



(11)

**EP 2 836 313 B1**

(12)

**FASCICULE DE BREVET EUROPEEN**

(45) Date de publication et mention  
de la délivrance du brevet:

**11.01.2017 Bulletin 2017/02**

(51) Int Cl.:

**B07C 5/02 (2006.01)**

(86) Numéro de dépôt international:

**PCT/FR2013/050636**

(21) Numéro de dépôt: **13719920.4**

(22) Date de dépôt: **25.03.2013**

(87) Numéro de publication internationale:

**WO 2013/153302 (17.10.2013 Gazette 2013/42)**

(54) **PROCEDE ET DISPOSITIF DE REGULATION DE L'EPaisseur D'UNE COUCHE DE PRODUITS SOLIDES SUR UN CONVOYEUR**

VERFAHREN UND VORRICHTUNG ZUR REGULIERUNG DER DICKE EINER SCHICHT FESTER PRODUKTE AUF EINER FÖRDEREINRICHTUNG

METHOD AND DEVICE FOR REGULATING THE THICKNESS OF A LAYER OF SOLID PRODUCTS ON A CONVEYOR

(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**

• **JUNG, Daniel**

**F-78500 Sartrouville (FR)**

• **BODEVIN, Eric**

**F-49600 La Chaussaire (FR)**

(30) Priorité: **13.04.2012 FR 1253429**

(74) Mandataire: **Novagraaf Technologies**

**Bâtiment O2**

**2, rue Sarah Bernhardt**

**CS90017**

**92665 Asnières-sur-Seine Cedex (FR)**

(43) Date de publication de la demande:  
**18.02.2015 Bulletin 2015/08**

(73) Titulaire: **Veolia Propreté**  
**92000 Nanterre (FR)**

(56) Documents cités:

**WO-A1-90/11142**

(72) Inventeurs:

• **LEMOINE, Cyrille**

**F-78500 Sartrouville (FR)**

**EP 2 836 313 B1**

Il est rappelé que: Dans un délai de neuf mois à compter de la publication de la mention de la délivrance du brevet européen au Bulletin européen des brevets, toute personne peut faire opposition à ce brevet auprès de l'Office européen des brevets, conformément au règlement d'exécution. L'opposition n'est réputée formée qu'après le paiement de la taxe d'opposition. (Art. 99(1) Convention sur le brevet européen).

## Description

**[0001]** La présente invention concerne le domaine de la régulation de la hauteur d'une couche de produits solides par le pilotage automatique de la vitesse de défilement de convoyeur(s) de produits, afin de permettre leur tri en vue de leur valorisation.

**[0002]** Les produits sont par exemple des déchets solides de tout type (ménagers, urbains et industriels) ou des produits miniers.

**[0003]** Le plus souvent, les produits convoyés sont hétérogènes en forme, en nature et en masse. Dans le cas des déchets, il peut s'agir par exemple d'un mélange comprenant des cartons, des conteneurs en plastique (bouteilles ou autres), etc.

**[0004]** Les produits sont convoyés typiquement dans des centres de tri, par au moins deux convoyeurs successifs - typiquement des tapis ou bandes transporteuses - animés chacun d'une vitesse de défilement propre, ci-après dénommée « vitesse ».

**[0005]** Au cours de leur convoyage, les produits sont soumis généralement à différents équipements ou postes de séparation, qu'ils soient manuels et/ou automatiques, afin de permettre la valorisation d'une partie au moins des produits.

**[0006]** Or, la stabilité dans le temps du flux volumique de produits sur les convoyeurs a une influence majeure sur la qualité et le rendement d'un centre de tri. En effet, une rupture de charge involontaire, non prévue ou non planifiée, entraîne une baisse de la production. Une augmentation trop importante de la charge peut entraîner l'arrêt de la ligne de tri et donc un manque à gagner, elle peut aussi engendrer la dégradation de la qualité du tri réalisé par des équipements automatiques ou des opérateurs par effet de saturation, ce qui entraîne une perte de rendement d'extraction des produits valorisables. En outre, cette saturation peut amener les opérateurs de tri à réaliser des gestes de fouille ou de retenue des produits entraînant pour le premier cas des risques de coupure/piqûre des membres supérieurs ou pour le deuxième cas l'apparition à moyen termes de troubles musculo-squelettiques.

**[0007]** Les surcharges sont corrigées à ce jour par exemple par un surdimensionnement de la main d'oeuvre et des équipements, ce qui pose notamment des problèmes de coût et d'ergonomie.

**[0008]** Il existe également des limiteurs ou écrêteurs mécaniques, qui visent à limiter la hauteur du flux de produits sur un convoyeur. Mais ces limiteurs sont susceptibles de générer des bourrages, ces équipements manquent de souplesse et d'adaptabilité à la variation de la composition des flux de produits solides.

**[0009]** Plus précisément, l'invention concerne selon un premier de ses objets, un procédé de régulation de l'épaisseur d'une couche de produits solides sur un convoyeur, comprenant des étapes consistant à :

- convoyer des produits sur un premier convoyeur linéaire à une première vitesse,
- déverser les produits depuis le premier convoyeur sur un deuxième convoyeur linéaire, et
- convoyer les produits sur le deuxième convoyeur à une deuxième vitesse.

**[0010]** Un tel procédé est connu de l'homme du métier, notamment par l'exemple qu'en donne l'étude « Stockage, mise en flux et dosage des déchets : Les paramètres, les éléments d'évaluation et mots clés » réalisée par Benoît GROSSIORD, Winfrid RAUCH, et Laurent TESSONADEME avec le soutien de l'ADEME ; disponible à l'adresse internet [http://www.matthiessen-engineering.com/2010/documents/Manuel\\_Stockage\\_](http://www.matthiessen-engineering.com/2010/documents/Manuel_Stockage_)

**[0011]** Convoyage%20Dosage\_Mise\_en%20flux\_PARAMETRES.pdf.

**[0012]** Un procédé de régulation de l'épaisseur d'une couche de produits solides sur un convoyeur comprenant les étapes mentionnées ci-dessus est également connu de la demande internationale WO-A-90/11142.

**[0013]** Toutefois, ces documents enseignent le pilotage de la vitesse du premier convoyeur par une mesure effectuée sur le deuxième convoyeur. Cette solution ne peut donc que détecter les surcharges ou les sous-charges, une fois qu'il est trop tard, l'action du pilotage de la vitesse est donc retardée et ne compense pas les variations rapides du flux volumique, c'est-à-dire les variations de hauteur de couches de produits solides. Plus encore, le retard entre le moment où l'on observe la surcharge/sous-charge et le moment où on agit peut provoquer une oscillation ou pompage du système de contrôle commande qui rentre en opposition de phase : créant ainsi des surcharges/ sous-charges de plus en plus importantes.

**[0014]** La présente invention a pour but de remédier à ces inconvénients en proposant une solution visant à obtenir un flux régulier, c'est-à-dire de gérer tant les surcharges que les sous-charges de produits.

**[0015]** Avec cet objectif en vue, le dispositif selon l'invention, par ailleurs conforme au préambule cité ci-avant, est essentiellement caractérisé en ce qu'il comprend en outre des étapes consistant à :

- déterminer une consigne de flux de produits quasi constante et une deuxième vitesse quasi constante sur le deuxième convoyeur,
- mesurer le flux de produits sur le premier convoyeur par un premier capteur,
- piloter la première vitesse par au moins la valeur du flux mesuré par le premier capteur et la valeur de la consigne

de flux ( $\phi_{2,Cons}$ ) sur le deuxième convoyeur.

**[0016]** L'invention permet ainsi de conserver une hauteur, soit une épaisseur de produits sur le deuxième convoyeur sensiblement constante, c'est-à-dire qu'elle permet d'éviter les surcharges et les sous-charges de produits sur le convoyeur, en particulier lorsque la vitesse sur le deuxième convoyeur est quasi-constante.

**[0017]** L'invention peut comprendre l'un au moins des modes de réalisation ci-après, pris isolément ou en combinaison.

