

# Résonateurs magnétiques pour la localisation des actifs souterrains



Explorer les dernières technologies qui permettent d'améliorer les capacités de marquage des chemins.

Ziyad Doany<sup>1</sup>, Frank van Meijl<sup>2</sup>

Mai 2022

<sup>1</sup> Division des marchés des produits électriques, 3M Austin, États-Unis

<sup>2</sup> Division des marchés des produits électriques, 3M Deutschland GmbH, Neuss, Allemagne

# Sommaire

L'objectif de ce livre blanc est d'examiner le principe de fonctionnement et les caractéristiques intrinsèques d'un résonateur magnéto-acoustique ou magnéto-mécanique dans le cadre de son utilisation pour une solution de marquage électronique des chemins pour les services publics souterrains. Les résonateurs magnéto-mécaniques (MM), contrairement aux résonateurs électromagnétiques (EM), sont facilement modulables en longueur pour l'accordage. Ils se composent de seulement deux éléments : un ruban amorphe et des aimants au néodyme à l'intérieur d'un boîtier en plastique polyéthylène haute densité (PEHD), avec un facteur de forme long et fin qui peut être collé sur du ruban ou des conduits, offrant ainsi une solution à moindre coût pour marquer le chemin des infrastructures souterraines.

Les marqueurs ou étiquettes électroniques de marquage des chemins éliminent pratiquement le besoin de points d'accès utilisés pour appliquer un signal d'émetteur sur un fil traceur ou un câble métallique avant de localiser son chemin. Les résonateurs électroniques de marquage sont passifs (aucune pile) et sont détectables sous terre avec un localisateur compatible.

Cette nouvelle avancée technologique des résonateurs souterrains permet une extension naturelle de la télédétection pour les services publics souterrains qui peuvent mesurer divers attributs, tels que la température, la présence d'eau, la pression ou autre, en utilisant la même technologie de localisation. Les étiquettes de marquage des chemins peuvent être utilisées en combinaison avec des marqueurs d'identification par radiofréquence (IRF) ponctuels pour une protection avancée des actifs, une gestion des actifs et des solutions cartographiques.

# Table des matières

Explorer les dernières technologies qui permettent d'améliorer les capacités de marquage des chemins.

<b>Introduction . . . . .</b>	<b>4</b>
<b>Systèmes de marquage électronique . . . . .</b>	<b>4</b>
<b>Usages et avantages . . . . .</b>	<b>5</b>
<b>Tous les services publics ont-ils besoin d'un marquage des chemins? . . . . .</b>	<b>6</b>
<b>Types de marqueurs de chemins électroniques . . . . .</b>	<b>7</b>
<b>Méthodologie . . . . .</b>	<b>8</b>
<b>Détermination de l'axe de fonctionnement nécessaire . . . . .</b>	<b>8</b>
<b>Sélection du type de résonateur . . . . .</b>	<b>8</b>
<b>Principe de résonance électromagnétique vs magnéto-mécanique . . . . .</b>	<b>8</b>
<b>Résonateurs magnéto-mécaniques . . . . .</b>	<b>10</b>
<b>Construction du résonateur électromagnétique vs magnéto-mécanique . . . . .</b>	<b>10</b>
<b>Signal du marqueur électronique par rapport à la distance . . . . .</b>	<b>10</b>
<b>Influence du champ magnétique terrestre . . . . .</b>	<b>11</b>
<b>Un nouveau résonateur magnéto-mécanique pour le marquage des chemins . . . . .</b>	<b>11</b>
<b>Une nouvelle conception à rendement de pointe . . . . .</b>	<b>12</b>
<b>Résultats . . . . .</b>	<b>13</b>
<b>Contraintes environnementales . . . . .</b>	<b>13</b>
<b>Effet du champ magnétique terrestre . . . . .</b>	<b>13</b>
<b>Conclusion . . . . .</b>	<b>15</b>
<b>Bibliographie . . . . .</b>	<b>16</b>

# Introduction

**Les marqueurs électroniques sont des dispositifs de résonance passive détectables, enterrés le long des actifs de services publics pour marquer des points d'intérêt spécifiques dans le but d'informer un technicien des services publics de l'emplacement d'un marqueur, afin qu'il puisse prévenir les dommages ou accéder à un actif pour l'entretenir ou le réparer.**

## Systèmes de marquage électronique

Un localisateur portatif est utilisé pour localiser l'emplacement exact d'un marqueur souterrain aux fins susmentionnées. Le dispositif de localisation émet un champ magnétique local à une fréquence qui correspond à celle du résonateur souterrain pendant une très brève période, suffisante pour exciter l'élément du résonateur souterrain, puis il cesse son émission et écoute tout champ magnétique réfléchi par le dispositif souterrain. Le signal reçu provenant du résonateur souterrain est indiqué par une valeur numérique et des moyens audibles.

