



**Département Ingénierie  
Services techniques**

**Synthèse du rapport annuel sur les fissuromètres**

**De mars 2017 à février 2018**

---

L'objectif de ce suivi est de présenter l'évolution du mouvement des fissures faisant partie du programme des fissuromètres installés dans divers commerces et résidences de la ville de Malartic.

Auteur : Guy Gagnon, ing.

Date : Mai 2019

## Table des matières

Résumé .....	3
Installation des fissuromètres .....	4
Type de fissuromètre utilisé .....	4
Emplacement des fissuromètres .....	6
Lecture des fissuromètres .....	7
Suivis .....	9
Résultats globaux .....	10
Conclusion .....	18
Références .....	19

## Résumé

L'objectif de ce suivi est de présenter l'évolution du mouvement de fissures instrumentées présentes sur divers commerces et résidences de la ville de Malartic à l'aide de fissuromètres. Ce rapport couvre une période d'un an soit de mars 2017 à février 2018.

Actuellement, 16 fissuromètres sont installés sur 11 résidences et commerces de la ville de Malartic. À titre comparatif, l'an dernier le suivi comprenait aussi 18 fissuromètres sur 13 adresses. Au courant de l'année, un instrument a été retiré à la suite de la destruction d'une maison et un autre a été retiré à la suite de la rénovation d'un bâtiment.

Les déplacements totaux inférieurs à 1 mm surviennent dans 100 % des cas. De plus, 7 fissuromètres ne démontrent aucun déplacement. Rappelons que le déplacement total est la différence entre les lectures de mars 2017 et de février 2018, période couverte par le présent rapport. Notons qu'un déplacement de moins de 1 mm est qualifié de « très peu de mouvement » selon l'échelle interne utilisée à MCM. Il est intéressant de remarquer que 15 des 18 fissuromètres ont des mouvements de type va-et-vient ce qui explique que les valeurs totales demeurent faibles.

Voici une synthèse des déplacements depuis le début du programme soit depuis 2010 :

- 11 % des fissuromètres ne montrent aucun déplacement
- 50 % indiquent très peu de mouvement soit moins de 1 mm
- 17 % mesurent peu de mouvement soit moins de 1,5 mm
- 22 % ont un déplacement de moins de 2,5 mm

## **Installation des fissuromètres**

Pour le présent rapport, il y avait 18 fissuromètres d'installés et fonctionnels. Au courant de l'année, deux fissuromètres ont été retirés. Tel que mentionné précédemment, un fissuromètre a dû être retiré à la suite de la destruction d'une maison et le second lors de la rénovation d'un bâtiment. Tout cela porte le total des fissuromètres à 16 répartis sur 11 résidences et commerces tous situés dans la ville de Malartic.

## **Type de fissuromètre utilisé**

Les fissuromètres installés sont de type « fissuromètre gradué ». Deux plaquettes de plastique sont fixées à partir d'une de leurs extrémités et de part et d'autre de la fissure. Si la fissure s'ouvre ou se referme, les plaquettes se déplacent l'une par rapport à l'autre indiquant le mouvement. La figure 1 présente un exemple d'installation.

Les fissuromètres sont fixés sur les bâtiments au moyen de vis ou de colle.

