

①⑨ RÉPUBLIQUE FRANÇAISE  
—  
**INSTITUT NATIONAL  
DE LA PROPRIÉTÉ INDUSTRIELLE**  
—  
COURBEVOIE  
—

①① N° de publication : **3 139 895**

(à n'utiliser que pour les  
commandes de reproduction)

②① N° d'enregistrement national : **22 09373**

⑤① Int Cl<sup>8</sup> : **G 01 B 11/30 (2022.01), G 01 B 11/245**

⑫

## BREVET D'INVENTION

**B1**

⑤④ Dispositif et procédé de contrôle de planéité d'une tôle métallique.

②② Date de dépôt : 16.09.22.

③⑦ Priorité :

④③ Date de mise à la disposition du public  
de la demande : 22.03.24 Bulletin 24/12.

④⑤ Date de la mise à disposition du public du  
brevet d'invention : 20.12.24 Bulletin 24/51.

⑤⑥ Liste des documents cités dans le rapport de  
recherche :

*Se reporter à la fin du présent fascicule*

⑥⑦ Références à d'autres documents nationaux  
apparentés :

○ Demande(s) d'extension :

⑦① Demandeur(s) : *CONSTELLIUM NEUF BRISACH  
SAS — FR.*

⑦② Inventeur(s) : *HASSENFORDER Mathieu,  
GOLFOUSE-STEINER Céline, GUEI Hacıenedja  
Virgile et STIEVENART Denis.*

⑦③ Titulaire(s) : *CONSTELLIUM NEUF BRISACH SAS.*

⑦④ Mandataire(s) : *C-TEC CONSTELLIUM  
TECHNOLOGY CENTER.*

**FR 3 139 895 - B1**



## Description

### **Titre de l'invention : Dispositif et procédé de contrôle de planéité d'une tôle métallique.**

#### **Domaine technique**

[0001] Le domaine de l'invention est celui des dispositifs et des procédés de contrôle de planéité sans contact de tôle ou bande métallique réalisée en particulier en aluminium ou en alliage d'aluminium.

#### **ETAT DE LA TECHNIQUE ANTERIEURE**

[0002] Une tôle métallique peut présenter des défauts de planéité, tels que des défauts non développables (par ex. bords longs, centres longs ou poches...) et des défauts développables (par ex. défauts de cintre, tuile et vrillage...). La planéité fait partie des nombreuses exigences que les utilisateurs des tôles mentionnent dans leur cahier des charges.

[0003] Le brevet EP1055905 divulgue une méthode qui consiste à utiliser au moins deux sources de rayonnement et un certain nombre de détecteurs pour détecter les valeurs de contrôle à partir d'un certain nombre de points de contrôle disposés à intervalles dans une direction transversale à la direction de la tôle mobile (2). Les points de contrôle sont détectés par au moins deux détecteurs qui détectent chacun le rayonnement à différents angles et évaluent les contours de la tôle. Le brevet concerne également un dispositif de détermination de la planéité d'une tôle de matériau et l'utilisation d'un dispositif de détermination de la planéité d'une tôle de matériau.

[0004] Le brevet US6480802 divulgue une méthode de détermination de la planéité d'une tôle de matériau et dispositif d'exécution de la méthode. La méthode et le dispositif résolvent le problème technique du calcul de l'allongement de la tôle à partir des valeurs du contour de la tôle et de la détermination de la planéité de la tôle de matériau. La méthode consiste à calculer, à partir des changements de valeurs de pente mesurées à une pluralité de points de contrôle, la longueur d'onde et la phase de ces changements. De là est calculée la position d'au moins un extremum, à laquelle les valeurs de pente mesurées n'ont qu'une composante transversale. Les pentes sont additionnées pour calculer un contour, à partir duquel l'amplitude est calculée. L'allongement de la tôle comme contrôle de la planéité de la tôle de matériau est alors déterminé à partir de la longueur d'onde et de l'amplitude.

[0005] Le brevet EP3487642 concerne une méthode et un dispositif de vérification de la planéité du matériau de tôle transporté, comportant les étapes suivantes : déplacer le matériau de tôle à travers un dispositif d'usinage de tôle, dans lequel une force de traction d'au moins 10 N/mm<sup>2</sup> est appliquée au matériau de tôle; générant au moins un

motif de projection en forme de grille de projection sur la surface du matériau de tôle au moyen d'un système optique produisant une projection, ledit motif de projection étant projeté sur la surface du matériau de tôle à partir d'une position qui est décalée latéralement par rapport au plan central du matériau de tôle, de sorte qu'un angle de projection formé entre la surface du matériau de tôle et un faisceau de projection est compris entre  $1^\circ$  et  $45^\circ$ ; et la détection du motif de projection au moyen d'une caméra, ladite caméra étant disposée sur un plan transversal au-dessus du matériau de la tôle lorsqu'elle est vue dans la direction du mouvement.

[0006] Le brevet EP2910893 divulgue une méthode de détermination des variations de planéité lors du traitement d'un matériau en forme de tôle, en particulier dans le laminage à chaud d'une tôle mince, dans laquelle une caméra TOF s'étendant transversalement à la direction du mouvement de la tôle-zone de matériau en forme et au moyen d'une unité d'évaluation, est connecté à la caméra TOF, un écart de planéité peut être déterminé.

[0007] Le brevet EP0864847 divulgue une méthode consistant à évaluer un tracé de ligne dirigé sur la surface de la tôle métallique par un projecteur. Une caméra CCD est utilisée pour examiner directement le tracé de ligne. L'image de la mire fournie par la caméra peut être comparée à une mire de référence. Les valeurs mesurées fournies de cette façon peuvent être utilisées pour régler le chemin de production de la tôle métallique.

[0008] Le brevet EP1899086 divulgue une méthode de fabrication d'une tôle métallique, dans laquelle la tôle métallique est guidée sur un certain nombre de rouleaux sous une telle contrainte de tôle, et est déplacée dans une direction de transport, qu'elle est largement plate au moins entre deux rouleaux. Afin de pouvoir inspecter la tôle de manière simple et peu encombrante, l'invention prévoit les contraintes de traction internes qui agissent dans la tôle métallique qui est largement plate sous la contrainte de traction entre au moins deux rouleaux à rendre optiquement visible et pour les contraintes de traction ou les différences de contraintes de traction qui sont déterminées de cette façon à utiliser lors de la fabrication de la tôle métallique. En outre, l'invention porte sur un appareil pour la fabrication d'une tôle métallique.

[0009] La demande EP1570236 divulgue un appareil et une méthode de détection de torsion dans un objet tel que des morceaux de bois transportés sur un appareil et méthode de détection de torsion dans un objet tel que des morceaux de bois) transportés sur un convoyeur utiliser une technique de balayage sans contact selon laquelle une paire de faisceaux de ligne de balayage transversal est dirigée sur une surface de l'article en relation espacée, et des balayages successifs de paires simultanément balayées de zones transversales espacées sur l'article sont effectuées à plusieurs reprises pendant que l'article est transporté, pour générer des données de profil caractérisant la position

de chaque zone transversale dans un système de référence. Les données de profil caractérisant la position respective des deux zones transversales sont comparées les unes aux autres pour générer des données indicatives de torsion partielle associées à chaque acquisition, suivi d'une sommation des données indicatives de torsion partielle associées à toutes les acquisitions pour obtenir une indication de la torsion dans la partie considérée de l'article.

- [0010] Le brevet EP2931447 divulgue la mesure de la planéité et la mesure des contraintes résiduelles dans un produit plat métallique. Un problème abordé par l'invention est celui de l'augmentation de la précision et de la fiabilité des appareils de mesure de la planéité existants et/ou des méthodes. Ce problème est résolu par une méthode de mesure de la planéité d'un produit plat métallique qui comporte les étapes de méthode suivantes : - cintrage du produit plat dans un dispositif de cintrage de telle sorte qu'un produit plat plane formerait un arc avec un rayon de flexion cible  $r_0$  après flexion; - mesure du contour, en particulier des rayons de flexion réels, dans la région de l'arc du produit plat plié à plusieurs positions (y) dans le sens de la largeur du produit plat; et - déterminer la planéité du produit plat en tenant compte du contour mesuré du produit plat plié.
- [0011] La demande EP2265895 divulgue un système structuré de capteurs de lumière pour mesurer le contour d'une surface comprend un système de lentilles d'imagerie, un dispositif de capture d'image, un premier ensemble de miroirs du système micro-électromécanique (MEMS) et un module de commande. Le système de lentille d'imagerie concentre la lumière réfléchie depuis la surface, dans laquelle le système de lentille d'imagerie a un plan de lentille correspondant. Le dispositif de capture d'image capture la lumière focalisée et génère des données correspondant à la lumière capturée, dans lequel le dispositif de capture d'image a un plan d'image correspondant qui n'est pas parallèle au plan de l'objectif. Le premier ensemble de miroirs MEMS dirigent la lumière focalisée vers le dispositif de capture d'image. Le module de contrôle reçoit les données, détermine la qualité de mise au point de la lumière capturée en fonction des données reçues et contrôle le premier ensemble de miroirs MEMS en fonction de la qualité de mise au point pour maintenir une condition d'inclinaison Scheimpflug entre le plan de l'objectif et le plan de l'image.
- [0012] Le brevet EP0397672 divulgue une méthode et un système d'imagerie 3D à haute vitesse et haute résolution d'un objet à une station de vision, y compris un grossissement anamorphique et un système de lentilles de champ, pour transmettre la lumière réfléchie de l'objet à un détecteur de position à petite surface ayant une direction de détection de position. De préférence, un déflecteur acousto-optique n'ayant pas de pièces mobiles avec les éléments de lentille associés scanne un faisceau de lumière laser modulée dans une direction de balayage à travers l'objet à

inspecter pour produire un balayage télécentrique à champ plat. Le déflecteur dispose d'une boucle de rétroaction pour permettre un éclairage uniforme de l'objet (c.-à-d. correction de champ plat). La lumière diffusée par l'objet est captée par une lentille de réception télécentrique.