Un opérateur déplace généralement le localisateur pour repérer la position du signal maximal, qui se trouvera au-dessus du marqueur souterrain.

Le système comportant le localisateur et le marqueur électronique est généralement connu sous le nom de système de marquage électronique (SME). Consulter les figures 1 et 2.



Figure 1 : Quelques exemples de Localiseurs Dynatel<sup>MC</sup> 3M<sup>MC</sup> de Série X



Figure 2 : Quelques exemples de Marqueurs de points 3M<sup>MC</sup>



## Usages et avantages

La technologie de marquage électronique a été utilisée pour la première fois pour le marquage des actifs souterrains au milieu des années 1970 aux États-Unis. Les marqueurs électroniques souterrains fonctionnent dans la plage des très basses fréquences, inférieures à 170 kHz. Cette plage de fréquences présente une perte de signal minimale dans un sol humide. Des marqueurs à fréquence unique ont été utilisés pour identifier chaque service public. Au cours des deux dernières décennies, l'identification par radiofréquence (IRF) a été ajoutée comme option permettant l'identification d'un point d'intérêt spécifique, comme une épissure ou une vanne particulière, etc. L'IRF fournit les emplacements de marquage physiques qui sont liés à un système de cartographie SIG/GPS pour une gestion avancée des actifs.

Une extension naturelle au marqueur de point décrit ci-dessus était les dispositifs de marquage électronique pour marquer le chemin. Les produits de marquage des chemins figurent sur des rubans indicateurs comme le montre la figure 3.

La méthode standard de localisation d'un chemin de câbles souterrains consiste à utiliser un émetteur qui applique un signal CA au câble cible par conduction ou par induction et qui utilise la terre pour le courant de retour. Un circuit fermé est nécessaire pour localiser le câble cible. Le signal CA appliqué génère un champ magnétique autour du conducteur souterrain, le rendant détectable avec un récepteur portatif compatible. Un technicien utilise un localisateur accordé sur le signal CA appliqué, se promène et cherche l'indication d'un maximum local, ou équivalent, où pourrait être situé un conducteur souterrain transportant une partie du courant transmis. Souvent, les courants de retour à la terre sur des conducteurs adjacents peuvent causer des erreurs importantes ou déceler un service public incorrect. Dans le pire des cas, si le câble cible est électriquement ouvert et ne peut créer un circuit électrique fermé, le courant de l'émetteur ne peut circuler que par une capacité parasite entre le câble et la terre, ce qui peut empêcher la détection de l'emplacement du câble souterrain.



Figure 3 : Exemple de Ruban indicateur de système de marquage électronique (SME) 3M<sup>MC</sup> de Série 7900

# Tous les services publics ont-ils besoin d'un marquage des chemins?

Il a été démontré que les résonateurs magnéto-mécaniques, construits comme le montre la figure 4, sont utilisés pour le marquage des chemins et sont suffisamment robustes pour supporter une installation difficile lorsqu'ils sont logés dans un boîtier en polyéthylène à haute densité.

La figure 5 montre une coupe transversale du diagramme directionnel de détection des marqueurs de chemins sous forme d'arcs lorsqu'ils sont espacés de 2,4 m.

La figure 6 montre une vue de dessus du diagramme directionnel de détection du signal à l'aide d'un localisateur portatif lorsque les marqueurs de chemins sont enterrés à 1,2 m de profondeur et placés à tous les 2,4 m. Veuillez noter qu'il est possible de parcourir des distances illimitées avec le marquage électronique des chemins, pour autant que le ruban de marquage soit installé!

Depuis quelques années, le produit en développement le Tuyau en plastique intrinsèquement localisable 3M<sup>MC</sup> a été évalué sur le terrain par plusieurs compagnies gazières aux États-Unis. Le Tuyau en plastique intrinsèquement localisable 3M<sup>MC</sup> est basé sur les nouveaux résonateurs magnéto-mécaniques comme le montre la figure 4. L'objectif de cet effort de recherche était d'atténuer les dommages subis par les pipelines de tiers et a abouti à un résultat positif<sup>1</sup>.

