



(11)

EP 3 381 576 A1

(12)

## DEMANDE DE BREVET EUROPEEN

(43) Date de publication:  
03.10.2018 Bulletin 2018/40

(51) Int Cl.:  
**B21B 13/14 (2006.01)**

(21) Numéro de dépôt: 17290048.2

(22) Date de dépôt: 31.03.2017

(84) Etats contractants désignés:  
**AL AT BE BG CH CY CZ DE DK EE ES FI FR GB  
GR HR HU IE IS IT LI LT LU LV MC MK MT NL NO  
PL PT RO RS SE SI SK SM TR**  
Etats d'extension désignés:  
**BA ME**  
Etats de validation désignés:  
**MA MD**

(71) Demandeur: **Primetals Technologies France SAS**  
42600 Savigneux (FR)

(72) Inventeurs:  
**• ABI Karam, Michel  
F-42600 Savigneux (FR)**  
**• Gouttebroze, Stéphane  
F-42600 Savigneux (FR)**

(74) Mandataire: **Metals@Linz**  
**Primetals Technologies Austria GmbH**  
**Intellectual Property Upstream IP UP**  
**Turmstraße 44**  
**4031 Linz (AT)**

(54) **CAGE DE LAMINOIR ÉQUIPÉE D'UN DISPOSITIF DE CONTRÔLE DE STABILITÉ DE LAMINAGE ET MÉTHODE ASSOCIÉE**

(57) La présente invention décrit une cage de lamo-  
noir disposant d'une paire de cylindres de travail supé-  
rieur et inférieur (CTS, CTI), d'une paire de cylindres in-  
termédiaires supérieur et inférieur (CIS, CII) et équipée  
d'un dispositif de contrôle de stabilité de laminage par  
positionnement des cylindres de travail pour le laminage  
d'un produit métallique (PM) en défilement comprenant :  
- les dits cylindres de travail supérieur et inférieur (CTS,  
CTI) agissant chacun sur une de deux faces d'un produit  
métallique en défilement selon un axe longitudinal (X),  
- des moyens de déplacement (MDS1, MDS2, MDI1,  
MDI2) longitudinaux des dits cylindres de travail par rap-  
port à un axe vertical (Z) qui passe par au moins un des  
cylindres intermédiaires transmettant un effort de lamina-  
ge par contact direct sur au moins un des cylindres de  
travail, l'axe longitudinal (X) et l'axe vertical (Z) définis-  
sant une intersection en un point d'origine (O) dont les  
cylindres de travail sont situés latéralement à une dis-  
tance « offset » ;

- des moyens de mesure (MMS1, MMS2, MMI1, MMI2)  
d'au moins un paramètre (P) mesuré, le dit paramètre  
mesuré étant transmis à une unité de contrôle (UC) four-  
nissant un signal de régulation (Ssup1, Sinf1, Ssup2,  
Sinf2) aux moyens de déplacement longitudinaux,  
caractérisé en ce que :  
- le paramètre mesuré est lié à une divergence d'état  
physique d'au moins un des cylindres de travail par rap-  
port à un état physique précédent;  
- le paramètre mesuré comprend au moins une valeur  
de composante longitudinale d'au moins une des forces  
(FSup, Finf) exercée par chaque cylindre de travail sur

le moyen de mesure actif couplé au moyen de déplace-  
ment effectivement en contact et sous effort de charge  
avec le dit cylindre de travail,  
- les moyens de déplacement longitudinaux supérieur et  
inférieur sont actionnables individuellement afin de re-  
positionner les cylindres de travail supérieur et inférieur  
sous des offsets individuels en fonction du signal de ré-  
gulation.

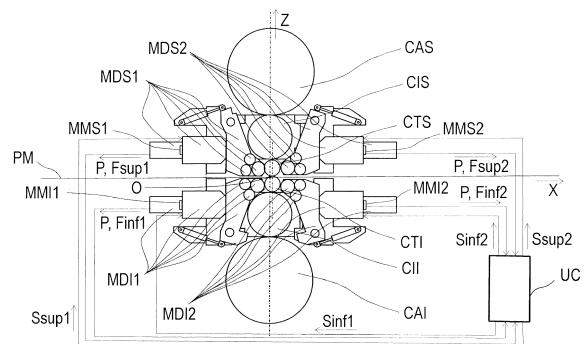


FIG 4

## Description

**[0001]** La présente invention concerne une cage de lamoiré équipée d'un dispositif de contrôle de stabilité de laminage selon le préambule de la revendication 1 et une méthode de laminage associée selon le préambule de la revendication 12.

**[0002]** La présente invention s'adresse tout particulièrement à des cages de type quarto, sexto, 18-Hi, X-Hi® comprenant deux cylindres de travail, chacun disposé de part et d'autre d'une ligne de passe de laminage d'un produit métallique telle qu'une bande en défilement longitudinal dans la dite cage, les dits cylindres de travail étant disposés entre des moyens de soutien latéraux permettant de positionner au moins latéralement (ou longitudinalement en prenant en compte le sens de défilement) les dits cylindres de travail à des positions précises de travail dans la cage de laminage.

**[0003]** Des bons exemples de cage de lamoiré (type 18-Hi ou X-Hi®) visés par l'invention sont décrits au travers de deux brevets de la demanderesse EP2542360B1 et en particulier EP2464470B1 qui divulgue une méthode et un dispositif de décalage des axes verticaux des cylindres de travail par rapport aux axes de cylindres intermédiaires de soutien. En fonction d'une identification de paramètres de laminage nominaux en début d'un programme de laminage, desquels on détermine une première valeur de décalage (dit « offset ») permettant idéalement de réduire des efforts parallèles à un plan de défilement de bande résultants sur les cylindres de travail, un dispositif de décalage permet de faire varier la première valeur de décalage vers une autre valeur de décalage en fonction d'une identification d'un « nouveau » paramètre de laminage. Ici, le paramètre de laminage peut être issu d'une banque de donnée ou être mesuré à partir d'un signal provenant d'une mesure effectuée par un dispositif d'analyse des caractéristiques de bande ou de l'installation de laminage, par une mesure annexe de position de cylindre de travail ou par une mesure d'efforts résultants sur les cylindres de travail. Lors de changement de format ou qualitatif de produit laminé, il est alors possible de repositionner les cylindres de travail sous un décalage (« offset ») respectant des conditions adaptée au laminage du dit produit. Figure 1 de la présente invention reproduit un exemple très descriptif de la figure 1 de EP2464470B1 où la régulation de l'offset (O) est permise par des moyens de déplacement (voir actionneur (63)) suite à une modification de paramètre de laminage nominaux ou d'une modification de valeurs de mesure de position et d'efforts telle que celles données par le dispositif de mesure (64). Par ailleurs, la régulation de l'offset est effectuée de manière commune pour les cylindres de travail supérieur et inférieur.

**[0004]** Comme cela sera présenté par la suite, la demanderesse a poursuivi ses investigations pour améliorer ce type de cage, bien au-delà de la régulation avantageuse de l'offset d'une paire de cylindres de travail supérieur et inférieur, décrite par les brevets ci-dessus et

surtout dans le but d'augmenter la productivité de lamoiré c'est-à-dire en maximisant la vitesse de laminage du produit en défilement et garantissant des conditions qualitatives constantes de laminage. Lors de ces investigations, des phénomènes d'instabilité de fonctionnement de cage de laminage lié à un état physique de cylindre de travail ont été détectés, le ou les dits cylindres ayant déjà été disposé(s) sous un offset tel que décrit précédemment dans l'état de l'art. A titre d'exemple, en particulier pour atteindre des vitesses plus hautes de défilement, les cylindres de travail peuvent présenter des sauts brusques ou autres variations et instables de position autour de l'offset prédéfini, (ou régulé comme dans l'état de l'art), et/ou des sauts brusques ou autres variations d'efforts sur les cylindres de travail c'est-à-dire entre les moyens de déplacement longitudinaux en tant que soutiens latéraux disposés longitudinalement de part et d'autre de chaque cylindre de travail. Il est enfin à noter que ces sauts ou autres instabilités ne sont pas symétriques entre les cylindres de travail supérieur et inférieur de la cage de la laminage, ce qui rend une régulation d'offset de manière commune pour une paire de cylindre de travail comme dans l'état de l'art insuffisamment apte à harmoniser des efforts de l'ensemble de la cage. Comme les figures de la présente demande de brevet le présenteront, il existe aussi des cas d'instabilité antagoniste entre la partie supérieure et inférieure de cage, aboutissant à de fortes montées d'efforts longitudinaux pour chaque parties, et tendant à imposer des contraintes à valeur absolue « doublée » sur la cage, tout particulièrement lors de montée en vitesse de laminage et même, de plus, si l'offset est régulé comme dans l'état de l'art.

**[0005]** Un but de la présente invention est de maximiser la vitesse de laminage tout en garantissant une stabilité des conditions de fonctionnement d'une cage de laminage d'un produit métallique en défilement comprenant au moins des cylindres de travail supérieur et inférieur préalablement disposés sous un décalage prédéfini et pouvant être déplacés au moins parallèlement au sens de défilement du produit et par rapport à un point d'origine. En règle générale, le dit point d'origine de la cage est défini comme intersection d'axe longitudinal et d'axe vertical, l'axe longitudinal étant défini comme ligne de passe de la cage et l'axe vertical étant défini comme passant par au moins un des cylindres intermédiaires supérieur et inférieur transmettant un effort de laminage par contact direct sur au moins un des cylindres de travail.

**[0006]** En particulier lors de phases transitoires d'augmentation de la vitesse de laminage des moyens usuels de régulation connus des conditions de fonctionnement de laminage tels que décrit dans l'état de l'art, ne suffisent pas à compenser correctement des instabilités de laminage, en particulier si des instabilités asymétriques entre les parties supérieure et inférieure de cage aboutissent à des efforts et contraintes additivement croissants au risque voire au détriment du lamoiré.

**[0007]** Ces instabilités de laminage se traduisent directement par des divergences d'état physique d'au

moins un des deux cylindres de travail (cela sera explicité à la figure 3 de la présente invention).

Ainsi, la présente invention a donc pour but de compenser une divergence d'état physique d'au moins un des cylindres de travail par rapport à un état physique précédent lors d'une augmentation de la vitesse de laminage sous stabilité garantie des conditions de laminage permettant en sortie du lamoir un produit de qualité constante (telle que l'épaisseur, l'état de surface, etc.). En d'autres termes, une telle divergence peut avoir de multiples causes telle qu'une déstabilisation de position d'au moins un des cylindres de travail autour de sa position (prévue sous un « offset » ou décalage longitudinal par rapport au point d'origine de la cage), une déformation (dit cépage) latérale de cage créant un changement de conditions de jeu latéral entre cylindres de travail et cylindres de supports latéraux (serrage dit hyperstatique ou excès de jeu), des variations trop importantes d'efforts (en particulier longitudinaux) et couples subis par le cylindre de travail, des variations de traction du produit en amont et/ou aval de la cage interagissant avec au moins un des cylindres de travail, des effets de glissement entre cylindre de travail et produit ou entre cylindres de la cage, des variations thermiques de l'ensemble de la cage. Les dites divergences sont par ailleurs locales, c'est-à-dire affectent individuellement chacun des cylindres de travail supérieur et inférieur sous des formes diverses.

**[0008]** A ce titre et pour exemple, la demanderesse introduit deux figures 2 et 3(a, b, c, d, e) explicatives respectivement d'un mode de réalisation d'un coeur de cage de laminage et présentant un jeu de cinq mesures de paramètres divers sur une cage de laminage, lesdites mesures présentant un type d'instabilité liées aux cylindres de travail.

**[0009]** Ces figures ainsi que les figures suivantes de la présente demande de brevet permettent de proposer une cage de lamoir équipée d'un dispositif de contrôle de stabilité de laminage de travail et une méthode associée au sens des revendications 1 et 12.