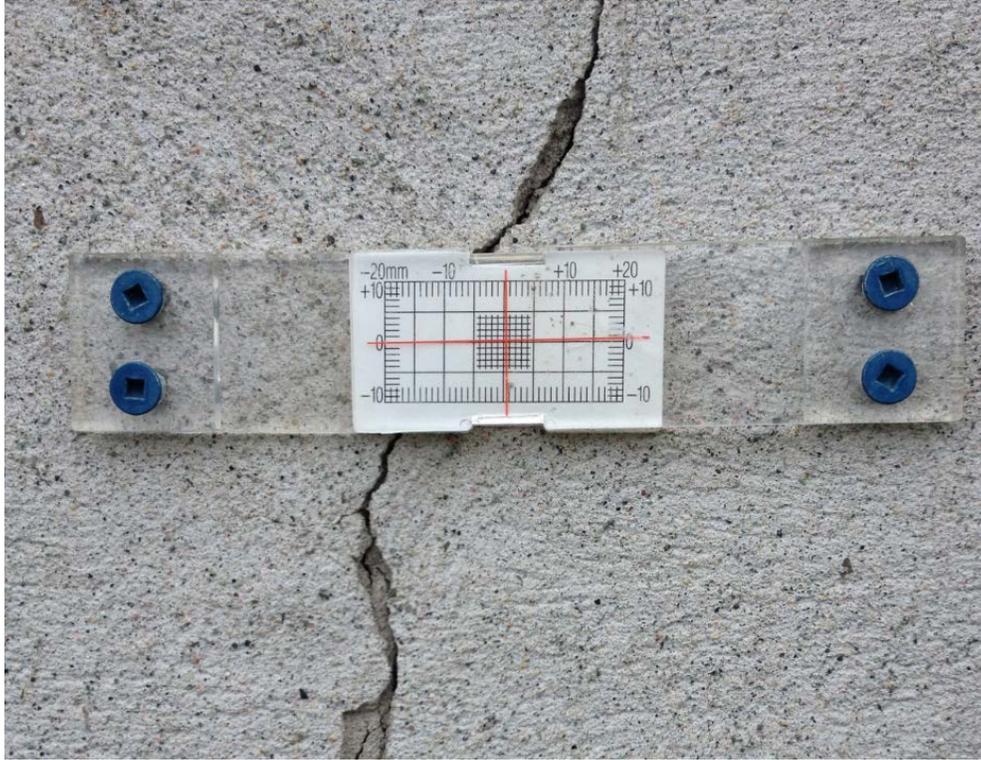


Figure 1 - Fissuromètre installé sur le mur d'un bâtiment dans la Ville de Malartic

