

# IMPRESSION 3D DE SUPER-RESSORTS POUR DES APPLICATIONS D'EMMAGASINAGE D'ÉNERGIE MÉCANIQUE

Extrait de: Soutenance de mémoire de maîtrise

Matthew Becker

Daniel Therriault, directeur de recherche

 **Lm** <sup>2</sup> **Laboratory** of **multiscale mechanics**  
**Laboratoire** de **mécanique multi-échelles**

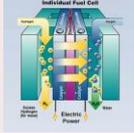
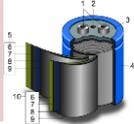
 **crepec** **centre de recherche en plasturgie et composites**

12 décembre 2013

POLYTECHNIQUE  
MONTRÉAL

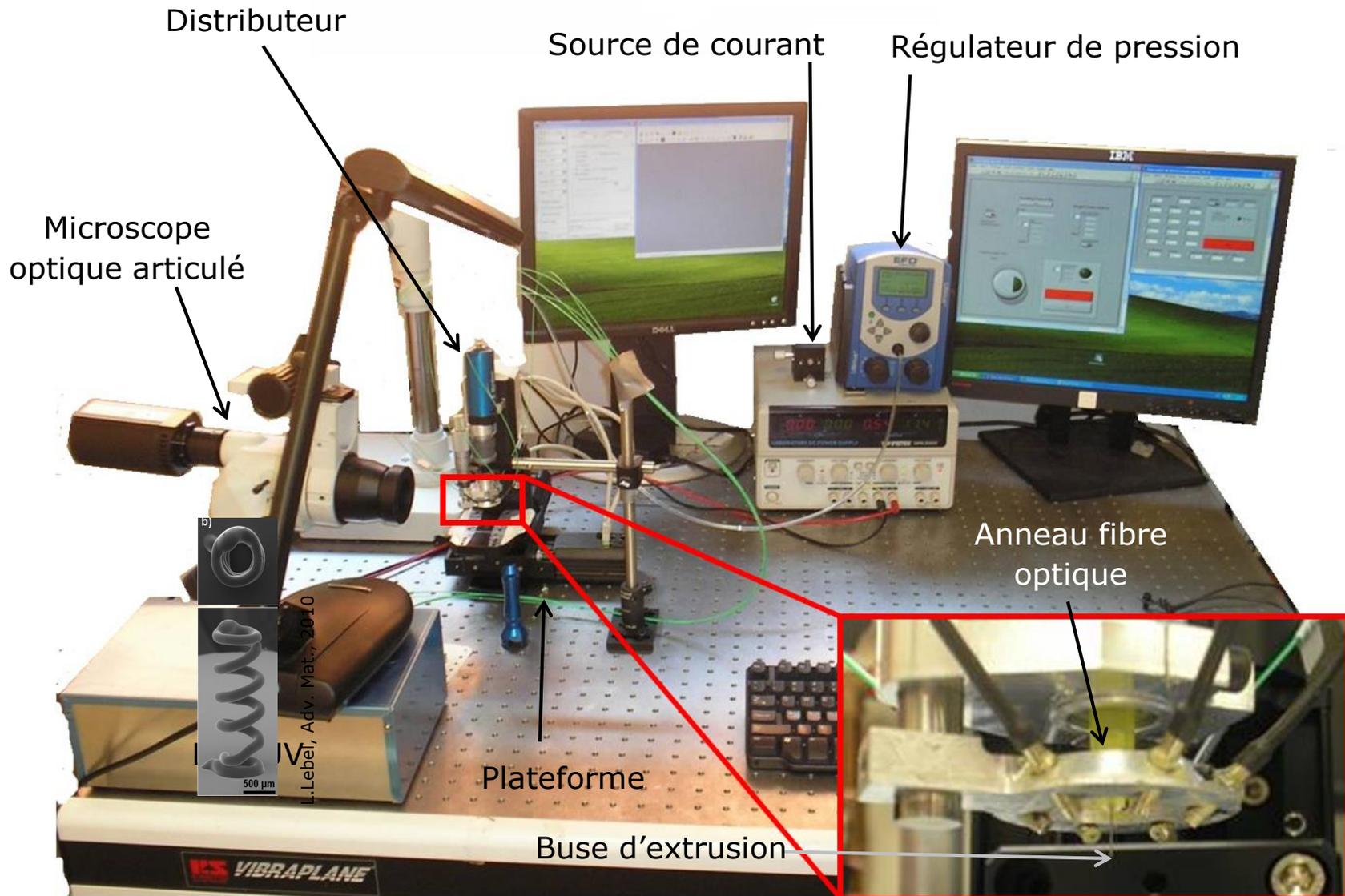


# CONTEXTE — ÉNERGIE

	Type	Énergie spécifique (kJ kg <sup>-1</sup> )	Avantage	Inconvénient
	Nucléaire	13 × 10 <sup>6</sup> (A.Adamantiades, 2009)	•Énorme énergie spécifique	•Très dangereux •Déchêts