**[0010]** Figure 2 présente un mode de réalisation de cage de lamoir (type 18-Hi ou X-Hi®) en vue partielle de côté (plan X, Z) présentant deux ensembles supérieur et inférieur de laminage d'un produit métallique en défillement (PM) selon la direction longitudinale (X) comprenant :

- deux cylindres d'appui intermédiaires supérieur et inférieur venant respectivement appuyer verticalement sur et entraîner chacun de deux cylindres de travail supérieur et inférieur (CTS, CTI),
- chacun desdits cylindres de travail étant soutenu de part et d'autre latéralement (selon la direction longitudinale X) par un de deux moyens de soutien latéral ;
- chaque moyen de soutien latéral (ici sur l'exemple comprenant un cylindre d'appui latéral (CALS1, CALI1) maintenu accolé au cylindre de travail (CTS, CTI), deux rangées de galets d'appui latéral (GALS1,

GALI1) maintenue accolées au dit cylindre d'appui latéral de manière transversale (direction Y),

- chaque moyen de soutien latéral prévoit que le cylindre d'appui latéral et les deux rangées de galets sont disposés sur un bras pivotant (BPS1) ayant un axe de pivot parallèle à la direction (Y), de manière à pouvoir mettre en contact le cylindre d'appui latéral avec le cylindre de travail, le dit contact devant être maintenu hors du domaine hyperstatique,
- chaque moyen de soutien latéral est donc ainsi déplaçable longitudinalement (direction positive et négative X) de sorte que s'il n'est pas soumis à un effort ( $F_{Sup} = 0t$ ,  $F_{Inf} = 0t$ ) exercé par le cylindre de travail, un jeu peut exister entre le dit bras pivotant (ici respectivement BPS1 ou BPI1) et une poutre de déplacement longitudinal (PDS1, PDI1) apte à exercer un appui latéral sur ledit bras. Ce jeu peut être mesuré par un capteur de distance (KYK<sub>sup</sub>, KYK<sub>inf</sub>) tel que de type plongeur disposé dans la poutre de déplacement. Si, à l'inverse, le moyen de soutien latéral est soumis à un effort ( $F_{Sup} = +20t$ ,  $F_{Inf} = +20t$ ) exercé par le cylindre de travail, il existe un jeu nul entre le dit bras pivotant (ici respectivement BPS2 et BPI2) et une poutre de déplacement longitudinal (respectivement PDS2 et PDI2) apte à exercer un appui latéral sur ledit bras,
- les axes des cylindres de travail supérieur et inférieur (CTS, CTI) sont dans la pratique toujours disposés de manière décalée latéralement sous un « offset » (Off) par rapport aux axes de leur cylindre d'appui intermédiaire respectif (CAIS, CAII). Cette configuration des cylindres pour le laminage est effectuée par ajustement longitudinal des poutres d'appui agissant sur les bras pivotant de manière à disposer les moyens de soutien latéral sous respect dudit offset,
- pour des raisons de clarté, un seul offset est ici représenté, mais il est rappelé que l'invention traite d'une problématique qui prévoit que l'offset de chacun des cylindres de travail supérieur et inférieur peut ne pas être identique,
- des jauge de déformation (GCS1, GCI1, GCS2, GCI2) sont disposées entre chaque des quatre poutres de déplacement longitudinal et leur moyen moteur de poussée longitudinal respectif (non représenté). Ces jauge délivrent ainsi l'effort longitudinal ( $F_{Sup}$ ,  $F_{Inf}$ ) ici exprimé en tonnes dès qu'un effort exercé par un cylindre de travail se transmet via le moyen de soutien latéral à une des poutres associée à une dite jauge.

**[0011]** Dans la suite du document, les efforts longitudinaux mesurés aux dites jauge de déformation présentent des valeurs positives ou négatives. Le signe positif ou négatif indique que le cylindre de travail (par exemple CTS) impose un effort sur l'un ou l'autre des moyens de soutien latéral qui l'encadre sous la direction longitudinale (par exemple au travers des bras pivotant BPS1 ou

BPS2 et leur cylindre et rangées de galets), sachant qu'idéalement le cylindre de travail est sous un mode non hyperstatique entre ses moyens de soutien latéral. **[0012]** Sur l'exemple donné en figure 2, figure 3(a) présente une mesure (en heures, minutes, secondes) durant environ 11 minutes (soit le temps du passage correspondant au laminage de bande métallique d'une bobine de la vitesse (en m/s) de défilement au travers d'une cage pour une bande métallique subissant un laminage. Il est à noter que, afin de permettre une productivité de laminage maximale, la vitesse de la cage est augmentée de façon significative en deux intervalles de temps principaux, un premier intervalle (P1) entre 11:02:00 et 11:03:00 où la vitesse augmente de 0,5m/s à 2m/s, puis un deuxième intervalle (P2) entre 11:06:30 et 11:08:00 où la vitesse augmente de 2m/s à 4,5m/s autour du trait vertical pointillé. Sous les deux mêmes intervalles de temps qu'à la figure 3(a), figure 3(b) présente une mesure de force longitudinale (FSup) exercée par un cylindre de travail supérieur sur un de ses premier ou second moyens de soutien latéral (=selon le sens de défilement). Les dits moyens de soutien latéral ont également une fonction de pouvoir déplacer le dit cylindre de travail au moins parallèlement au sens de défilement du produit et de le disposer sous un offset par rapport au point d'origine précité. Afin d'éviter toute condition hyperstatique du cylindre de travail, il est entendu que le dit cylindre de travail est disposé entre les deux moyens de soutien latéral sous un écartement suffisant pour garantir au cylindre un jeu latéral lui permettant de tourner parfaitement entre les dits moyens de soutien latéral tout en garantissant un contact sous un effort longitudinal appliqué uniquement d'un seul côté de cylindre de travail.

**[0013]** En particulier, sous un état initial de conditions de laminage de bande métallique, la figure 3(b) montre que le dit cylindre de travail supérieur exerce une force sur un des moyens de soutien latéral, ici d'environ -10 tonnes avant l'intervalle (P1). La valeur négative -10t indique que le cylindre de travail exerce une force longitudinale opposée au sens de défilement de la bande. Durant le premier intervalle (P1), lors de la première augmentation de vitesse, la force longitudinale (FSup) présente une déviation de force de 5 tonnes, puis retrouve sa valeur initiale d'environ -10 tonnes : il est donc constaté une divergence d'état physique du dit cylindre de travail supérieur, suivi d'un retour à son état initial.

Puis durant le second intervalle (P2), lors de la deuxième augmentation de vitesse, la force longitudinale (FSup) présente une déviation de force d'environ 60 tonnes, plus précisément de -10 tonnes à +50 tonnes, ce qui signifie que l'état physique du cylindre de travail change en ce que la mesure montre qu'il se déplace du premier vers le second moyen de soutien latéral dudit cylindre de travail. Une instabilité manifeste de l'état physique du cylindre de travail est donc détectée.

En effet, la force du cylindre de travail exercée (FSup) sur le second moyen de soutien latéral du dit cylindre de travail atteint +50 tonnes, cinq fois plus en valeur absolue

que la valeur initiale de -10 tonnes. De fortes variations de forces peuvent alors impliquer des effets de cépage (déformation) de structure de la cage (colonnes, moyens de soutien et de déplacement latéral), voire pire des casses ou autres types de détériorations d'éléments internes de cage. Dans le cas présent, l'opérateur a diminué la vitesse de laminage de la bande pour revenir à des conditions d'efforts moindres, toutefois de manière progressive et de type instable de +50 tonnes jusqu'à -30 tonnes.

5 La diminution de vitesse implique bien entendu une baisse significative de productivité du laminage, au détriment de l'exploitant.

**[0014]** Figure 3(c) présente de manière similaire à la figure 3(b) une mesure de la force longitudinale (Finf) 10 exercée par un cylindre de travail inférieur sur un de ses 15 premier ou second moyens de soutien latéral (=selon le sens de défilement) ayant pour fonction de pouvoir déplacer le dit cylindre de travail au moins parallèlement au sens de défilement du produit et de le disposer sous 20 un offset par rapport au point d'origine précité.

En particulier, sous un état initial de conditions de laminage de bande métallique, la figure 3(c) montre que le dit cylindre de travail inférieur exerce une force sur un des moyens de soutien latéral, ici d'environ -10 tonnes 25 avant l'intervalle (P1). La valeur négative -10t indique que le cylindre de travail exerce une force longitudinale opposée au sens de défilement de la bande. Durant le premier intervalle (P1), lors de la première augmentation de vitesse, la force longitudinale (Finf) présente une déviation de force de 10 tonnes, puis atteint une nouvelle 30 valeur d'environ -20 tonnes : il est donc constaté une divergence d'état physique du dit cylindre de travail inférieur, suivi d'un nouvel état physique sous effort constant de -20 tonnes.

35 Puis durant le second intervalle (P2), lors de la deuxième augmentation de vitesse, la force longitudinale (Finf) présente une déviation de force d'environ 60 tonnes, plus précisément de -20 tonnes à -80 tonnes, ce qui signifie que l'état physique du cylindre de travail est modifié par

40 variation d'effort tout en conservant un contact sur le même moyen de soutien latéral. Une instabilité manifeste de l'état physique du cylindre de travail est donc détectée. En effet, la force du cylindre de travail exercée (Finf) sur le moyen de soutien latéral du dit cylindre de travail atteint

45 -80 tonnes, huit fois plus en valeur absolue que la valeur initiale de -10 tonnes. De fortes variations de forces peuvent alors impliquer des effets de cépage (déformation) de structure de la cage (colonnes, moyens de soutien et de déplacement latéral), voire pire des casses ou autres types de détériorations d'éléments internes de cage.

Dans le cas présent, l'opérateur a diminué la vitesse de laminage de la bande pour revenir à des conditions d'efforts moindres, toutefois de manière progressive et de type instable de -80 tonnes jusqu'à -10 tonnes. La diminution de vitesse implique bien entendu une baisse significative de productivité du laminage, au détriment de l'exploitant.

**[0015]** Enfin, sous la même durée de mesure, figure

3(d) présente toujours selon figure 2 une mesure d'un capteur de distance ou de jeu longitudinal entre le bras pivotant supérieur (BPS1) et la poutre de déplacement supérieure (PDS1), cet arrangement étant destiné à rattraper un jeu de fonctionnement entre le cylindre de travail supérieur et au moins un de ses premier ou second moyens de soutien latéral. Pour rappel, afin d'éviter toute condition hyperstatique du cylindre de travail, il est entendu que chacun desdits cylindres de travail est disposé entre ses deux moyens de soutien latéral (chacun comprenant un bras pivotant, un cylindre d'appui latéral et deux rangées de galets, voir figure 2) sous un écartement suffisant pour garantir au cylindre de travail un jeu latéral lui permettant de tourner parfaitement entre les dits moyens de soutien latéral tout en garantissant un contact sous un effort longitudinal appliqué uniquement d'un seul côté latéral de cylindre de travail.

**[0016]** En particulier, sous un état initial de conditions de laminage de bande métallique, la figure 3(d) montre que le dit bras pivotant supérieur possède un jeu longitudinal supérieur (KYKsup) avec une des poutres de déplacement longitudinal, ici d'une valeur d'environ 2,6 millimètres avant l'intervalle (P1). Durant le premier intervalle (P1), lors de la première augmentation de vitesse, le jeu longitudinal supérieur diminue de 2,6 millimètres à 2,5 millimètres, puis retrouve une valeur moyenne de 2,6 millimètres, toutefois en présence de perturbations accrues d'amplitudes inférieures au 1/10<sup>e</sup> de millimètre, en relation directe avec la divergence d'état physique déjà observée à la figure 3(b). Peu avant le second intervalle (P2), on constate une montée de 0,3 millimètres qui correspond à une légère déviation de l'effort supérieur (Fsup) de la figure 3(b), mais qui laisse aussi supposer un autre phénomène de divergence sous-jacent tel que lié à une variation potentielle de couple ou de traction exercé par exemple sur le cylindre de travail supérieur. Puis durant le second intervalle (P2), lors de la deuxième augmentation de vitesse, le jeu longitudinal présente une déviation d'environ 0,6 millimètres, comprenant par ailleurs une retombée brusque (environ t=11:08:00) de valeur du jeu mesuré à son niveau minimum, ce qui signifie que l'état physique du cylindre de travail est modifié certes par variation d'effort, mais aussi par changement de son contact d'appui de l'un vers l'autre moyen de soutien latéral (BPS2 vers BPS1 selon figure 2). Une instabilité manifeste de l'état physique du cylindre de travail supérieur est donc bien détectée durant la montée en vitesse de défilement.