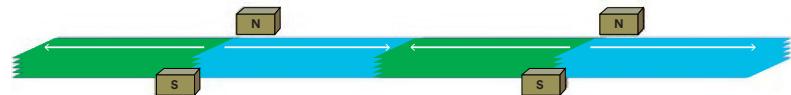


Figure 4 : Nouveau résonateur magnéto-mécanique doté de 5 rubans et 4 aimants

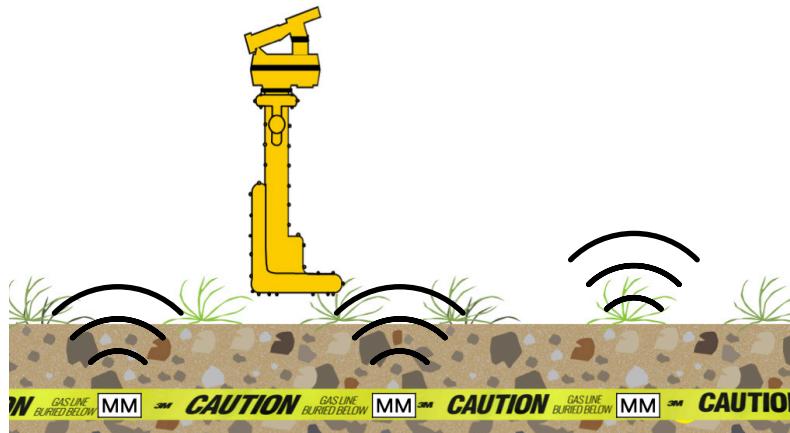


Figure 5 : Diagramme directionnel du signal en coupe transversale au-dessus des marqueurs de chemins. Les marqueurs de chemins sont indiqués par « MM » sur le ruban indicateur du SME.

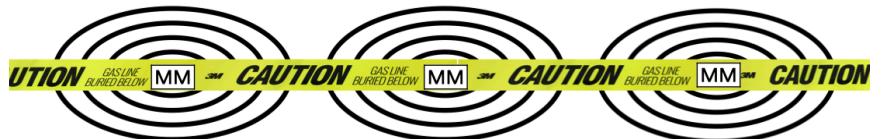


Figure 6 : Vue de dessus du diagramme directionnel de détection des marqueurs de chemins

<sup>1</sup> Operations Technology Development (« OTD »), Gas Technology Institute (« GTI ») et 3M. « Intrinsically Locatable Technology for Plastic Piping Systems », DOT des É.-U., n° de contrat DTPH56-15-T-00019. Rapport public publié en février 2018. <https://primis.phmsa.dot.gov/matrix/prjHome.rdm?prj=654>



## Types de marqueurs de chemins électroniques

Il existe deux types de marqueurs à forme allongée pour les utilisations de marquage des chemins. L'un utilise une antenne à noyau de ferrite enroulée avec un condensateur d'accordage (résonateur LC), et l'autre est un résonateur matériel à accordage magnéto-mécanique. Lorsque les marqueurs de chemins sont utilisés, ils rendent ce segment de service public intrinsèquement localisable, de sorte que l'utilisateur du marquage des chemins n'a pas besoin de se connecter au service public pour appliquer un signal d'émetteur.

# Méthodologie

Le rendement du nouveau résonateur est évalué en fonction de l'influence de son environnement, de sa stabilité et de sa longévité. En outre, le facteur de forme approprié est évalué, ainsi que la possibilité de le fabriquer et la rétrocompatibilité.

## Détermination de l'axe de fonctionnement nécessaire

Les marqueurs électroniques utilisés pour le marquage des chemins sont généralement placés tous les 2,4 m. Ils ont un facteur de forme longue afin qu'ils puissent être placés à plat le long du câble, du conduit ou du tuyau et ils doivent fonctionner normalement à chaque angle de rotation autour de l'axe long. Par conséquent, les formes d'antenne à tige de ferrite des marqueurs LC et les types de résonateurs magnéto-mécaniques sont utilisés pour le marquage des chemins. Pour détecter un marqueur de forme longue posé horizontalement, il est préférable d'utiliser la même orientation horizontale correspondante dans les antennes du détecteur. Cela permettra une détection maximale du signal directement au-dessus du marqueur.

## Sélection du type de résonateur

Les dispositifs de résonance utilisés aujourd'hui sont en grande partie basés sur des résonateurs électromagnétiques tels qu'un circuit résonnant LC (L est un élément inductif tel qu'une bobine d'air ou une antenne de ferrite et C est un condensateur d'accordage qui est sélectionné pour une fréquence de résonance spécifique).

Les critères de sélection comprennent des attributs de base, tels que la distance de détection, la stabilité au fil du temps et les conditions environnementales (température et champ magnétique terrestre), ainsi que le facteur de forme, la robustesse et le coût.