	Hydrogène	120 × 10 <sup>3</sup> (J.E.Mason, 2007)	•Renouvelable	•Difficile à transporter •Synthèse difficile
	Pétrole	45 × 10 <sup>3</sup> (T.W.Kirchstetter, 1998)	•Abondant •Pas cher	•Transport dangereux •Non renouvelable
	Charbon	30.5 × 10 <sup>3</sup> (A.P.Steynberg, 2004)	•Abondant •Pas cher	•Nocif pour l'environnement
	Ultra Condensateur	226 (Q.Cheng, 2011)	•Beaucoup de cycle de charge possible	•Fuite graduelle de la charge
	Pile au lithium	900 (A.G.Ritchie, 2001)	•Un courant constant et faible idéal pour l'électronique	•Pas fiable dans plusieurs conditions environnementales
	Ressort en acier	0.14 (M.J.Madou, 1997)	•Fiable et durable •Libération rapide •Robuste	•Faible énergie spécifique

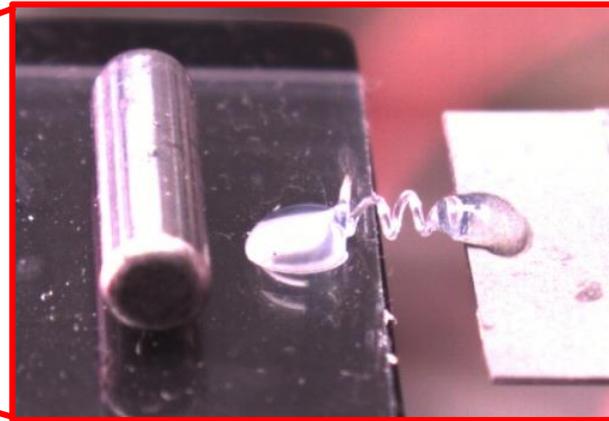
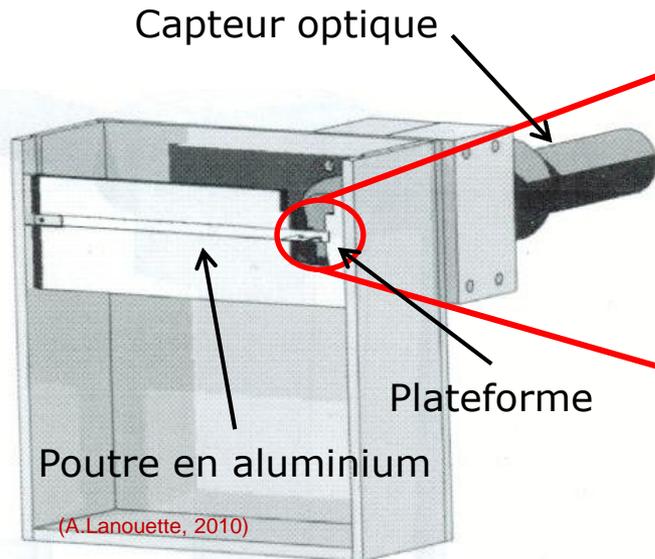
Comment faire pour emmagasiner beaucoup d'énergie mécaniquement?