## Emplacement des fissuromètres

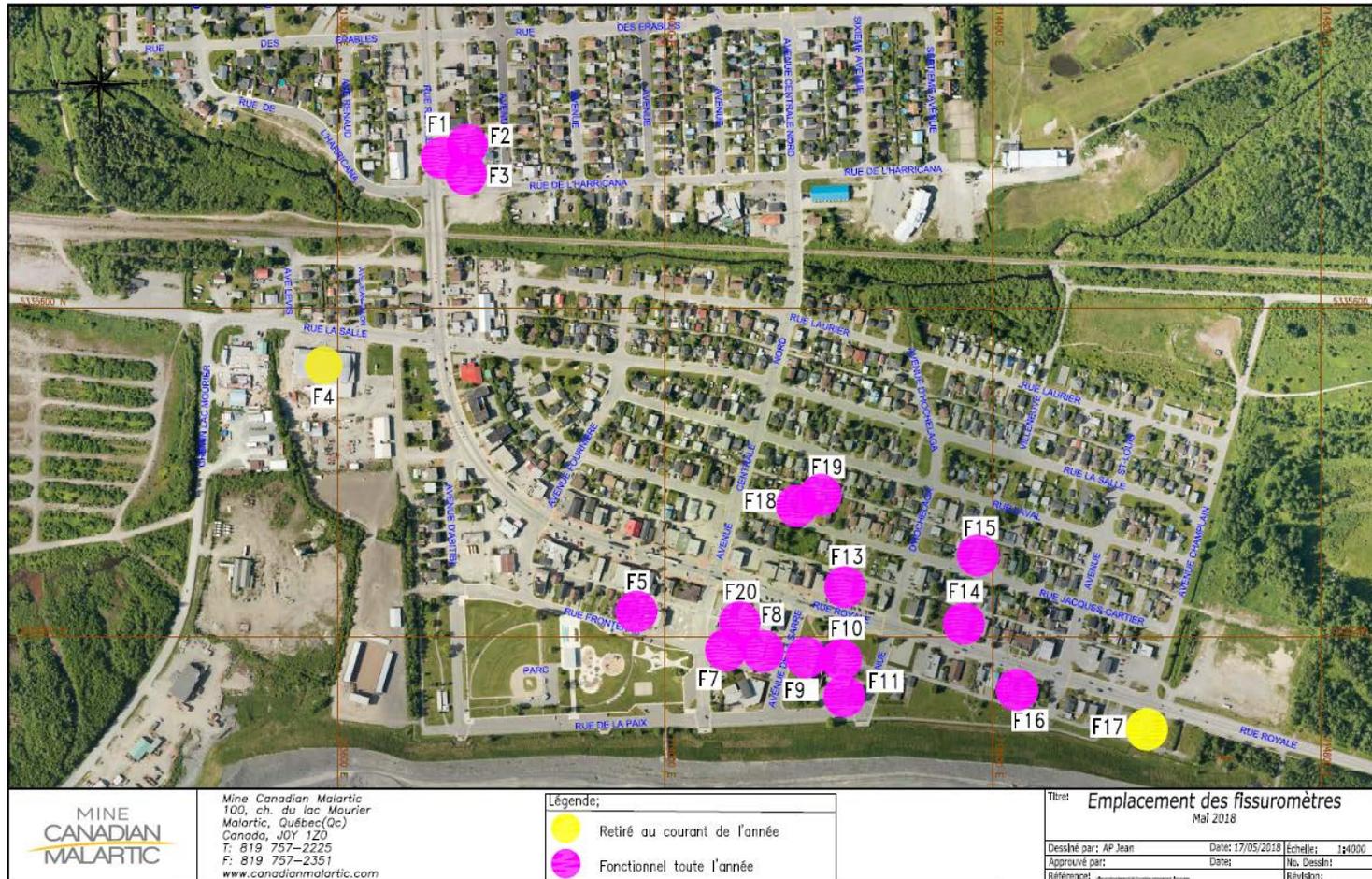


Figure 2 - Emplacement des fissuromètres dans la Ville de Malartic (pas à l'échelle)

## Lecture des fissuromètres

La lecture des fissuromètres se fait en analysant le positionnement des lignes rouges verticales et horizontales par rapport aux graduations visibles en dessous. Habituellement, lors de l'installation, les lignes rouges verticales et horizontales sont à zéro (0).

Les fissuromètres doivent être photographiés lors de chaque lecture (visite). Toute l'information récoltée sur le terrain est notée par un employé du département de l'ingénierie de Mine Canadian Malartic sur le formulaire de suivi présenté à la figure 3.

Mine Canadian Malartic

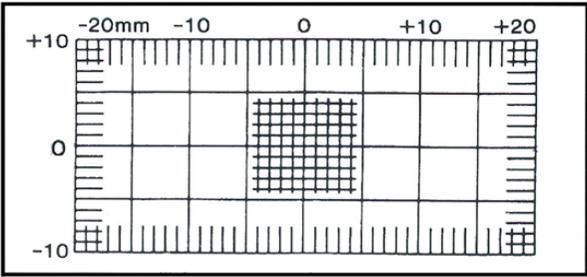
**Suivi des fissuromètres**

Date : \_\_\_\_\_ Heure : \_\_\_\_\_

Localisation du fissuromètre : \_\_\_\_\_

CROQUIS DE LOCALISATION

LECTURE DU FISSUROMÈTRE



Nom de l'observateur : \_\_\_\_\_

The diagram shows a scale for a fissuromètre. The scale is marked with values -20mm, -10, 0, +10, and +20. The scale is divided into three main sections: -20mm to -10, 0 to +10, and +10 to +20. Each section has a grid of vertical lines. The 0 section has a grid of horizontal lines. The grid lines are used to measure the displacement of the fissuromètre.

Figure 3 - Formulaire de suivi des fissuromètres (pas à l'échelle)

Mine Canadian Malartic

## Suivi des fissuromètres

Date : 2017-02-24

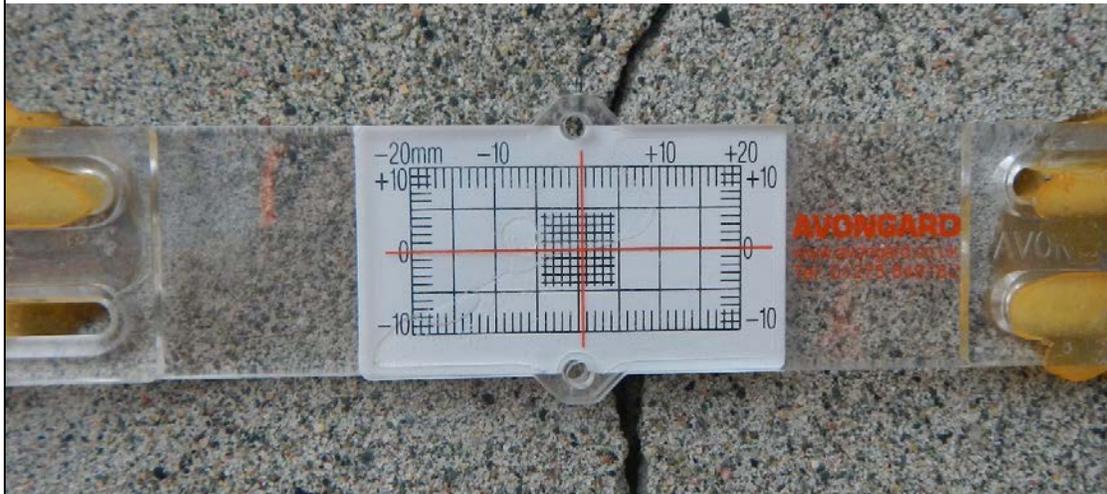
Heure : 9h15

Localisation du fissuromètre :