[0013] La demande WO2012/037186 divulgue un système de détection sans contact est fourni pour l'acquisition d'informations de contour tridimensionnelles d'un objet. Le système est composé d'un sous-système de source lumineuse opérable pour balayer un point de lumière dans une zone d'éclairage; un premier dispositif d'imagerie doté d'un champ de vision disposé de manière à se croiser avec la zone d'éclairage et utilisable pour capturer des données d'image; et un second dispositif d'imagerie ayant un champ de vision disposé pour croiser la zone d'éclairage et utilisable pour capturer des données d'image. Un premier module de contrôle est en communication de données avec le premier dispositif d'imagerie pour déterminer les informations de contour d'un objet dans le champ d'exploration du premier dispositif d'imagerie et rapporter les informations de contour pour l'objet dans un système de coordonnées commun. Un deuxième module de contrôle est en communication de données avec le second dispositif d'imagerie pour déterminer les informations de contour de l'objet dans le champ de vision du second dispositif d'imagerie et de rapporter les informations de contour pour l'objet dans le système de coordonnées commun. De plus, le sous-système de la source lumineuse est étalonné pour indiquer la position du point de lumière dans le système de coordonnées commun.

[0014] Le brevet US6252659 divulgue un appareil de mesure tridimensionnel comprend un système optique de balayage d'un faisceau de référence à travers un objet cible à mesurer, un capteur de lumière qui reçoit la lumière réfléchi par l'objet cible, et un processeur pour le calcul d'une forme dimensionnelle de l'objet cible à partir de la lumière reçue. Une image pour calculer la forme tridimensionnelle de l'objet cible et une image pour afficher l'objet cible sont toutes deux capturées par le même capteur. L'image affichée est une image en niveaux de gris basée sur un centroïde calculé à partir de plusieurs échantillons de données prélevés pour chaque pixel de l'image pendant l'acquisition de la cible.

[0015] La demande de brevet EP1346204 divulgue un dispositif d'inspection automatique de surface d'une bande déroulée pour détecter des défauts de surface, comprenant au moins une caméra dont l'axe optique est dirigé vers la surface à inspecter et formant sur ladite surface une ligne de visée transversale et au moins un système d'éclairage dont les rayons incidents sont dirigés vers la ligne de visée transversale et répartis sur toute la longueur de ladite ligne. En chaque point de la ligne de visée transversale, la direction d'observation de la caméra forme avec le rayon spéculaire réfléchi en ledit point un angle constant.

## Exposé de l'invention

- [0016] L'invention a pour objectif de proposer un dispositif et un procédé de contrôle de planéité de tôle ou bande sans contact plus simple que l'art antérieur compatible avec l'environnement exigeant d'un atelier de production de métallurgie de l'industrie lourde.
- [0017] L'invention est un dispositif de contrôle de planéité d'une tôle ou bande (1) métallique en mouvement selon une direction X, comprenant :
- a. Une source lumineuse 2 éclairant un champ d'observation 4 de la tôle ou bande (1) de façon sensiblement homogène,
  - b. Une caméra (3), qui est une caméra numérique 2D et qui est disposée pour enregistrer dans le champ d'observation (4) au moins une photographie d'une image déformée (22) de la source lumineuse (2) formée par la tôle ou bande (1),
  - c. Un dispositif de calcul permettant de comparer au moins une photographie de l'image déformée (22) de la source lumineuse (2) à une photographie d'une image de référence (20) de la source lumineuse (2) et de calculer en continu au moins un coefficient corrélé à la planéité de la tôle ou bande (1).
- [0018] L'invention est également une machine de production de tôle ou bande comprenant le dispositif selon l'invention.
- [0019] L'invention est également un procédé de contrôle de la planéité avec le dispositif selon l'invention comprenant les étapes successives :
- a. La caméra (3) transmet une photographie de l'image déformée (22) de la source lumineuse (2) au dispositif de calcul,
  - b. un modèle prédéterminé M implémenté dans le dispositif de calcul détermine une photographie de l'image de référence (20) de la source lumineuse (2)
  - c. le modèle prédéterminé M compare la photographie de l'image déformée (22) de la source lumineuse (2) à la photographie de l'image de référence (20) de la source lumineuse (2),
  - d. le modèle prédéterminé M calcule au moins un coefficient corrélé à la planéité de la tôle ou bande (1).

## Brève description des dessins

- [0020] D'autres aspects, buts, avantages et caractéristiques de l'invention apparaîtront mieux à la lecture de la description détaillée suivante de formes de réalisation préférées de celle-ci, donnée à titre d'exemple non limitatif, et faite en référence aux dessins annexés sur lesquels :
- [0021] La [Fig.1] est une vue schématique du dispositif vue de dessus.

- [0022] La [Fig.2] est une vue schématique du côté du dispositif dans le cas d'une tôle ou bande parfaitement plate.
- [0023] La [Fig.3] est une vue schématique de côté du dispositif montrant le déplacement de l'image de la source lumineuse lors que la tôle ou bande a un défaut de planéité.
- [0024] La [Fig.4] est une vue schématique depuis l'emplacement de la caméra montrant l'image de la source lumineuse avec une tôle ou bande parfaitement plate et avec une tôle avec un défaut de planéité.
- [0025] La [Fig.5] montre un exemple de photographie d'une image déformée 22 de la source lumineuse 2 obtenue avec le dispositif suivant l'invention.
- [0026] La [Fig.6] montre une photographie de l'image déformée 22 d'une source lumineuse obtenue avec un dispositif qui n'est pas selon l'invention.
- [0027] La [Fig.7] montre un exemple d'analyse de la photographie de l'image déformée 22 de la source lumineuse 2.
- [0028] La [Fig.8] montre un autre exemple d'analyse la photographie de de l'image déformée 22 de la source lumineuse 2.
- [0029] La [Fig.9] montre un contre-exemple du dispositif selon l'invention.
- [0030] La [Fig.10] montre un exemple schématique de ligne de production comprenant le dispositif selon l'invention.
- [0031] La [Fig.11] montre un exemple schématique de ligne de production comprenant le dispositif selon l'invention.
- [0032] EXPOSÉ DÉTAILLÉ DE MODES DE RÉALISATION PARTICULIERS
- [0033] Sur les figures et dans la suite de la description, les mêmes références représentent les éléments identiques ou similaires. De plus, les différents éléments ne sont pas représentés à l'échelle de manière à privilégier la clarté des figures. Par ailleurs, les différents modes de réalisation et variantes ne sont pas exclusifs les uns des autres et peuvent être combinés entre eux. Sauf indication contraire, les termes « sensiblement », « environ », « de l'ordre de » signifient à 10% près, et de préférence à 5% près. Par ailleurs, les termes « compris entre ... et ... » et équivalents signifient que les bornes sont incluses, sauf mention contraire.
- [0034] La tôle ou bande 1 est une tôle ou une bande métallique, préférentiellement en aluminium ou en alliage d'aluminium. En effet, les tôles ou les bandes en l'aluminium ou en alliage d'aluminium ont un pouvoir réfléchissant de la lumière visible par l'être humain. Les termes et définitions l'EN 12258-1 (2012) sont applicables. La différence entre les termes tôle et bande est définie par la note 3 du paragraphe 2.6.1 de l'EN 12258-1 (2012), en l'occurrence : en Europe, le terme « tôle » n'est utilisé que pour les produits laminés fournis en une longueur droite, pour les tôles en bobine, le terme « bande » est utilisé. La tôle est donc un produit plat. Une bande peut être transformée en tôle par toute opération de coupe ou de mise à longueur connues de l'homme du

métier. Cependant, le terme bande est étendu aux produits laminés dont l'épaisseur est inférieure à 0,20 mm. Les normes EN 485-3 (2003) et EN 485-4 (1994) définissent les tolérances de formes pour les tôles, bandes et tôles épaisses en aluminium ou en alliage d'aluminium. Ces normes décrivent en particulier certains défauts de planéité bien connus de l'homme du métier. Les états métallurgiques sont définis par l'EN 515 (2017).