**[0018]** Dans un mode de réalisation, le procédé comprend en outre des étapes consistant à :

- mesurer par un deuxième capteur le flux de produits sur le deuxième convoyeur, et
- piloter la première vitesse par au moins la valeur du flux mesuré par le deuxième capteur.

**[0019]** La prise en compte de la hauteur des produits sur le deuxième convoyeur permet avantageusement d'affiner le pilotage de la vitesse du premier convoyeur et d'améliorer le respect de la consigne.

**[0020]** Dans un mode de réalisation, le procédé comprend en outre une étape de modification de la consigne de flux de produits sur le deuxième convoyeur, par analyse de la variation de la vitesse ( $V_1$ ) du premier convoyeur (10), telle que ladite consigne est :

- augmentée lorsque la vitesse du premier convoyeur est inférieure à ladite valeur seuil ( $V_{seuil}$ ) ou inférieure à une valeur minimal ( $V_{min}$ ) inférieure à ladite valeur seuil;
- diminuée lorsque la vitesse du premier convoyeur est supérieure à une valeur seuil ( $V_{seuil}$ ) ou supérieure à une valeur maximale ( $V_{maxi}$ ) supérieure à ladite valeur seuil ; et
- inchangée dans toutes autres situations.

**[0021]** Ceci permet d'éviter la saturation en vitesse basse du premier convoyeur en situation de surcharge.

**[0022]** Dans un mode de réalisation, le procédé comprend en outre une étape consistant à mesurer, par un troisième capteur en amont du premier capteur, le flux de produits transitant sur le premier convoyeur.

**[0023]** Dans un mode de réalisation, le procédé peut alors comprendre en outre une étape détermination du stock volumique du premier convoyeur par la mesure, par le troisième capteur disposé en amont du premier capteur, du flux de produits transitant sur le premier convoyeur, et de modification de la consigne de flux de produits sur le deuxième convoyeur, telle que ladite consigne est :

- augmentée lorsque le troisième capteur détecte un stockage et si le stock mesuré est supérieur à une valeur seuil ou à une valeur maximale supérieure à ladite valeur seuil ;
- diminuée lorsque le troisième capteur détecte un déstockage et si le stock mesuré est inférieur à ladite valeur seuil ;
- inchangée dans toutes autres situations.

**[0024]** Ceci permet d'éviter la saturation en vitesse basse du premier convoyeur en situation de surcharge. Ceci permet une quantification de la quantité de produits solides sur le premier convoyeur.

**[0025]** De préférence, l'augmentation ou la diminution de la consigne de flux ( $\phi_{2,Cons}$ ) sur le deuxième convoyeur est faite selon un pas de variation qui dépend de la valeur absolue de la variation du stock.

**[0026]** Dans un mode de réalisation, le procédé comprend en outre une étape consistant à :

- mesurer par un quatrième capteur disposé sur un convoyeur amont audit premier convoyeur le flux de produits sur ledit convoyeur amont audit premier convoyeur, et
- piloter

la vitesse dudit convoyeur amont audit premier convoyeur par au moins ledit flux de produits mesuré par le quatrième capteur et la consigne de flux ( $\phi_{2,Cons}$ ) sur le deuxième convoyeur.

**[0027]** Dans un mode de réalisation, le procédé comprend en outre une étape consistant à :

- filtrer les mesures de l'un au moins desdits premier, deuxième, troisième et quatrième capteur.

**[0028]** Ceci permet notamment une meilleure représentativité de la quantité de déchets déposée sur le convoyeur.

**[0029]** De préférence, l'étape de filtrage des mesures du premier capteur est un filtrage pondéré dynamique dans lequel chaque mesure est considérée avec un poids différent selon son ancienneté, de sorte que la valeur filtrée intègre

un historique des mesures dont l'ancienneté dépend de la vitesse (V1) du premier convoyeur.

**[0030]** Ceci permet une meilleure estimation de la quantité de déchets sur le second convoyeur.

**[0031]** De préférence, pour l'étape de filtrage des mesures du premier capteur, l'ordre du filtre en un temps donné (k) dépend de la vitesse instantanée V1(k-1) du premier convoyeur en un temps précédent (k-1).

**[0032]** Ceci permet de définir l'âge de l'historique des mesures du premier capteur (11)

**[0033]** De préférence, l'étape de filtrage des mesures du deuxième capteur est un filtrage pondéré statique.

**[0034]** Ceci permet de prendre en compte la tendance de hauteur de couche sur le deuxième convoyeur pour corriger l'erreur statique, c'est-à-dire l'erreur entre la consigne de hauteur et la mesure de hauteur de la couche de produit solide sur le second convoyeur.

**[0035]** Dans un mode de réalisation, le procédé comprend en outre une étape consistant à déterminer, puis émettre et/ou afficher au moins un indicateur pour aider au chargement de produits sur le convoyeur d'alimentation de la ligne de convoyeurs précédant le premier et le deuxième convoyeur.

**[0036]** Ceci permet d'adapter la charge de la ligne de convoyage, c'est-à-dire la quantité de produits solides, par rapport à la consigne de flux, c'est-à-dire par rapport à la consigne de hauteur de couche de produits solides sur le second convoyeur

**[0037]** De préférence, l'indicateur est visuel et multicolore, l'étape de détermination de l'indicateur étant régie par un algorithme basé sur de la logique floue dont les variables d'entrées sont :

- la hauteur de couche (H) du convoyeur d'alimentation mesurée par le quatrième capteur, et/ou
- la vitesse (V) du convoyeur d'alimentation.

**[0038]** Ceci permet d'estimer la quantité de produits solides en entrée de ligne de convoyage.

**[0039]** L'invention concerne également un dispositif de régulation de l'épaisseur d'une couche de produits solides sur un convoyeur, susceptible de mettre en oeuvre le procédé selon l'invention, et comprenant :

- un premier convoyeur linéaire, convoyant des produits à une première vitesse variable,
- un deuxième convoyeur linéaire convoyant à une deuxième vitesse quasi constante des produits déversés depuis le premier convoyeur,
- un premier capteur positionné au-dessus du premier convoyeur, pour mesurer le flux de produits sur celui-ci,
- un deuxième capteur optionnel positionné au-dessus du deuxième convoyeur, pour mesurer le flux de produits sur celui-ci,
- un troisième capteur optionnel, pour mesurer le flux de produits sur le premier convoyeur, placé en aval de l'extrémité du premier convoyeur par laquelle les produits sont déversés sur le premier convoyeur et en amont du premier capteur dans le sens de défilement des produits,
- un quatrième capteur optionnel, pour mesurer le flux de produits sur le convoyeur d'alimentation de la ligne, et
- un processeur comprenant des instructions de code de programme pour calculer la valeur de la première vitesse, asservie à la valeur du flux mesuré par le premier capteur et à la valeur de la consigne de flux ( $\phi_{2,Cons}$ ) de produits sur ledit deuxième convoyeur.

**[0040]** D'autres caractéristiques et avantages de la présente invention apparaîtront plus clairement à la lecture de la description suivante donnée à titre d'exemple illustratif et non limitatif et faite en référence aux figures annexées dans lesquelles :

- la figure 1 illustre un mode de réalisation du dispositif selon l'invention,
- la figure 2 est un agrandissement de la figure 1,
- la figure 3 illustre un mode de réalisation du procédé selon l'invention,
- la figure 4 illustre les résultats d'essais réalisés avec le premier et le deuxième capteur uniquement, et
- la figure 5 illustre les résultats d'essais réalisés avec le premier, le deuxième et le troisième capteur.

**[0041]** Le principe exposé ici vise à optimiser le taux d'occupation volumique d'un convoyeur, c'est-à-dire d'obtenir une couche (éventuellement hétérogène) de produits dont l'écart type de la hauteur par rapport à une moyenne de consigne est faible.

**[0042]** Par écart type « faible » on entend que l'écart type est compris dans un ensemble déterminé autour de la moyenne de consigne, par exemple de +/- 10% et en l'espèce de +/- 5%.