Croquis de Localisation



Lecture du fissuromètre



Nom de l'observateur :

Figure 4 - Exemple concret de la feuille de suivi des fissuromètres complétée (pas à l'échelle)

La position sur le bâtiment est identifiée à l'aide d'un croquis sur le formulaire de suivi. Les lignes rouges horizontales et verticales, qui sont les marqueurs de déplacement, doivent être bien visibles. Il peut cependant arriver que les lignes rouges sur les fissuromètres soient moins apparentes, généralement causées par de la pluie, de la glace ou autres saletés.

## Suivis

Lors de la mise en place du programme d'installation des fissuromètres au début de 2010 jusqu'en juin 2014, la firme Géophysique GPR était responsable de la prise des lectures. Depuis juillet 2014, la lecture des fissuromètres se fait aux deux semaines par les employés de Mine Canadian Malartic. Cette façon de faire est toujours en vigueur aujourd'hui.

Nombre de lectures totales de 2010 à Février 2018					
	Printemps	Été	Automne	Hiver	Total
Géophysique GPR	28	57	15	16	116
Canadian Malartic	307	366	443	327	1443
Total	335	423	458	343	1559

Tableau 1 : Nombre de lectures effectuées par Géophysique GPR et la Mine Canadian Malartic depuis l'installation des fissuromètres jusqu'à février 2018

Depuis le dernier rapport, il y a eu 289 lectures qui ont été ajoutées par les employés de Mine Canadian Malartic. Ces lectures sont incluses dans le présent rapport.

Nombre de lectures totales de Mars 2017 à Février 2018					
	Printemps	Été	Automne	Hiver	Total
Canadian Malartic	65	67	86	71	289

Tableau 2 : Nombre de lectures effectuées par Mine Canadian Malartic de mars 2017 à février 2018

## Résultats globaux

Le nombre de mouvements noté cette année est similaire à celui du rapport annuel de l'an dernier. En effet, des mouvements ont été perçus sur 29% des lectures comparativement à 42% l'an dernier.

La répartition des mouvements est faite en fonction des différentes saisons (voir tableau 3). Pour la dernière année, les mois d'automne et d'hiver comptent pour 27 % des mouvements annuels enregistrés chacun. Durant cette saison, des mouvements ont été mesurés dans 27% et 32% des visites respectivement. L'été est la saison où il y a la plus faible proportion de mouvements observés. Dans le précédent rapport, l'automne était la saison dominante par rapport à la proportion du nombre de mouvements avec 33% des mouvements annuels enregistrés pour chaque saison.

Mouvement par saison de Mars 2017 à Février 2018						
Saison		Printemps	Été	Automne	Hiver	Total
Canadian Malartic	Nombre de mouvements	21	18	23	23	85
	Nombre de visites	65	67	86	71	289
	Pourcentage visites avec mouvement	32%	27%	27%	32%	29%
	Pourcentage des mouvements annuels	25%	21%	27%	27%	100%

Tableau 3 : Mouvement par saison en fonction des visites de suivis de Géophysique GPR et de la Mine Canadian Malartic

L'échelle interne utilisée à MCM pour coter l'amplitude des déplacements est montrée dans le tableau 4.

Type de mouvement	Déplacement
Aucun mouvement	0 mm
Très peu de mouvement	< 1 mm
Peu de mouvement	< 1.5 mm
Léger mouvement	< 2.5 mm

Tableau 4 : Échelle utilisée par Mine Canadian Malartic pour l'interprétation des déplacements

Le tableau 5 qui suit présente un récapitulatif des mouvements par endroit. Ce tableau combine, pour chaque endroit, les résultats du rapport précédent et ceux de la dernière année. Le mouvement total est résumé ainsi que celui pour l'axe horizontal et l'axe verticale.