- [0035] La tôle ou bande 1 est en mouvement selon la direction du mouvement (X). La tôle ou bande a donc un mouvement de translation. Le mouvement peut être relatif, le dispositif peut donc être déplacé par rapport à la tôle. Dans le cas d'une tôle, la direction préférentielle du mouvement est soit le sens long (L) de laminage, soit le sens travers long (TL), celle correspondant au grand côté de la tôle étant préférée pour diminuer la taille de la machine. Dans le cas d'une bande, celle-ci est déroulée et la direction du mouvement de la bande est le sens long ou sens de laminage. La direction perpendiculaire (Y) est la direction perpendiculaire à la direction du mouvement X dans le plan de la tôle ou bande 1.
- [0036] La [Fig.1] montre la tôle ou bande 1 et le dispositif vu de dessus. La direction X est la direction du mouvement de la tôle ou bande 1 et la direction Y est la direction perpendiculaire à la direction X dans le plan de la tôle ou bande 1. Comme il s'agit d'une vue de dessus, ni l'image de référence 20 de la source lumineuse 2 ni l'image déformée 22 de la source lumineuse 2 ne se trouvent dans le champ d'observation 4. Compte tenu des lois de l'optique géométrique, ces images se trouvent sous la source lumineuse 2. L'image de référence 20 de la source lumineuse 2 est masquée par la présence de la source lumineuse 2. Par contre, l'image déformée 22 de la source lumineuse 2 peut être visible en vue de dessus selon la déformation de la tôle ou bande 1.
- [0037] Les figures 2 et 3 montrent une vue de côté du dispositif. La [Fig.2] correspond à une tôle ou bande 1 parfaitement plane. L'image de référence 20 de la source lumineuse 2 est le symétrique de la source lumineuse 2 par rapport à la tôle ou bande parfaitement plate compte tenu des lois de l'optique géométrique. La [Fig.3] montre un défaut de planéité de la tôle ou bande 1 en train de traverser le champ d'observation 4 (non représenté). Compte tenu des lois de l'optique géométrique, l'image de la source lumineuse 2 se déplace et se déforme et devient l'image déformée 22 de la source lumineuse 2. Ce déplacement et cette déformation dépendent de l'avancement du défaut de planéité de la tôle ou bande 1.
- [0038] La [Fig.4] montre le dispositif précédent avec comme point d'observation la caméra 3. La caméra 3 voit et peut photographier l'image de la source lumineuse 2 tant de référence 20 que déformée 22 dans le champ d'observation 4. La [Fig.9] montre le dispositif avec un point d'observation inapproprié pour la caméra 3 car ce point

d'observation est trop proche de la source lumineuse 2 car la photographie de l'image déformée 22 de la source lumineuse 2 ne se trouve pas dans le champ d'observation 4. L'analyse ne peut avoir donc lieu correctement. La caméra 3, la source lumineuse 2 et le champ d'observation doivent donc être disposés en prenant en compte les lois de l'optique géométrique connue de l'homme du métier.

[0039] La source lumineuse 2 éclaire un champ d'observation 4 sur la tôle ou bande 1 de façon sensiblement homogène. Le champ d'observation 4 est fixe par rapport à la source lumineuse 2 et à la caméra 3. Le champ d'observation 4 est une partie prédéterminée du plan qui correspond à la face supérieure de la tôle ou bande 1 si elle est parfaitement plate. Préférentiellement, l'éclairement du champ d'observation 4 ne varie pas de plus de 10%, plus préférentiellement 5%, plus préférentiellement 2% par rapport à la valeur moyenne de l'éclairement du champ d'observation 4. Un éclairement hétérogène dégrade l'analyse de la photographie l'image déformée 22 de la source lumineuse 2, ce qui dégrade le résultat des calculs du dispositif de calcul. L'éclairement est la quantité de lumière par unité de surface. La source lumineuse 2 ne projette donc pas un motif particulier sur la tôle.

[0040] Le champ d'observation 4 est choisi pour que la photographie de l'image déformée 22 de la source lumineuse 2 ainsi que la photographie de l'image de référence 20 de la source lumineuse 2 soient dans le champ d'observation 4 pour la caméra 3. Le champ d'observation 4 est donc pré déterminé selon les défauts de planéité de la tôle ou bande 1, que l'homme du métier connaît par expérience.

[0041] Préférentiellement, le champ d'observation 4 est un rectangle dont les petits cotés sont parallèles aux bords de la tôle ou bande 1. Préférentiellement, deux des bords du dit rectangle correspondent aux bords de la tôle ou bande. Préférentiellement, le rapport entre le petit côté dudit rectangle et la largeur de la tôle ou bande est supérieur à 30%. Selon l'expérience des inventeurs, ce rapport de 30% est suffisant pour observer ou contrôler les défauts de planéité usuels de la tôle ou bande 1 en aluminium ou en alliage d'aluminium. Si ledit rapport est inférieur à 30%, une photographie de l'image déformée 22 de la source lumineuse 22 peut ne plus être enregistrée complètement par la caméra 3, ce qui va dégrader l'analyse de la photographie de l'image déformée 22 de la source lumineuse 2, ce qui va donc dégrader le résultat des calculs du dispositif de calcul.

[0042] La source lumineuse émet préférentiellement une lumière visible par l'être humain. Une lumière visible est avantageuse car elle permet d'utiliser de nombreuses source ou caméra disponibles dans le commerce. La source lumineuse 2 n'est pas une source de lumière cohérente comme celle produit par un laser par exemple non limitatif. Préférentiellement la couleur de la source lumineuse est blanche pour avoir le meilleur contraste sur les photographies. Préférentiellement, la source lumineuse 2

est constituée de diodes électroluminescentes (LED). Les LED sont moins coûteuses qu'un laser. Les LED sont également moins dangereuses pour les yeux qu'un laser. Les LED ne provoquent pas un phénomène d'irisation. Une source lumineuse telle un tube fluorescent provoque une irisation qui détériore la qualité de l'image pour le contrôle de la planéité. La fréquence de scintillement de la source lumineuse 2 est suffisamment supérieure à la fréquence d'acquisition de la caméra 3 pour éviter un scintillement de la photographie de l'image déformée 22 de la source lumineuse 2 enregistrée par la caméra 3. Compte tenu de la fréquence de scintillement élevée des LED, les LED sont préférentiellement utilisées comme source lumineuse 2 pour contrôler la planéité d'une bande en mouvement rapide comme sur une cisaille de finition de bande d'aluminium dont la vitesse peut atteindre typiquement 900 m/min. Les LED permettent d'obtenir une photographie de l'image déformée 22 de la source lumineuse bien nette comme montré par la [Fig.5]. La [Fig.6] montre une photographie de l'image déformée d'un tube fluorescent dont la qualité est insuffisante du fait du scintillement. Préférentiellement, la densité des LED de la source lumineuse 2 est suffisante pour que la source lumineuse 2 paraisse continue sur la photographie de l'image de référence 20 ou sur la photographie de l'image déformée 22 de la source lumineuse 2. Cette continuité facilite l'analyse de l'image par le modèle prédéterminé M comme un objet continu, en particulier une ligne.

[0043] Préférentiellement, la source lumineuse 2 est suffisamment étendue dans la direction perpendiculaire Y pour que les images des extrémités de la source lumineuse 2 dans la direction perpendiculaire Y ne soient pas photographiées dans le champ d'observation 4, préférentiellement les images des extrémités de la source lumineuse 2 dans la direction perpendiculaire Y ne soient pas photographiées par la caméra 3. Cela assure le contrôle de la planéité de la tôle ou bande 1 dans le champ d'observation 4, préférentiellement dans tout le champ d'observation que la caméra 3 peut photographier.

[0044] Préférentiellement la source lumineuse 2 est de forme substantiellement linéaire et droite. Plus préférentiellement, la source lumineuse 2 est sensiblement perpendiculaire à la direction du mouvement X. La source lumineuse 2 est de forme substantiellement linéaire si la photographie de l'image de référence 20 de la source lumineuse 2 s'il existe une ligne telle que tout point de la photographie de l'image de référence 20 de la source lumineuse 2 est à une distance inférieure à 10%, préférentiellement 5%, de la largeur de la tôle ou bande 1 à au moins un point de ladite ligne. La source lumineuse 2 est de forme substantiellement droite si la longueur du grand côté du plus petit rectangle, petit au sens de la plus petite surface possible, qui contient la photographie de l'image de référence 20 de la source lumineuse 2 est au moins 10 fois plus long que le petit côté dudit rectangle. La forme substantiellement linéaire et droite de la source lumineuse 2 permet de réaliser un mode de réalisation préféré du procédé selon

l'invention décrit plus loin. Cette orientation et cette forme permettent de diminuer la longueur selon la direction du mouvement X du dispositif de contrôle de la planéité. Préférentiellement la source lumineuse 2 est dans un plan sensiblement parallèle au plan de la tôle ou bande 1, ce qui permet de diminuer la différence de longueur entre le chemin optique le plus long et le plus court entre la source lumineuse 2 et la caméra 3 réfléchi par la tôle ou bande 1 selon les lois de l'optique géométrique. Cela diminue la distorsion de la photographie de l'image déformée 22 de la source lumineuse 2 et améliore l'analyse de la photographie de l'image déformée 22 de la source lumineuse 2.