**[0043]** De préférence, on utilise des convoyeurs linéaires. Par convoyeur « linéaire » on entend une voie de transit exempt de recirculation ou rebouclage : les produits en transit sur un convoyeur ne sont transportés qu'une seule fois par celui-ci.

**[0044]** Cependant, on peut également mettre en oeuvre des convoyeurs non linéaires, avec rebouclage. Dans ce cas,

il convient que les voies de rebouclage soient disposées par rapport au(x) capteur(s) décrits ci-après de sorte à ce que le(s)dit(s) capteur(s) puisse(nt) mesurer le flux de produits issu d'un éventuel rebouclage.

**[0045]** Comme exposé plus loin, la largeur d'un convoyeur est connue et constante. Aussi, pour réguler la hauteur d'une couche de produits, à flux de produits constant, on vise à adapter la vitesse de déplacement de l'un des convoyeurs.

**[0046]** Pour plus de clarté, on considère par « premier convoyeur » un convoyeur permettant de faire défiler les produits à une première vitesse V1, fortement variable. De fait, on considère qu'un opérateur ni une machine de tri n'est pas susceptible d'agir à ce niveau.

**[0047]** On considère par « deuxième convoyeur » un convoyeur aval au premier convoyeur et permettant de faire défiler les produits à une deuxième vitesse V2.

**[0048]** Par vitesse V1 fortement variable, on entend une vitesse dont l'écart type est important autour d'une première moyenne V1M, par exemple V1 est comprise entre 25% et 200% de V1M. On a donc une variation de V1 en amplitude et une fréquence de variation de V1 importante.

**[0049]** De préférence, la deuxième vitesse V2 est quasi constante relativement à la première vitesse V1. Par vitesse V2 quasi constante, on entend une vitesse constante au moins par intervalles de temps, ou une vitesse faiblement variable autour d'une vitesse de consigne initiale V2M.

**[0050]** Par « intervalle de temps » on entend que la vitesse V2 est constante pendant un temps supérieur au temps de transit des produits au moins sur le deuxième convoyeur, voire sur l'ensemble de la ligne.

**[0051]** Par faiblement variable on entend une vitesse dont l'écart type est faible autour de la consigne initiale V2M, par exemple V2 est comprise entre 95% et 105% de V2M. Les variations sont dues par exemple au comportement pas toujours parfait du matériel ou à une modification de la consigne sur la deuxième vitesse V2. L'amplitude des variations de V2 est donc inférieure à celle de V1 ; et la fréquence de l'éventuelle variation de la deuxième vitesse V2 est inférieure à la fréquence de variation de la première vitesse V1 et peut être nulle.

**[0052]** La première vitesse moyenne V1M et la deuxième vitesse moyenne V2M peuvent être temporairement identiques.

**[0053]** Le premier convoyeur 10 peut être un convoyeur unique ou une pluralité de convoyeurs successifs dont la première vitesse V1 est identique entre eux.

**[0054]** De même, le deuxième convoyeur 20 peut être un convoyeur unique ou une pluralité de convoyeurs successifs dont la deuxième vitesse V2 est identique entre eux.

**[0055]** Il peut exister au moins un convoyeur amont au premier convoyeur.

#### Ligne de convoyage

**[0056]** Les produits sont amenés ou déversés sur un convoyeur d'alimentation. Ils sont convoyés séquentiellement depuis le convoyeur d'alimentation vers au moins un premier convoyeur 10, éventuellement via d'autres convoyeurs, puis un deuxième convoyeur 20 où ils subissent des opérations de tri, puis éventuellement d'autres convoyeurs.

#### Premier convoyeur

**[0057]** Un premier convoyeur 10, de préférence linéaire, permet de faire défiler les produits à une première vitesse V1, variable.

**[0058]** Il existe parfois des écreteurs mécaniques rigides ou souples, c'est-à-dire des barrières mécaniques qui limitent la hauteur possible du massif de produits empilés sur un convoyeur. Les écreteurs rigides peuvent générer des bourrages dès que le flux est trop important. Or un bourrage implique l'arrêt du convoyeur et par voie de conséquence, toute la ligne de convoyage, ce qui amène des baisses de productivité.

**[0059]** Les écreteurs flexibles, par exemple des chaines dites de rebouclage qui sont un rideau de chaines en métal de longueurs similaires ou identiques, sont situés au-dessus d'un convoyeur. Les chaines permettent de lisser la hauteur possible du massif de produits sur un convoyeur en faisant glisser vers l'arrière les produits en contact avec le rideau de chaines. Cependant, ces chaines n'empêchent pas totalement les bourrages et ne contrôlent que la hauteur maximale du flux de produits et de manière approximative. Cependant, on peut prévoir d'équiper l'un au moins des convoyeurs de la ligne de tels écreteurs.

**[0060]** Aussi, malgré ces éléments régulateurs mécaniques passifs, les produits sont répartis plus ou moins grossièrement sur le premier convoyeur. Ainsi, si la hauteur maximale des produits est grossièrement contrôlée par des écreteurs ou des chaines, la hauteur minimale n'est pas contrôlée et il peut exister des trous dans le flux de produits, d'autant plus si un opérateur a retiré un produit volumineux du flux sur un convoyeur amont, ce qui amène des baisses de productivité sur le reste de la ligne.

**[0061]** Par la répartition des produits sur le premier convoyeur et sa vitesse variable, un opérateur ne peut pas agir et effectuer des opérations de tri à ce niveau. Ce pourquoi il est nécessaire d'avoir un deuxième convoyeur.

Deuxième convoyeur

**[0062]** Un deuxième convoyeur 20, de préférence linéaire, situé en aval du premier convoyeur permet de faire défiler les produits à une deuxième vitesse V2. Cette deuxième vitesse, quasi constante par rapport à la première vitesse V1, permet à un opérateur ou une machine de tri d'opérer.

Capteur(s)

**[0063]** Un premier capteur 11 est positionné au-dessus du premier convoyeur, pour mesurer le flux de produits sur celui-ci. Il est placé en amont de l'extrémité du premier convoyeur par laquelle les produits se déversent sur le deuxième convoyeur.

**[0064]** On peut prévoir un deuxième capteur 12, pour mesurer le flux de produits sur le deuxième convoyeur.

**[0065]** Il est placé en aval de l'extrémité du deuxième convoyeur par laquelle les produits sont déversés depuis le premier convoyeur.

**[0066]** On peut prévoir un troisième capteur 13, pour mesurer le flux de produits sur le premier convoyeur.

**[0067]** Il est placé en aval de l'extrémité du premier convoyeur par laquelle les produits sont déversés sur le premier convoyeur et en amont du premier capteur dans le sens de défilement des produits.

**[0068]** On peut prévoir un quatrième capteur (non illustré), disposé sur le convoyeur d'alimentation, de préférence vers l'axe du tambour de sortie, pour mesurer le flux de produits sur celui-ci.

**[0069]** Les capteurs ci-dessus peuvent être par exemple des sondes à ultrasons, des capteurs laser ou tout autre capteur fournissant une information volumique, surfacique ou de hauteur de déchets.

Régulation de la vitesse du premier convoyeur

**[0070]** Avec un capteur fournissant une information de hauteur de déchets, on définit le flux de produits sur un convoyeur par  $\phi = V.H.I$  avec :

V : la vitesse du convoyeur ;

H : la hauteur de produits sur le convoyeur ; et

I : la largeur utile du convoyeur.

**[0071]** Avec un capteur surfacique, l'information fournie correspond au profil de hauteur de déchets suivant la largeur du convoyeur, on mesure une surface S, le flux est défini par le produit de la vitesse et de la mesure de surface soit  $\phi = v \cdot S$ .

**[0072]** On a donc  $\phi_1 = V_1.H_1.I_1$  pour le premier convoyeur, et  $\phi_2 = V_2.H_2.I_2$  pour le deuxième convoyeur ; l'indice 1 et l'indice 2 correspondant respectivement au premier et au deuxième convoyeur.