# MÉTHODOLOGIE – STATION DE MICROFABRICATION



Impression 3D assistée par rayonnement UV (labo: LM<sup>2</sup>)

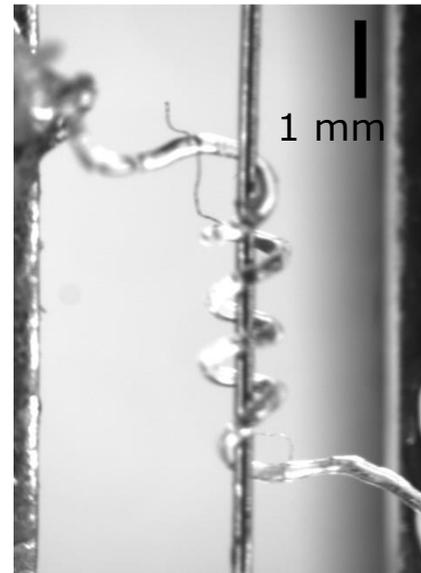
# MÉTHODOLOGIE – ESSAIS MÉCANIQUE



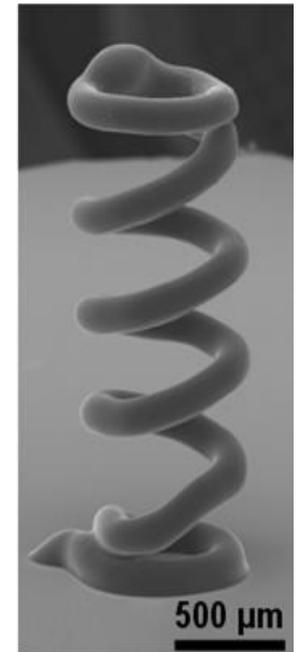
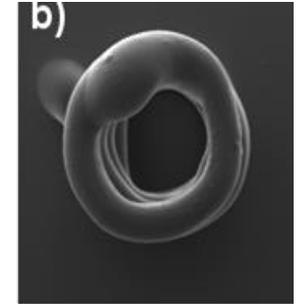
Spirale hélicoïdale lors d'un test de traction

## Montage d'essai mécanique

- Trois spirales hélicoïdales et trois spirales carrées étaient testées en traction.
- 5 cycles charge-décharge en régime linéaire
- 1 test de rupture
- Trois spirales hélicoïdales étaient testées en torsion pour valider un deuxième mode de chargement



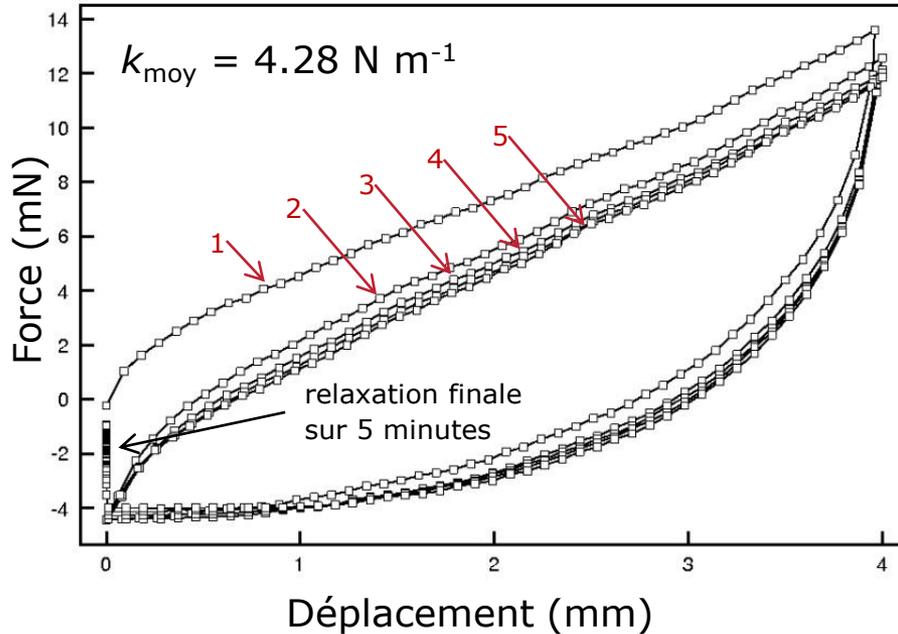
Spirale hélicoïdale lors d'un test de torsion