**[0017]** Analogiquement à la figure 3(d), figure 3(e) présente une mesure d'un capteur de distance ou de jeu longitudinal (KYKinf selon figure 2) entre le bras pivotant inférieur (BPI1) et la poutre de déplacement inférieure (PDI1), cet arrangement étant destiné à rattraper un jeu de fonctionnement entre le cylindre de travail inférieur et au moins un de ses premier ou second moyens de soutien latéral.

**[0018]** En particulier, sous un état initial de conditions de laminage de bande métallique, la figure 3(e) montre

que le dit bras pivotant inférieur possède un jeu longitudinal inférieur (KYKinf) avec une des poutres de déplacement longitudinal, ici d'une valeur moyenne d'environ 3,00 millimètres avant l'intervalle (P1). Durant le premier intervalle (P1), lors de la première augmentation de vitesse, le jeu longitudinal inférieur augmente vers 3,25 millimètres puis diminue vers 3,20 millimètres. Peu avant le second intervalle (P2), on constate une montée de 0,3 millimètres qui semble bien une déviation probablement similaire à celle du jeu mesuré (KYKsup) au capteur de distance en partie supérieure. Puis durant le second intervalle (P2), ladite déviation augmente toujours en concordance avec l'effort (Finf) en partie inférieure jusqu'à une valeur de jeu de 4 millimètres. L'état physique du cylindre de travail inférieur est modifié certes par variation d'effort (Finf), mais aucunement par changement de son contact d'appui de l'un vers l'autre moyen de soutien latéral. Une instabilité ou divergence de l'état physique de chacun des cylindres de travail supérieur et inférieur est donc bien détectée manifestement durant cette dernière montée en vitesse de laminage, ces dites instabilités ou divergences d'état physique étant clairement de natures bien distinctes entre chacun des cylindres de travail supérieur et inférieur.

**[0019]** Sachant que le cylindre de travail inférieur est resté accolé au même moyen de soutien latéral, il se trouve que les deux cylindres de travail supérieur et inférieur présentent des instabilités de type asymétrique, particulièrement en position instable se traduisant par un écart longitudinal (dans le sens de défilement) plus élevé, au détriment fort probable d'un laminage moins performant. De tels effets sont aussi mesurables sur plusieurs capteurs situés à des positions transverses (axiales, direction Y selon figure 2) des cylindres, et ont permis de constater que les axes cylindres de travail supérieur et inférieur peuvent présenter des déficiences de parallélisme, affectant notamment la stabilité de conditions de fonctionnement de laminage, menaçant les éléments de cage soumis à des efforts trop intenses et a fortiori diminuant la qualité du produit laminé sous haute vitesse de défilement. Enfin, il est à noter que même si le cylindre de travail inférieur est resté accolé à un de ses moyens de soutien latéral, il s'est déplacé de près d'1mm, certainement donc en provoquant un effet de fort cépage sur le dit moyen de soutien latéral, voire une déformation de cage.

**[0020]** Il est alors majeur de comprendre que de tels effets d'instabilité de cage de laminage limite la vitesse maximale de passes de laminage, et peuvent au pire endommager des éléments de cage lors d'un fonctionnement opérationnel de laminage, en particulier aussi lorsque les produits laminés successivement présentent des propriétés physiques diverses. Egalement, lors d'une première mise en service ou une remise en service après une maintenance d'une ligne de laminage, de tels effets sont à l'heure actuelle fort complexes à prévoir et il est nécessaire aux opérateurs de démarrer ou redémarrer une ligne de laminage sous des conditions de

paramétrages très sécuritaires, en particulier sous une vitesse de défilement réduite. Après mise en service sous garantie que le produit laminé aura une qualité souhaitée (par exemple une épaisseur constante en sortie de cage), les dites instabilités peuvent toutefois perdurer et toujours astreindre les cages de laminage à fonctionner sous des modes limités en vitesse de défilement. C'est ainsi aussi un but de la présente invention de permettre, au-delà des aspects qualitatifs de produit laminé et d'un offset prédéfini et régulé, de permettre une mise ou remise en service de cage de laminage minimisant toute instabilité de laminage et de poursuivre ce but durant les phases opérationnelles de production sous une productivité significativement accrue, idéalement sous des vitesses accentuées de laminage.

**[0021]** En relation avec l'enseignement donné par l'ensemble des figures 2 et 3(a), 3(b), 3(c), 3(d), 3(e), l'invention propose une cage de lamoir disposant d'une paire de cylindres de travail supérieur et inférieur (CTS, CTI), d'une paire de cylindres de soutien supérieur et inférieur pour une configuration de type quarto, sexto, 18-Hi ou X-HI®, d'une paire de cylindres intermédiaires supérieur et inférieur (CIS, CII) pour une configuration de type sexto, Z-High ou X-HI® et équipée d'un dispositif de contrôle de stabilité de laminage par positionnement des cylindres de travail pour le laminage d'un produit métallique (PM) en défilement comprenant :

- les dits cylindres de travail supérieur et inférieur (CTS, CTI) agissant chacun sur une de deux faces d'un produit métallique en défilement dans une direction horizontale selon un axe longitudinal,
- des moyens de déplacement longitudinaux supérieur et inférieur des dits cylindres de travail supérieur et inférieur par rapport à un axe vertical qui passe par au moins un des cylindres intermédiaire transmettant un effort de laminage par contact direct sur au moins un des cylindres de travail, l'axe longitudinale et de l'axe vertical définissant une intersection en un point d'origine dont les cylindres de travail sont situés latéralement à une distance dite « offset »;
- des moyens de mesure d'au moins un paramètre mesuré, le dit paramètre mesuré étant transmis à une unité de contrôle fournissant un signal de régulation aux moyens de déplacement longitudinaux permettant de rectifier la position desdits cylindres de travail.

La cage de lamoir selon l'invention se caractérise de plus en ce que :

- le paramètre mesuré est lié à une divergence d'état physique d'au moins un des cylindres de travail par rapport à un état physique précédent, idéalement stable sous un offset prédéfini;
- le paramètre mesuré comprend au moins une valeur de composante longitudinale d'au moins une des for-

ces supérieure et inférieure (Fsup, Finf) exercée par chaque cylindre de travail sur le moyen de mesure actif couplé au moyen de déplacement effectivement en contact et sous effort de charge avec le dit cylindre sachant qu'un jeu (pour éviter un état hyperstatique de cylindre de travail) est imposé entre le dit cylindre et au moins un des deux moyens de déplacement longitudinaux (celui qui est hors d'effort de charge), chacun desdits moyens de déplacement étant disposé longitudinalement de part et d'autre du dit cylindre de travail

- tous les moyens de déplacement longitudinaux supérieur et inférieur sont actionnables individuellement afin de repositionner les cylindres de travail supérieur et inférieur sous des offsets individuels en fonction du signal de régulation.

**[0022]** Il est rappelé que la dite divergence d'état physique, en particulier visant des divergences simultanées et non analogues des cylindres de travail supérieur et inférieur, peut avoir de multiples causes, principalement telle qu'une déstabilisation de position d'au moins un des cylindre de travail autour de sa position dite ici stable pour des raisons de clarté (= position prévue sous un « offset » ou décalage longitudinal prédéfini et régulé par rapport au point central de la cage), une déformation latérale de cage créant un relâchement ou au contraire un enclavement du cylindre de travail le rendant respectivement trop mobile ou à l'opposé hyperstatique, des variations trop importantes d'efforts et couples subis par le cylindre de travail, des variations de traction du produit en amont et/ou aval de la cage interagissant avec au moins un des cylindres de travail, des effets de glissement entre cylindre de travail et produit ou entre cylindres de la cage. Des effets thermiques ou de dilatation d'éléments sont aussi des facteurs sous-jacents qui peuvent influer complémentairement sur les effets précités.

**[0023]** Ainsi, lors par exemple (voir figure 3(d)) si le cylindre de travail supérieur a brusquement changé de position d'appui latéral entre ses deux moyens de soutien latéral de part et d'autre du dit cylindre, il est possible de repositionner individuellement au moins un des dits moyens de déplacement longitudinaux pour compenser l'instabilité d'appui durant la montée en vitesse de défilement, le but étant de disposer par exemple à nouveau le cylindre de travail supérieur sous un état physique plus stable.

**[0024]** De même, dans le cas de la figure 3(e) où un fort cépage de cage est redouté, le repositionnement du moyen de déplacement longitudinal du cylindre de travail inférieur est effectué afin de pouvoir rediminuer l'effort intense provoquant le dit cépage, au moins pendant que le repositionnement du cylindre de travail supérieur n'a pas été établi sous un état physique plus stable comme décrit dans le paragraphe précédent. Complémentairement, les moyens de déplacements longitudinaux des cylindres de travail supérieur et inférieur peuvent être individuellement contrôlés pour replacer les dits cylin-

dres en contact sous état physique plus stable dès qu'une divergence d'au moins une des forces mesurées aux cylindres de travail supérieur et inférieur ou de leur gradient dépasse un seuil sécuritaire, principalement lié à une situation où un des cylindres de travail est soumis à changer de position d'appui latéral et/ou impose un effort trop important à un de ses moyens d'appui latéral (= moyens de déplacement longitudinal). Des schémas prédéfinis de détection de tels scénarios de divergence d'au moins un état physique d'un ou des deux cylindres de travail supérieur et inférieur peuvent aussi être stockés dans l'unité de contrôle, afin d'appliquer à la cage des modes de repositionnements préventifs d'un ou des dits cylindres contre des instabilités de laminage.

**[0025]** Une telle cage de laminoir est ainsi rendue robuste contre toute instabilité de laminage, en particulier pour des divergences non concomitantes des états physiques des cylindres de travail en partie supérieure et inférieure de cage, et la vitesse de défilement (et donc la productivité du laminage) est donc fort avantageusement accrue.

Au regard de l'ensemble des figures 3(a) à 3(e), il s'avère que les divergences les plus alarmantes au sens d'une augmentation d'effort à risque pendant une phase d'augmentation de vitesse de laminage sont bien détectées lors d'augmentation en valeur absolue d'au moins une des forces mesurées ( $F_{sup}$ ,  $F_{inf}$ ) en partie supérieure et inférieure de cage, sur le moyen de mesure respectivement actif (en charge de l'effort).

**[0026]** La demanderesse a ainsi pu améliorer le contrôle de stabilité de laminage au moyen d'une régulation dépendante d'au moins deux paramètres d'effort longitudinaux ( $F_{sup}$ ,  $F_{inf}$ ) mesurés simultanément sur chacun des moyens de mesure actif couplé au moyen de déplacement de chacun des cylindres de travail supérieur et inférieur. La prise simultanée de ces deux paramètres a permis en effet de pouvoir détecter plus dynamiquement des divergences d'état physique des cylindres de travail supérieur et inférieur de type non seulement concomitantes, mais aussi non concomitantes, particulièrement en phase d'augmentation de vitesse de laminage.

**[0027]** Un tel moyen de régulation prévoit ainsi que le signal de régulation peut comprendre une fonction logique, algébrique ou arithmétique des composantes longitudinales de force ( $F_{sup}$ ,  $F_{inf}$ ) mesurées respectivement par chacun de moyens de mesure des cylindres de travail inférieur et supérieur.

**[0028]** Dans ce cadre, un signal de régulation fort simplifié peut ainsi comprendre une fonction d'une valeur de force relative ( $F_{sup} - F_{inf}$ ) entre les deux forces ( $F_{sup}$ ,  $F_{inf}$ ) mesurées respectivement par chacun de moyens de mesure des cylindres de travail inférieur et supérieur. En effet, majoritairement, une augmentation d'effort d'un des cylindres de travail supérieur ou inférieur est suivie ou accompagnée d'une montée d'effort de l'autre cylindre. Dans le cas, où les forces ont des sens opposés longitudinalement pour les cylindres de travail supérieur et inférieur, leur différence est donc un moyen sensible

et rapide de détection lors de phase de montée en vitesse de laminage.

