

Courbes terminales de ressorts spiraux formés à tiède

SurfTherm, 16 novembre 2017



AGENDA

- Qui sommes-nous
- Les ressort-spiraux
- Le fromage à tiède
- Conclusions



Qui sommes-nous ?

- Fournisseur de composants stratégiques pour l'industrie horlogère



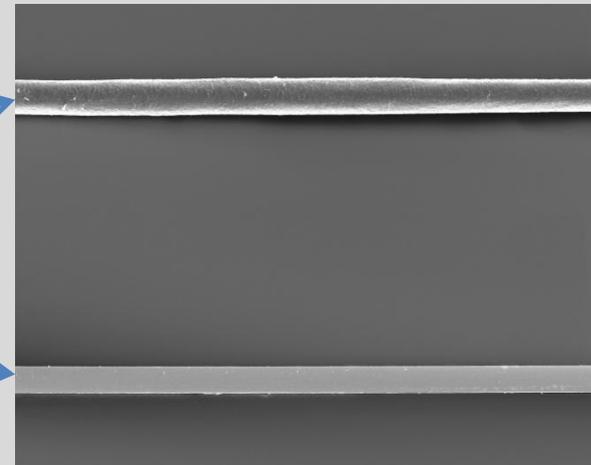
Du tout petit!!



Comprend:

- La serge
- L'axe de balancier
- Le double plateau
- L'ellipse (rubis)
- 4 vis de réglage
- 10 vis de masse en or gris

Cheveu



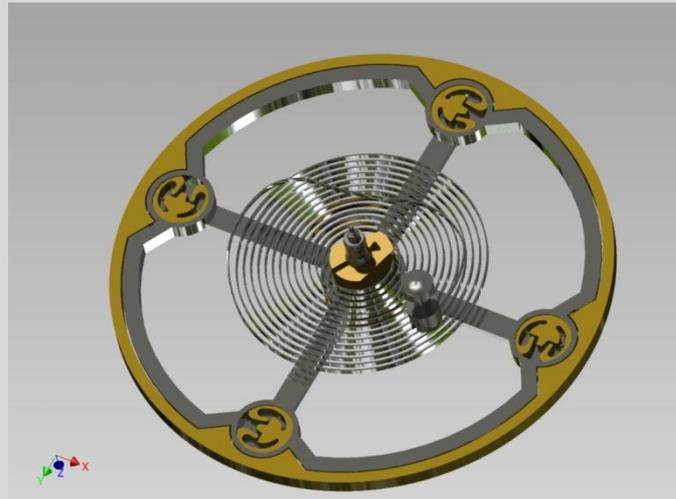
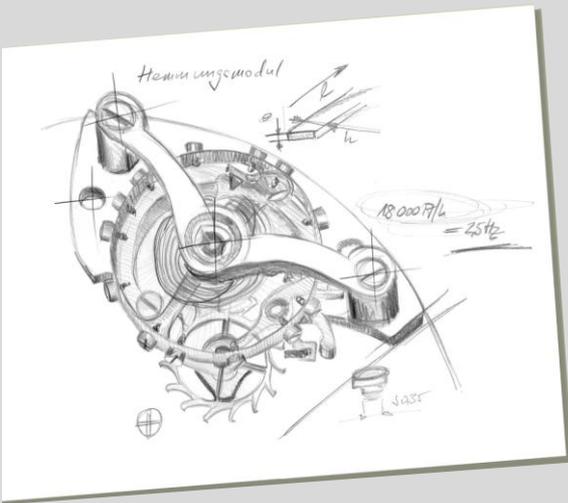
Fil méplat pour la fabrication des ressorts



Qui sommes-nous ?