Endroits	Période	Commentaires
Endroit 1	De 2010 à février 2017	Depuis l'installation, mouvement de va-et-vient avec déplacement léger au total.
		Axe horizontal : La fissure s'est ouverte de < 1 mm puis s'est refermée depuis l'installation.
	De mars 2017 à février 2018	Axe vertical : Mouvement léger de < 2.5 mm depuis l'installation.
		Depuis le 15 mars 2017, mouvement de va-et-vient avec très peu de déplacement.
Endroit 2	De 2010 à février 2017	Axe horizontal : La fissure s'est ouverte de < 1 mm.
		Axe vertical : Mouvement de va-et-vient avec déplacement de < 1 mm.
	De mars 2017 à février 2018	Depuis l'installation, mouvement de va-et-vient avec très peu de déplacement au total.
		Axe horizontal : Mouvement de 1mm depuis l'installation.
Endroit 3	De 2010 à février 2017	Axe vertical : Mouvement de 1 mm depuis l'installation.
		Depuis le 15 mars 2017, mouvement de va-et-vient avec aucun déplacement.
	De mars 2017 à février 2018	Axe horizontal : Mouvement de va-et-vient avec au final aucun déplacement.
		Axe vertical : Mouvement de va-et-vient avec au final aucun déplacement.
Endroit 4	De 2010 à février 2017	Depuis l'installation en 2014, il n'y a pas eu de mouvement.
	De mars 2017 à février 2018	Il n'y a eu aucun mouvement.
Endroit 5	De 2010 à février 2017	Depuis l'installation, très peu de mouvement.
		Axe horizontal : Mouvement de < 1 mm depuis l'installation.
	De mars 2017 à février 2018	Axe vertical : Pas de mouvement depuis l'installation.
		Depuis le le 15 mars 2017, peu de mouvement de va-et-vient avec peu de déplacement au total.
Endroit 6	De août 2015 à février 2017	Axe horizontal : Aucun mouvement.
		Axe vertical : Mouvement de va-et-vient avec très peu de déplacement.
	De mars 2017 à février 2018	Depuis l'installation, très peu de mouvement.
		Axe horizontal : Mouvement de < 1 mm depuis l'installation.
Endroit 7	De 2010 à février 2017	Axe vertical : Aucun mouvement depuis l'installation.
		Depuis le 15 mars 2017, mouvement de va-et-vient avec très peu de déplacement au total.
	De mars 2017 à février 2018	Axe horizontal : Mouvement de va-et-vient avec aucun déplacement au final.
		Axe vertical : Mouvement de va-et-vient avec aucun déplacement au final.
Endroit 8	De août 2015 à février 2017	Depuis l'installation (août 2015), très peu de déplacement.
		Axe horizontal : Mouvement de va-et-vient avec très peu déplacement au final.
	De mars 2017 à février 2018	Axe vertical : Léger déplacement de < 1 mm.
		Dpeuis le 15 mars 2017, peu de mouvement avec très peu de déplacement au total.
Endroit 9	De 2010 à février 2017	Axe horizontal: mouvement de < 1 mm.
		Axe vertical : Aucun mouvement, aucun déplacement.
	De mars 2017 à février 2018	Depuis l'installation, mouvement de va-et-vient avec très peu de déplacement au total.
		Axe horizontal : Mouvement de < 1 mm depuis l'installation.
Endroit 10	De 2010 à février 2017	Axe vertical : Mouvement de < 1 mm depuis l'installation.
		Depuis le 15 mars 2017, mouvement de va-et-vient avec très peu de déplacement.
	De mars 2017 à février 2018	Axe horizontal : Mouvement de va-et-vient avec très peu de déplacement, de < 1 mm.
		Axe vertical : Mouvement de va-et-vient avec très peu déplacement, de < 1 mm.