- [0045] Préférentiellement, il n'y a pas d'autre source lumineuse qui directement ou indirectement pourrait créer une autre image photographiable par la caméra 3 pour éviter de dégrader la qualité des photographies pour leur analyse. Le dispositif est donc avantageusement protégé d'autres sources lumineuses avec des protections ou des capots tout en permettant le mouvement de la tôle ou bande 1. Préférentiellement, la caméra 3 et la source lumineuse 2 sont disposées pour que la source lumineuse 2 n'apparaissent pas sur les photographies transmises par la caméra 3 pour éviter toute confusion avec l'image déformée 22 de la source lumineuse 2 qui pourrait perturber le calcul d'au moins un coefficient corrélé à la planéité.
- [0046] La caméra 3 est une caméra numérique 2D plus simple qu'une caméra 3D. La caméra 3 n'est pas une caméra TOF (time of flight) qui est un équipement coûteux. La caméra 3 est disposée pour enregistrer au moins une photographie de l'image déformée 22 de la source lumineuse 2 formée par la tôle métallique 1 dans le champ d'observation 4. Si l'image déformée 22 de la source lumineuse 2 n'est pas formée dans le champ d'observation 4 vue de la caméra 3, cela va dégrader la qualité de l'analyse de la photographie. Cette dégradation est provoquée par une image déformée 22 de la source lumineuse 2 photographiée par la caméra 3 de façon incomplète dans le champ d'observation 4.
- [0047] Préférentiellement, la caméra 3 enregistre des photographies avec une période pré déterminée. La période d'enregistrement est pré déterminée par la vitesse du mouvement de la tôle ou bande (1) et par les défauts de planéité que l'homme du métier connaît par expérience. La période prédéterminée doit être suffisante pour échantillonner correctement les défauts de planéité compte tenu de la vitesse du mouvement de la tôle ou bande 1. Le choix de la caméra 3 doit être adapté en fonction de la taille des défauts à contrôler et de la vitesse du mouvement de la tôle ou bande 1. La résolution de la caméra 3 doit être suffisante pour échantillonner correctement la champ d'observation 4 et observer les défauts de planéité recherchés.
- [0048] Préférentiellement, la caméra 3 est substantiellement centrée par rapport au champ d'observation 4. La position de la caméra 3 est centrée si cette position correspond

au minimum de la différence de longueur entre le chemin optique le plus long et le plus court entre la source lumineuse 2 et la caméra 3 réfléchi par la tôle par rapport aux autres positions de la caméra 3 obtenue par une translation selon la direction perpendiculaire Y. Si le champ d'observation 4 est un rectangle dont les petits cotés sont parallèles aux bords de la tôle ou bande 1, la caméra 3 est substantiellement disposée dans un plan perpendiculaire au champ d'observation 4 et contenant la médiatrice du grand coté du champ d'observation 4. Cette position diminue la distorsion de la photographie de l'image déformée 22 de la source lumineuse 2 et améliore l'analyse de la photographie de l'image déformée 22 de la source lumineuse 2. La caméra 3 étant disposée pour enregistrer la photographie de l'image déformée 22 de la source lumineuse 2, elle n'est pas mise au point pour enregistrer des photographies de la surface de la tôle ou bande 1. La caméra 3 ne peut donc pas photographier et analyser des défauts de surface ou des motifs projetés sur la surface de la tôle ou bande 1.

[0049] La position relative de la caméra 3, de la source lumineuse 2 et de la tôle ou bande 1 est un compromis. Le chemin optique minimum est le trajet de la lumière le plus court de la source lumineuse 2 à la caméra 3 réfléchi par la tôle ou bande 1 selon les lois de l'optique géométrique. Plus le chemin optique minimum est long, plus le dispositif sera sensible pour contrôler un défaut de planéité. Par contre plus le chemin optique minimum est long, plus il faut augmenter la sensibilité et la résolution de la caméra 3 et/ou la puissance lumineuse de la source lumineuse 2. Préférentiellement, la caméra 3 et la source lumineuse 2 sont à la même hauteur pour faciliter la conception du dispositif. Préférentiellement, la caméra 3 et la source lumineuse 2 sont au moins à une largeur de la bande ou tôle 1 au-dessus de la tôle ou bande 1. Une telle disposition permet de limiter la profondeur de champ de la caméra 3 pour que la photographie de l'image déformée 22 de la source lumineuse 2 soit nette entre le point le plus proche et le plus lointain de l'image déformée 22 de la source lumineuse 2 avec la caméra 3. Cela permet d'éviter l'utilisation d'une caméra 3 avec un objectif complexe. Préférentiellement, dans le cas d'une bande tendue entre deux moyens de mise en référence décrits ci-dessous, la caméra 3 est sensiblement au-dessus de l'un des moyens de mise en référence, et la source lumineuse 2 est sensiblement au-dessus de l'autre moyen de mise en référence. Cette disposition permet d'exploiter au mieux la surface du dispositif sans interférer avec d'autres équipements. Dans un mode de réalisation, la caméra 3 et la source lumineuse 2 sont à au moins 2 m au-dessus de la bande pour faciliter l'accès à l'intérieur du dispositif lors de l'entretien du dispositif dans un contexte industriel.

[0050] Préférentiellement, le dispositif selon l'invention comprend des moyens de mise en référence qui sont disposés pour assurer que la tôle ou bande 1 soit positionnée pour

éviter des mouvements de la tôle ou bande 1 dans d'autres directions que la direction du mouvement X. Ces mouvements dans d'autres directions sont susceptibles de provoquer des déplacements de l'image déformée 22 de la source lumineuse 2 et donc de dégrader la qualité du coefficient corrélé à la planéité de la bande ou tôle 1. Ces moyens de mise en référence sont par exemple non limitatif une surface de pose ou des rouleaux dans le cas d'une tôle. Les moyens de mise en référence d'une bande peuvent être par exemple non limitatif des rouleaux, des rouleaux pinceurs, des blocs en S, des dérouleuses ou des enrouleuses, qui sont bien connus de l'homme du métier des machines de production de bande. Préférentiellement, le champ d'observation 4 pour une bande est disposé entre deux moyens de mise en référence et sans autre moyen de mise en référence entre les deux dits moyens de mise en référence. Préférentiellement, ces deux moyens de mises en référence sont espacés d'au moins la largeur de la bande 1 pour que les défauts de planéité ne soient pas atténués par la proximité des deux moyens de mise en référence et assurer un bon contrôle de la planéité. Préférentiellement, la zone de la bande 1 sur laquelle se réfléchissent les rayons lumineux émis par la source lumineuse 2 vers la caméra 3 est sensiblement centrée entre les deux moyens de mises en référence pour que les défauts de planéité ne soient pas atténués par la proximité des deux moyens de mise en référence et assurer un bon contrôle de la planéité. Les moyens de mise en référence tendent la bande. La bande ne doit pas être trop tendue pour ne pas dégrader la qualité du coefficient corrélé à la planéité comme il est expliqué plus loin.

[0051] Le dispositif selon l'invention fait préférentiellement partie d'une machine de production de tôle ou bande. Préférentiellement, ces machines sont des machines de finition ou de parachèvement comme par exemple non limitatif des cisailles, des scies, des planeuses, des vernisseuses des dégraisseuses ou des fours de traitement thermiques en continus. L'environnement et le niveau de tension de la tôle pendant le laminage rendent plus difficiles l'installation du dispositif selon l'invention sur un laminoir.

[0052] La [Fig.10] montre un exemple non limitatif de machine de production de bande 1 comprenant une dérouleuse 11, deux rouleaux 12 et une enrouleuse 13 qui sont des moyens de mises en référence de la bande 1 et qui sont espacés d'au moins de la largeur de la bande. La machine de la [Fig.10] peut aussi avoir d'autres fonctions non représentées telles celles des machines pré citées. La [Fig.11] montre un exemple non limitatif de machine de production de bande ou tôle. La bande est déroulée sur une dérouleuse 11. La bande passe ensuite dans une planeuse sous tension encadrée par deux blocs en S 14, la cage de planage n'étant pas représentée mais connue de l'homme du métier. La bande 1 passe ensuite dans le dispositif selon l'invention puis dans des rouleaux pinceurs 15. Le dispositif selon l'invention est positionné dans

l'espace entre les deux moyens de mise en référence que sont le bloc en S 14 et les rouleaux pinceurs 15. Puis la bande 1 est débitée en tôle 1, le dispositif de découpe et d'empilage, connus de l'homme du métier, n'est pas représenté.