- Fournisseur de composants stratégiques pour l'industrie horlogère

➤ Longue tradition en innovation

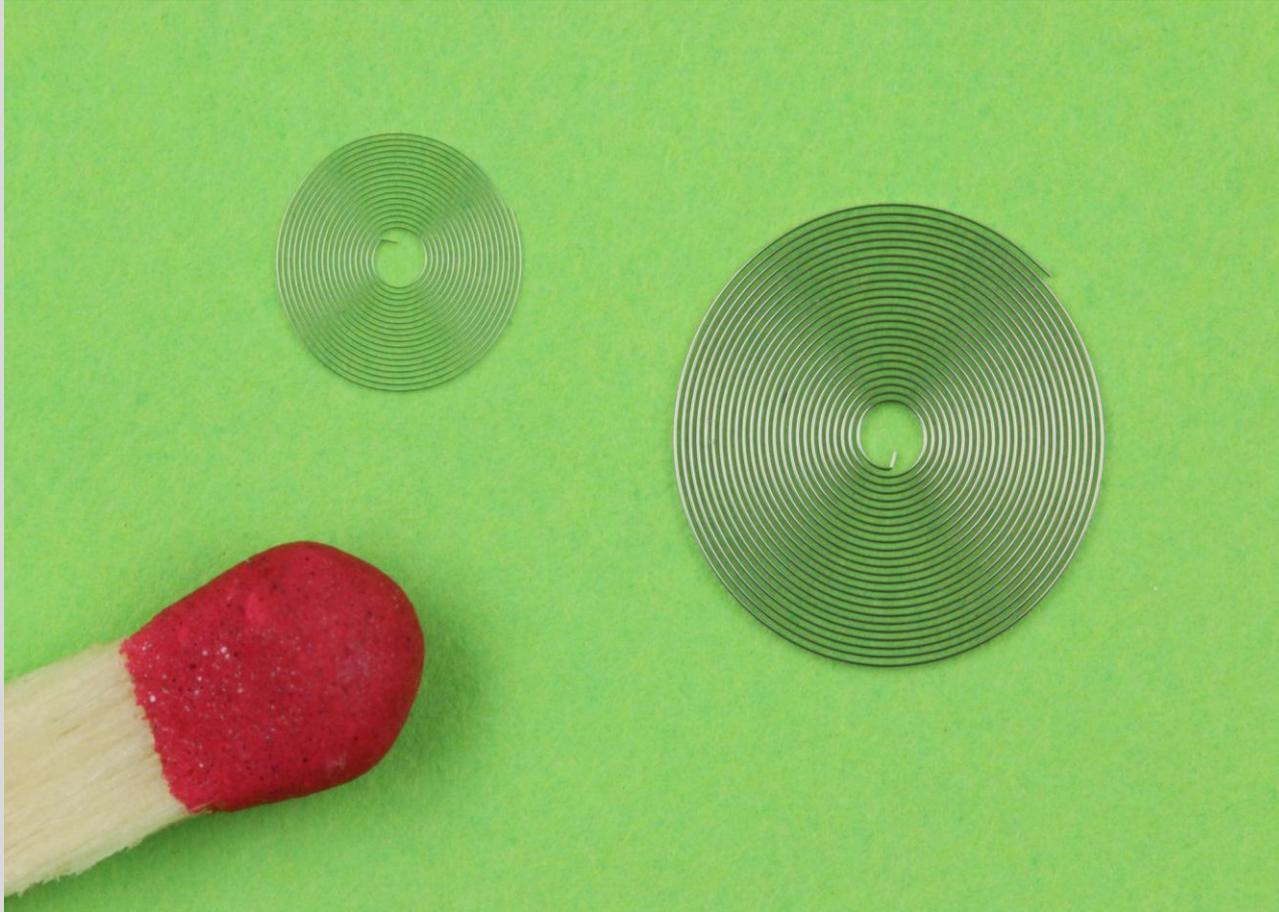


Qui sommes-nous ?

- Fournisseur de composants stratégiques pour l'industrie horlogère
- Longue tradition en innovation
- Indépendant: actionnariat privé, sécurité d'approvisionnement, pas de politique.



Les ressorts spiraux



Les ressorts spiraux

- Composants stratégiques: génèrent la précision de la montre
 - 1 jour compte 86400 secondes
 - Une dérive de +/- 5 s/j équivaut à une précision d'environ 10/100'000, soit 0.01%!!
 - Record mondial de précision pour un dispositif 100% mécanique...



Les ressorts spiraux

- Composants stratégiques

- **Savoir-faire unique**

Par exemple, la précision requise pour l'épaisseur du fil laminé est de +/- 0.05 micron !

précision non mesurable, mais atteinte...



Les ressorts spiraux

- Composants stratégiques
- Savoir-faire unique
- **Courbe terminale**

Il s'agit d'éloigner la dernière spire du ressort afin de créer la place nécessaire à la fixation du piton (point de liaison sur le mouvement)





Précision requise:
+/- 15 microns !!



Les ressorts spiraux

Les alliages utilisés:

	PE4000		PE5000
Fe:	50%	Nb:	xx%
Ni:	40%	Ti:	100-xx%
Cr:	8%		
+ Be, Ti, ...			

Structure PE4000:

- Matrice d'intermétalliques FeNi,
- Ni également sous forme de précipités



Le procédé actuel

La déformation est réalisée à froid, manuellement, avec un outillage ou sur un automate.