## Principe de résonance électromagnétique vs magnéto-mécanique

Les types de résonateurs offerts dans la gamme à très basses fréquences sont soit électromagnétiques, soit magnéto-mécaniques. Les résonateurs sont des dispositifs qui oscillent ou vibrent à une fréquence intrinsèque lorsqu'ils sont excités par une impulsion, comme une cloche. La figure 7 montre des résonateurs électromagnétiques pour des antennes à noyau de ferrite et à noyau d'air. L'axe de couplage magnétique pour la ferrite est le long de l'axe long de la ferrite et pour l'antenne à noyau d'air, l'axe est le long d'une direction normale à la zone de la bobine.

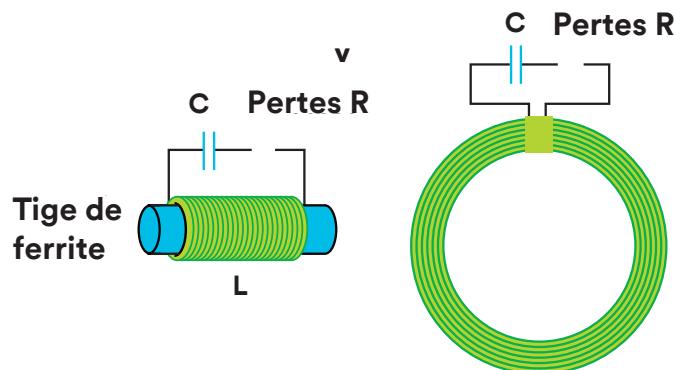
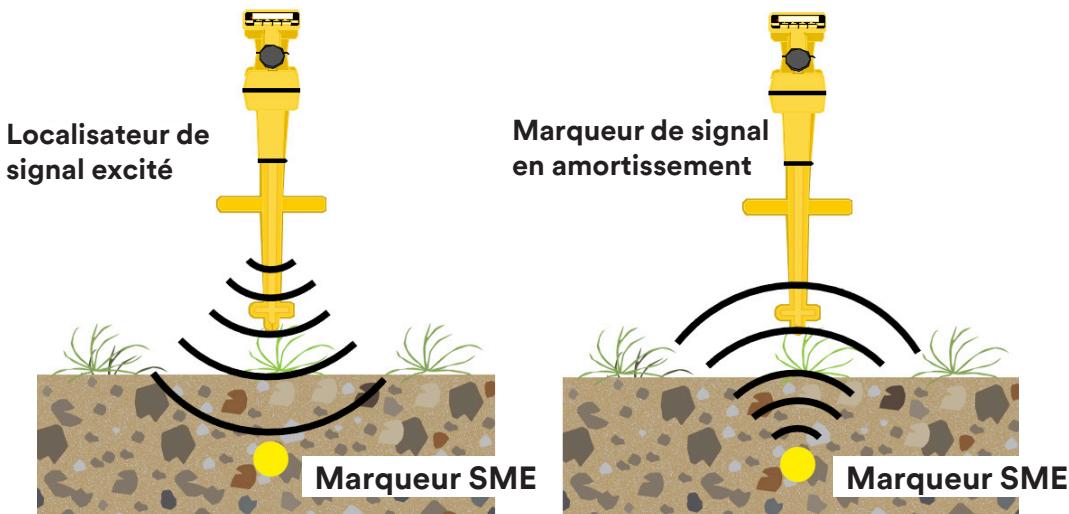


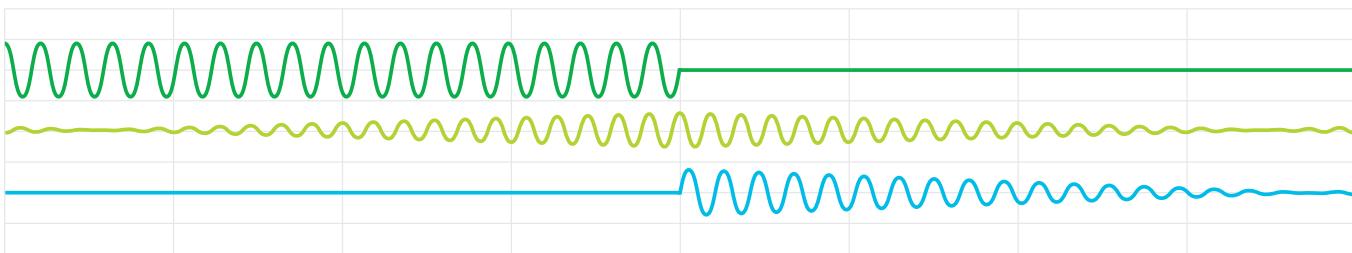
Figure 7 : Antenne à noyau de ferrite, à gauche, et antenne à noyau d'air

Un aspect important des résonateurs est leur capacité à transférer l'énergie stockée d'un état, par exemple lorsque toute l'énergie est stockée dans le condensateur, à l'autre, comme lorsque toute l'énergie est stockée dans l'inducteur, sans perdre trop d'énergie dans le processus de transfert d'énergie aller-retour. Ces résonateurs électromagnétique sont communément appelés résonateurs LC, où « L » désigne l'antenne de l'inducteur et « C » désigne le condensateur de stockage de charge. Les pertes dans le circuit électrique LC sont désignées par R et elles contrôlent Q, la qualité de résonance.