L.Lebel, Adv. Mat., 2010

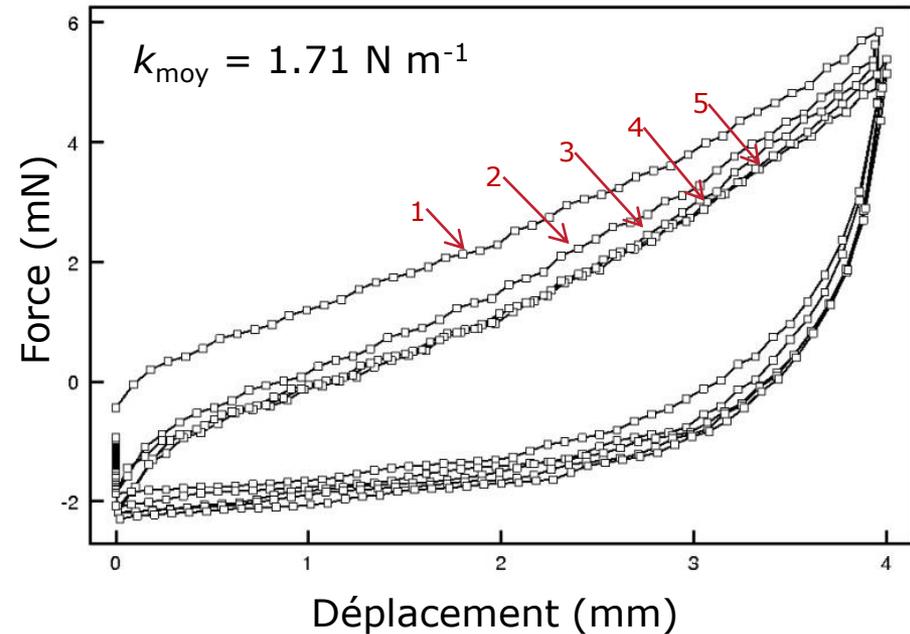
# RÉSULTATS – ESSAIS DE TRACTION

## Spirale hélicoïdale



- La constante de raideur observée est proche de la valeur calculée de  $4.58 \text{ N m}^{-1}$ .
- Un hystérésis important est observé.
- Après le premier cycle, des forces de compression sont mesurées.