Désavantages:

Les dislocations créées lors de la déformation à froid évoluent lors des premières semaines de fonctionnement (restauration), ce qui engendre:

- Une déformation plastique de la courbe terminale en direction de sa position initiale,
- Une dérive de la marche (précision) de la montre...



Dérive de la marche:

- La précision de la montre est donnée par la précision de la fréquence de l'oscillateur
- La fréquence de l'oscillateur dépend de la force du ressort-spiral
- La diminution des contraintes dans le ressort engendre une modification de cette force

Pour rappel: 10 s/jour représente une variation de 0.01% !



Le procédé actuel:

Des traitements thermiques réalisés après le formage de la courbe terminale accélèrent cette diminution des contraintes internes (restauration).
Cependant:

- Ils ne sont pas efficace à 100%
- L'état actuel de la propriété intellectuelle limite les possibilités à disposition des fabricants de spiraux (notamment un traitement localisé).



Le formage à tiède

➤ Innovation:

Le formage de la courbe n'est plus réalisé à froid, mais à une température de 200 à 400 °C, Cette température peut être obtenue par exemple par effet Joule.

Le principe du formage à tiède est breveté par Precision Engineering.



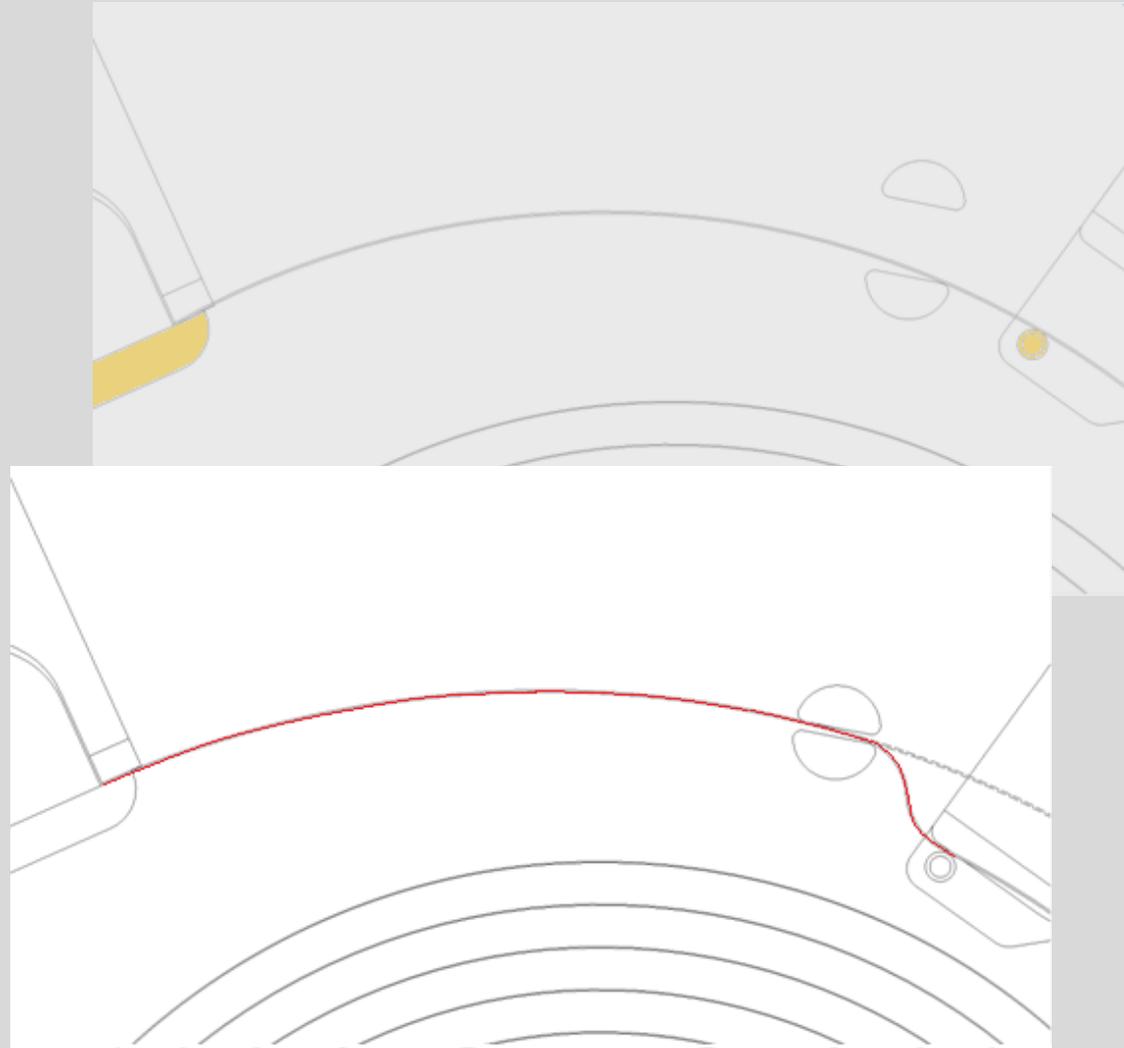
Le formage à tiède

➤ Principe:



Le formage à tiède

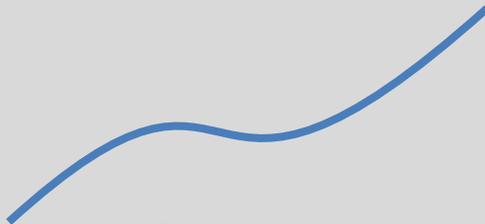
➤ Principe:



Le formage à tiède

➤ Grande flexibilité:

On peut facilement modifier la géométrie de la courbe réalisée en ajustant la position des « pinces » ainsi que leur orientation: similitude avec les courbes de Bézier.



2 points



2 points

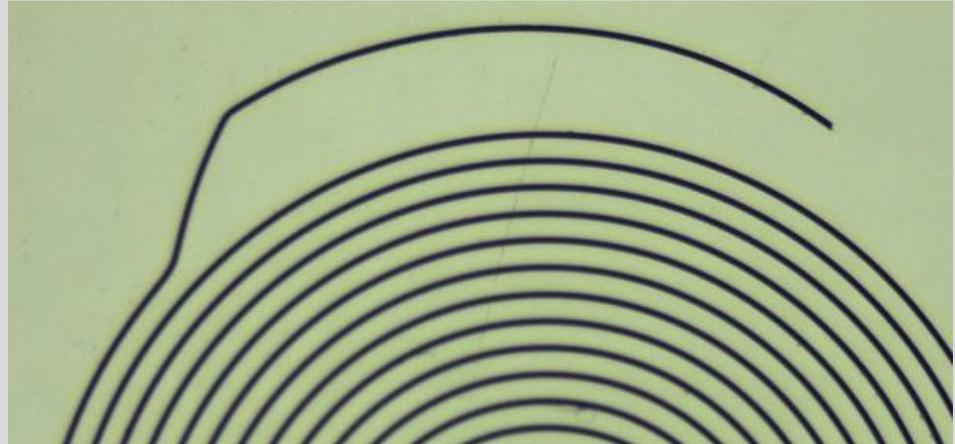


3 points

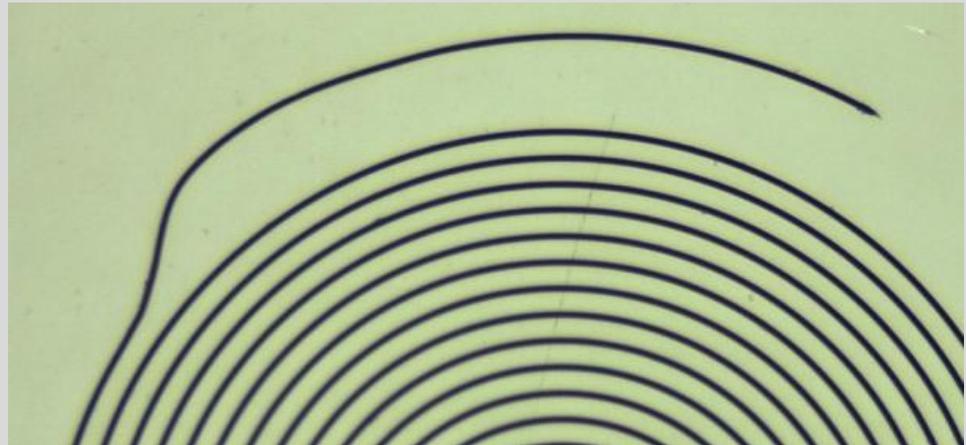


Le formage à tiède

Spiral avec courbe
formée à froid



Spiral avec courbe
formée à tiède



Le formage à tiède

➤ « à tiède »:

- La température doit être suffisante pour que les dislocations ne puissent pas s'accumuler (typiquement supérieure à 200°C),
- mais pas trop haute afin de ne pas provoquer de modifications de la structure cristalline (inférieure à 400°C)

