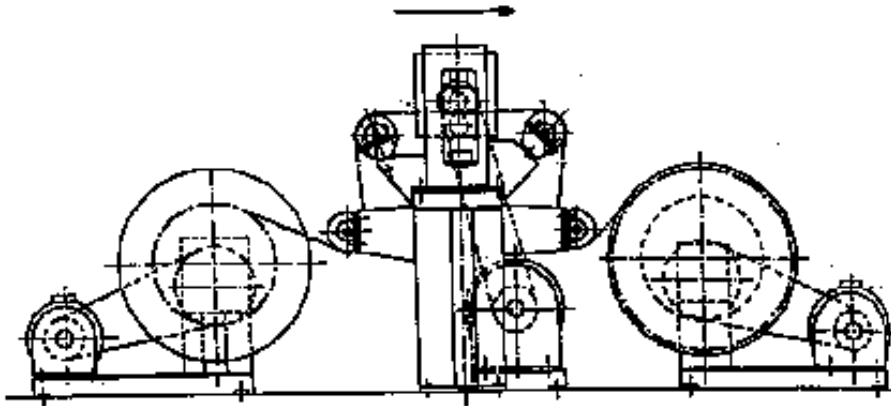


Laminoir d'essai à froid pour prototypage sur aluminium: "Armines"