**[0073]** La largeur I d'un convoyeur est connue et constante.

**[0074]** Le flux  $\phi_2$  sur le deuxième convoyeur est une consigne  $\phi_{2,Cons}$ , par exemple un débit volumique (m<sup>3</sup>/h) ou massique (kg/h), par l'emploi d'une loi de conversion massique vers volumique en fonction des types de produits solides à convoyeur, c'est-à-dire de leur densité volumique. A flux  $\phi_2$  constant, une vitesse V2 quasi constante permet donc d'obtenir une hauteur de produits  $H_2$  sur le deuxième convoyeur quasi constante.

**[0075]** Dans un mode de réalisation, on ne met en oeuvre que le premier capteur 11.

**[0076]** En supposant le flux de produits constant entre le premier et le deuxième convoyeur, on a  $\phi_1 = \phi_2 = V_1.H_1.I_1$

$$= V_2.H_2.I_2 \text{ soit } V_1 = \frac{\phi_2}{H_1.I_1}.$$

**[0077]** On détermine une consigne de flux de produits  $\phi_{2,Cons}$  dont une deuxième vitesse V2 sur le deuxième convoyeur 20.

**[0078]** On mesure la hauteur H1 du flux de produits sur le premier convoyeur par le premier capteur 11. La largeur du premier convoyeur étant connue, en intégrant les mesures de la hauteur H1 dans le temps, on peut calculer le flux de produits  $\phi_1$  sur le premier convoyeur 10. Par convention, on considère donc le calcul du flux  $\phi$  de produits comme une mesure de flux de produits.

**[0079]** Ce qui permet de piloter (ou indistinctement asservir) la première vitesse  $V1 = \phi_2 / H1.I1 = V2.H2.I2 / H1.I1$  par au moins la valeur du flux  $\phi_1$  mesuré par le premier capteur 11 et la valeur de la consigne de flux ( $\phi_{2,Cons}$ ) de produits sur ledit deuxième convoyeur. Dans ce cas, on considère que V2 et H2 sont définies et constantes dans le temps.

**[0080]** Dans un autre mode de réalisation, on met en oeuvre le premier capteur 11 et le deuxième capteur 12. De manière similaire, le deuxième capteur 12 permet de mesurer la hauteur H2 donc le flux de produits  $\phi_2$  sur le deuxième

convoyeur 20.

**[0081]** Par rapport au mode de réalisation précédent, le flux de produits en un instant  $k$  sur le convoyeur 1 nécessite en fait un certain temps de convoi pour être déversé sur le convoyeur 2. La relation  $\phi_1 = \phi_2 = V_1 \cdot H_1 \cdot I_1 = V_2 \cdot H_2 \cdot I_2$  n'est donc pas toujours exacte à tout instant  $k$ .

**[0082]** Aussi, pour prendre en considération l'importance du temps  $k$ , on considère une erreur  $\varepsilon$  telle que  $\varepsilon = H_{2,Cons} - H_{2,Mes}$ , c'est-à-dire pour tout instant

$$\varepsilon(k) = H_{2,Cons}(k) - H_{2,Mes}(k)$$

Avec

$H_{2,Cons}$  une consigne de hauteur de déchets sur le deuxième convoyeur, et

$H_{2,Mes}$  la hauteur de déchets mesurée par le deuxième capteur sur le deuxième convoyeur.

**[0083]** Selon la formule précédente  $\phi = V \cdot H \cdot I$ , avec  $V$  et  $I$  constantes et connues, on peut indistinctement considérer la consigne de hauteur  $H_{2,Cons}$  ou la consigne de flux  $\phi_{2,Cons}$ .

**[0084]** On a ainsi  $V_{1(k)} = \frac{\phi_2 + V_2 \cdot \varepsilon(k) \cdot I_2}{H_{1,Mes(k)} \cdot I_1}$  (1), dite loi de commande,

**[0085]** Avec  $H_{1,Mes}(k)$  la hauteur de déchets mesurée par le premier capteur sur le premier convoyeur au temps  $k$ .

**[0086]** On peut ainsi piloter la première vitesse  $V_1$  en outre par au moins la valeur du flux mesuré par le deuxième capteur 12.

**[0087]** Ainsi, pour une consigne de vitesse du deuxième convoyeur, en mesurant la hauteur des couches de produits sur le premier et sur le deuxième convoyeur, il est possible de piloter la vitesse du premier convoyeur  $V_1$  à ces mesures pour conserver un flux  $\phi_2$  sur le deuxième convoyeur quasi constant.

**[0088]** Cette solution est en soi satisfaisante mais elle peut même être optimisée. En effet, la position du premier capteur implique que le calcul précédent correspond à une prévision par laquelle on considère que tout le flux de produits mesuré en un instant  $k$  sur le premier convoyeur est déversé en un temps ultérieur  $k+dk$  sur le deuxième convoyeur.

**[0089]** De même, la position du deuxième capteur implique un retard entre le moment où le flux de produits est déversé sur le deuxième convoyeur et où le flux est mesuré sur le deuxième convoyeur.

**[0090]** Pour compenser ces éventuels écarts, on peut prévoir une étape de filtrage des mesures.

## Filtrage

**[0091]** On met avantageusement en oeuvre un échantillonnage constant, pour chaque capteur dont on veut filtrer les mesures. On peut donc avoir un filtrage respectif par capteur.

**[0092]** Le premier capteur étant positionné avant l'axe du tambour de sortie du premier convoyeur, il mesure à un instant  $k$  une hauteur de déchets qui ne sera pas nécessairement déposée à un instant ultérieurement  $k+1$  sur le deuxième convoyeur. En fait, l'instant  $k+dk$  auquel le flux de produit mesuré à l'instant  $k$  sur le premier convoyeur est déversé sur le deuxième convoyeur dépend de la position du premier capteur, c'est-à-dire en l'espèce de la distance  $D1$  entre le premier capteur et l'axe du tambour de sortie du premier convoyeur.

**[0093]** De la même manière, l'instant  $k$  auquel le flux de produits est déversé sur le deuxième convoyeur n'est mesuré par le deuxième capteur sur le deuxième convoyeur qu'à un instant ultérieurement  $k+dk$  qui dépend de la position du deuxième capteur, c'est-à-dire en l'espèce de la distance  $D2$  entre le deuxième capteur et l'axe du tambour d'entrée du deuxième convoyeur.

**[0094]** Avantageusement, le filtrage d'un capteur dépend de la position de celui-ci.

**[0095]** Pour les mesures du premier capteur, on prévoit avantageusement un filtrage pondéré dynamiquement.

**[0096]** Par exemple, pour les mesures du premier capteur, pour quantifier la hauteur de produits représentative  $H_{1,Mes}(k)$  à implémenter dans la loi de commande (1), la valeur filtrée intègre un historique des mesures dont l'ancienneté dépend de la vitesse  $V_1$  de commande.

**[0097]** Chaque mesure est considérée avec un poids différent selon son ancienneté. En effet, les mesures les plus anciennes auront par exemple un poids plus fort car la quantité qu'elle représente a plus de probabilité d'être déposée sur le deuxième convoyeur.

**[0098]** On a donc par exemple une fonction de filtrage :

$$y(n) = \sum (b_i \cdot x(i)) \text{ pour } i=0 \text{ à } n,$$

pour  $i=0$  à  $n$ ,

**[0099]** Avec  $y(n)$  l'échantillon numéro 'n' après filtrage,  $x(i)$ , l'échantillon numéro 'i' du signal (avant filtrage) c'est-à-dire  $x(i) = H_{1, Mes}(k)$ ; et  $b_i$ , le coefficient à appliquer à l'échantillon  $i$ .

**[0100]** De préférence, on prévoit que le filtrage pondéré est dynamique. A cet effet, on prévoit que le coefficient  $b_i$  est variable dans le temps et que la valeur de celui-ci dépend au moins de l'un des paramètres parmi le temps  $k$  et la vitesse instantanée  $V_1(k)$  au temps  $k$ . On a donc une pondération du type  $b_i[V_1(k); k]$ , ce qui permet de changer l'ordre du filtre en fonction de la vitesse du premier convoyeur et/ou du temps.