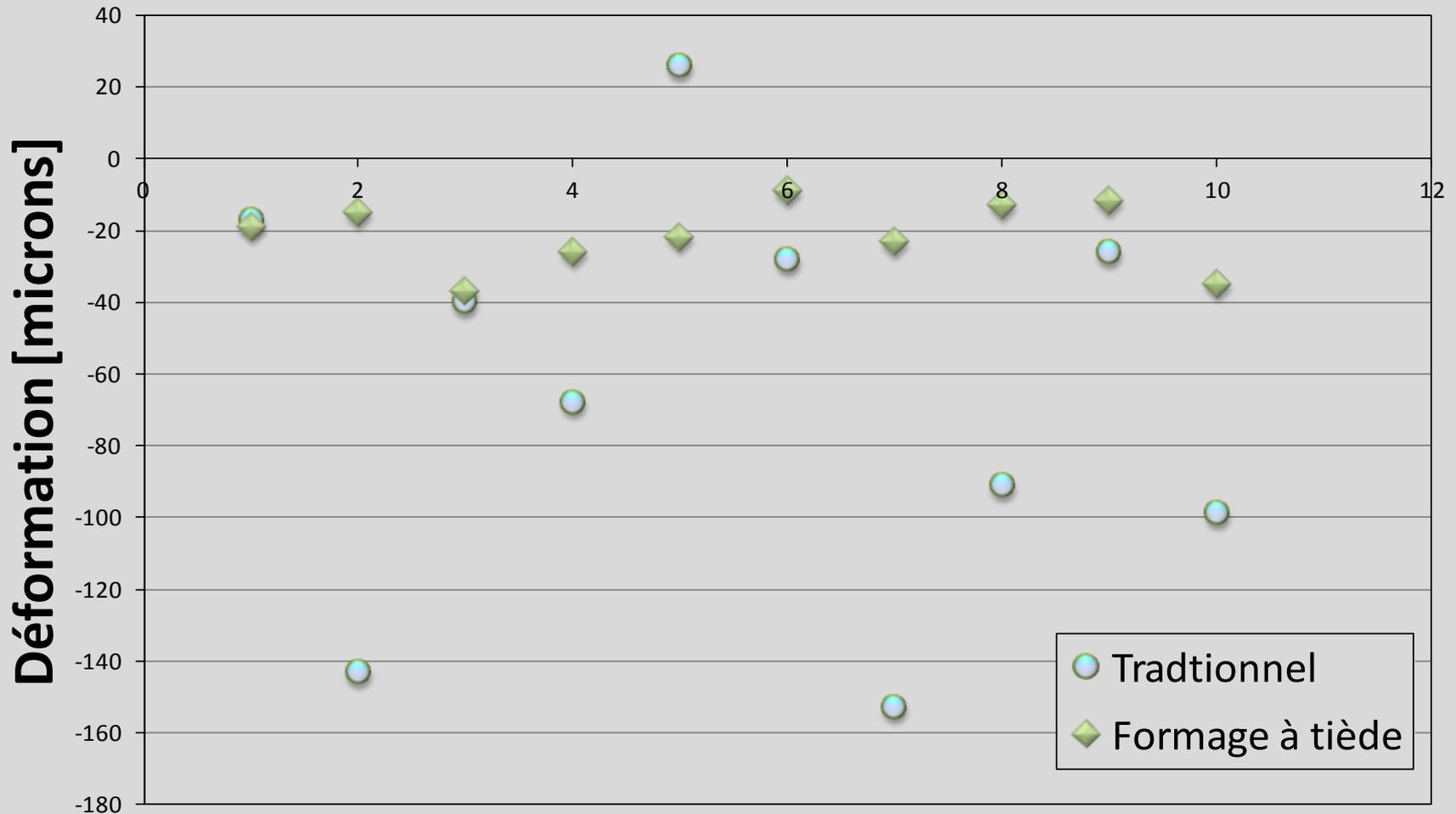


Le fromage à tiède

- Principe
- Pourquoi à tiède
- Les résultats



Evolution de la courbe terminale après 30 jours



Evolution de la marche après 30 jours



Conclusion

- Un procédé
 - Innovant,
 - simple et flexible,
 - Efficace.
- Gains pour les clients: meilleure stabilité de la fréquence de l'oscillateur
- Gains pour le producteur: procédé plus flexible et plus rapide.





PRECISION ENGINEERING AG

INDEPENDENT RELIABLE SOLUTIONS

Merci pour votre attention