Constellium Research Center



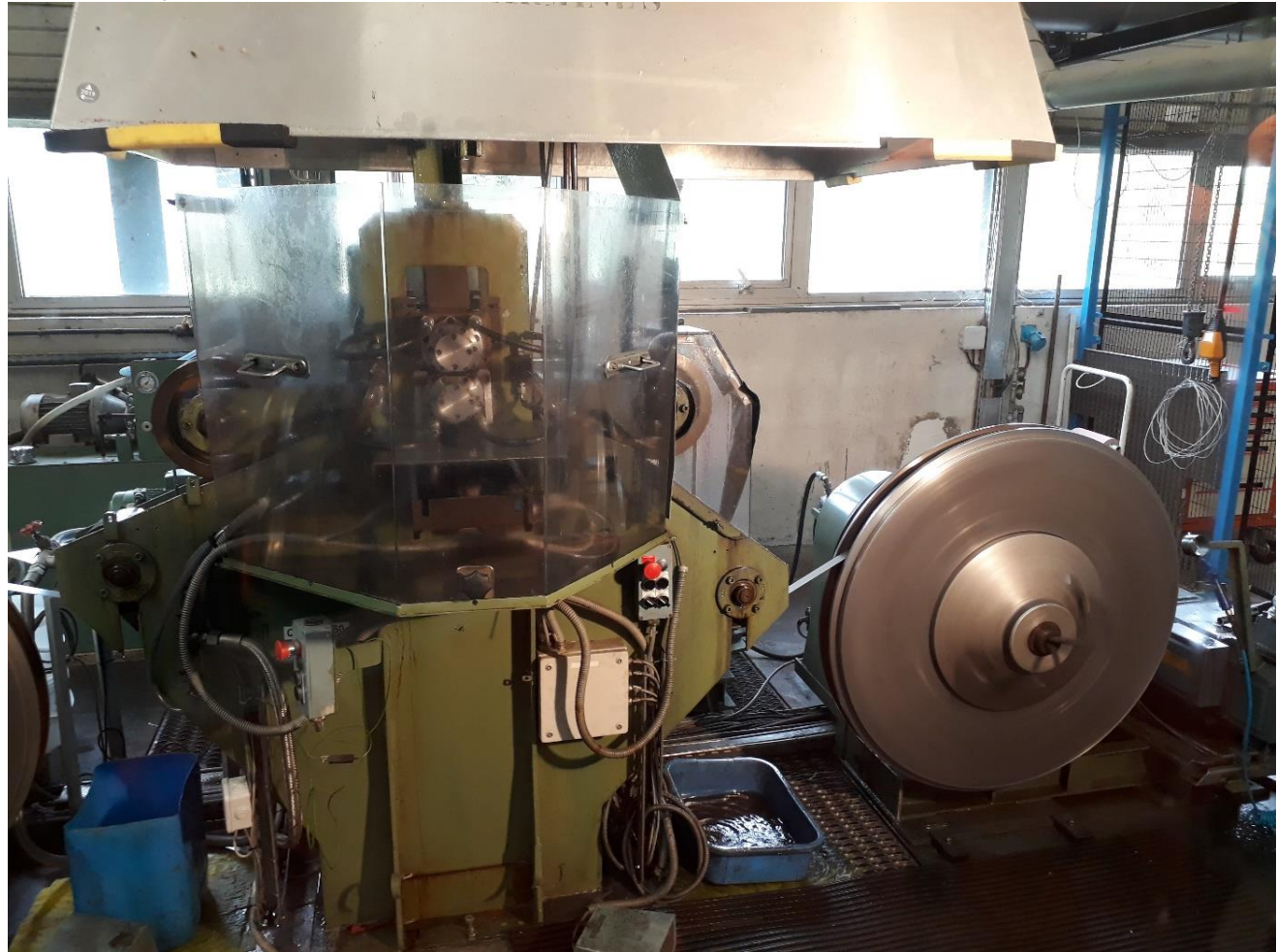
CT laminage SF2M

Ariane Viat, 16/03/2022



Laminoir Armines

- Laminoir à froid (bandes à température ambiante)
- Laminoir duo (pas de cylindres d'appui)
- Présent au centre de recherches de Constellium (CTEC), Voreppe, France





Historique

- Laminoir qui appartenait au CEMEF; ou plutôt à Armines, la société qui gère les contrats des laboratoires des Mines de Paris
- Initialement, construit à Nice-Sophia-Antipolis
- **1977-1978**: dimensionnement et premiers dessins. Les bases: laminoir duo, taille cylindres, largeur... Projet à 588 kF (estimation)
- **1980**: fin de la construction du laminoir. Les caractéristiques sont quasiment celles d'aujourd'hui
- **1981**: 1ers essais, sur émulsion
- **1987**: Pechiney demande une modification pour pouvoir laminier de la feuille mince. « cylindres fous » qui appuient sur les cylindres pour simuler des cylindres d'appui
- **1990-1991**: améliorations du refroidissement des paliers (hausse vitesses admissibles) et renouvellement du système d'acquisition
- **2000-2003**: autres modernisations (variateurs), amélioration de la sécurité
- **2004**: projet de transfert du CEMEF vers le Centre de Recherches de Constellium

Description

■ Caractéristiques générales

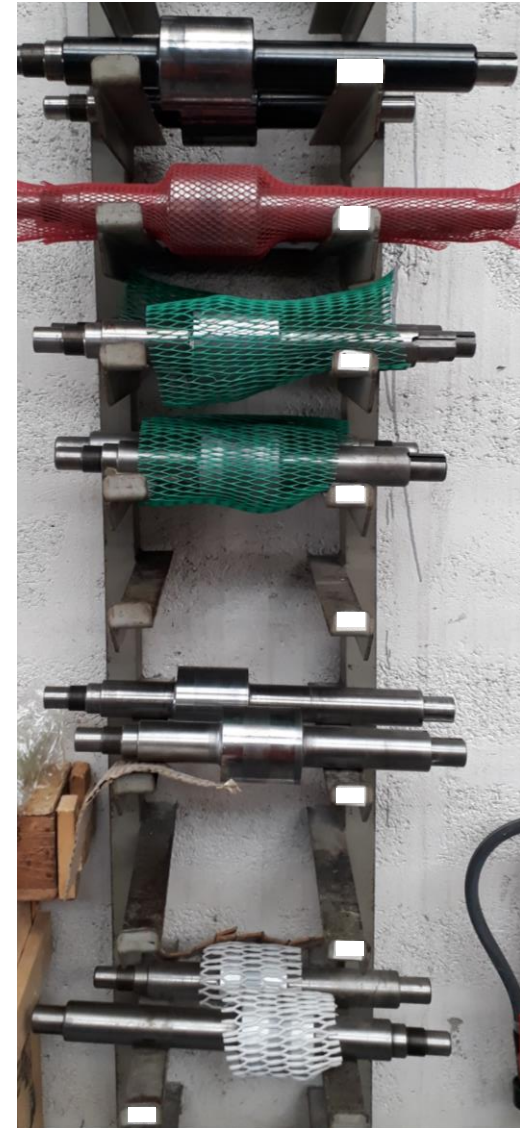
- ▶ Laminoir à froid duo non réversible équipé d'un dérouleur et d'un enrouleur
- ▶ Vitesse maxi: selon alliage. 600 m/min pour 5182 écroui, plus de 1000 m/min sur du 1050
- ▶ Réductions: jusqu'à 60%

