permet-il d'obtenir un filtre de pondération spectrale rectangulaire ?



(a)



(b)

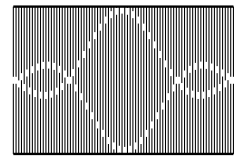


FIGURE 1 – Exemples de transducteurs interdigités (a) présentant un recouvrement uniforme des électrodes adjacentes et (b) présentant une pondération de la fonction de recouvrement.