**[0101]** Par exemple l'ordre du filtre des mesures du premier capteur est défini en temps réel au temps  $(k)$  par :

$$ordre_{(k)} = \frac{D1}{V_{1,(k-1)} \cdot T_e}$$

où

$D1$  est la distance entre le premier capteur et l'axe du tambour de sortie du premier convoyeur,

$T_e$  est la période d'échantillonnage, et

$V_{1,(k-1)}$  est la valeur de la vitesse du premier convoyeur issue de la loi de commande (1) à l'instant précédent  $(k-1)$ .

**[0102]** On peut prévoir que l'ordre du filtre soit borné tel que:

$$2 \leq ordre_{(k)} \leq \frac{D1}{V_{1,min} T_e}$$

avec  $V_{1,min}$  la vitesse minimale du premier convoyeur.

**[0103]** Dans un mode de réalisation alternatif, on peut prévoir que le filtrage pondéré soit au contraire statique, c'est-à-dire que le coefficient  $b_i$  est constant dans le temps et non asservi à la vitesse du premier convoyeur.

**[0104]** Pour les mesures issues du deuxième capteur, comme la vitesse du deuxième convoyeur est quasi constante, on prévoit avantageusement un filtrage pondéré statique dans lequel le coefficient  $b_i$  de la fonction de filtrage appliquée aux mesures du deuxième capteur est constant dans le temps.

#### Régulation sur l'entrée des produits sur le premier convoyeur

**[0105]** En règle générale, le chargement de produits sur le convoyeur d'alimentation de la ligne comprenant le premier et le deuxième convoyeur n'est pas automatique. Il peut être fait par un opérateur utilisant un outil de chargement par blocs, par exemple de type pelleuse.

**[0106]** Chaque déversement de produits sur le convoyeur d'alimentation peut presque être considéré comme une perturbation.

**[0107]** Et si la vitesse du premier convoyeur est faible et qu'une quantité importante de produits est déversée subitement sur celui-ci, une saturation de la vitesse peut avoir lieu. On définit cette vitesse par vitesse de saturation minimale  $V_{1,satmin}$ .

**[0108]** Pour limiter ces effets, on peut prévoir avantageusement que la vitesse du premier convoyeur soit également fonction d'une consigne  $\phi_2$  variable, dépendant de la tendance de variation de la vitesse du premier convoyeur, ou fonction du stock instantané de produits sur tout le premier convoyeur (voir le mode de réalisation correspondant).

**[0109]** Ainsi, les surcharges de produits peuvent être compensées par une augmentation anticipée de la consigne. De même lorsqu'une sous-charge (voire un trou) de produits est détectée en entrée du premier convoyeur, une baisse anticipée de la consigne permet de stocker les produits sur celui-ci pour combler la sous-charge.

#### Détection de stockage/déstockage

**[0110]** Dans un premier mode de réalisation, on adapte la consigne de flux  $\phi_{2,Cons}$  par rapport au stock du premier convoyeur piloté en vitesse.

**[0111]** A cet effet, on prévoit un troisième capteur 13, décrit précédemment, dont les mesures peuvent être filtrées

par l'un des filtres décrits ou un autre. Le stock du premier convoyeur est estimé par une fonction intégrant la mesure de la hauteur de couche en entrée du premier convoyeur.

**[0112]** La consigne de flux  $\phi_{2,Cons}$  sur le deuxième convoyeur peut être asservie aux mesures du troisième capteur 13 de la manière suivante. Elle est :

- augmentée lorsque le troisième capteur détecte un stockage et si le stock mesuré est supérieur soit à une valeur seuil  $Stock_{seuil}$  soit à une valeur maximale  $Stock_{maxi}$  (supérieure à la valeur seuil) ;
- diminuée lorsque le troisième capteur détecte un déstockage et si le stock mesuré est inférieur à la valeur seuil  $Stock_{seuil}$  ;
- inchangée dans toutes autres situations.

**[0113]** La détection de stockage est effectuée de la manière suivante :

Le troisième capteur 13 mesure  $H(k)$  la hauteur  $H$  du flux de produits à l'instant  $k$  dans son champ de vision sur le premier convoyeur.

**[0114]** Le stock mesuré  $Stock_{mes}$  est déterminé par l'intégration des mesures du troisième capteur, de la largeur du convoyeur et de la vitesse du premier convoyeur à chaque échantillonnage. Le stock mesuré  $Stock_{mes}$  est comparé à une mesure précédente, par exemple la mesure immédiatement précédente  $Stock_{mes}(k-1)$ , et l'écart entre ces deux mesures indique une croissance ou une décroissance du flux, c'est-à-dire un stockage ou un déstockage, considéré comme un stockage négatif.

**[0115]** Le stock maximum est défini comme suit :

$$Stock_{maxi} = L_1 \cdot H_{rives} \cdot I_1$$

Avec

$L_1$ : la longueur du premier convoyeur ;

$H_{rives}$  : une hauteur limite, par exemple celle que peut atteindre un entassement de produits sur le premier convoyeur, due à la structure de celui-ci.

**[0116]** La valeur seuil est définie comme un pourcentage de la valeur du stock maximum. De préférence, on définit que la valeur seuil est égale à 50% du stock maximum, ce qui donne le maximum de liberté d'action sur la consigne de flux  $\phi_{2,Cons}$  sur le deuxième convoyeur.

**[0117]** La variation du stock peut être calculée comme suit :

$$\Delta(\%) = \frac{(Stock_{seuil} - Stock_{mes}) * 100}{Stock_{maxi}}$$

**[0118]** A titre illustratif, les pas  $P_{cons}$  d'incrément/déincrément de la consigne  $\phi_{2,Cons}$  sur le deuxième convoyeur peuvent être définis comme suit :

- Si  $|\Delta(\%)| > 6\%$  alors le pas  $P_{cons}$  est de 1% de la consigne initiale ;
- Si  $|\Delta(\%)| > 15\%$  alors le pas  $P_{cons}$  est de 2% de la consigne initiale ;
- Si  $|\Delta(\%)| > 30\%$  alors le pas  $P_{cons}$  est de 4% de la consigne initiale ;
- Si  $|\Delta(\%)| > 50\%$  alors le pas  $P_{cons}$  est de 6% de la consigne initiale.

**[0119]** Ainsi, l'augmentation ou la diminution de la consigne de flux  $\phi_{2,Cons}$  sur le deuxième convoyeur 20 est faite selon un pas de variation qui dépend de la valeur absolue de la variation du stock.

## Synoptique

**[0120]** La figure 3 illustre un mode de réalisation du procédé proposé.

**[0121]** Une étape initiale consiste à définir la valeur de la consigne de flux  $\phi_{2,Cons}$  sur le deuxième convoyeur.

**[0122]** Une autre étape consiste ensuite à définir la valeur des variables  $Stock_{maxi}$  et  $Stock_{seuil}$ , en fonction de la consigne de flux  $\phi_{2,Cons}$ , de la longueur du premier convoyeur L1, et de la vitesse de saturation minimale  $V1_{satmin}$ .

**[0123]** Une autre étape consiste ensuite à calculer la variation de stock  $\Delta$  (%) et définir le pas  $P_{cons}$  d'incrémenta-tion/déincrémenta-tion de la consigne  $\phi_{2,Cons}$ .

**[0124]** Ensuite une étape consiste à comparer la vitesse V1 calculée à la vitesse de saturation minimale  $V1_{satmin}$ .

**[0125]** Si la vitesse de saturation minimale  $V1_{satmin}$  est atteinte, alors une étape consiste à remplacer la consigne de flux  $\phi_{2,Cons}$  par sa valeur incrémentée du pas défini.

**[0126]** Si la vitesse de saturation minimale  $V1_{satmin}$  n'est pas atteinte, alors une étape consistant à comparer la valeur du stock mesuré  $Stock_{mes}$  à celle du stock maximal  $Stock_{maxi}$  est mise en oeuvre.