[0053] Lorsque l'homme du métier mesure les différentes caractéristiques de planéité d'une tôle ou bande, il pose la tôle ou bande, dans le cas d'une bande en général un échantillon, sur un marbre de contrôle pour effectuer les mesures de planéité avec une règle. Les défauts de planéité tels que des bords longs ou des lignes de poches découlent d'une différence de longueur dans la largeur de la tôle ou bande 1. La bande tendue s'allonge, ce qui diminue la différence de longueur et ce qui modifie la planéité de la bande 1 en mouvement. Si la bande est tendue par une traction trop forte, cela peut annuler la différence de longueur et rendre impossible de contrôler la planéité. Une traction trop forte peut aussi déformer définitivement la bande si la traction dépasse la limite d'élasticité de la bande. Le niveau de traction appliqué à la bande est prédéterminé par les divers équipements de la machine sur laquelle est utilisé le dispositif suivant l'invention. Par exemple, si l'un des moyens de mise en référence comprend une enrouleuse qui enroule la bande en bobine, la traction doit être suffisante pour assurer la cohésion de la bobine et pour éviter des défauts de surface par frottement de la bande sur elle-même. La traction ne doit pas être trop forte pour éviter un effondrement de la bande enroulée en bobine sur son diamètre intérieur. Préférentiellement, la traction est au moins de 10 MPa, préférentiellement 15 MPa. Préférentiellement, la traction est au plus à 30 MPa.

[0054] L'image de référence 20 de la source lumineuse 2 est l'image de la source lumineuse 2 pour une tôle parfaitement plane, c'est-à-dire que l'image de référence 20 est le symétrique par rapport à la tôle ou bande 1 de la source lumineuse selon les lois de l'optique géométrique. Lorsqu'un défaut de planéité de la tôle ou bande 1 en déplacement traverse le champ d'observation 4, l'image de référence 20 de la source lumineuse 2 se déplace et se déforme selon les lois de l'optique géométrique pour devenir l'image déformée 22 de la source lumineuse 2. Lorsque la courbure de la déformation est faible, l'image déformée 22 de la source lumineuse 2 se déplace en se déformant très peu. Compte tenu des lois de l'optique géométrique, il peut y avoir des dédoublements. La [Fig.5] montre un exemple où l'image déformée d'une source lumineuse linéaire et droite est localement dédoublée avec une fourche ou embranchement. Lorsque la courbure de la déformation est importante, compte tenu des lois de l'optique géométrique, il y a un effet d'agrandissement de l'image déformée 22 de la source lumineuse 2. Il en résulte une image déformée 22 de la source lumineuse 2 qui s'agrandit et qui est moins lumineuse. Le déplacement et la déformation de l'image de la source lumineuse 2 sont donc une conséquence des défauts de planéité de la tôle ou bande 1 et est également une conséquence du

déplacement de la tôle ou bande 1 et de ses défauts de planéité. Les lois de l'optique géométriques sont connues depuis longtemps mais les résoudre pour les nombreux défauts de planéité d'une tôle est complexe.

[0055] La méthode de contrôle de la tôle ou bande en mouvement comporte les étapes suivantes

- a. La caméra transmet une photographie de l'image déformée 22 de la source lumineuse 2 au dispositif de calcul,
- b. un modèle prédéterminé M implémenté dans le dispositif de calcul détermine la photographie de l'image de référence (20) de la source lumineuse (2),
- c. le modèle prédéterminé M compare la photographie de l'image déformée (22) de la source lumineuse (2) à la photographie de l'image de référence (20) de la source lumineuse (2),
- d. le modèle prédéterminé M calcule au moins un coefficient corrélé à la planéité de la tôle ou bande (1).

[0056] Le modèle prédéterminé M utilise les données caractéristiques de la tôle ou bande comme la composition de l'alliage la constituant, ses dimensions, ses propriétés mécaniques, son état métallurgique, sa vitesse et le niveau de traction de la tôle. Le modèle prédéterminé M peut être une base de données (abaques) obtenue préalablement par exemple de manière expérimentale et/ou de manière numérique. La méthode expérimentale consiste à comparer la flèche maximale ou les flèches maximales locales d'une tôle ou d'un échantillon de la bande immobile mesurés sur un marbre avec la photographie de l'image déformée 22 de la source lumineuse 2 et avec la photographie de l'image de référence 20 de la source lumineuse 2. Le modèle prédéterminé M peut également être obtenu par toute méthode d'apprentissage. Le modèle prédéterminé peut exploiter les outils d'analyse des images connus de l'homme du métier tels que par exemple non limitatif pixellisation, squelettisation.

[0057] La comparaison faite par le modèle prédéterminé M consiste à analyser la géométrie de la photographie de l'image déformée 22 de la source lumineuse déformée 2. Par exemple non limitatif, la déformation d'une ligne droite peut être une courbe. Par exemple non limitatif, la déformation d'une forme telle un cercle peut être une ellipse.

[0058] La photographie peut également être analysée par le modèle prédéterminé en niveau de gris pour chaque pixel de la photographie transmise par la caméra 3. Analyser en niveau de gris est avantageux car cela permet d'identifier des défauts de planéité qui ne peuvent être quantifiés géométriquement. Par exemple, si la source lumineuse est une ligne droite, si l'image déformée par le défaut de planéité de la tôle ou bande est un arc de parabole se trouvant dans le plan défini par la caméra 3 et l'image de référence 20 de la source lumineuse 2, alors l'image déformée 22 de la source

lumineuse 2 n'est photographiée par la caméra 3 que comme une ligne qui ne semble pas déformée géométriquement. Cependant, comme chaque point de l'image déformée 22 de la source lumineuse 2 s'est déplacé par rapport à l'image de référence 20 de la source lumineuse 2 en s'approchant ou en s'éloignant de la caméra 3, les pixels de la photographie transmise par la caméra 3 seront plus ou moins éclairés et vont apparaître plus ou moins gris. L'analyse en niveau de gris de l'image permet de contrôler des défauts de planéité de la bande ou tôle 1. Le terme gris ne limite cette méthode à une analyse de photographie obtenue avec une lumière blanche. Le terme gris doit être interprété comme la variation de l'éclairement des pixels de la caméra 3.

[0059] La flèche maximale d'une tôle est définie par l'EN 485-3 ou EN485-4. Compte tenu des dites normes, la flèche maximale est corrélée à la planéité. Les flèches maximales locales sont définies en divisant la tôle bande en une pluralité de secteur substantiellement parallèle à la direction du mouvement X. La flèche maximale locale sur un secteur est le maximum de la flèche sur ledit secteur. De façon similaire à la planéité locale, une planéité locale pour chaque secteur peut être également calculée. Compte tenu des dites normes, la flèche maximale est corrélée à la planéité de la tôle ou bande 1 et les flèches maximales locales sont corrélées aux planéités locales de la tôle ou bande 1. Suivre la planéité locale de la tôle ou bande est avantageux car cela permet d'analyser plus finement les défauts de planéité de la tôle ou bande 1.

[0060] Dans un mode de réalisation préféré, la source lumineuse 2 est substantiellement de forme linéaire et droite. Le modèle prédéterminé M va donc analyser la photographie de l'image déformée 22 de la source lumineuse 2 comme une ligne déformée 23 par les méthodes d'analyse des images, connues de l'homme du métier, telles par exemple non limitatif pixellisation, squelettisation. Le modèle prédéterminé M va donc analyser la photographie de l'image de référence 20 de la source lumineuse 2 comme une ligne de référence 21 par les méthodes d'analyse des images, connues de l'homme du métier, telles par exemple non limitatif pixellisation, squelettisation. La ligne déformée 23 peut être dédoublée compte tenu des règles de l'optique géométrique comme l'exemple de la [Fig.5] le montre. Dans ce mode de réalisation préféré, les étapes b à d du procédé selon l'invention comprennent les étapes successives suivantes :

- i. le modèle prédéterminé M analyse la photographie de l'image déformée (22) de la source lumineuse (2) comme une ligne déformée (23),
- ii. une ligne de référence (21) est préférentiellement estimée par la régression linéaire de la ligne déformée (23),
- iii. une distance à la ligne de référence (21) est obtenue en calculant la moyenne de la distance euclidienne de chaque point de la ligne déformée (23) à la ligne de référence (21), et/ou les étapes successives suivantes :

- iv. le modèle prédéterminé M analyse la photographie de l'image déformée (22) de la source lumineuse (2) comme une ligne déformée (23),
- v. la ligne déformée (23) est segmentée en une pluralité d'élément,
- vi. une ligne de référence segmentée (24) est calculée par la régression linéaire de chaque segment de la ligne déformée (23),
- vii. pour au moins un élément de la ligne déformée (23) segmentée, une distance à la ligne de référence segmentée (24) est obtenue en calculant la moyenne de la distance euclidienne de chaque point de l'élément de la ligne déformée (23) à la ligne de référence segmentée (24).