La figure 8 montre l'échange interactif de signaux entre un localisateur et un marqueur souterrain avec un axe de couplage magnétique vertical. Lorsqu'un marqueur LC est excité par un localisateur, de l'énergie s'accumule dans son circuit LC. Lorsque l'excitation s'arrête, le marqueur LC continue de résonner à sa fréquence de résonance intrinsèque avec une amplitude décroissant de façon exponentielle, dissipant ainsi toute énergie stockée. Le récepteur du localisateur analyse le signal émis par le marqueur pendant sa période d'amortissement et affiche un nombre relatif au signal reçu, comme le montre la figure 9.



**Figure 8 : Excitation et réflexion du localisateur vers le marqueur**



**Figure 9 : En haut : signal provenant du localisateur. Au milieu : signal provenant du marqueur.  
En bas : signal en amortissement provenant du marqueur.**

# Résonateurs magnéto-mécaniques

Un autre type de résonateur est le résonateur magnéto-mécanique. Dans les résonateurs magnéto-mécaniques, l'énergie est stockée dans des vibrations mécaniques excitées par un champ magnétique externe. La résonance est une fonction de la longueur du ruban, des caractéristiques du ruban, et de la polarisation du champ magnétique des aimants. Pour expliquer les résonateurs magnéto-mécaniques, nous allons d'abord nous intéresser à la magnétostriction.

La magnétostriction est une propriété des matériaux magnétiques qui les fait changer de dimension sous l'influence d'un champ magnétique. L'inverse est également vrai : si un matériau magnétique est étiré, il générera un champ magnétique. Veuillez noter qu'une inversion de 180 degrés du champ magnétique provoque le même effet de magnétostriction. Par conséquent, pour une direction positive ou négative du même champ magnétique, l'expansion dans le matériau sera la même.

Si un champ magnétique uniforme est appliqué au ruban le long de son axe longitudinal, les rubans s'étireront. L'endroit où les rubans sont pré-étirés est appelé le « point de polarisation ». Pour obtenir une résonance optimale, la quantité de pré-étirage du ruban doit être suffisamment élevée pour permettre une élasticité maximale des domaines magnétiques sans atteindre le point de saturation.

Les rubans de métal amorphe constituent un type de matériaux magnétiques ferromagnétiques utilisés pour les résonateurs. Ils sont fabriqués par trempe au goutte-à-goutte à froid d'un mélange de matériaux magnétiques fondus, ce qui donne un facteur de forme de ruban métallique fin (20 µm d'épaisseur). Si la trempe est effectuée alors que les rubans sont soumis à un champ magnétique saturant le long de l'axe transversal du ruban (dans le sens de la largeur), un axe facile est établi pour les domaines magnétiques, ce qui permet aux domaines d'avoir un état préféré de plus faible énergie. Comme le champ magnétique net du ruban est nul en raison de sa très faible rémanence magnétique, les domaines magnétiques restent dans l'axe facile, mais ils doivent changer de direction. Cette amélioration du processus a été appliquée pendant des décennies pour les étiquettes de surveillance électronique d'articles et est bien connue dans le domaine<sup>2</sup>.

Les composants du résonateur magnéto-mécanique se composent d'un ruban amorphe et d'un aimant utilisé pour polariser le ruban amorphe, comme décrit ci-dessus. Lorsqu'un champ magnétique alternatif externe est couplé à l'axe long du résonateur, les rubans s'étireront légèrement davantage lorsque le champ d'excitation est en phase avec le champ de polarisation et se rétracteront du point de polarisation lorsque le champ d'excitation s'inverse. Veuillez noter que les ondes de choc se déplacent sur la longueur du ruban à une vitesse d'environ 3 400 m/s. Comme les extrémités sont libres de bouger et de vibrer, les ondes sont réfléchies aux extrémités.