**[0127]** Si la valeur du stock mesuré  $Stock_{mes}$  est supérieure à celle du stock maximal  $Stock_{maxi}$ , alors le procédé reboucle sur l'étape qui consiste à remplacer la consigne de flux  $\phi_{2,Cons}$  par sa valeur incrémentée du pas défini.

**[0128]** Si la valeur du stock mesuré  $Stock_{mes}$  est inférieure à celle du stock moyen  $Stock_{maxi}$ , alors une étape qui consiste à détecter un éventuel stockage et à comparer la valeur du stock mesuré  $Stock_{mes}$  à celle de la valeur seuil  $Stock_{seuil}$  est mise en oeuvre.

**[0129]** Si un stockage est détecté et que la valeur du stock mesurée  $Stock_{mes}$  est supérieure à celle de la valeur seuil  $Stock_{seuil}$ , alors le procédé reboucle sur l'étape qui consiste à remplacer la consigne de flux  $\phi_{2,Cons}$  par sa valeur incrémentée du pas défini.

**[0130]** Sinon, une étape consistant à détecter un éventuel déstockage et à comparer la valeur du stock mesuré  $Stock_{mes}$  à la valeur seuil  $Stock_{seuil}$  est mise en oeuvre.

**[0131]** Si un déstockage est détecté et que la valeur du stock mesuré  $Stock_{mes}$  est inférieure à la valeur seuil  $Stock_{seuil}$ , alors une étape qui consiste à remplacer la consigne de flux  $\phi_{2,Cons}$  par sa valeur décrémentée du pas défini est mise en oeuvre.

**[0132]** Sinon, la valeur de la consigne de flux  $\phi_{2,Cons}$  est maintenue.

**[0133]** Après les étapes d'incrémenta-tion ou de décrémenta-tion de la consigne, le procédé peut reboucler sur l'une des étapes entre l'étape de définition des variables  $Stock_{mes}$ ,  $Stock_{maxi}$  et  $Stock_{seuil}$ , et l'étape de comparaison de la vitesse V1 calculée à la vitesse de saturation minimale  $V1_{satmin}$ , ce qui peut remplacer les étapes de calcul et de comparaison des stocks. Son avantage est de ne pas nécessiter de troisième capteur.

## Résultats

**[0134]** La figure 4 illustre le résultat du contrôle fonctionnant en mode asservissement, c'est-à-dire avec le premier et le deuxième capteur uniquement.

**[0135]** On y visualise, en fonction du temps k, l'évolution de :

- la consigne de flux  $\phi_{2,Cons}$ , réglée en l'espèce pour obtenir une hauteur de 10 cm sur le deuxième convoyeur,
- la hauteur ou l'épaisseur H2 de couche de produits sur le deuxième convoyeur,
- la vitesse V1 commandée du premier convoyeur, et
- la hauteur H1 de déchets en sortie du premier convoyeur.

**[0136]** On remarque que les variations du niveau de produits en sortie du premier convoyeur sont corrigées par l'action de la loi de commande sur la vitesse.

**[0137]** Analyse de la variation de la vitesse V1.

**[0138]** Dans un deuxième mode de réalisation, éventuellement combinable avec le mode de réalisation ci-dessus, on adapte la consigne de flux  $\phi_{2,Cons}$  en fonction de la tendance de la vitesse définie par la loi de commande (1).

**[0139]** A cet effet, on prévoit que la consigne de flux  $\phi_{2,Cons}$  sur le deuxième convoyeur est asservie à la variation de vitesse du premier convoyeur V1. Elle est :

- augmentée lorsque la tendance de la vitesse V1 sur une période donnée est inférieure à un pourcentage de la vitesse maximale, soit un seuil minimum ;
- diminuée lorsque la tendance de la vitesse V1 sur une période donnée est supérieure à un pourcentage de la vitesse maximale, soit un seuil maximum ;
- est la même dans toutes autres situations.

**[0140]** Ainsi, en faisant varier la consigne de flux  $\phi_{2,Cons}$  sur le deuxième convoyeur dans une gamme de +/- 10% autour de la valeur initiale, il est possible de contrôler les variations dues à l'alimentation en produits.

**[0141]** La variation de la consigne de flux  $\phi_{2,Cons}$  peut se traduire soit en variation de hauteur de produits sur le deuxième convoyeur avec une vitesse V2 quasi constante, soit en variation de la vitesse V2 avec une hauteur de produits sur le deuxième convoyeur quasi constante.

**[0142]** Le recalcul de la consigne de hauteur de couche distribuée en fonction de la quantité de matière disponible permet d'éviter d'atteindre les limites de stockage et entraîner des bourrages de produits.

#### Aide à la décision de chargement en entrée de ligne

**[0143]** Pour aider au chargement de produits sur la ligne de convoyeurs comprenant le premier et le deuxième convoyeur, on peut prévoir, que ce soit en combinaison avec l'un des modes de réalisation précédents ou de manière indépendante, une aide à la décision de chargement de ladite ligne.

**[0144]** L'aide consiste à émettre et afficher au moins un indicateur. L'indicateur peut par exemple être sonore et/ou visuel, afin d'informer un opérateur sur l'opportunité ou non de charger un nouveau lot de produits sur la ligne.

**[0145]** On prévoit par exemple un indicateur visuel à trois couleurs, en l'espèce vert / orange / rouge dont l'interprétation par l'opérateur est la suivante :

- ROUGE : chargement non utile voire non souhaité car la ligne est suffisamment chargée ;
- ORANGE : la ligne peut être chargée en produits ; et
- VERT : la ligne doit être chargée en matière sinon la productivité risque de baisser.

**[0146]** La détermination du niveau d'indication, c'est-à-dire de la couleur, est régie par un algorithme basé sur de la logique floue dont les variables d'entrées sont :

- la hauteur de couche (H) du convoyeur d'alimentation mesurée par le quatrième capteur et/ou
- la vitesse (V) du convoyeur d'alimentation.

**[0147]** Conformément à la logique floue, on prévoit une étape de fuzzification et une étape de définition de règles d'inférence.

**[0148]** Un exemple de définition de la fuzzification est reportée dans le Tableau 1 et le Tableau 2.

**[0149]** On définit pour le Tableau 1 ci-dessous un ensemble de valeurs linguistiques correspondant respectivement à des gammes de valeurs des mesures faites par le quatrième capteur du convoyeur d'alimentation en entrée de ligne de convoyage, et à des gammes de vitesse V dudit convoyeur d'alimentation, ces gammes étant déterminées par exemple à partir de vitesses absolues ou à partir de la vitesse maximale dudit convoyeur d'alimentation (la vitesse maximale du convoyeur d'alimentation est imposée par le moteur qui anime le convoyeur d'alimentation, cette vitesse maximale est prédéterminée par le modèle de moteur que l'on souhaite utiliser) pour le Tableau 2.

Tableau 1

| Hauteur H  | Borne inférieure (cm) | Borne supérieure (cm) |
|------------|-----------------------|-----------------------|
| TRES HAUTE | 120                   | 140                   |
| HAUTE      | 75                    | 120                   |
| MOYENNE    | 50                    | 75                    |
| BASSE      | 25                    | 50                    |
| TRES BASSE | 0                     | 25                    |

Tableau 2

| Vitesse V   | Borne inférieure (%) | Borne supérieure (%) |
|-------------|----------------------|----------------------|
| TRES RAPIDE | 80                   | 100                  |
| RAPIDE      | 40                   | 80                   |
| LENTE       | 30                   | 40                   |
| TRES LENTE  | 5                    | 30                   |

**[0150]** Un exemple de règles d'inférence est présenté au Tableau 3. La fonction d'appartenance des variables linguistiques est du type ET booléen.

**[0151]** Ce qui permet de définir la valeur de l'indicateur (en l'espèce la couleur) en fonction de la hauteur mesurée

et/ou de la vitesse instantanée.

**[0152]** Par exemple, le Tableau 3 s'interprète comme suit :

Si la Vitesse V est LENTE **ET** la Hauteur H est HAUTE **Alors** l'Indicateur est ROUGE, ce qui traduit un fort chargement ;

Si la Vitesse V est RAPIDE **ET** la Hauteur H est BASSE **Alors** l'Indicateur est VERT, ce qui traduit un besoin de chargement de la ligne..