[0061] Dans ce mode de réalisation préféré, l'estimation de la ligne de référence 21 par la régression linéaire de la ligne déformée 23 est avantageuse car cela simplifie la détermination de la ligne de référence 21. La [Fig.7] illustre le principe de l'étape iii du calcul de la moyenne de la distance euclidienne entre la ligne de référence 21 et la ligne déformée 23. Cette moyenne est un coefficient corrélé à la planéité de la tôle ou bande 1. Le modèle prédéterminé M peut également calculer la planéité de la tôle ou bande 1. Il utilise les données caractéristiques de la tôle ou bande 1 comme sa composition, ses dimensions, ses propriétés mécaniques, son état métallurgique, sa vitesse et le niveau de traction de la tôle. Le modèle prédéterminé M peut être une base de données (abaques) obtenue préalablement par exemple de manière expérimentale et/ou de manière numérique. La méthode expérimentale consiste à comparer la flèche maximale ou les flèches maximales locales d'une tôle ou bande 1 immobile mesurées sur un marbre avec la moyenne de la distance euclidienne entre la ligne de référence 21 et la ligne déformée 23. Le modèle prédéterminé M peut également être obtenu par toute méthode d'apprentissage.

[0062] La [Fig.8] illustre le principe des étapes iv à vii. La ligne déformée 23 est segmentée en une pluralité prédéterminée d'éléments. Cette segmentation est prédéterminée en fonction de la tôle ou bande 1 et des défauts usuels attendus par l'expérience de l'homme du métier. Cette segmentation peut être obtenue en segmentant la ligne déformée 23 en segment de longueur relative prédéterminée. Au cas où il y a une fourche ou un embranchement, par exemple celle visible sur la [Fig.5], cette fourche ou embranchement est traitée comme un point de rebroussement sur une courbe pour déterminer les longueurs relatives des segments de la ligne déformée 23 segmentée. Une autre méthode équivalente consiste à utiliser la ligne de référence 21 et de la segmenter en une pluralité prédéterminée de segment. Puis la ligne déformée 23 est segmentée en une pluralité d'éléments par la projection suivant la direction du mouvement X de la ligne de référence segmentée 21. La moyenne de la distance euclidienne de tous les points d'un segment de la ligne déformée 23 segmentée à la ligne de référence segmentée 24 est un coefficient corrélé à la planéité

locale de la tôle ou bande 1. Ces méthodes de calcul de la ligne de référence segmentée 24 sont avantageuses car elles permettent de focaliser sur le défaut de planéité locale. De façon similaire à ce qui précédé, le modèle prédéterminé M peut aussi calculer les planéités locales de la tôle ou bande 1. Il est à noter que la ligne de référence segmentée 24 n'est pas nécessairement continue.

[0063] Préféablement, la caméra (3) transmet selon une période prédéterminée une photographie de l'image déformée (22) de la source lumineuse (2) au dispositif de calcul pour contrôler la planéité sur la longueur de la tôle ou bande 1. Préféablement, au moins un coefficient corrélé à la planéité de la tôle ou bande 1 est la moyenne sur une pluralité prédéterminée de photographies glissantes des coefficients corrélé à la planéité calculée pour chaque photographie. Calculer au moins un coefficient corrélé à la planéité sur une moyenne sur une pluralité d'images glissantes consiste calculer la moyenne du au moins un coefficient corrélé à la planéité sur chacune de la pluralité des photographies de l'image déformée 22 de la source lumineuse 2 précédemment transmises par la caméra 3. Calculer ces moyennes est avantageux car cela permet de filtrer le bruit lié à la période prédéterminée de transmission par la caméra 3.

[0064] Dans un mode de réalisation préféré, la méthode selon l'invention comporte en outre l'étape e : le modèle prédéterminé M compare la photographie de l'image déformée 22 de la source lumineuse 2 par rapport aux photographies de l'images déformée 22 de la source lumineuse 2 qui ont été transmises précédemment par la caméra 3. Cette comparaison est avantageuse car elle permet d'identifier des défauts répétitifs de planéité de la tôle ou bande 1. Deux défauts de planéité sont répétitifs si les photographies de leur image déformée 22 de la source lumineuse 2 peuvent être superposés avec une marge d'erreur inférieure à 5%, préféablement 2% de la largeur de la tôle ou bande 1. Identifier les défauts répétitifs dans la longueur de la tôle ou bande est avantageux en particulier pour les produits laminés car cela permet de chercher efficacement les rouleaux ou les cylindres de laminoir ou les machine qui peuvent être la cause dudit défaut. Compte tenu de la longueur d'une bande, ceci est bien plus avantageux sur une bande dont la longueur peut être supérieur à 100 m alors que les plus longues tôles connues, des tôles pour voilure d'avions de lignes, ne font pas plus de 36 m de longueur. Avantageusement, cette comparaison et cette identification peuvent être faits avec la ligne déformée.

[0065] L'avantage du dispositif et de la méthode est de permettre un contrôle en temps réel de la planéité de la tôle ou bande 1 sans procéder à un arrêt de la production pour mesurer la planéité sur un marbre, ce qui permet en outre d'éviter de couper la bande pour prélever un échantillon pour l'amener sur un marbre. L'avantage du dispositif et du procédé est qu'ils peuvent être installés dans un atelier de produit métallurgique de l'industrie lourde dont la température, l'hygrométrie ne sont pas régulées et dépendent

du climat et dont l'atmosphère peut contenir des poussières. Le dispositif et le procédé ne requièrent pas des conditions de fonctionnement qui ne peuvent être obtenus que dans un laboratoire. L'autre avantage du dispositif et de la méthode est d'être plus simple que l'art antérieur en particulier car le modèle prédéterminé M peut être mis en œuvre par la bibliothèque ibavision et Halcon. Le dispositif utilise moins de matériel ou des matériels moins onéreux.

## Revendications

- [Revendication 1] Dispositif de contrôle de planéité d'une tôle ou bande (1) métallique en mouvement selon une direction X, comprenant :
- a. Une source lumineuse (2) éclairant un champ d'observation (4) de la tôle ou bande (1) de façon sensiblement homogène,
  - b. Une caméra (3), qui est une caméra numérique 2D et qui est disposée pour enregistrer dans le champ d'observation (4) au moins une photographie d'une image déformée (22) de la source lumineuse (2) formée par la tôle ou bande (1),
  - c. Un dispositif de calcul permettant de comparer au moins une photographie de l'image déformée (22) de la source lumineuse (2) à une photographie d'une image de référence (20) de la source lumineuse (2) et de calculer en continu au moins un coefficient corrélé à la planéité de la tôle ou bande (1)
- [Revendication 2] Dispositif de contrôle de planéité selon la revendication 1 caractérisé en ce que la source lumineuse (2) est de forme substantiellement linéaire et droite, préférentiellement sensiblement perpendiculaire à la direction du mouvement X.
- [Revendication 3] Dispositif de contrôle de planéité selon la revendication 1 ou 2 caractérisé en ce que la source lumineuse (2) est dans un plan sensiblement parallèle au plan de la tôle ou bande (1).
- [Revendication 4] Dispositif selon l'une des revendication 1 à 3 caractérisé en ce que la source lumineuse (2) est constituée de diodes électroluminescentes (LED).
- [Revendication 5] Dispositif de contrôle de planéité selon l'une des revendications 1 à 4 caractérisé en ce que la caméra (3) est substantiellement centrée par rapport au champ d'observation (4),
- [Revendication 6] Dispositif de contrôle de planéité selon l'une des revendications 1 à 5 caractérisé en ce que les images des extrémités de la source lumineuse (2) dans la direction perpendiculaire Y ne sont pas dans le champ d'observation (4), et préférentiellement en ce que les images des extrémités de la source lumineuse (2) dans la direction perpendiculaire Y ne sont pas visibles par la caméra 3.
- [Revendication 7] Dispositif de contrôle de planéité d'une bande selon l'une des revendications 1 à 6 caractérisé en ce que le dispositif comprend des

moyens de mise en référence qui préférentiellement sont espacés d'au moins la largeur de la tôle ou bande.

[Revendication 8]

Machine de production de tôle ou bande comprenant le dispositif suivant l'une des revendication 1 à 7.

[Revendication 9]

Procédé de contrôle de la planéité avec le dispositif selon l'une quelconque des revendications 1 à 7 comprenant les étapes successives suivantes :

- a. La caméra (3) transmet une photographie de l'image déformée (22) de la source lumineuse (2) au dispositif de calcul,
- b. un modèle prédéterminé M implémenté dans le dispositif de calcul détermine la photographie de l'image de référence (20) de la source lumineuse (2),
- c. le modèle prédéterminé M compare la photographie de l'image déformée (22) de la source lumineuse (2) à la photographie de l'image de référence (20) de la source lumineuse (2),
- d. le modèle prédéterminé M calcule au moins un coefficient corrélé à la planéité de la tôle ou bande (1).