■ Cylindres

- ▶ Diamètre des cylindres de 93 à 150 mm
- ▶ Largeur de table 150 mm
- ▶ Masse d'un cylindre <10 kg

■ Bandes laminées

- ▶ Bobines sur virolle diamètre 840 mm
- ▶ Epaisseurs: de 0,4 à 2 mm
- ▶ Largeur: 30 mm
- ▶ Longueur: 500-600 m
- ▶ Alliages: variable. Le laminoir a aussi laminé de l'acier, de l'inox...



Equipement

- Pots de serrage hydrauliques, effort maxi admissible de 15 tonnes
- Moteur cage : 60 kW couple maxi 10.8 mdaN jusqu'à 850 m/min, entraînement par courroie crantée.
- Dérouleur 15 kW effort applicable de 60 à 240 daN, diamètres intérieur 600 mm et maxi 950 mm. Entraînement par courroie crantée avec 2 rapports.
- Enrouleur 25 kW effort applicable de 90 à 320 daN diamètres intérieur 635 mm et maxi 950 mm. L'axe de la poulie est équipé d'un frein.
- Le laminoir est équipé à l'entrée d'un transbobineur qui permet de prendre des bobines avec un diamètre intérieur de 200 à 450 mm et de le transférer sur le dérouleur.
- Système de chauffe de bande en entrée, par radiants situés sur les parties métalliques, jusqu'à environ 200°C. Etude EHS en cours. Thermocouple sur spires supérieures pour contrôler et éventuellement réguler



Capteurs

- **Vitesses.** 3 capteurs mesurent respectivement la vitesse d'entrée, la vitesse de sortie, la vitesse du cylindre. Il s'agit d'encodeurs optiques (magnétique pour le cylindre)
- **Position des cylindres.** 2 capteurs de pression sur les pots de serrage, 2 capteurs LVDT pour la régulation des vannes MOOG hydrauliques
- **Efforts de laminage.** 2 capteurs piézoélectriques sur les empoises, un côté allonge, un côté opérateur. On travaille ensuite en efforts moyennés sur ces 2 capteurs
- **Traction – retenue.** Les capteurs piézolélectriques sont positionnés sous les embarreurs et pilotent les moteurs des enrouleur et dérouleur, respectivement
- **Couple.** Ils mesurent la déformation élastique de l'arbre du cylindre. Ils sont sur l'arbre du cylindre



Couplemètre rotatif
sans contact -
Scaime

Régulation

- Pas de régulation d'épaisseur. Régulation de la réduction via les vitesses entrée-sortie, par conservation des débits
- Vitesse de laminage (vitesse des cylindres)
- Traction
- Retenue

Lubrification de l'Armines

- Bac de 60 litres en inox. Volume nominal utilisé = 30 litres
- Chauffage par 2 résistances chauffantes, jusqu'à 100°C. Nominal = 43 °C
- Débit maximal d'arrosage 70 L/min
- Pression 2 bars. Possible de l'augmenter en changeant de pompe
- Buses cuillères à jet plat: une en haut, une en bas



Laminoir Armines en fonctionnement (film)