Endroits	Période	Commentaires
Endroit 15	De 2010 à février 2017	Depuis l'installation (juillet 2015), mouvement de va-et-vient avec très peu de déplacement au total.
		Axe horizontal : Mouvement de va-et-vient avec très peu de déplacement.
		Axe vertical : Mouvement de va-et-vient avec très peu de déplacement.
	De mars 2017 à février 2018	Depuis le 15 mars 2017, mouvement de va-et-vient avec très peu déplacement au total.
		Axe horizontal : Mouvement de va-et-vient avec très peu de déplacement, < 1 mm.
		Axe vertical : Mouvement de va-et-vient avec très peu de déplacement, < 1 mm.
Endroit 16	De 2010 à février 2017	Depuis l'installation, peu de mouvement au total.
		Axe horizontal : Mouvement de 1.5 mm depuis l'installation.
		Axe vertical : Mouvement de < 1 mm depuis l'installation.
	De mars 2017 à février 2018	Depuis le 15 mars 2017, très peu de déplacement au total.
		Axe horizontal : Un seul mouvement de va-et-vient avec très peu de déplacement.
		Axe vertical : Il n'y a eu aucun mouvement.
Endroit 17	De 2010 à février 2017	Depuis l'installation, mouvement de va-et-vient avec peu de déplacement au total.
		Axe horizontal : Mouvement de 1 mm depuis l'installation.
		Axe vertical : Mouvement de < 2 mm depuis l'installation.
	De mars 2017 à avril 2017	Du 15 mars au 20 avril 2017, mouvement de retour à la position initiale. (Retrait de l'instrument pour rénovation)
		Axe horizontal : Mouvement de retour à la position initiale, < 1 mm.
		Axe vertical : Très peu de mouvement, déplacement de < 1 mm.
Endroit 18	De 2010 à février 2017	Depuis l'installation, peu de mouvement au total.
		Axe horizontal : Mouvement de < 1 mm depuis l'installation.
		Axe vertical : Mouvement de < 1 mm depuis l'installation.
	De mars 2017 à février 2018	Du 15 mars 2017 au 09 janvier 2018, mouvement de va-et-vient avec très peu de déplacement au total. (Retrait de l'instrument)
		Axe horizontal : Un seul mouvement avec très peu de déplacement.
		Axe vertical : Mouvement de va-et-vient avec un déplacement maximal de 1.5 mm et un retour à < 1 mm de la position initiale.

Tableau 5 : Récapitulatif des déplacements par endroits

Une bonne proportion des déplacements totaux mesurés depuis le rapport de mars 2017 a été classifiée dans la catégorie « aucun mouvement ». Cette proportion est restée identique à celle de l’an passé soit de 39%. Quant à la proportion des déplacements totaux moyens inférieurs à 1 mm, la valeur est passée de 89% l’an dernier à 100% cette année. Le tableau 6 présente le nombre d’endroits par catégorie de déplacement. Les déplacements totaux se définissent comme la comparaison entre la position des marqueurs sur le fissuromètre en mars 2017 avec la position de février 2018.

Type de mouvement	Déplacement total	Nombre de fissuromètre	Pourcentage par type de mouvement
Aucun mouvement	0 mm	7	39%
Très peu de mouvement	< 1 mm	11	61%
Peu de mouvement	< 1.5 mm	0	0%
Léger mouvement	< 2.5 mm	0	0%
Total		18	100%

**Tableau 6 : Déplacements totaux pour tous les bâtiments suivis de mars 2017 à février 2018**

Pour ce qui est des déplacements totaux depuis l’installation des fissuromètres en 2010, on remarque que 61 % d’entre eux se sont déplacés de moins de 1 mm et 78% ont peu de mouvement (moins de 1,5 mm). Les proportions ont changé depuis la dernière année à la suite du retrait de certains instruments.

Type de mouvement	Déplacement total	Nombre de fissuromètre	Pourcentage par type de mouvement
Aucun mouvement	0 mm	2	11%
Très peu de mouvement	< 1 mm	9	50%
Peu de mouvement	< 1.5 mm	3	17%
Léger mouvement	< 2.5 mm	4	22%
Autre	4 mm	0	0%
Total		18	100%

**Tableau 7 : Déplacements totaux pour les fissuromètres installés sur les bâtiments en 2010**

Le déplacement maximum se définit comme étant le plus grand déplacement mesuré sur la fissure durant l'inspection aux 2 semaines pendant la période de mars 2017 à février 2018.

Type de mouvement	Déplacement total	Nombre de fissuromètre	Pourcentage par type de mouvement
Aucun mouvement	0 mm	1	6%
Très peu de mouvement	< 1 mm	13	72%
Peu de mouvement	< 1.5 mm	3	17%
Léger mouvement	< 2.5 mm	1	6%
Total		18	100%

**Tableau 8 : Déplacements maximums pour tous les bâtiments suivis de mars 2017 à février 2018**

On remarque que 94 % des fissures ont peu d'amplitude de mouvement. Ces valeurs peuvent être annulées d'une mesure à l'autre dans le cas d'un comportement de type va-et-vient.

Quinze (15) fissures montrent des mouvements de va-et-vient. Cela représente 83 % du total des fissures. La fissure s'ouvre et se referme à répétition. Voir le tableau 9 pour l'ampleur du mouvement entre mars 2017 et février 2018.