## Spirale carrée

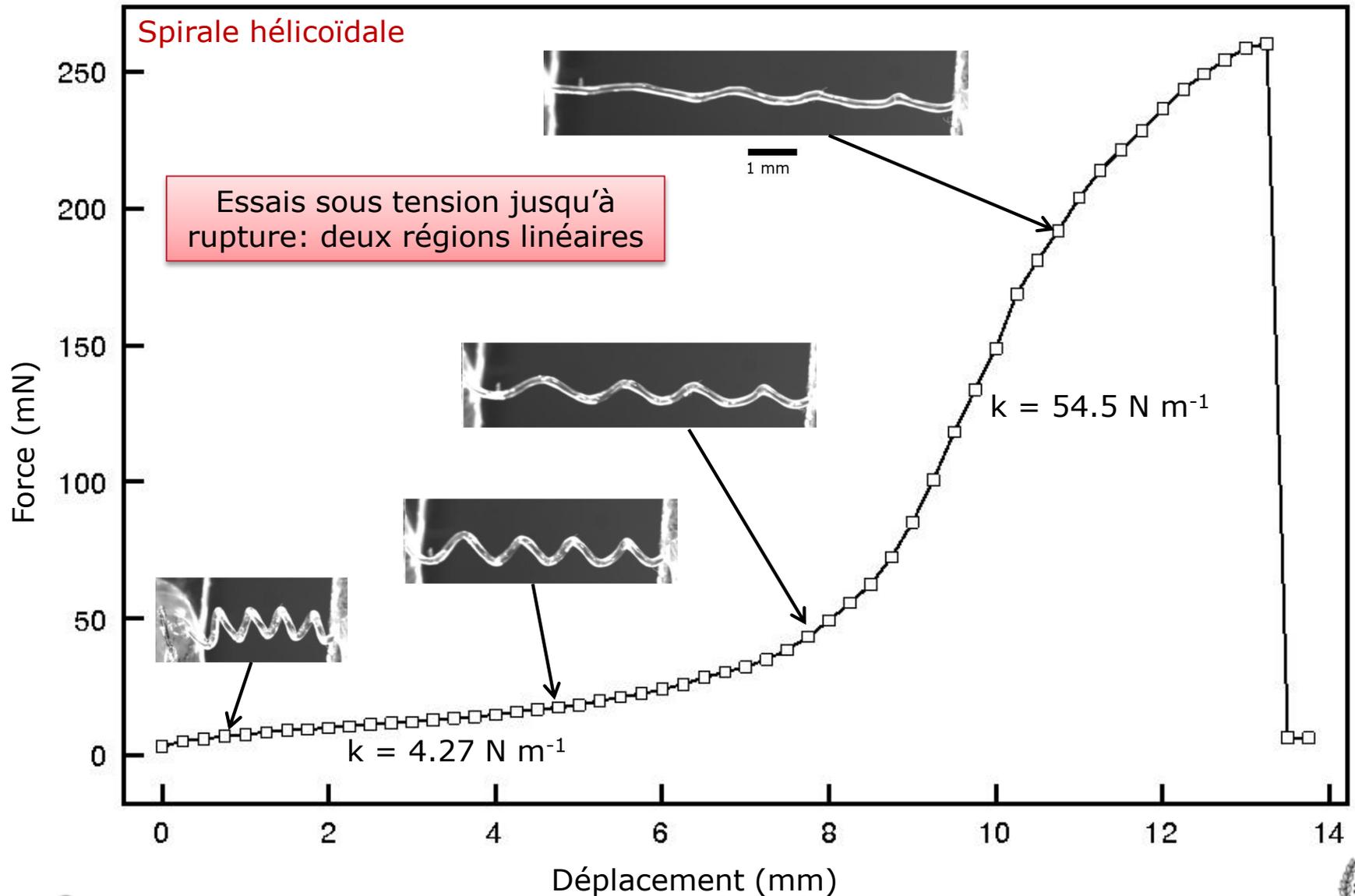


- La constante de rigidité est 40% plus faible que pour celle de la spirale hélicoïdale.
- Les courbes présentent des oscillations importantes.