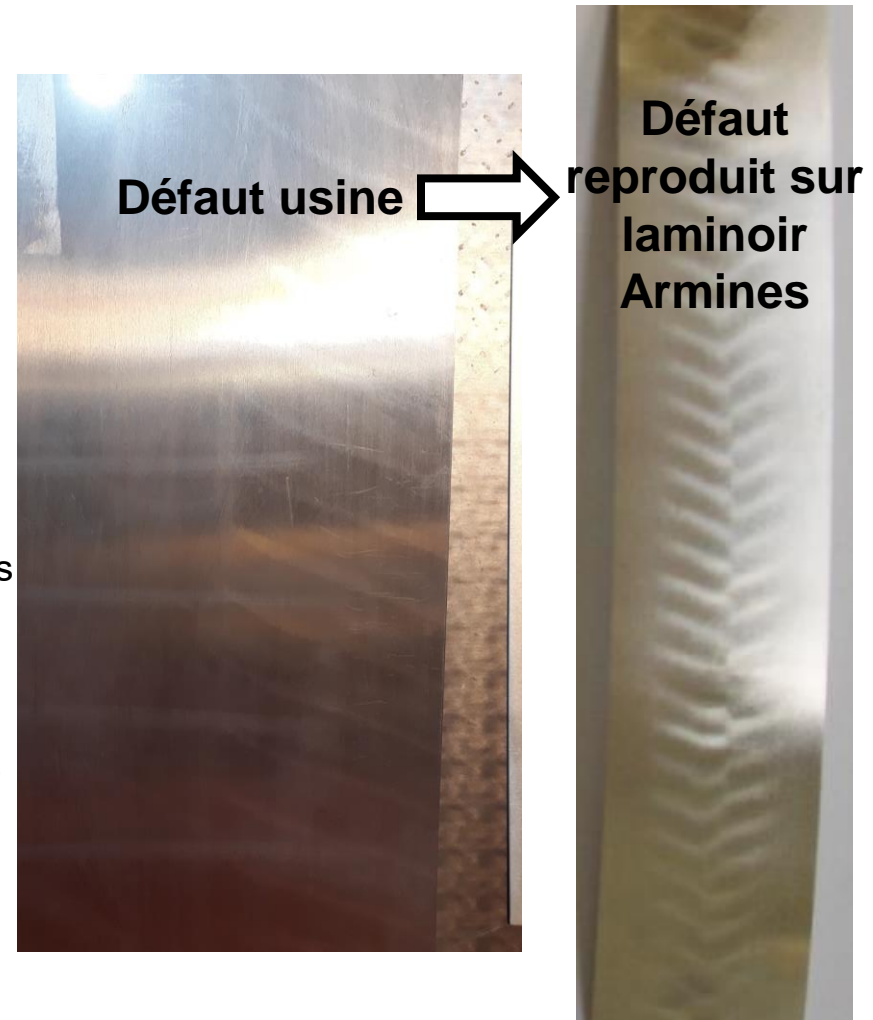
Exemple d'application: reproduction de défauts usine

■ Chevrons (P. Deneuille, 2009)

- ▶ Défaut typique de laminage à froid.
- ▶ Bandes obliques de matité différente en bord de bande. Orientation typique = 45°