**[0029]** Egalement, le signal de régulation peut comprendre une fonction d'une valeur de force additive ( $F_{sup} + F_{inf}$ ) des deux forces ( $F_{sup}$ ,  $F_{inf}$ ) mesurées respectivement par chacun des moyens de mesure des cylindres inférieur et supérieur. En effet, majoritairement, une augmentation d'effort d'un des cylindres de travail supérieur ou inférieur est suivie ou accompagnée d'une montée d'effort de l'autre cylindre. Dans le cas, où les forces ont des sens opposés longitudinalement pour les cylindres de travail supérieur et inférieur, leur somme est donc un moyen sensible et rapide de détection lors de phase de montée en vitesse de laminage.

**[0030]** Sachant que des divergences d'état physique de cylindres de travail peuvent avoir des comportements linéaires ou non-linéaires, le signal de régulation peut comprendre une fonction d'au moins une valeur algébrique ou logique d'une combinaison soit linéaire soit non-linéaire de forces mesurées respectivement par chacun des moyens de mesure des cylindres de travail inférieur et supérieur.

**[0031]** Afin de pouvoir encore mieux détecter puis contrôler des instabilités de laminage, des informations supplémentaires peuvent être mesurée, apportant ainsi une meilleure signature de la catégorie d'instabilité en cours, sachant que les scénarios de divergences sont nombreux et complexe.

**[0032]** A ce titre, le paramètre mesuré peut comprendre :

- au moins une valeur de mesure de déplacement longitudinal des cylindres de travail inférieur et supérieur, la dite valeur étant de type soit relative soit absolue. Idéalement, ce paramètre assure une connaissance du prépositionnement des moyens de déplacement longitudinaux, en particulier au début d'un nouveau programme de laminage. - au moins une valeur de mesure de couples appliqués sur les cylindres de travail supérieur et inférieur, la dite valeur étant de type soit relative soit absolue. Cette mesure permet une détection d'instabilité plus pointue que la mesure d'efforts, particulièrement aussi si les couples sont contrôlables individuellement, par exemple dans le cas de motorisations séparées des cylindres supérieur et inférieur.
- au moins une valeur de mesure de jeu et de contact entre les cylindres de travail supérieur et inférieur et leur cylindre d'appui latéral. L'avantage technique sera développé plus loin dans la présente invention.

**[0033]** Le dispositif selon l'invention prévoit enfin qu'au moins deux moyens de tous les types décrits de mesure par cylindre sont disposés dans un plan transversal à la direction longitudinale de défilement du produit. De la sorte, des divergences par déviation entre les axes des cylindres de travail peuvent aussi être mieux détecter. A ce titre, le rétablissement peut être fait plus facilement

et rapidement par des moyens de déplacement longitudinaux étant des éléments de positionnement de cylindre d'au moins une extrémité de cylindre à minima, jusqu'à une série d'éléments de déplacement de cylindre disposés de manière consécutive dans un plan transversal à la direction longitudinale.

**[0034]** En particulier, les éléments de déplacement comprennent des cylindres, des galets ou des patins de soutien latéral de cylindre de travail, c'est-à-dire soutenant latéralement les cylindres de travail sous une poussée de direction majoritairement orientée selon la direction longitudinale, les dits éléments étant particulièrement adaptés à une cage de type 18-Hi ou X-Hi®.

**[0035]** Enfin, selon l'exemple de la figure 2, dans laquelle les axes des cylindres de travail ont été disposés sous un offset positif d'un seul côté de l'axe des cylindres intermédiaires, il est précisé que si les axes des cylindres de travail supérieur et inférieur ne sont plus alignés relativement entre eux (ce qui est le cas en pratique), les dispositifs de régulation selon l'état de l'art atteignent leur limite et ne permettent pas de prendre pleinement en compte des comportements en particulier non concomitant des dits cylindres. Le dispositif selon l'invention permet ainsi avantageusement d'aller au-delà de cette limite, sachant que les paramètres mesurés et utilisés pour la régulation sont pris en compte de manière indépendante mais aussi de manière conjointe (sous forme de fonction) en partie supérieure et inférieure de la cage.

**[0036]** A cet effet, le dispositif peut encore être amélioré en ce qu'il comporte au moins quatre capteurs de distance au lieu des deux capteurs (KIKsup, KIKinf) de la figure 2. Chacune des quatre poutres de déplacement longitudinal comprend alors au moins un tel capteur de distance, idéalement deux transversalement.

En effet, la régulation du repositionnement des cylindres de travail par les moyens de déplacement longitudinaux en fonction des efforts mesurés (Fsup, Finf) par un moyen de mesure actif (sous effort de charge) donne certes l'information sur le côté où se trouve latéralement l'appui réel du cylindre sur son moyen de soutien latéral, toutefois, la position réelle de chacun des deux moyens de soutien latéral introduit une inconnue qui rend la mesure de position réelle des cylindres de travail (et leur position relative qui est majeure) imprécise. Un seul capteur sur chacune des deux poutres en amont du laminage est un moyen de localiser les cylindres de travail, mais sous des effets complémentaires de cépage par exemple (un des capteurs ne délivre plus de signal), la localisation est faussée. A cet effet, si chaque poutre de déplacement comporte un tel capteur de distance pour mesurer un jeu entre chaque poutre et le moyen de soutien latéral (bras pivotant, cylindre d'appui latéral et rangées de galets d'appui), la localisation de chaque cylindre de travail dans un référentiel de la cage sous cépage est améliorée et permet donc en retour une régulation de repositionnement des moyens de déplacement plus précise des cylindres de travail.

En résumé, au moins un capteur de distance de jeu est

disposé dans chacun de quatre moyens de déplacement disposés latéralement de part et d'autre des cylindres de travail supérieur et inférieur, c'est-à-dire en particulier entre quatre poutres de déplacement longitudinal appartenant aux dits moyens, chacune des dites poutres agissant sur un des quatre moyens de soutien latéral mobiles des cylindres de travail supérieur et inférieur.

**[0037]** La cage de laminoir selon l'invention permet aussi une mise en oeuvre d'une méthode de contrôle de positionnement de cylindre de travail supérieur et inférieur d'une cage de laminage d'un produit métallique en défilement horizontal dit longitudinal, pour laquelle un premier paramètre (Fsup) est mesuré en tant que force de composante longitudinale exercée par un premier des deux cylindres de travail sur son moyen actif de mesure respectif, puis est transmis à l'unité de contrôle agissant sur les moyens de déplacements longitudinaux du dit premier cylindre de travail, au moins dès que le premier paramètre sort d'un intervalle de tolérance défini.

**[0038]** Additionnellement, la dite méthode de contrôle prévoit qu'un second paramètre (Finf) est simultanément mesuré en tant que force de composante longitudinale exercée par un second des deux cylindres de travail sur son moyen actif de mesure respectif, puis est transmis à l'unité de contrôle agissant sur les moyens de déplacements longitudinaux des cylindres de travail, au moins dès que le second paramètre ou un écart entre le premier et le second paramètres sort/sortent d'un intervalle de tolérance défini. Cette prise en compte du premier et du second paramètre en partie supérieure et inférieure de cage permet avantageusement de permettre un meilleur contrôle lors de divergences non concomitantes d'état physique des cylindres de travail supérieur et inférieur, comme illustré par les courbes de la figure 3. Autrement dit, la méthode prévoit ainsi que tous les moyens de déplacement longitudinaux supérieur et inférieur sont actionnés individuellement afin de repositionner les cylindres de travail supérieur et inférieur sous des offsets individuels en fonction du signal de régulation.

**[0039]** Un ensemble de sous-revendications présente également des modes avantageux d'exécuter l'invention.

**[0040]** Des exemples de réalisation et d'application sont fournis à l'aide de figures décrites :

45 Figure 4 Mode de réalisation d'une cage de laminoir selon l'invention (vue de côté),

Figure 5 Vue zoomée de la dite cage selon figure 4,

50 Figure 6 Vue partielle de dessus de la dite cage selon figure 4 ou 5,

55 Figure 7 Exemple de paramètres étendus de mesures complémentaires et adaptés à une mesure de divergence d'état physique d'au moins un des cylindres de travail,

Figure 8 Méthode de régulation multi-cages selon l'invention.

**[0041]** Figure 4 présente un mode de réalisation d'une cage de laminoir selon l'invention, ici de type 18-Hi ou X-HI®. La cage est présentée sous une vue de côté, ici par exemple côté opérateur (ou côté moteur où des alloges et motorisations sont prévues pour entraîner au moins des cylindres de la cage).

**[0042]** La dite cage de laminoir dispose, de part et d'autre de la ligne de passe du produit métallique (PM) en défilement, d'une paire de cylindres d'appui supérieur et inférieur (CAS, CAI), d'une paire de cylindres intermédiaires supérieur et inférieur (CIS, CII), d'une paire de cylindres de travail (CTS, CTI). La cage est équipée d'un dispositif de contrôle de stabilité de laminage par positionnement des cylindres de travail pour laminage d'un produit métallique (PM) en défilement et comprend :

- les dits cylindres de travail supérieur et inférieur (CTS, CTI) agissant chacun sur une de deux faces d'un produit métallique en défilement dans une direction horizontale selon un axe longitudinal (X),
- côté opérateur de la cage (et côté moteur de la cage non représenté), au moins quatre moyens de déplacement (MDS1, MDS2, MDI1, MDI2) longitudinaux d'au moins un des dits cylindres de travail par rapport à un axe vertical (Z) qui passe par au moins un des cylindres intermédiaires transmettant un effort de laminage par contact direct sur au moins un des cylindres de travail, l'axe longitudinale (X) et de l'axe vertical (Z) définissant une intersection en un point d'origine (O) dont les cylindres de travail sont situés latéralement à une distance dite « offset »,
- chaque cylindre de travail supérieur et inférieur est ainsi longitudinalement disposé entre au moins deux des moyens de déplacements supérieurs ou respectivement inférieurs;
- des moyens de mesure (MMS1, MMS2, MMI1, MMI2) d'au moins un paramètre (P) mesuré, le dit paramètre mesuré étant transmis à une unité de contrôle (UC) fournissant un signal de régulation (Ssup1, Sinf1, Ssup2, Sinf2) aux moyens de déplacement longitudinaux,
- le paramètre mesuré est lié à une divergence d'état physique d'au moins un des cylindres de travail par rapport à un état physique dit stable,
- le paramètre mesuré comprend au moins une valeur de composante longitudinale d'au moins une des forces (FSup1, FInf1, Fsup2, Finf2) exercée par chaque cylindre de travail sur le moyen de mesure actif couplé au moyen de déplacement effectivement en contact et sous effort de charge avec le dit cylindre sachant qu'un jeu (pour éviter un état hyperstatique de cylindre de travail) est imposé entre le dit cylindre et au moins un des deux moyens de déplacement (celui qui est hors d'effort de charge), chacun d'entre eux étant disposé longitudinalement de part et d'autre

du dit cylindre de travail.

**[0043]** Enfin, tous les moyens de déplacement longitudinaux supérieur et inférieur sont actionnables individuellement afin de repositionner les cylindres de travail supérieur et inférieur (CTS, CTI) sous des offsets individuels (Offs, Offi) en fonction du signal de régulation tel qu'illustré sur la figure 5 en tant que zoom de la partie centrale de la cage selon figure 4.

**[0044]** Chaque cylindre de travail supérieur et inférieur peut ainsi subir de façon individuelle ou non une des divergences d'état physique se transmettant en particulier par divers efforts longitudinaux en raison des multiples causes précitées dans la présente invention. Sous un offset donné, et en fonction d'au moins une divergence en amorce, il est alors possible de prévoir des schémas correctionnels des efforts appliqués sur chaque cylindre de travail en modifiant au moins un des moyens de déplacement longitudinaux. Certes, cette modification peut amener à modifier temporairement l'offset de chaque cylindre de travail, mais cette phase transitoire a pour but d'équilibrer les efforts en fonction de l'état physique de l'ensemble et de chacun des cylindres de travail supérieur et inférieur.