Tableau 3 - Inférences

| Indicateur |             | Hauteur H  |        |         |        |            |
|------------|-------------|------------|--------|---------|--------|------------|
|            |             | TRES BASSE | BASSE  | MOYENNE | HAUTE  | TRES HAUTE |
| Vitesse V  | TRES LENTE  | Vert       | Orange | Orange  | Rouge  | Rouge      |
|            | LENTE       | Vert       | Orange | Orange  | Rouge  | Rouge      |
|            | RAPIDE      | Vert       | Vert   | Orange  | Orange | Rouge      |
|            | TRES RAPIDE | Vert       | Vert   | Vert    | Orange | Rouge      |

**[0153]** Les valeurs exposées ainsi que le nombre de valeurs linguistiques dans les tableaux 1 à 3 sont données à titre illustratif. Ils peuvent être adaptés aux besoins spécifiques de l'exploitant de la ligne.

**[0154]** La figure 5 illustre en fonction du temps k le résultat du contrôle fonctionnant avec le premier, le deuxième, et le troisième capteur.

**[0155]** Cette figure illustre l'évolution temporelle de la hauteur H1 et H2 des produits mesurée respectivement sur le premier et le deuxième convoyeur, l'évolution temporelle de la vitesse calculée V1 du premier convoyeur, et l'évolution temporelle du poids P1 des produits sur le premier convoyeur, qui est mesuré par un capteur de poids, ce qui permet d'illustrer le chargement de produits sur le convoyeur.

**[0156]** La courbe de la hauteur H1 est sensiblement en phase avec la courbe de poids, ce qui illustre clairement le chargement de produits sur le premier convoyeur.

**[0157]** La courbe de vitesse V1 est sensiblement en opposition de phase avec la courbe de hauteur H1, ce qui illustre clairement l'influence de la vitesse sur la hauteur. Grâce à l'invention, la hauteur H2 sur le deuxième convoyeur reste proche de la consigne.

**[0158]** La courbe de vitesse V2 sur la figure 5, comme sur la figure 4, est constante sur l'intervalle de temps considéré.

**[0159]** L'invention n'est pas limitée aux modes de réalisation décrits précédemment, par exemple on peut prévoir sur une ligne de mettre en série une pluralité de couples premier convoyeur-deuxième convoyeur tels que décrits selon l'un des modes de réalisation précédents.

## Revendications

1. Procédé de régulation de l'épaisseur (H2) d'une couche de produits solides sur un convoyeur (20), comprenant des étapes consistant à :

- convoyer des produits sur un premier convoyeur (10) à une première vitesse (V1),
  - déverser les produits depuis le premier convoyeur (10) sur un deuxième convoyeur (20),
  - convoyer les produits sur le deuxième convoyeur (20) à une deuxième vitesse (V2) quasi-constante,
- caractérisé en ce qu'il** comprend en outre des étapes consistant à :

- déterminer une consigne de flux de produits ( $\phi_{2,Cons}$ ) et une deuxième vitesse (V2) sur le deuxième convoyeur (20),
- mesurer le flux de produits sur le premier convoyeur (10) par un premier capteur (11),
- piloter la première vitesse (V1) par au moins la valeur du flux mesuré par le premier capteur (11) et la valeur de la consigne ( $\phi_{2,Cons}$ ) sur le deuxième convoyeur.

2. Procédé selon la revendication 1, comprenant en outre des étapes consistant à :

- mesurer par un deuxième capteur (12) le flux de produits sur le deuxième convoyeur (20), et
- piloter la première vitesse (V1) par au moins la valeur du flux mesuré par le deuxième capteur (12).

3. Procédé selon l'une quelconque des revendications 1 à 2, comprenant en outre une étape de modification de la consigne ( $\phi_{2,Cons}$ ) de flux de produits sur le deuxième convoyeur, par analyse de la variation de la vitesse (V1) du premier convoyeur (10), telle que ladite consigne ( $\phi_{2,Cons}$ ) est :

- diminuée lorsque la vitesse du premier convoyeur est supérieure à une valeur seuil ( $V_{seuil}$ ) ou supérieure à une valeur maximale ( $V_{maxi}$ ) supérieure à ladite valeur seuil ;
- augmentée lorsque la vitesse du premier convoyeur est inférieure à ladite valeur seuil ( $V_{seuil}$ ) ou inférieure à une valeur minimal ( $V_{min}$ ) inférieure à ladite valeur seuil;
- inchangée dans toutes autres situations.

4. Procédé selon l'une quelconque des revendications 1 à 2, comprenant en outre une étape de détermination du stock volumique du premier convoyeur par la mesure, par un troisième capteur (13) disposé en amont du premier capteur (11), du flux de produits transitant sur le premier convoyeur (10), et de modification de la consigne ( $\phi_{2,Cons}$ ) de flux de produits sur le deuxième convoyeur, telle que ladite consigne ( $\phi_{2,Cons}$ ) est :

- augmentée lorsque le troisième capteur détecte un stockage et si le stock mesuré est supérieur à une valeur seuil ( $Stock_{seuil}$ ) ou à une valeur maximale ( $Stock_{maxi}$ ) supérieure à ladite valeur seuil ;
- diminuée lorsque le troisième capteur détecte un déstockage et si le stock mesuré est inférieur à ladite valeur seuil ( $Stock_{seuil}$ ) ;
- inchangée dans toutes autres situations.

5. Procédé selon la revendication 4, dans lequel l'augmentation ou la diminution de la consigne de flux ( $\phi_{2,Cons}$ ) sur le deuxième convoyeur (20) est faite selon un pas de variation qui dépend de la valeur absolue de la variation du stock.

6. Procédé selon l'une quelconque des revendications précédentes, comprenant en outre une étape consistant à :

- mesurer par un quatrième capteur disposé sur un convoyeur amont audit premier convoyeur (10) le flux de produits sur ledit convoyeur amont audit premier convoyeur (10), et
- piloter :

o la vitesse dudit convoyeur amont audit premier convoyeur (10) par au moins la valeur du flux mesuré par ledit quatrième capteur (11) et la valeur de la consigne ( $\phi_{2,Cons}$ ) de flux de produits sur le deuxième convoyeur.

7. Procédé selon l'une quelconque des revendications précédentes, comprenant en outre une étape consistant à :

- filtrer les mesures de l'un au moins desdits premier (11), deuxième (12), troisième (13) et quatrième capteur.

8. Procédé selon la revendication 7, dans lequel l'étape de filtrage des mesures du premier capteur (11) est un filtrage pondéré dynamique dans lequel chaque mesure est considérée avec un poids différent selon son ancienneté, de sorte que la valeur filtrée intègre un historique des mesures dont l'ancienneté dépend de la vitesse (V1) du premier convoyeur.

9. Procédé selon la revendication 8, dans lequel pour l'étape de filtrage des mesures du premier capteur (11), l'ordre du filtre en un temps donné (k) dépend de la vitesse instantanée  $V1(k-1)$  du premier convoyeur en un temps précédent (k-1).

10. Procédé selon l'une quelconque des revendications 7 à 9, dans lequel l'étape de filtrage des mesures du deuxième capteur (12) est un filtrage pondéré statique.

11. Procédé selon l'une quelconque des revendications précédentes, comprenant en outre une étape consistant à déterminer, puis émettre et/ou afficher au moins un indicateur pour aider au chargement de produits sur le convoyeur d'alimentation de la ligne de convoyeurs comprenant le premier convoyeur (10).

12. Procédé selon la revendication 11 lorsqu'elle dépend de l'une quelconque des revendications 6 à 10, dans lequel l'indicateur est visuel et multicolore, et dans lequel le quatrième capteur est configuré pour mesurer le flux de produits sur le convoyeur d'alimentation, l'étape de détermination de l'indicateur étant régie par un algorithme basé sur de la logique floue dont les variables d'entrées sont :

- la hauteur de couche (H) du convoyeur d'alimentation mesurée par le quatrième capteur, et/ou
- la vitesse (V) du convoyeur d'alimentation.