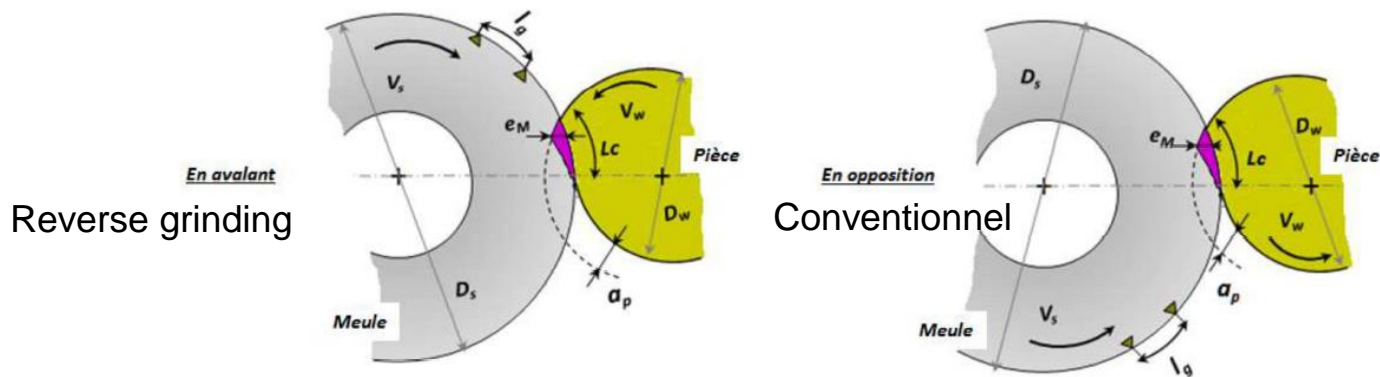
Démarche expérimentale

- ▶ Modifier le type d'huile de laminage (huile de base ET additifs) jusqu'à obtenir des chevrons avec une de ces huiles
→ *Identification d'une composition d'huile favorable aux chevrons*
- ▶ Une fois l'huile identifiée, faire varier le taux d'additifs pour identifier un seuil d'apparition des chevrons
→ *Détermination d'une concentration minimale d'additifs à garantir pour éviter les chevrons*
- ▶ Faire varier la réduction pour identifier les conditions de laminage favorables aux chevrons

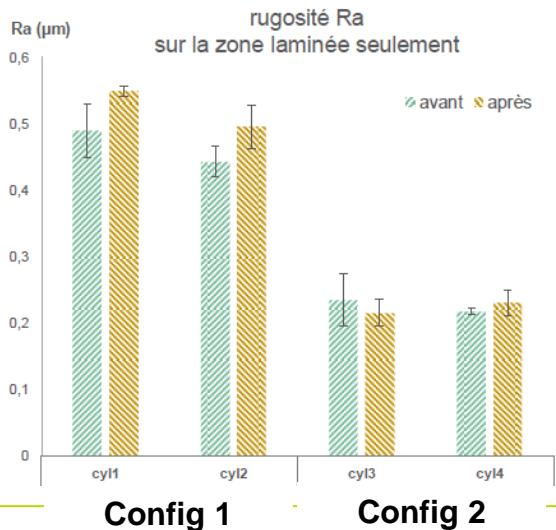


Exemple d'application: rectification

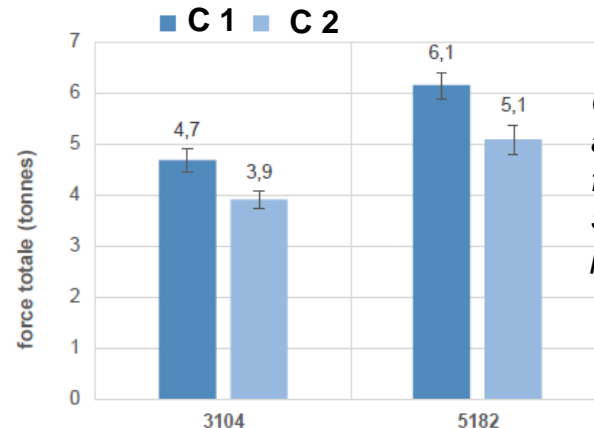
- Tentative de comparaison des performances de laminage selon que les cylindres sont rectifiés en conventionnel ou en « reverse grinding »



- Projet non mené à terme. Raison: on n'arrivait pas à atteindre les mêmes niveaux de rugosité avec les 2 techniques. Or, la rugosité est d'ordre 1 sur les résultats de laminage Armines:



Rectification de 2 paires de cylindres avec rugosités très différentes



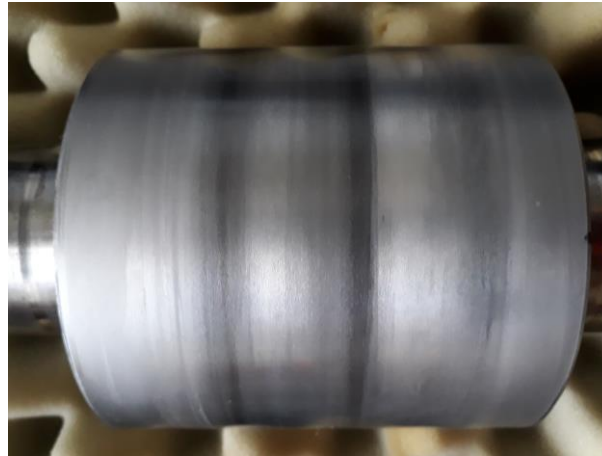
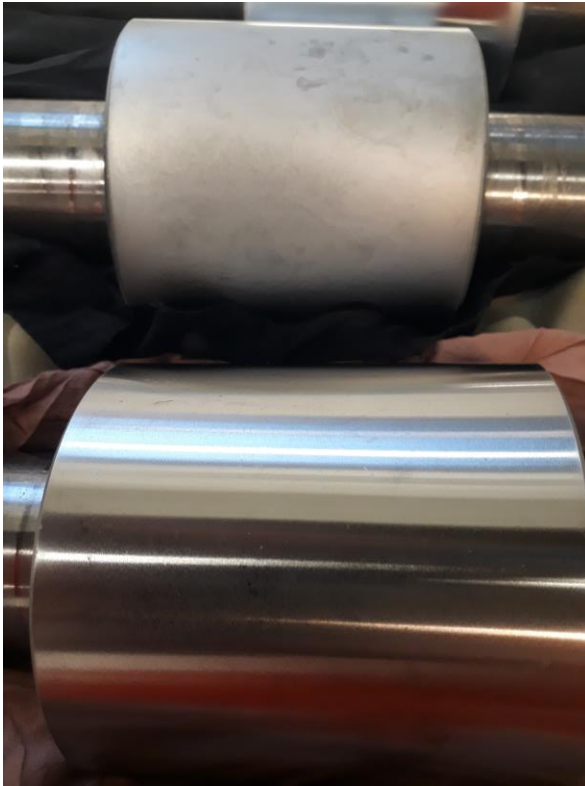
Conséquence: avec un Ra plus faible, les efforts sur Armines sont plus faibles

Exemple d'application: revêtements de cylindres

■ Recherche d'alternative au chromage Cr6

▶ Avant essai

▶ Après essai



▶ Paramètres de sortie Armines:

- Efforts
- Couple
- Glissement

$$\text{glissement aval (\%)} = \frac{\text{vitesse bande sortie} - \text{vitesse cylindre}}{\text{vitesse cylindre}} \times 100$$

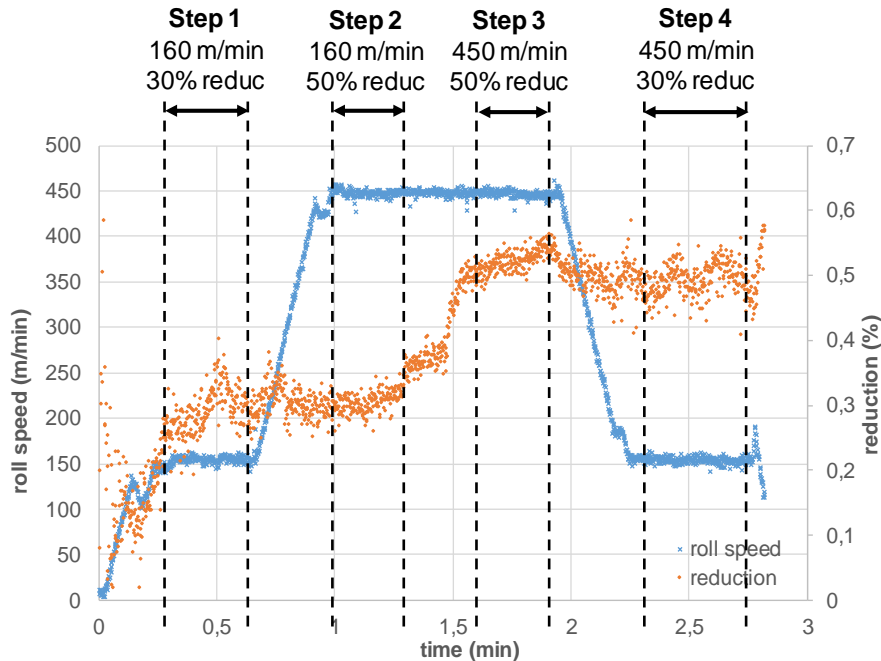
- Frottement (calcul / modèle des tranches)