**[0045]** Comme déjà relatées aux figures 2 et 3(a) à 3(e), des instabilités en terme de position de cylindre(s) de travail entre deux moyens de soutien latéral (associés aux moyens de déplacement longitudinal) ou, mais aussi ou/et en terme de gradient important d'efforts longitudinaux sont fréquents lors de montée en vitesse de défilement de la bande. Il convient donc de pouvoir faire converger l'état instable d'au moins un des cylindres de travail vers un état stable des deux cylindres de travail. C'est pourquoi un équilibrage des efforts est appliqué afin de ne pas induire une instabilité préjudiciable à la cage ou au moins à la productivité du laminage. En particulier, il s'avère que de si telles instabilités peuvent être détectées au moyen des mesures de force ou d'effort longitudinaux sur les cylindres de travail, le signal de régulation peut être une fonction logique, algébrique ou arithmétique des composantes longitudinales de force (FSup1, FInf1, Fsup2, Finf2) mesurées respectivement par chacun de moyens de mesure des cylindres inférieur et supérieur, en fonction de leur état actif ou passif. De cette façon, en fonction des scénarios divers d'instabilités potentielles, des modes de corrections sont appliqués aux moyens de déplacement longitudinaux afin de compenser une instabilité particulière.

**[0046]** Dans un but de mieux détecter une divergence d'état physique d'un des cylindres de travail ou des deux en même temps, l'expérience a montré que la différence des valeurs (absolues) des composantes de force longitudinale mesurée aux cylindres de travail supérieur et inférieur apporte une très bonne dynamique de mesure pour la détection d'une instabilité en cas de divergence de l'état physique d'au moins un des dits cylindres de travail.

Ainsi, plus généralement, le signal de régulation peut

avantageusement être ou comprendre une fonction d'une valeur de force relative [( $F_{sup1}$  ou  $F_{sup2}$ ) - ( $F_{inf1}$  ou  $F_{inf2}$ )] entre les deux forces ( $F_{sup}$ ,  $F_{inf}$ ) mesurées respectivement par chacun de moyens de mesure des cylindres inférieur et supérieur, sachant que :

- ( $F_{sup}$ ) est la valeur de mesure d'une des forces ( $F_{sup1}$  ou  $F_{sup2}$ ) exercée par le cylindre de travail supérieur sur le moyen de mesure actif et couplé au moyen de déplacement effectivement en contact et sous effort de charge avec le dit cylindre de travail ;
- ( $F_{inf}$ ) est la valeur de mesure d'une des forces ( $F_{inf1}$  ou  $F_{inf2}$ ) exercée par le cylindre de travail inférieur sur le moyen de mesure actif et couplé au moyen de déplacement effectivement en contact et sous effort de charge avec le dit cylindre de travail.

**[0047]** Analogiquement, une amélioration peut aussi être apportée en ce que le signal de régulation peut être ou comprendre une fonction d'une valeur de force additive ( $F_{sup} + F_{inf}$ ) des deux forces ( $F_{sup}$ ,  $F_{inf}$ ) mesurées respectivement par chacun des moyens de mesure des cylindres inférieur et supérieur.

**[0048]** Enfin, la cage de lamoir selon l'invention peut prévoir que le signal de régulation est une fonction d'au moins une valeur algébrique ou logique d'une combinaison soit linéaire soit non-linéaire de forces mesurées respectivement par chacun des moyens de mesure des cylindres inférieur et supérieur. En effet, des effets d'instabilités peuvent être détectés sous des conditions complexes nécessitant une approche par exemple non-linéaire comme déjà mentionné.

**[0049]** Figure 6 présente une vue partielle de dessus de la dite cage selon figures 4 et 5, dans laquelle pour une part, les moyens de déplacements longitudinaux y sont plus précisément décrits.

Les dits moyens de déplacement longitudinaux (MDS1, MDS2, MDI1, MDI2) sont des éléments de positionnement de cylindre d'au moins une extrémité de cylindre à minima, jusqu'à une série d'éléments de déplacement de cylindre disposés de manière consécutive dans un plan transversal (Y) à la direction longitudinale (X).

Les éléments de déplacement comprennent des cylindres, des galets ou des patins de soutien latéral de cylindre de travail, c'est-à-dire soutenant latéralement les cylindres de travail sous une poussée de direction majoritairement orientée selon la direction longitudinale, les dits éléments étant particulièrement adaptés à une cage de type 18-Hi ou X-Hi®.

**[0050]** Pour des raisons de clarté et en concordance avec les figures 4 et 5, figure 6 illustre un exemple du cylindre de travail supérieur (CTS) destiné à être mis en appui latéral avec le moyen de déplacement longitudinal (MDS1) le dit moyen de déplacement longitudinal (MDS1) comprenant successivement depuis le cylindre de travail :

- un cylindre d'appui latéral supérieur (CALS1) ;

- une ou plusieurs rangées de galet d'appui latéraux (BPS1) ;
- un bras pivotant supérieur (BPS1), ayant pour fonction un pivot de l'ensemble du cylindre d'appui latéral supérieur (CALS1) et des rangées de galet d'appui latéraux (BPS1) par rapport au cylindre de travail (CTS) afin de les mettre en contact en cas d'appui ;
- une poutre de déplacement supérieure (PDS1) agissant par poussée longitudinale au moyen d'une ou plusieurs motorisation (MOTS1, MOTS1') disposées de façon disjointe transversalement (ici aux voisins d'extrémités du bras pivotant) contre le bras pivotant supérieur afin de bloquer par mise en appui latéral (gauche de figure 4) le cylindre de travail supérieur.

Les motorisations transversales peuvent être à entraînées de manière centrales ou distinctes, en particulier pour corriger des effets d'inclinaison d'axe du cylindre de travail par rapport à l'axe transversal (Y).

**[0051]** Figure 6 introduit de plus des moyens complémentaires de mesures couplés à l'unité de contrôle (UC) tels que réalisables pour le mode de cage de lamoir selon l'invention :

- le moyen de mesure de force longitudinale supérieure (voir MMS1 à gauche de la cage selon figure 4) est par exemple réalisée par une jauge de contrainte (GSC1, GSC1') disposée entre chaque motorisation et la poutre de déplacement supérieure. De cette façon, le paramètre (P) mesuré comprend au moins une valeur de composante longitudinale d'au moins une des forces ( $F_{sup1}$ ) exercée par le cylindre de travail supérieur sur le moyen de mesure actif couplé au moyen de déplacement effectivement lors d'une mise en contact et sous effort de charge avec le dit cylindre de travail.
- au moins un capteur ou lecteur (CDS1, CDS1') de distance parcouru par la poutre de déplacement (PDS1) est disposé lors des activations de ou des motorisations respectives. De cette façon, le paramètre (P) mesuré comprend ainsi au moins une valeur de mesure de déplacement longitudinale (et axial si inclinaison par rapport à axe transversal Y) des cylindres de travail inférieur et supérieur, la dite valeur étant de type soit relative soit absolue.
- au moins un capteur de distance (KYKS1, KYKS1') de type mesure d'écart entre le bras pivotant et la poutre de déplacement afin de connaître si il existe un jeu ou non entre le dit bras et la poutre. Le paramètre (P) mesuré comprend ainsi au moins une valeur de mesure de jeu et de contact entre les cylindres de travail supérieur et son cylindre d'appui latéral.

**[0052]** Il est à noter que le paramètre (P) comprend dans l'exemple de la figure 6 une pluralité de paramètres mesurés (forces longitudinales, mesure de distance, me-

sure d'écart ou de jeu) qui permettent avantageusement de caractériser plus finement l'état physique du cylindre de travail et une divergence potentielle. Les efforts subis par le cylindre de travail sont mesurés à l'aide de la mesure de force longitudinale. A l'aide de la connaissance complémentaire de la position des moyens de déplacement longitudinal et d'un profil d'appui latéral mobile dans la cage, on peut ainsi déterminer les cas de soutien actif, relâchement ou jeu, soutien nul du cylindre de travail pour un offset donné. C'est ainsi grâce à ces informations complémentaires que le signal (Ssup1, Ssup1') de régulation émis par l'unité de contrôle (UC) vers les moyens de déplacement longitudinal est alors une fonction logique, algébrique ou arithmétique de signaux multiples à nature complémentaire pour détecter au moins une divergence critique de l'état physique du cylindre de travail et ne pas la confondre avec une variation de jeu du cylindre sans incidence pour un offset donné dans un domaine de force permise.

**[0053]** Figure 7 présente un exemple de paramètres étendus de mesures complémentaires et adaptés à une mesure de divergence d'état physique d'au moins un des cylindres de travail. Analogiquement à la figure 6 pour laquelle la détection de paramètre (P) est réalisée au moyens de plusieurs mesures liées à des paramètres de force (Fsup1), de position (X1), de contact actif ou passif entre des éléments latéraux (poutre/bras) liés au cylindre de travail, figure 7 présente de façon zoomée le capteur (KYKS1) de type mesure d'écart entre le bras pivotant et la poutre de déplacement.

**[0054]** Figure 7 présente enfin deux moyens de mesures complémentaires distinctes mais contribuant au moins partiellement sur la mesure de force longitudinale :

- un moyen de mesure de couple exercé par le cylindre intermédiaire supérieur (CIS) sur le cylindre de travail supérieur (CTS) ; toujours en continuité avec la présente invention, il est ainsi possible, à partir de la connaissance de la force longitudinale mesurée sur un cylindre de travail présentant une divergence d'état physique, de connaître si une valeur réelle de couple peut dévier d'une valeur seuil qui mènerait à cette divergence, auquel cas les moyens de déplacements longitudinaux dudit cylindre seraient régulés pour compenser l'erreur de couple ; le paramètre (Pc) mesuré comprend ainsi au moins une valeur de mesure de couples appliqués sur les cylindres de travail supérieur et inférieur, la dite valeur étant de type soit relative soit absolue. - un moyen de mesure de paramètre(s) (Pt) de traction de bande en amont et aval de la zone de contact du cylindre de travail avec le produit en défilement. Ici encore, il est utile de connaître la contribution de la traction de produit sur une possible divergence d'état physique d'un cylindre de travail se traduisant par une variation de force longitudinale mesurée caractéristique de la dite traction.

**[0055]** En relation avec tous les modes de réalisation du dispositif, la dite méthode de contrôle de stabilité de laminage selon l'invention, prévoit ainsi que des premiers paramètres supplémentaires sont simultanément mesurés en tant que position longitudinale des centres des deux cylindres de travail supérieur et inférieur par rapport à l'axe vertical (Z), puis sont transmises à l'unité de contrôle agissant sur les moyens de déplacements longitudinaux des dits cylindres de travail, au moins dès que l'écart relatif entre deux des dits paramètres sort d'un intervalle de tolérance défini.

**[0056]** La dite méthode de contrôle de stabilité de laminage selon l'invention prévoit aussi que des second paramètres supplémentaires (Pc) sont simultanément mesurés en tant que couples de transmission agissant sur chacun des deux cylindres de travail supérieur et inférieur, puis sont transmis à l'unité de contrôle agissant sur les moyens de déplacements longitudinaux des dits cylindres de travail, au moins dès que l'écart relatif entre deux des dits paramètres sort d'un intervalle de tolérance défini.

**[0057]** La dite méthode de contrôle de stabilité de laminage selon l'invention prévoit aussi que des premiers paramètres supplémentaires (Pt) sont simultanément mesurés en tant que mesures de traction de produit métallique sur au moins un des cylindres de travail, et au moins dès que l'écart relatif entre deux des dits paramètres sort d'un intervalle de tolérance défini.

**[0058]** La dite méthode de contrôle de stabilité de laminage selon l'invention prévoit aussi que des second paramètres supplémentaires (Xkyks1) sont simultanément mesurés en tant que jeu et contact entre les moyens de soutien latéral de cylindres de travail supérieur et inférieur et des poutres de déplacement longitudinale, puis sont transmis à l'unité de contrôle agissant sur les moyens de déplacements longitudinaux des dits cylindres de travail, au moins dès que l'écart relatif entre deux des dits paramètres sort d'un intervalle de tolérance défini.