## Construction du résonateur électromagnétique vs magnéto-mécanique

Composants électromagnétiques : tige de ferrite, fil magnétique enroulé sur ferrite, condensateur, circuit imprimé électronique et boîtier avec soudure. Composants magnéto-mécaniques : ruban amorphe, aimant de polarisation et boîtier.

## Signal du marqueur électronique par rapport à la distance

Le signal de retour d'un résonateur dans la gamme de très basses fréquences est proportionnel à la puissance 6 inverse de la distance. Par exemple, un marqueur situé à 1,2 m du détecteur recevra 2 à 6 ou 64 fois moins de signal que le même marqueur situé à 0,6 m de profondeur. Par conséquent, pour multiplier par 2 la distance de détection d'un marqueur à très basse fréquence d'un quelconque type, le signal de sortie du localisateur doit être augmenté par un facteur de 64, ce qui augmente la puissance de sortie de 4 096 fois!

Veuillez noter que, bien que des fréquences beaucoup plus élevées que les très basses fréquences puissent donner des distances de détection plus longues dans l'air, la distance diminue très rapidement dans le sol humide et devient inutilisable aux profondeurs normales d'enfoncement des services publics.

<sup>2</sup>HERZER, G. « Magneto-acoustic marker for electronic article surveillance having reduced size and high signal amplitude », brevet américain 6359563 B1, mars 2001.

# Influence du champ magnétique terrestre

L'influence du champ magnétique terrestre est évaluée pour les résonateurs magnéto-mécaniques car elle déplace le champ de polarisation moyen du ruban. Un champ externe simulé a été appliqué aux résonateurs magnéto-mécaniques pour évaluer le décalage de fréquence et de gain. La stabilité de la fréquence et du gain en fonction de la température et du vieillissement constitue une évaluation courante pour les marqueurs électroniques et serait évaluée pour le nouveau résonateur magnéto-mécanique.

## Un nouveau résonateur magnéto-mécanique pour le marquage des chemins

La configuration couramment utilisée pour un résonateur magnéto-mécanique se compose d'une bande magnétisée utilisée comme polarisation pour le ruban, d'un séparateur en plastique et de quelques rubans, comme le montre la figure 10.

La longueur du ruban correspond à une demi-longueur d'onde à la résonance et les rubans sont tous polarisés dans la même direction le long de l'axe long. Tout champ statique externe décale la fréquence de résonance, ce qui produit un rendement incohérent en fonction de l'intensité du champ magnétique terrestre.

La fréquence de résonance de la vibration mécanique longitudinale d'un ruban allongé est calculée comme suit :

$L$  est la longueur,  $EH$  est le module de Young au champ de polarisation  $H$  et  $\rho$  est la densité de masse<sup>2</sup>.



**Figure 10 : Représentation artistique antérieure d'un résonateur magnéto-mécanique**

$$Fr = \frac{1}{2L} \cdot \sqrt{EH/\rho}$$

<sup>2</sup>HERZER, G. « Magneto-acoustic marker for electronic article surveillance having reduced size and high signal amplitude », brevet américain 6359563 B1, mars 2001.

# Une nouvelle conception à rendement de pointe

Une nouvelle construction de la nouvelle avancée technologique dans le domaine des résonateurs utilise plusieurs rubans et une polarisation différentielle avec des aimants permanents, une configuration qui permet d'allonger ou de raccourcir la longueur totale du résonateur en fonction du nombre de sections de demi-longueur d'onde utilisées (plus long = plus de signal = plus profond).

La nouveauté réside dans son schéma de polarisation différentielle à partir des bords latéraux d'une pile de rubans amorphes. Cela lui confère tous les avantages de stabilité et de rendement qu'il revendique. À chaque position de l'aimant, le champ de polarisation dans la pile de rubans, indiqué par des flèches jaunes dans la figure 11 ci-dessous, change de direction par rapport à la pile adjacente<sup>3</sup>.

En évaluant les effets du champ magnétique terrestre (Oe), la figure 12 illustre l'amélioration significative de la stabilité de la fréquence de résonance (Hz) du résonateur magnéto-mécanique, environ 9 fois supérieure à celle du rendement conventionnel de la représentation artistique, figure 13<sup>3</sup>. Le gain (dB) représente le signal reçu provenant du résonateur magnéto-mécanique. Selon la nouvelle représentation artistique, une section de la pile, qui correspond à une demi-longueur d'onde à la résonance, se dilate lorsqu'elle est excitée par un champ magnétique alternatif externe, car les champs externe et interne (de polarisation) sont orientés dans le même sens, tandis que la section de pile adjacente se contracte en raison des champs externe et interne (de polarisation) qui sont orientés dans les sens opposés. Ainsi, la fréquence de résonance demeure stable.