Taux de chargement =  $0.1 \text{ mm s}^{-1}$

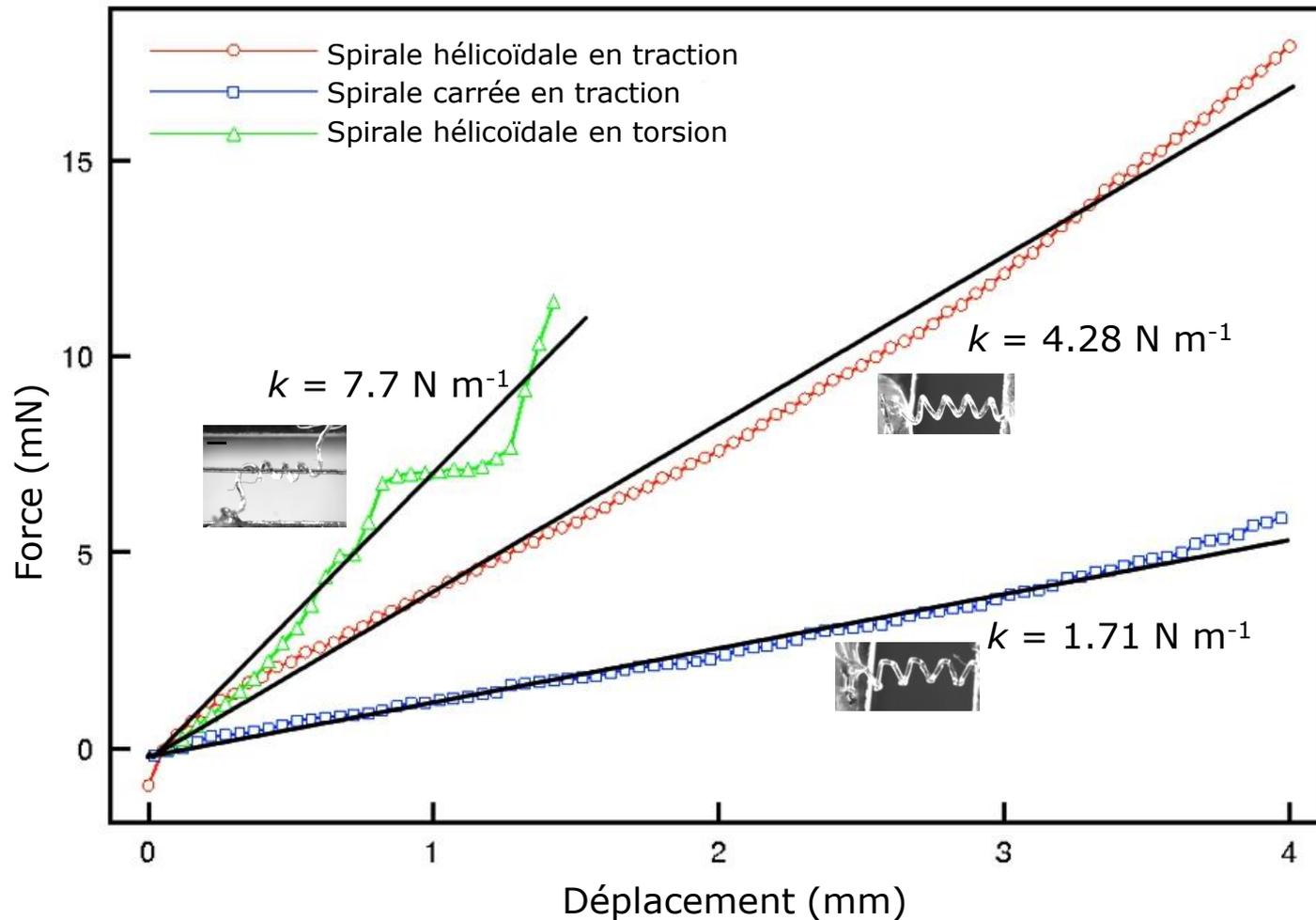
# RÉSULTATS – ESSAIS DE TRACTION

Taux de chargement =  $0.1 \text{ mm s}^{-1}$



# RÉSULTATS – ESSAIS DE TRACTION

Comparaison de deux géométries de ressort et types de chargement



Les valeurs présentées sont des moyennes de 5 cycles de trois ressorts testés.

# DISCUSSION

## Spirales nanocomposites projetées\*

	Énergie emmagasinée ( $\mu\text{J}$ )	Énergie emmagasinée / volume ( $\text{kJ m}^{-3}$ )	Énergie emmagasinée / masse ( $\text{kJ kg}^{-1}$ )
Hélicoïdale traction	536	65.0	0.644
Carrée traction	328	98.3	0.610
Hélicoïdale torsion	<b>2629</b>	<b>318.7</b>	<b>3.16</b>
.....			
Forêts de nanotubes de carbone (exp., C. Livermore)	1.5	200	5

- \*: Prédiction énergétique obtenue en utilisant
  - $E \sim 1.6 \text{ GPa}$  (R.D.Farahani, 2012) pour nanocomposite de polyuréthane avec des renforts de nanotubes de carbone
  - Pour les spirales hélicoïdales chargées en torsion, un chargement de 3 tours complets est utilisé.