[Revendication 10]

Procédé selon la revendication 9 avec le dispositif dont la source lumineuse (2) est de forme substantiellement linéaire et droite caractérisé en ce que les étape b à d comprennent les étapes successives suivantes :

- i. le modèle prédéterminé M analyse la photographie de l'image déformée (22) de la source lumineuse (2) comme une ligne déformée (23),
- ii. une ligne de référence (21) est préférentiellement estimée par la régression linéaire de la ligne déformée (23),
- iii. une distance à la ligne de référence (21) est obtenue en calculant la moyenne de la distance euclidienne de chaque point de la ligne déformée (23) à la ligne de référence (21),

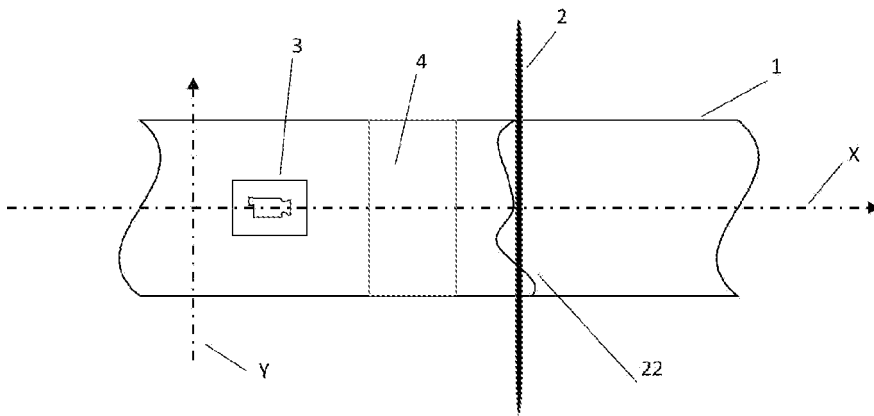
et/ou les étapes successives suivantes

- iv) le modèle prédéterminé M analyse la photographie de l'image déformée (22) de la source lumineuse (2) comme une ligne déformée (23),
- v) la ligne déformée (23) est segmentée en une pluralité d'élément,

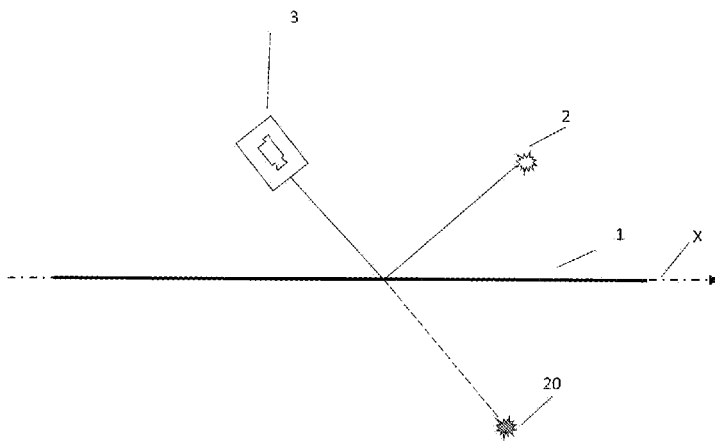
vi) une ligne de référence segmentée (24) est calculée par la régression linéaire de chaque segment de la ligne déformée (23),  
 vii) pour au moins un élément de la ligne déformée (23) segmentée, une distance à la ligne de référence segmentée (24) est obtenue en calculant la moyenne de la distance euclidienne de chaque point de l'élément de la ligne déformée (23) à la ligne de référence segmentée (24).

- [Revendication 11] Procédé de contrôle de la planéité en continue selon l'un des revendication 9 ou 10 caractérisée en ce que la caméra (3) transmet selon une période prédéterminée une photographie de l'image déformée (22) de la source lumineuse (2) au dispositif de calcul,
- [Revendication 12] Procédé de contrôle en continue selon la revendication 11 caractérisé en ce que au moins un coefficient corrélé à la planéité de la tôle ou bande (1) est une moyenne sur une pluralité prédéterminée de photographies glissantes,
- [Revendication 13] Procédé selon l'une des revendication 11 ou 12 comportant en outre l'étape  
 e) le modèle prédéterminé M compare la photographie de l'image déformée (22) de la source lumineuse (2) par rapport aux photographies de l'image déformée (22) de la source lumineuse (2) qui ont été transmises précédemment par la caméra 3.
- [Revendication 14] Procédé selon l'une des revendications 12 caractérisé en ce que le modèle prédéterminé M identifie les défauts répétitifs de planéité.

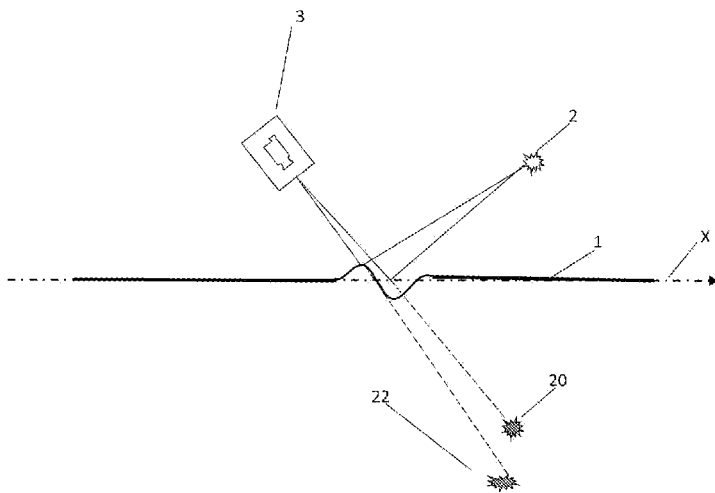
[Fig. 1]



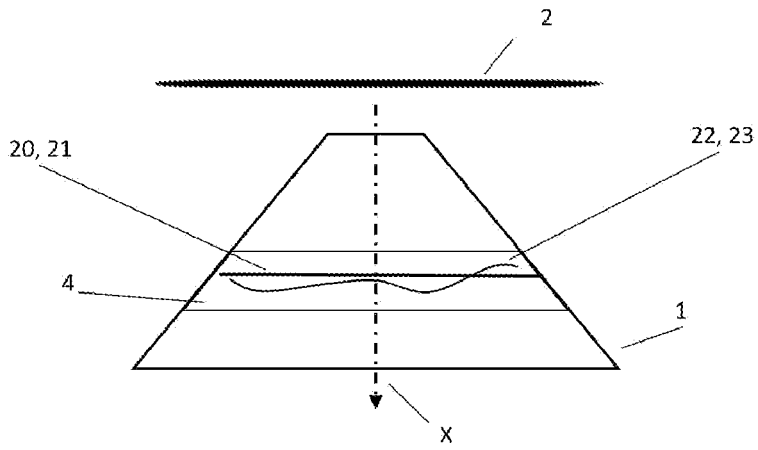
[Fig. 2]



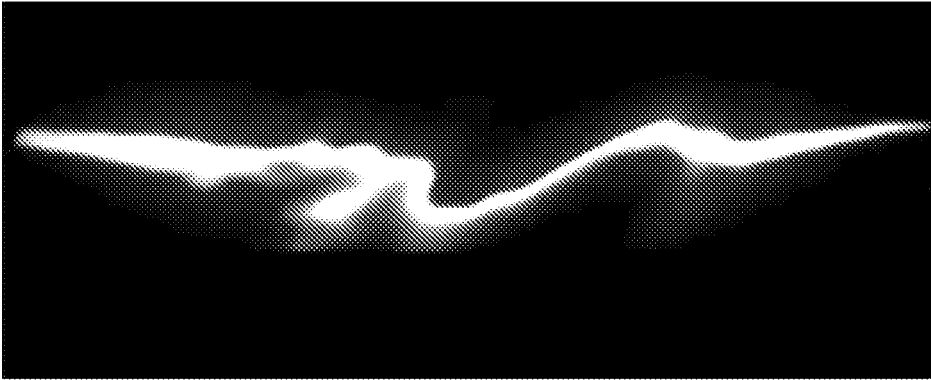
[Fig. 3]



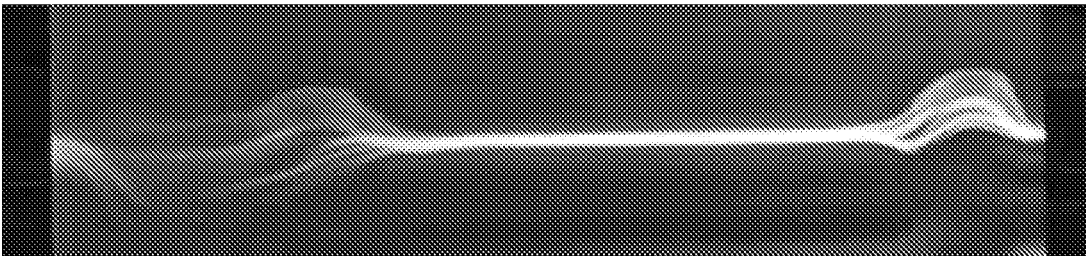
[Fig. 4]