**[0059]** Figure 8 présente une méthode de régulation multi-cages afin de stabiliser le laminage selon l'invention, pour laquelle des cages de laminoir selon l'invention sont disposées séquentiellement longitudinalement.

**[0060]** La dite méthode de contrôle prévoit que pour une configuration en série de plusieurs cages (C1, C2, C3...) de laminage selon la direction longitudinale, des paires de paramètres ( $\{F_{Supk}, F_{Infk}\}$   $k=2, 3, 4, \dots$ ) sont mesurées au moins en tant que forces de composante longitudinale exercée distinctement sur les deux cylindres de travail supérieur et inférieur de chacune des dites cages, et sont transmis à l'unité de contrôle (UC) agissant sur les moyens de déplacements longitudinaux des cylindres de travail d'au moins deux des cages.

**[0061]** L'unité de contrôle (UC) agit non seulement sur les moyens de déplacements longitudinaux d'au moins deux cages de laminage respectivement disposées en amont et en aval l'une de l'autre et, de plus, agit sur des paramètres de processus de laminage par exemple par

changement de tractions inter-cages de bande en défillement; par nouvelle répartition de valeur de serrage vertical de cage sur plusieurs cages, par changement de lubrification dans une des cages, etc. Le but étant de diminuer les instabilités de laminage si au moins une des cages devait en présenter, tout en respectant les critères qualitatifs du produit laminé final, en particulier pour des vitesses de laminage plus élevées.

**[0062]** L'unité de contrôle (UC) peut ainsi agir sous forme d'automatisme et permet que la mesure de paramètre(s) et la régulation des moyens de déplacements longitudinaux et des paramètres de processus de laminage se déroulent en temps réel, de sorte que des valeurs de paramètre de force ou des valeurs d'écart entre des forces ne dépassent pas des valeurs-seuil prédéfinies, particulièrement lors d'une mise ou remise en route d'une ou plusieurs cages de laminage, lors d'un procédé en continu de laminage multi-cages, lors d'un changement de type de produit en entrée de cage(s) de laminage, lors d'une maintenance d'au moins une cage, en particulier pour un changement de cylindre à la volée.

## Revendications

1. Cage de lamoir disposant d'une paire de cylindres de travail supérieur et inférieur (CTS, CTI), d'une paire de cylindres intermédiaires supérieur et inférieur (CIS, CII) et équipée d'un dispositif de contrôle de stabilité de laminage par positionnement des cylindres de travail pour le laminage d'un produit métallique (PM) en défillement comprenant :

- les dits cylindres de travail supérieur et inférieur (CTS, CTI) agissant chacun sur une de deux faces d'un produit métallique en défillement selon un axe longitudinal (X),
- des moyens de déplacement (MDS1, MDS2, MDI1, MDI2) longitudinaux des dits cylindres de travail par rapport à un axe vertical (Z) qui passe par au moins un des cylindres intermédiaire transmettant un effort de laminage par contact direct sur au moins un des cylindres de travail, l'axe longitudinal (X) et l'axe vertical (Z) définissant une intersection en un point d'origine (O) dont les cylindres de travail sont situés latéralement à une distance « offset » ;
- des moyens de mesure (MMS1, MMS2, MMI1, MMI2) d'au moins un paramètre (P) mesuré, le dit paramètre mesuré étant transmis à une unité de contrôle (UC) fournissant un signal de régulation (Ssup1, Sinf1, Ssup2, Sinf2) aux moyens de déplacement longitudinaux,

caractérisé en ce que :

- le paramètre mesuré est lié à une divergence d'état physique d'au moins un des cylindres de

travail par rapport à un état physique précédent;

- le paramètre mesuré comprend au moins une valeur de composante longitudinale d'au moins une des forces (FSup, Finf) exercée par chaque cylindre de travail sur le moyen de mesure actif couplé au moyen de déplacement effectivement en contact et sous effort de charge avec le dit cylindre de travail,
- les moyens de déplacement longitudinaux supérieur et inférieur sont actionnables individuellement afin de repositionner les cylindres de travail supérieur et inférieur sous des offsets individuels en fonction du signal de régulation.

- 15 2. Dispositif selon revendication 1, pour lequel le signal de régulation est une fonction logique, algébrique ou arithmétique des composantes longitudinales de force (FSup, Finf) mesurées respectivement par chacun de moyens de mesure des cylindres inférieur supérieur.
- 25 3. Dispositif selon revendication 1 à 2, pour lequel le signal de régulation est une fonction d'une valeur de force relative (FSup - Finf) entre les deux forces (FSup, Finf) mesurées respectivement par chacun de moyens de mesure des cylindres inférieur supérieur.
- 30 4. Dispositif selon une des revendications 1 à 3, pour lequel le signal de régulation est une fonction d'une valeur de force additive (FSup + Finf) des deux forces (FSup, Finf) mesurées respectivement par chacun des moyens de mesure des cylindres inférieur et supérieur.
- 35 5. Dispositif selon une des revendications 1 à 4, pour lequel le paramètre mesuré comprend au moins une des valeurs de mesure suivante :
- au moins une valeur de mesure de déplacement longitudinal des cylindres de travail inférieur et supérieur, la dite valeur étant de type soit relative soit absolue ;
  - au moins une valeur de mesure de couples appliqués sur les cylindres de travail supérieur et inférieur, la dite valeur étant de type soit relative soit absolue ;
  - au moins une valeur de mesure de jeu et de contact entre les cylindres de travail supérieur et inférieur et leur cylindre d'appui latéral.
- 45 6. Dispositif selon une des revendications 1 à 5, pour lequel au moins deux moyens de mesure par cylindre sont disposés dans un plan transversal à la direction longitudinale de défillement du produit.
- 50 7. Dispositif selon une des revendications 1 à 6, pour lequel les moyens de déplacement (MD) longitudi-

- naux sont des éléments de positionnement de cylindre d'au moins une extrémité de cylindre à minima, jusqu'à une série d'éléments de déplacement de cylindre disposés de manière consécutive dans un plan transversal à la direction longitudinale. 5
8. Dispositif selon revendication 9, pour lequel les éléments de déplacement comprennent des cylindres, des galets ou des patins de soutien latéral de cylindre de travail, c'est-à-dire soutenant latéralement les cylindres de travail sous une poussée de direction majoritairement orientée selon la direction longitudinale, les dits éléments étant particulièrement adaptés à une cage de type 18-Hi ou X-Hi®. 10
9. Dispositif selon une des revendications 1 à 10, pour lequel au moins un capteur de distance de jeu est disposé dans chacun de quatre moyens de déplacement disposés latéralement de part et d'autre des cylindres de travail supérieur et inférieur, c'est-à-dire en particulier entre quatre poutres de déplacement longitudinal appartenant aux dits moyens, chacune des dites poutres agissant sur un des quatre moyens de soutien latéral mobiles des cylindres de travail supérieur et inférieur. 15
10. Méthode de contrôle de positionnement de cylindre de travail supérieur et inférieur d'une cage de laminier d'un produit métallique (PM) en défilement horizontal dit longitudinal selon une des revendications précédentes, pour laquelle un premier paramètre ( $F_{sup}$ ) est mesuré en tant que force de composante longitudinale exercée par un premier des deux cylindres de travail sur son moyen actif de mesure respectif, puis est transmis à l'unité de contrôle agissant sur les moyens de déplacements longitudinaux du dit premier cylindre de travail, au moins dès que le premier paramètre sort d'un intervalle de tolérance défini. 20
11. Méthode de contrôle selon revendication 10, pour laquelle un second paramètre ( $F_{inf}$ ) est simultanément mesuré en tant que force de composante longitudinale exercée par un second des deux cylindres de travail sur son moyen actif de mesure respectif, puis est transmis à l'unité de contrôle agissant sur les moyens de déplacements longitudinaux des cylindres de travail, au moins dès que le second paramètre ou un écart entre le premier et le second paramètres sort/sortent d'un intervalle de tolérance défini. 25
12. Méthode de contrôle selon une des revendications 10 à 11, pour laquelle au moins un des premiers paramètres supplémentaires suivants sont simultanément mesurés en tant que : 30
- position longitudinale des centres des deux cylindres de travail supérieur et inférieur par rapport à l'axe vertical (Z), puis sont transmises à l'unité de contrôle agissant sur les moyens de déplacements longitudinaux des dits cylindres de travail, au moins dès que l'écart relatif entre deux des dits paramètres sort d'un intervalle de tolérance défini ;
  - en tant que couples de transmission agissant sur chacun des deux cylindres de travail supérieur et inférieur, puis sont transmis à l'unité de contrôle agissant sur les moyens de déplacements longitudinaux des dits cylindres de travail, au moins dès que l'écart relatif entre deux des dits paramètres sort d'un intervalle de tolérance défini ;
  - mesures de traction ( $P_t$ ) de produit métallique sur au moins un des cylindres de travail, et au moins dès que l'écart relatif entre deux des dits paramètres sort d'un intervalle de tolérance défini ;
  - jeu ( $X_{kyks1}$ ) et contact entre les moyens de soutien latéral de cylindres de travail supérieur et inférieur et des poutres de déplacement longitudinale, puis sont transmis à l'unité de contrôle agissant sur les moyens de déplacements longitudinaux des dits cylindres de travail, au moins dès que l'écart relatif entre deux des dits paramètres sort d'un intervalle de tolérance défini.
13. Méthode de contrôle selon une des revendications 10 à 12, pour laquelle pour une configuration en série de plusieurs cages de laminage (C1, C2, C3...) selon la direction longitudinale, des paires de paramètres ( $\{F_{Supk}, F_{Infk}\} k=2, 3, 4...$ ) sont mesurées au moins en tant que forces de composante longitudinale exercée distinctement sur les deux cylindres de travail supérieur et inférieur de chacune des dites cages, et sont transmis à l'unité de contrôle agissant sur les moyens de déplacements longitudinaux des cylindres de travail d'au moins deux des cages. 35
14. Méthode de contrôle selon revendication 13, pour laquelle l'unité de contrôle agit non seulement sur les moyens de déplacements longitudinaux d'au moins deux cages de laminage respectivement disposées en amont et en aval l'une de l'autre et, de plus, agit sur des paramètres de processus de laminage tels que pour exemples : 40
- par changement de tractions inter-cages de bande en défilement;
  - par nouvelle répartition de valeur de serrage vertical de cage sur plusieurs cages,
  - par changement de lubrification dans une des cages, etc. Le but étant de diminuer les instabilités de laminage si au moins une des cages devait en présenter, tout en respectant les cri-

tères qualitatifs du produit laminé final, en particulier pour des vitesses de laminage plus élevées.

**15. Méthode de contrôle selon une des revendications 5**

10 à 14, pour laquelle l'unité de contrôle (UC) agit sous forme d'automatisme et permet que la mesure de paramètre(s) et la régulation des moyens de déplacements longitudinaux et des paramètres de processus de laminage se déroulent en temps réel, de sorte que des valeurs de paramètre de force ou des valeurs d'écart entre des forces ne dépassent pas des valeurs-seuil prédéfinies, particulièrement lors d'une mise ou remise en route d'une ou plusieurs cages de laminage, lors d'un procédé en continu de laminage multi-cages, lors d'un changement de type de produit en entrée de cage(s) de laminage, lors d'une maintenance d'au moins une cage, en particulier pour un changement de cylindre à la volée.