Une construction magnéto-mécanique de forme longue avec de multiples sections de demi-longueur d'onde augmente le gain considérablement. Le gain net augmente d'environ 28 dB par rapport au résonateur magnéto-mécanique classique, figure 13<sup>3</sup>.

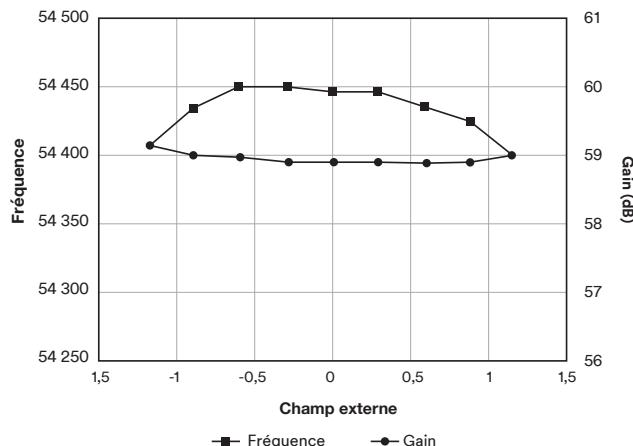


Figure 12 : Nouvelle construction magnéto-mécanique

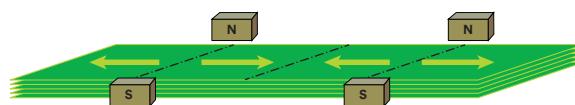


Figure 11 : Forme longue du nouveau résonateur magnéto-mécanique

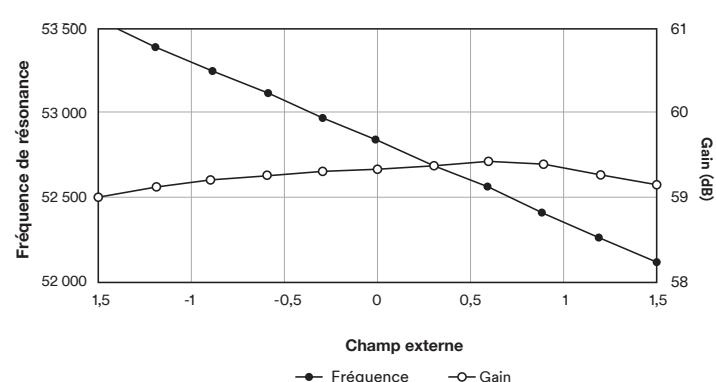


Figure 13 : Construction magnéto-mécanique conventionnelle

<sup>3</sup>DOANY, Z. « Magneto-mechanical Marker With Enhanced Frequency Stability And Signal Strength », demande de brevet américain n° 16/308992, août 2019.

# Résultats

## Contraintes environnementales

L'effet de la température ambiante a été étudié, ainsi que son effet sur la fréquence de résonance, « Q », et le gain des marqueurs magnéto-mécaniques mesurés avec des tracés montrent que les rendements ne sont pas sensiblement influencés par la température<sup>3</sup>.

## Effet du champ magnétique terrestre

Étant donné que la fréquence de résonance du résonateur magnéto-mécanique est une fonction du niveau de polarisation magnétique dans le ruban, on s'attend à ce que la fréquence soit décalée en fonction de la direction du champ magnétique terrestre. L'effet du champ magnétique terrestre sur la fréquence de résonance du nouveau résonateur présente une stabilité 10 fois supérieure à celle des types magnéto-mécaniques conventionnels sur  $\pm 0,6$  Oe. Consulter les figures 12 et 13.



<sup>3</sup>DOANY, Z. « Magneto-mechanical Marker With Enhanced Frequency Stability And Signal Strength », demande de brevet américain n° 16/308992, août 2019.



# Conclusion

Les principales caractéristiques de ce nouveau résonateur sont les suivantes : un gain et une stabilité très élevés, une simplicité de construction avec un nombre de pièces et un coût réduits, un accordage facile sur différentes fréquences, une robustesse et une souplesse. Grâce à ces améliorations quant au rendement du nouveau résonateur, les résonateurs magnéto-mécaniques sont devenus une technologie concurrente viable pour les utilisations de marquage des chemins d'infrastructures souterraines pour les services publics souterrains, par rapport aux résonateurs LC traditionnels. Les résonateurs LC sont parfaitement adaptés aux utilisations IRF de marquage de points, tandis que les résonateurs magnéto-mécaniques sont mieux adaptés aux utilisations de marquage des chemins.