Type de mouvement	Déplacement total	Nombre d'endroits avec mouvement de va-et-vient de la fissure
Aucun mouvement	0 mm	5
Très peu de mouvement	< 1 mm	8
Peu de mouvement	< 1.5 mm	2
Léger mouvement	< 2.5 mm	0
Total		15

**Tableau 9 : Nombre de fissures avec mouvement de va-et-vient**

La figure 5 montre les endroits en fonction des déplacements totaux observés. Ceci permet de constater que ce n'est pas nécessairement les bâtiments les plus près de Mine Canadian Malartic qui voient leurs fissures avoir les plus grands déplacements.

De plus, dans le rapport « Suivi des fissuromètres » produit par Géophysique GPR le 14 mai 2012 et disponible à l'annexe 1 du rapport « Fissuromètres » de février 2015, il est dit : « Ces mouvements légers sont normaux et s'expliquent par des effets environnementaux (gel et dégel, température, humidité, activités humaines, etc.) qui en général induiront des contraintes à une structure supérieure à celles générées par des dynamitages. Ces effets environnementaux peuvent par conséquent faire varier la dimension de ces fissures dans le temps. »

Notons que le qualificatif « léger » dans le rapport de Géophysique GPR est différent de celui utilisé dans le présent rapport.

Selon une étude d'Oriard en 2004 portant sur les effets environnementaux sur les structures, un écart des températures extérieures de 27 °F équivaut à des vibrations de plus de 200 mm/s. À titre de comparaison, la norme pour les sautages effectués par Mine Canadian Malartic est de 12.7 mm/s et la moyenne des sautages enregistrée par le sismographe situé le plus près des opérations se situe à environ 3 mm/s pour 2016. Un écart de 35 % de l'humidité extérieure correspond à des vibrations de plus de 125 mm/s. Même un écart dans la vitesse du vent a une influence, 37 km/h équivaut à des vibrations de 50 mm/s. Tous ces effets sont nettement au-dessus de la norme pour les sautages et les vibrations mesurées par les sismographes légaux situés dans la ville de Malartic.