10

15

20

25

30

35

40

45

50

55

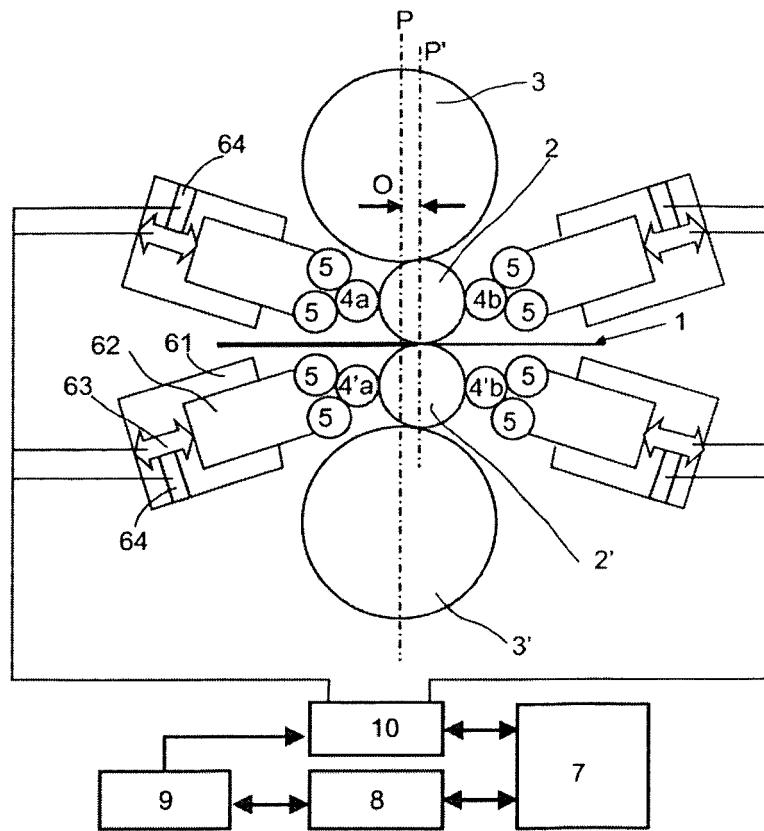


FIG 1

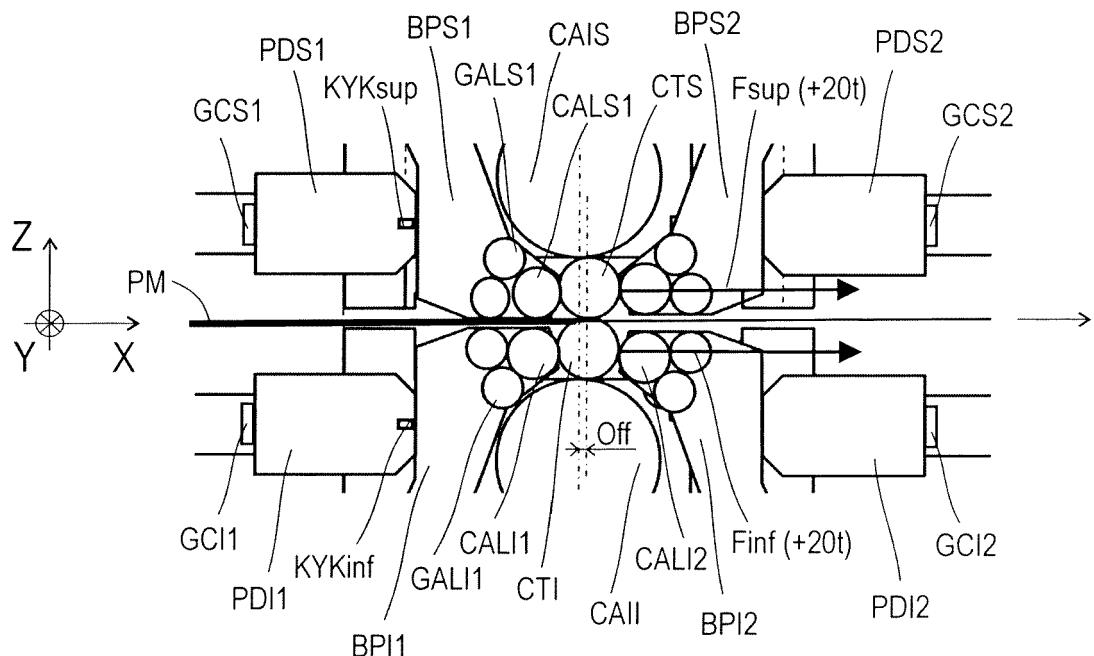


FIG 2

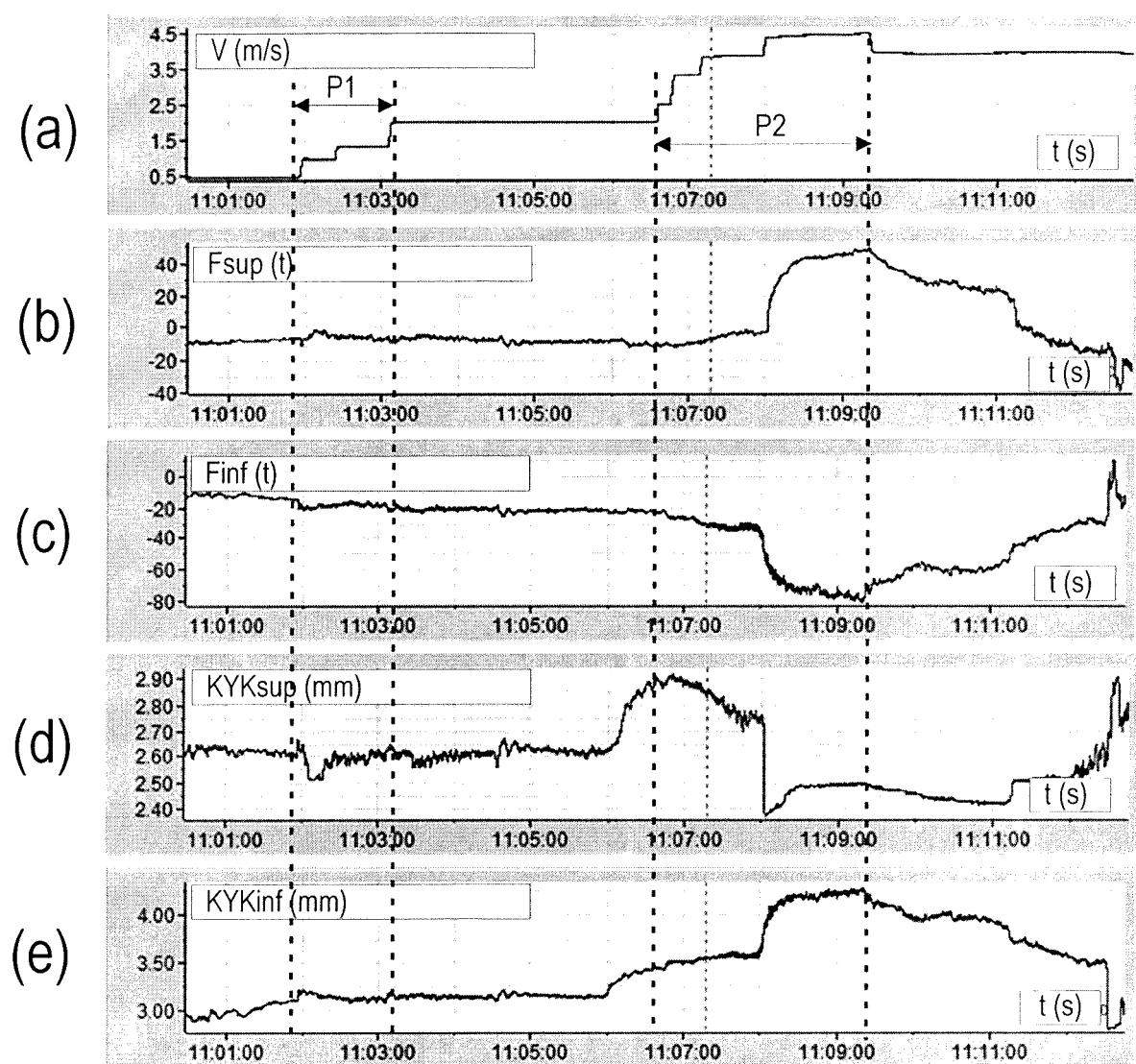


FIG 3

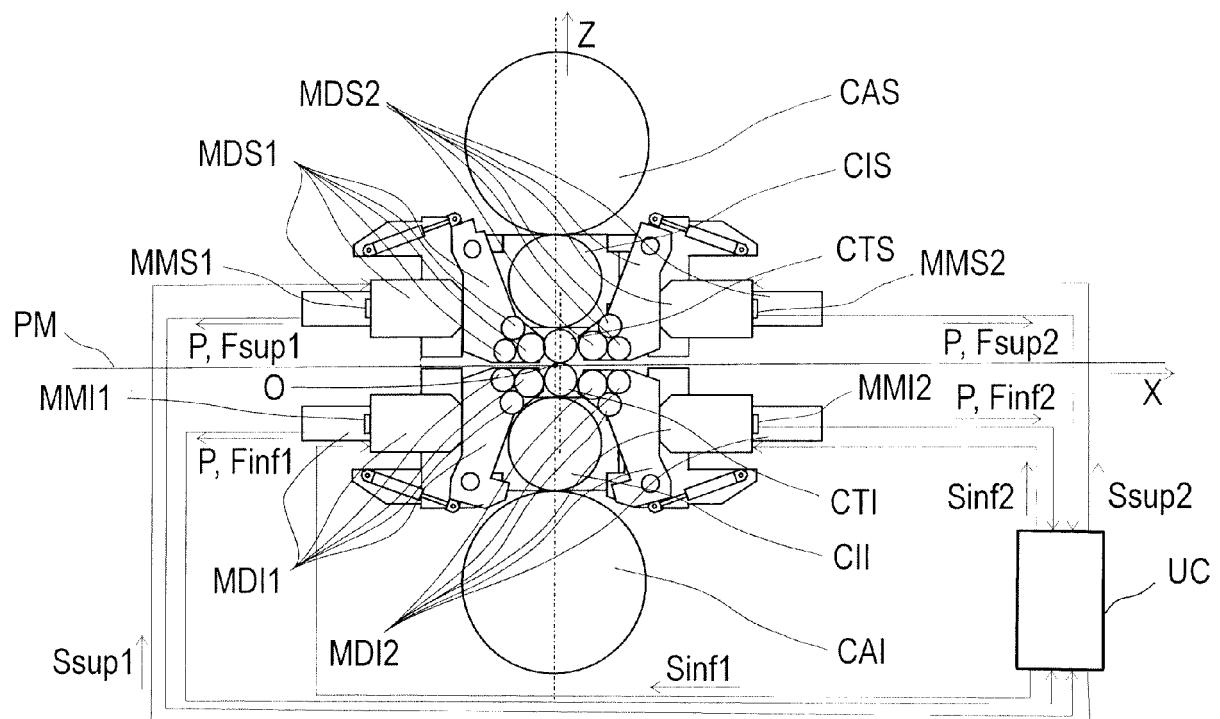


FIG 4

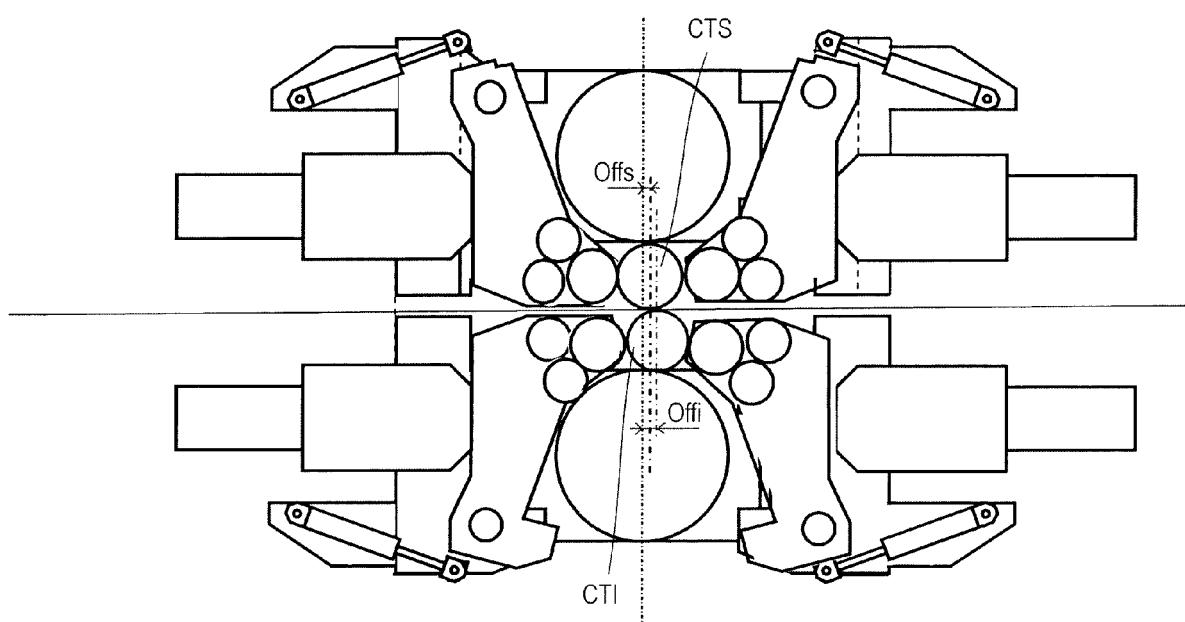


FIG 5

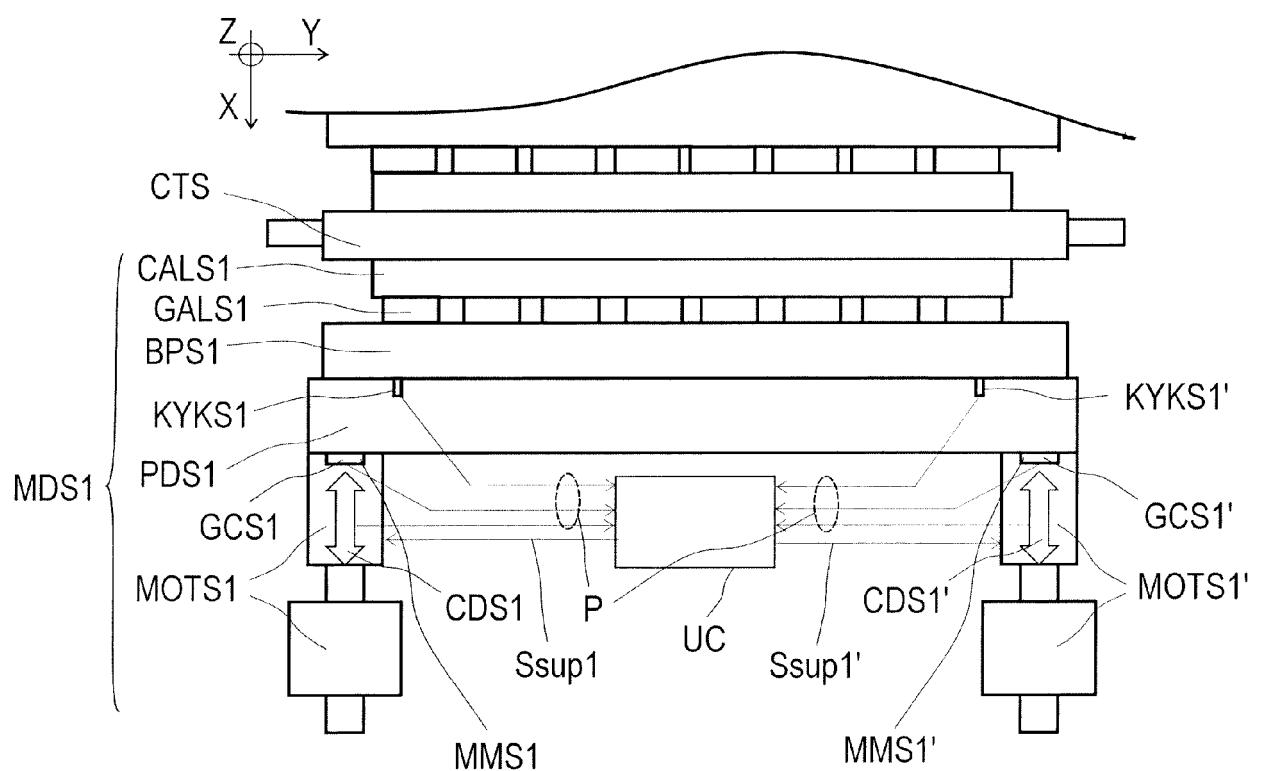


FIG 6

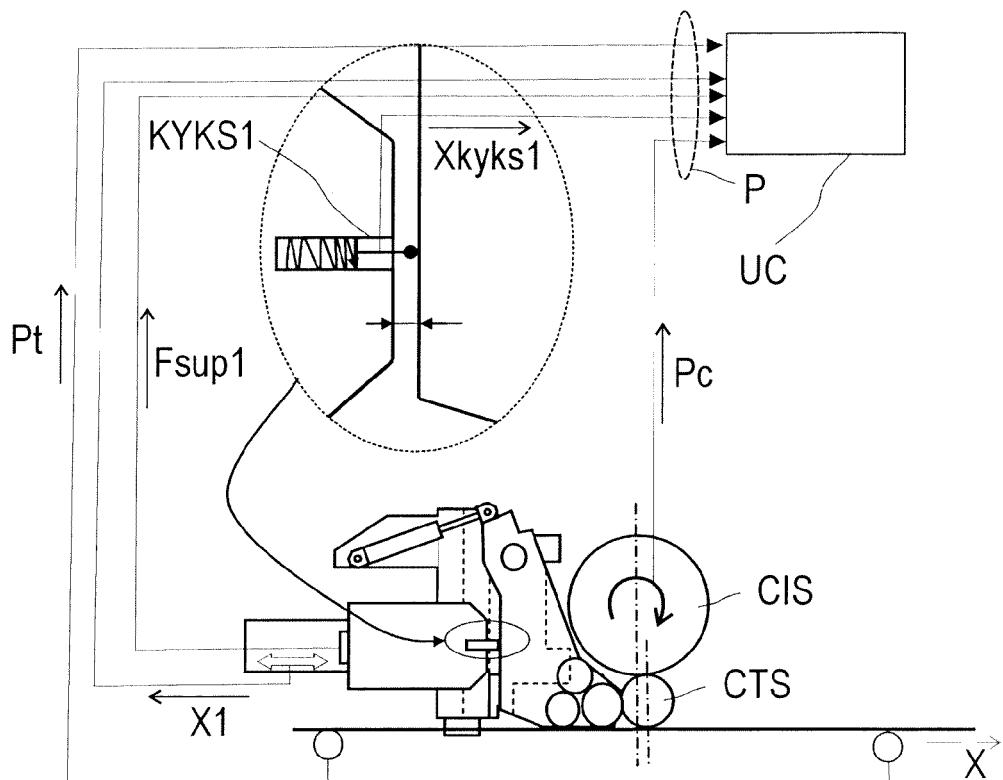


FIG 7

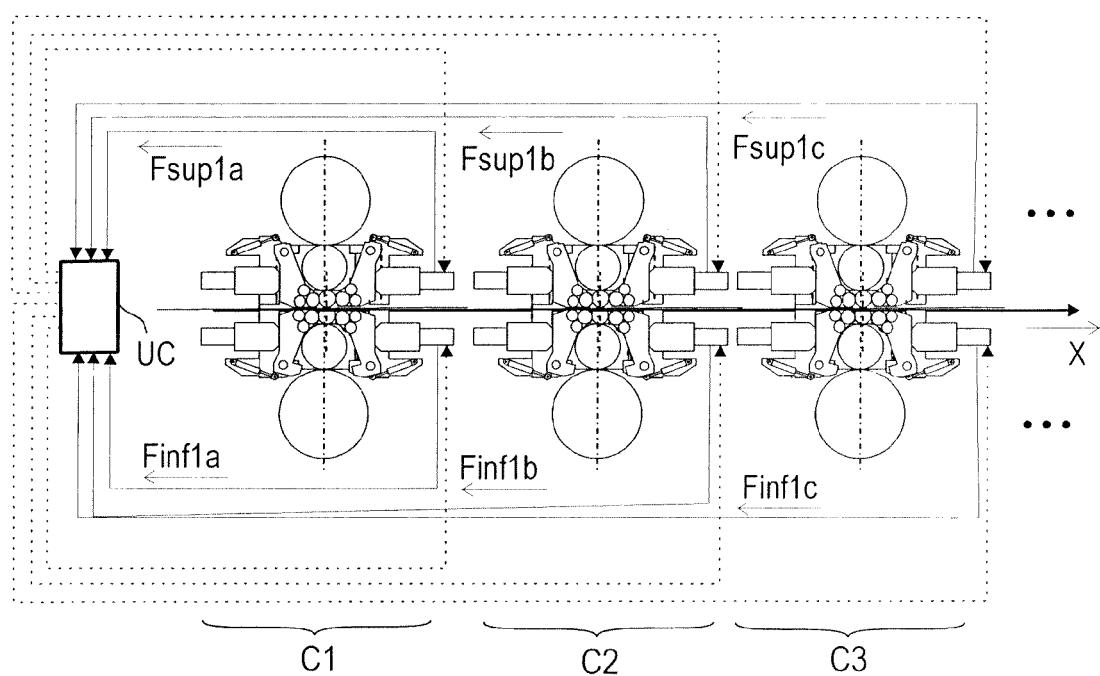


FIG 8



## RAPPORT DE RECHERCHE EUROPEENNE

Numéro de la demande  
EP 17 29 0048

5

DOCUMENTS CONSIDERES COMME PERTINENTS			
Catégorie	Citation du document avec indication, en cas de besoin, des parties pertinentes	Revendication concernée	CLASSEMENT DE LA DEMANDE (IPC)
10	X DE 198 07 554 A1 (HITACHI LTD [JP]) 10 septembre 1998 (1998-09-10) * revendications 1-19; figures 1,7-12 * ----- X JP 2000 140908 A (HITACHI LTD) 23 mai 2000 (2000-05-23) * abrégé; figures 1-3 * -----	1-15 1,10	INV. B21B13/14
15			
20			
25			
30			DOMAINES TECHNIQUES RECHERCHES (IPC)
35			B21B
40			
45			
50			
55			
1	Le présent rapport a été établi pour toutes les revendications		
	Lieu de la recherche	Date d'achèvement de la recherche	Examinateur
	Munich	6 juillet 2017	Forciniti, Marco
	CATEGORIE DES DOCUMENTS CITES		
	X : particulièrement pertinent à lui seul Y : particulièrement pertinent en combinaison avec un autre document de la même catégorie A : arrière-plan technologique O : divulgation non-écrite P : document intercalaire		
	T : théorie ou principe à la base de l'invention E : document de brevet antérieur, mais publié à la date de dépôt ou après cette date D : cité dans la demande L : cité pour d'autres raisons ..... & : membre de la même famille, document correspondant		