▶ Autres:

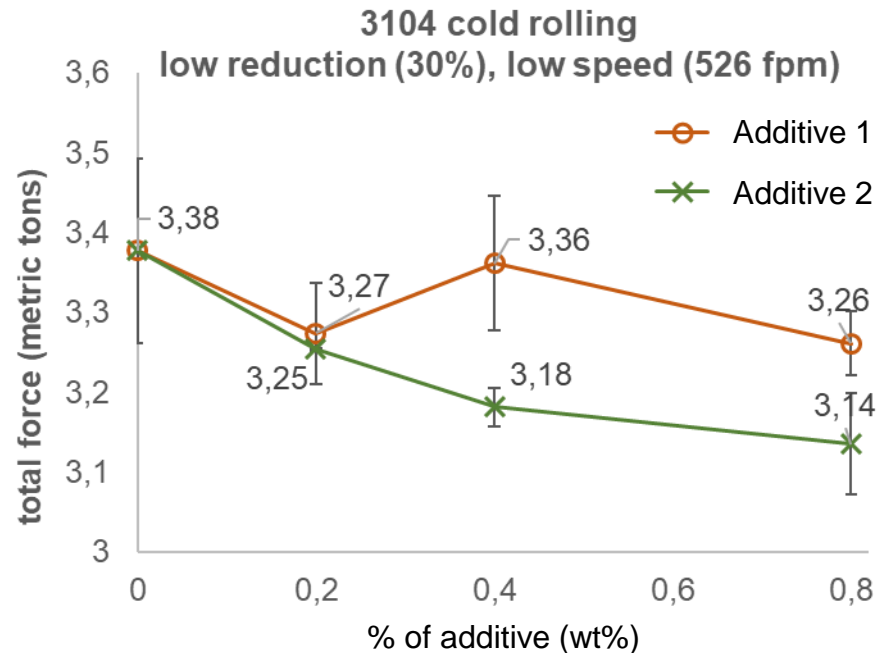
- Rugosité bande et cylindre
- Epaisseur de revêtement
- Epaisseur de coating
- Aspect (cf. photos)

Exemple d'application: additifs de lubrification

- Performances comparées de 2 additifs, selon leur pourcentage dans l'huile



Réalisation de paliers pour découpler les effets vitesse et réduction sur les efforts
 Résultat: sur Armines, la vitesse influence peu les efforts