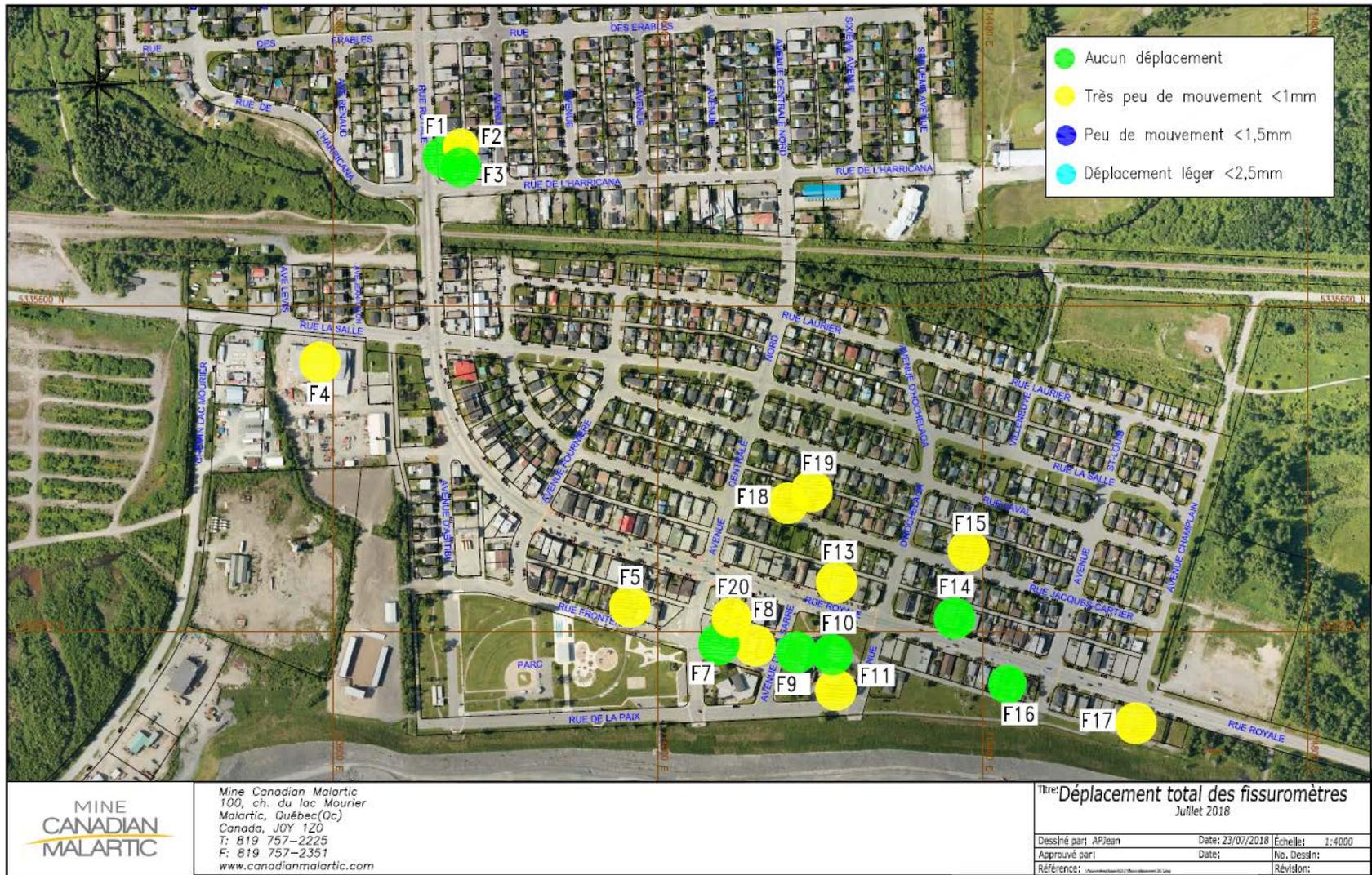


Figure 5 : Position des fissuromètres en fonction des déplacements totaux (pas à l'échelle)

## Conclusion

Pour cette étude, 18 fissuromètres localisés sur 13 résidences et commerces de la ville de Malartic ont été suivis et analysés. Il s'agit de la même quantité que l'an dernier. Toutefois, 2 instruments ont été enlevés au court de l'année, ce qui réduit leur nombre à un total de 16. Cette réduction a été causée par des travaux de rénovation et la démolition d'un bâtiment.

L'analyse « déplacements totaux » présente le déplacement effectif sur la période de 12 mois couverte par cette étude. Elle classe les déplacements dans l'une des quatre catégories définies. La catégorie « aucun mouvement » comprend 39% des fissuromètres, 61% dans la catégorie « très peu de mouvement ». Il est à noter qu'aucune station ne se trouve dans la catégorie « peu de mouvement ». Cela indique que les déplacements maximaux enregistrés sont tous inférieurs à 1 mm. À titre de comparaison, l'an dernier 89% des mesures se trouvaient dans « très peu de mouvement » ou moins. Les valeurs d'« aucun mouvement » sont restées stables cette année avec 7 fissuromètres dans cette catégorie tout comme l'année 2016.

La fréquence des visites présentant un déplacement entre deux mesures s'est établie à 29% par rapport à 42% l'an dernier. Les saisons comportant la plus grande proportion sont l'automne et l'hiver avec 27% des mesures.

Depuis le début du programme en 2010, 11 % des fissuromètres démontrent aucun déplacement, 50 % très peu de mouvement (moins de 1 mm), 17 % avec peu de mouvement (valeur comprise entre 1,0 et 1,5 mm) et 22 % ont un léger mouvement (valeur comprise entre 1,5 et 2,5 mm). Ces valeurs ont changé depuis la dernière année en raison du retrait de certains instruments.

À la lumière des présents résultats, rien ne permet d'indiquer que les vibrations produites lors des sautages de Mine Canadian Malartic contribuent à la détérioration des fissures suivies par ce programme. Le phénomène cyclique de gel/dégel et la présence d'eau dans les sols sont caractéristiques des mouvements de type va et viens mesurés.

Mine Canadian Malartic a l'intention de maintenir ce programme de suivi des fissuromètres pour l'année 2018 et émettra une mise à jour de ce rapport en 2019.

Auteur : Guy Gagnon, ing. #OIQ : 126 407

Révision : Alexandre Bouchard, ing. Jr. #OIQ :5 087 000

Mai 2019

## Références

J. Couture, « Fissuromètres »; Février 2015

F. Trépanier, « Suivi des fissuromètres » produit par Géophysique GPR; 14 mai 2012

L. L. Oriard, « Effet de l'environnement sur les structures »; 2004