Il est extrêmement important de sélectionner de très basses fréquences qui n'interfèrent pas entre elles, à l'instar des considérations d'espacement des stations de radiodiffusion à ondes adjacentes. Un espacement minimal de 10 % entre les fréquences devrait permettre de maintenir une isolation suffisante pour une détection adéquate avec un filtrage approprié. En outre, la conformité électromagnétique limite la puissance de sortie maximale autorisée par fréquence, qui doit être évaluée soigneusement. Il existe des bandes de fréquences réservées dans les règlements de la FCC (90 k~110 k avec une exception pour 101,4 k), tandis que la CE limite la puissance de sortie supérieure à 145 kHz, sauf dérogation du pays. En outre, les fréquences sélectionnées doivent éviter les sources ambiantes intrabande, comme les radios fixes à ondes longues et les lecteurs de porte à IRF des magasins de détail s'ils se trouvent dans la même bande.

La technologie s'oriente vers des solutions de gestion des actifs plus simples, moins dispendieuses et plus efficaces. Les nouveaux résonateurs peuvent permettre le marquage des chemins à grande échelle à l'aide de la technologie magnéto-mécanique, ainsi que des marqueurs de points LC à IRF aux nœuds de réseau. Le fait de disposer de numéros de série uniques et de renseignements sur l'utilisateur dans le marqueur à IRF permet de relier toutes les informations à un système d'information géographique (SIG).

Enfin, toute nouvelle technologie ou solution pour la localisation des actifs souterrains doit être rétrocompatible et capable de détecter les très grandes bases souterraines. Les fréquences actuellement utilisées au cours des 50 dernières années devraient être formalisées dans une norme, conformément aux pratiques exemplaires actuelles. Cette normalisation devrait être étendue et formalisée aux fréquences et formats des marqueurs de points à IRF, au moins au niveau du modèle, pour un partage harmonieux des informations.

**Renseignements techniques :** Les renseignements techniques, conseils et autres énoncés contenus dans le présent document ou fournis par 3M sont fondés sur des dossiers, des essais ou des expériences que 3M juge fiables, mais dont l'exactitude, l'exhaustivité et la nature représentative ne sont pas garanties. Ces renseignements sont destinés à des personnes qui possèdent les connaissances et les compétences techniques requises pour les évaluer et exercer un jugement éclairé à leur égard. Aucune licence d'utilisation de droits de propriété intellectuelle de 3M ou de tiers n'est accordée ou implicite en vertu de ces renseignements.

**Sélection et utilisation des produits :** De nombreux facteurs indépendants de la volonté de 3M et connus uniquement par l'utilisateur peuvent nuire à l'utilisation et au rendement d'un produit 3M lors d'un usage donné. Par conséquent, il incombe au client seul d'évaluer le produit et de déterminer s'il convient à l'utilisation prévue, y compris effectuer une évaluation des dangers présents dans le lieu de travail et un examen de toutes réglementations et normes applicables (p. ex., OSHA, ANSI, etc.). Le fait de ne pas bien évaluer, sélectionner et utiliser un produit 3M conformément à toutes les directives applicables et avec l'équipement de protection approprié, ou de ne pas respecter toute réglementation relative à la sécurité, peut provoquer des blessures ou des problèmes de santé, entraîner la mort ou causer des dommages matériels.

Destiné à un usage professionnel ou industriel seulement. Non destiné à la vente aux consommateurs ni à l'utilisation par ceux-ci.

Pour obtenir de plus amples renseignements, notamment les renseignements importants sur la sécurité et la garantie des produits de la Division des marchés des produits électriques de 3M, se reporter à l'emballage ou à la fiche technique du produit concerné.

## Bibliographie

1. Operations Technology Development (« OTD »), Gas Technology Institute (« GTI ») et 3M. « Intrinsically Locatable Technology for Plastic Piping Systems », DOT des É.-U., n° de contrat DTPH56-15-T-00019. Rapport public publié en février 2018.  
<https://primis.phmsa.dot.gov/matrix/prjHome.rdm?prj=654>
2. HERZER, G. « Magneto-acoustic marker for electronic article surveillance having reduced size and high signal amplitude », brevet américain 6359563 B1, mars 2001.
3. DOANY, Z. « Magneto-mechanical Marker With Enhanced Frequency Stability And Signal Strength », demande de brevet américain n° 16/308992, août 2019.



Division des marchés des produits électriques 3M

3M Canada

C.P. 5757

London (Ontario) N6A 4T1

3M.ca/Energie

3M, 3M Science. Au service de la Vie. et Dynatel sont des marques de commerce de 3M, utilisées sous licence au Canada. © 2023, 3M. Tous droits réservés. 2212-25454 F