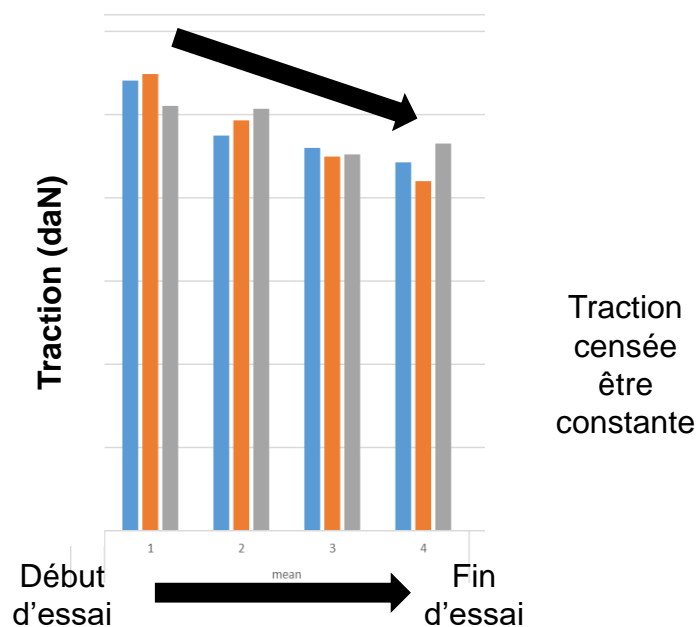
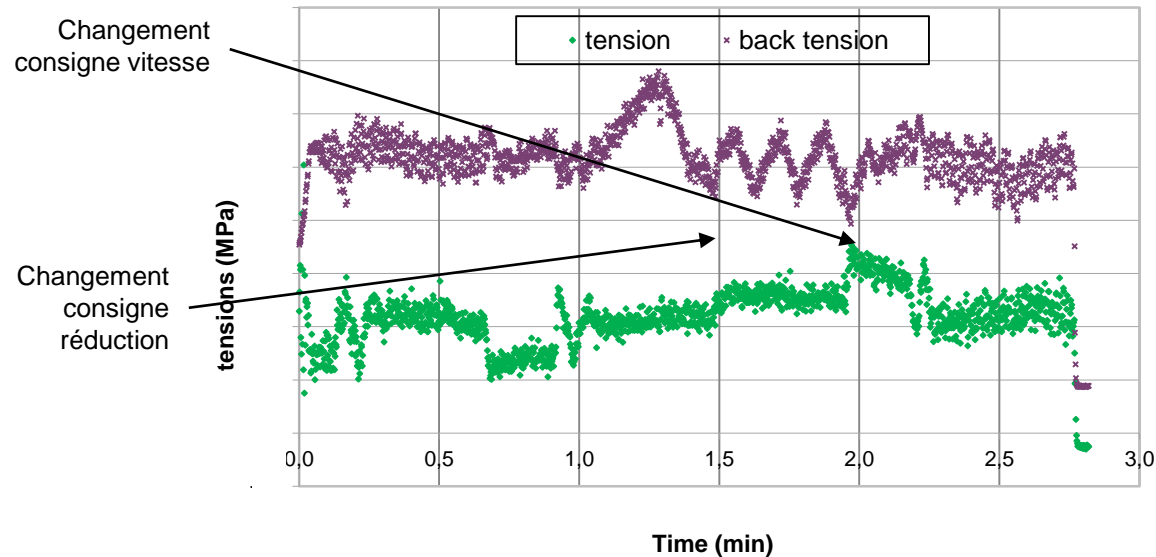


Résultats expérimentaux pour le step 1
 Les différences sont souvent faibles (idem sur laminoir industriel)
 Le laminoir pilote doit être utilisé dans les exactes mêmes conditions pour faire du comparatif

Développements actuels: instrumentation - acquisition

- Récupération des signaux sous IBA – affranchissement du PC de manip, simplification traitements données
- Instrumentation thermique : mesures de la température dans l'emprise (idéalement)
- Correction de faux ronds, pour amélioration de la régulation
- Correction d'inertie de l'enrouleur
 - ▶ On a pris l'inertie en configuration basse vitesse, elle doit être corrigée du rapport de vitesse dans la configuration grande vitesse. Trouver un jeu commun? 2 réglages et un switch ?

tension & back tension in MPa





Développements actuels: projets applicatifs

- Thèse « modélisation du frottement en laminage »
 - ▶ Prévues fin 2022
 - ▶ Collab. CEMEF. Projet de recherche commun avec APERAM, Framatome
 - ▶ Influences de la thermique, de la physico-chimie du lubrifiant, de la mécanique... L'Armines sera au centre du projet pour la partie validation expérimentale
- Project ACHIEF
 - ▶ Consortium européen de recherche sur des revêtements alternatifs au Cr6. Mission Constellium = tester ces revêtements sur laminoir pilote
- Textures EDT
 - ▶ Essais à faible réduction
 - ▶ Influence de la réduction sur la texture. Couplage avec mesures d'interférométrie ex-situ
- Amélioration des performances de lubrifiants en laminage à froid
 - ▶ Additifs alternatifs
 - ▶ Adaptations REACH/ traitement des fumées / distillation

Questions?



Evaporation du kéro à haute vitesse et haute réduction