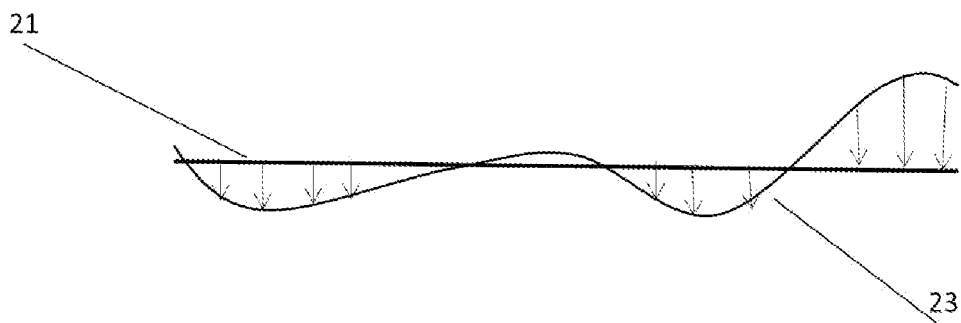
[Fig. 5]



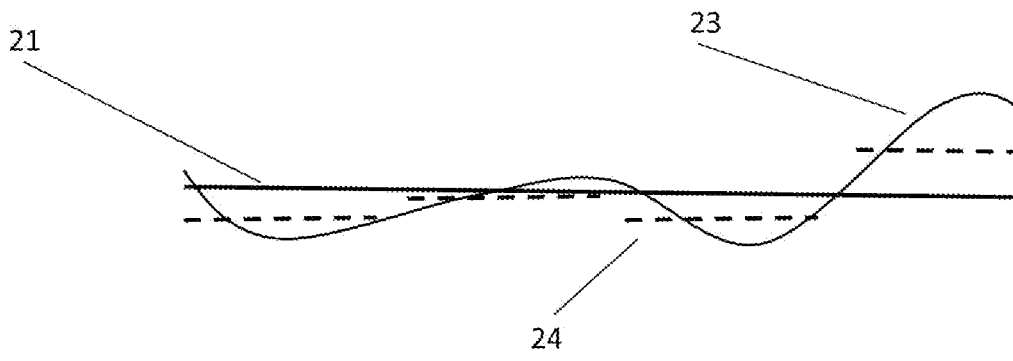
[Fig. 6]



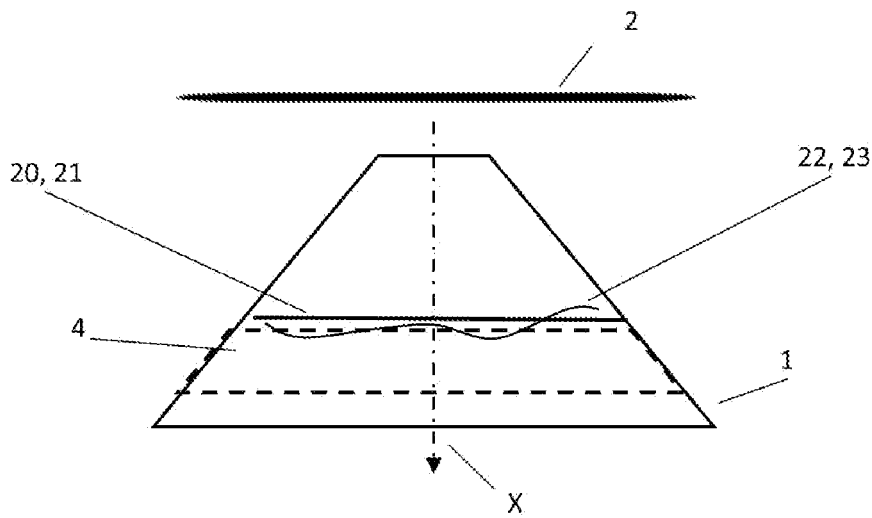
[Fig. 7]



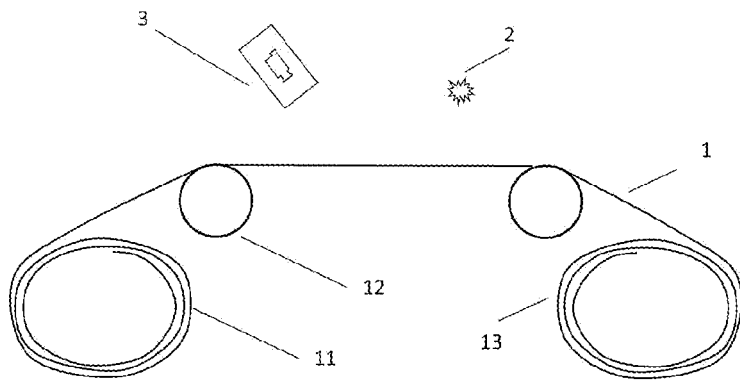
[Fig. 8]



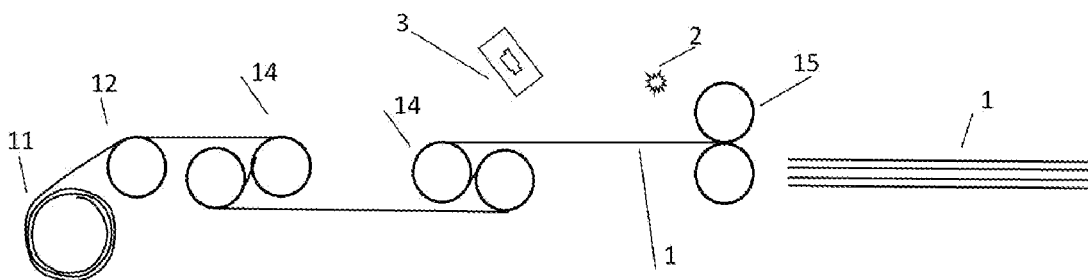
[Fig. 9]



[Fig. 10]



[Fig. 11]



# RAPPORT DE RECHERCHE

articles L.612-14, L.612-53 à 69 du code de la propriété intellectuelle

## OBJET DU RAPPORT DE RECHERCHE

L'I.N.P.I. annexe à chaque brevet un "RAPPORT DE RECHERCHE" citant les éléments de l'état de la technique qui peuvent être pris en considération pour apprécier la brevetabilité de l'invention, au sens des articles L. 611-11 (nouveau) et L. 611-14 (activité inventive) du code de la propriété intellectuelle. Ce rapport porte sur les revendications du brevet qui définissent l'objet de l'invention et délimitent l'étendue de la protection.

Après délivrance, l'I.N.P.I. peut, à la requête de toute personne intéressée, formuler un "AVIS DOCUMENTAIRE" sur la base des documents cités dans ce rapport de recherche et de tout autre document que le requérant souhaite voir prendre en considération.

## CONDITIONS D'ETABLISSEMENT DU PRESENT RAPPORT DE RECHERCHE

Le demandeur a présenté des observations en réponse au rapport de recherche préliminaire.

Le demandeur a maintenu les revendications.

Le demandeur a modifié les revendications.

Le demandeur a modifié la description pour en éliminer les éléments qui n'étaient plus en concordance avec les nouvelles revendications.

Les tiers ont présenté des observations après publication du rapport de recherche préliminaire.

Un rapport de recherche préliminaire complémentaire a été établi.

## DOCUMENTS CITES DANS LE PRESENT RAPPORT DE RECHERCHE

La répartition des documents entre les rubriques 1, 2 et 3 tient compte, le cas échéant, des revendications déposées en dernier lieu et/ou des observations présentées.

Les documents énumérés à la rubrique 1 ci-après sont susceptibles d'être pris en considération pour apprécier la brevetabilité de l'invention.

Les documents énumérés à la rubrique 2 ci-après illustrent l'arrière-plan technologique général.

Les documents énumérés à la rubrique 3 ci-après ont été cités en cours de procédure, mais leur pertinence dépend de la validité des priorités revendiquées.

Aucun document n'a été cité en cours de procédure.

**1. ELEMENTS DE L'ETAT DE LA TECHNIQUE SUSCEPTIBLES D'ETRE PRIS EN  
CONSIDERATION POUR APPRECIER LA BREVETABILITE DE L'INVENTION**

EP 0 864 847 A2 (BETR FORSCH INST ANGEW  
FORSCH [DE] ET AL.)  
16 septembre 1998 (1998-09-16)

US 3 590 258 A (SHIBATA HIDEO ET AL)  
29 juin 1971 (1971-06-29)

DE 10 2014 104338 A1 (SCHOTT AG [DE])  
1 octobre 2015 (2015-10-01)

**2. ELEMENTS DE L'ETAT DE LA TECHNIQUE ILLUSTRANT L'ARRIERE-PLAN  
TECHNOLOGIQUE GENERAL**

FR 2 725 512 A1 (LORRAINE LAMINAGE [FR])  
12 avril 1996 (1996-04-12)

**3. ELEMENTS DE L'ETAT DE LA TECHNIQUE DONT LA PERTINENCE DEPEND  
DE LA VALIDITE DES PRIORITES**

NEANT