	EPO FORM 1503 03-82 (P04C02)		

**ANNEXE AU RAPPORT DE RECHERCHE EUROPEENNE  
RELATIF A LA DEMANDE DE BREVET EUROPEEN NO.**

EP 17 29 0048

5 La présente annexe indique les membres de la famille de brevets relatifs aux documents brevets cités dans le rapport de recherche européenne visé ci-dessus.

Lesdits membres sont contenus au fichier informatique de l'Office européen des brevets à la date du

Les renseignements fournis sont donnés à titre indicatif et n'engagent pas la responsabilité de l'Office européen des brevets.

06-07-2017

10	Document brevet cité au rapport de recherche	Date de publication	Membre(s) de la famille de brevet(s)		Date de publication
15	DE 19807554	A1	10-09-1998	DE 19807554 A1 JP 3249417 B2 JP H10230308 A TW 397719 B US 6003355 A	10-09-1998 21-01-2002 02-09-1998 11-07-2000 21-12-1999
	JP 2000140908	A	23-05-2000	JP 3249480 B2 JP 2000140908 A	21-01-2002 23-05-2000
	-----				
	-----				
	-----				
20					
25					
30					
35					
40					
45					
50					
55					

EPO FORM P0460

Pour tout renseignement concernant cette annexe : voir Journal Officiel de l'Office européen des brevets, No.12/82

**RÉFÉRENCES CITÉES DANS LA DESCRIPTION**

*Cette liste de références citées par le demandeur vise uniquement à aider le lecteur et ne fait pas partie du document de brevet européen. Même si le plus grand soin a été accordé à sa conception, des erreurs ou des omissions ne peuvent être exclues et l'OEB décline toute responsabilité à cet égard.*

**Documents brevets cités dans la description**

- EP 2542360 B1 [0003]
- EP 2464470 B1 [0003]