13. Dispositif de régulation de l'épaisseur d'une couche de produits solides sur un convoyeur, susceptible de mettre en oeuvre le procédé selon l'une quelconque des revendications précédentes, et comprenant :

- un premier convoyeur (10), convoyant des produits à une première vitesse (V1) variable,
- un deuxième convoyeur (20) convoyant à une deuxième vitesse (V2) quasi constante des produits déversés depuis le premier convoyeur,
- un premier capteur (11) positionné au-dessus du premier convoyeur (10), pour mesurer le flux de produits sur celui-ci,
- un deuxième capteur (12) optionnel positionné au-dessus du deuxième convoyeur (20), pour mesurer le flux de produits sur celui-ci,
- un troisième capteur (13) optionnel, pour mesurer le flux de produits sur le premier convoyeur (10), placé en aval de l'extrémité du premier convoyeur par laquelle les produits sont déversés sur le premier convoyeur et en amont du premier capteur (11) dans le sens de défilement des produits,
- un quatrième capteur optionnel, pour mesurer le flux de produits sur le convoyeur d'alimentation de la ligne, et un processeur comprenant des instructions de code de programme pour calculer la valeur de la première vitesse (v1), asservie à la valeur du flux mesuré par le premier capteur et à la valeur de la consigne de flux ( $\phi_{2,Cons}$ ) de produits sur ledit deuxième convoyeur.

## Patentansprüche

1. Verfahren zur Regulierung der Stärke (H2) einer Schicht fester Produkte auf einem Förderer (20), das Schritte umfasst, die aus Folgendem bestehen:

- Transportieren der Produkte auf einem ersten Förderer (10) mit einer ersten Geschwindigkeit (V1),
- Schütten der Produkte von dem ersten Förderer (10) auf einen zweiten Förderer (20),
- Transportieren der Produkte auf dem zweiten Förderer (20) mit einer zweiten, quasi konstanten Geschwindigkeit (V2),

**dadurch gekennzeichnet, dass** es außerdem die Schritte umfasst, die aus Folgendem bestehen:

- Bestimmen eines Produktflusssollwerts ( $\phi_{2,Cons}$ ) und einer zweiten Geschwindigkeit (V2) auf dem zweiten Förderer (20),
- Messen des Produktflusses auf dem ersten Förderer (10) durch einen ersten Sensor (11),
- Steuern der ersten Geschwindigkeit (V1) durch mindestens den Wert des Flusses, der von dem ersten Sensor (11) gemessen wird, und den Sollwert ( $\phi_{2,Cons}$ ) auf dem zweiten Förderer.

2. Verfahren nach Anspruch 1, das außerdem Schritte umfasst, die aus Folgendem bestehen:

- durch einen zweiten Sensor (12) Messen des Produktflusses auf dem zweiten Förderer (20), und
- Steuern der ersten Geschwindigkeit (V1) durch mindestens den Wert des Flusses, der von dem zweiten Sensor (12) gemessen wird.

3. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 2, das außerdem einen Schritt des Änderns des Sollwerts ( $\phi_{2,Cons}$ ) des Produktflusses auf dem zweiten Förderer umfasst, durch Analyse der Variation der Geschwindigkeit (V1) des ersten Förderers (10) derart, dass der Sollwert ( $\phi_{2,Cons}$ ) :

- verringert wird, wenn die Geschwindigkeit des ersten Förderers größer ist als ein Schwellenwert ( $V_{seuil}$ ) oder größer als ein maximaler Wert ( $V_{maxi}$ ), der größer ist als der Schwellenwert;
- erhöht wird, wenn die Geschwindigkeit des ersten Förderers niedriger ist als der Schwellenwert ( $V_{seuil}$ ) oder niedriger als ein Mindestwert ( $V_{min}$ ), der niedriger ist als der Schwellenwert;

- in allen anderen Situationen unverändert ist.

4. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 2, das außerdem einen Schritt des Bestimmens des Lagervolumens des ersten Förderers durch Messen durch einen dritten Sensor (13), der stromaufwärts des ersten Sensors (11) angeordnet ist, des Produktflusses, der auf dem ersten Förderer (10) durchläuft, und des Ändern des Produktflusssollwerts ( $\phi_{2,Cons}$ ) auf dem zweiten Förderer, derart, dass der Sollwert ( $\phi_{2,Cons}$ ) :

- erhöht wird, wenn der dritte Sensor einen Lagerraum erfasst, und falls der gemessene Lagerbestand größer ist als ein Schwellenwert ( $Stock_{seuil}$ ) oder ein Höchstwert ( $Stock_{maxi}$ ), der größer ist als der Schwellenwert;
- verringert wird, wenn der dritte Sensor einen Lagerausgang erfasst, und falls der gemessene Lagerbestand kleiner ist als der Schwellenwert ( $Stock_{seuil}$ ) ;
- in allen anderen Situationen unverändert ist.

5. Verfahren nach Anspruch 4, wobei die Erhöhung oder die Verringerung des Flusssollwerts ( $\phi_{2,Cons}$ ) auf dem zweiten Förderer (20) gemäß einem Variationsgefälle erfolgt, das von dem Absolutwert der Variation des Lagerbestands abhängt.

6. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, das außerdem einen Schritt umfasst, der aus Folgendem besteht:

- durch einen vierten Sensor, der auf einem Förderer stromaufwärts des ersten (10) angeordnet ist, Messen des Produktflusses auf dem Förderer stromaufwärts des ersten Förderers (10), und
- Steuern:

- der Geschwindigkeit des Förderers stromaufwärts des ersten Förderers (10) durch mindestens einen Wert des Flusses, der von dem vierten Sensor (11) gemessen wird und des Sollwerts ( $\phi_{2,Cons}$ ) des Produktflusses auf dem zweiten Förderer.

7. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, das außerdem einen Schritt umfasst, der aus Folgendem besteht:

- Filtern der Messungen mindestens eines des ersten (11), zweiten (12), dritten (13) und vierten Sensors.

8. Verfahren nach Anspruch 7, wobei der Schritt des Filterns der Messungen des ersten Sensors (11) ein dynamisch gewichtetes Filtern ist, bei dem jede Messung je nachdem wie alt sie ist mit einem unterschiedlichen Gewicht betrachtet wird, und derart, dass der gefilterte Wert eine Historie der Messungen integriert, deren Alter von der Geschwindigkeit ( $V1$ ) des ersten Förderers abhängt.

9. Verfahren nach Anspruch 8, wobei die Reihenfolge des Filters für den Schritt des Filterns der Messungen des ersten Sensors (11) in einer gegebenen Zeit ( $k$ ) von der Momentangeschwindigkeit ( $V1(k-1)$ ) des ersten Förderers in einer vorhergehenden Zeit ( $k-1$ ) abhängt.

10. Verfahren nach einem der Ansprüche 7 bis 9, wobei der Schritt des Filterns der Messungen des zweiten Sensors (12) ein statisches gewichtetes Filtern ist.

11. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, das außerdem einen Schritt umfasst, der darin besteht, mindestens einen Indikator zu bestimmen, dann auszugeben und/oder anzuzeigen, um beim Laden der Produkte auf den Versorgungsförderer der Fördererlinie, die den ersten Förderer (10) umfasst, zu unterstützen.

12. Verfahren nach Anspruch 11, wenn er von einem der Ansprüche 6 bis 10 abhängt, wobei der Indikator visuell und mehrfarbig ist, und wobei der vierte Sensor konfiguriert ist, um den Produktfluss auf dem Versorgungsförderer zu messen, wobei der Schritt des Bestimmens des Indikators einem Algorithmus unterliegt, der auf Fuzzylogik basiert, deren Eingangsvariablen:

- die Schichthöhe ( $H$ ) des Versorgungsförderers, durch den vierten Sensor gemessen, ist und/oder
- die Geschwindigkeit ( $V$ ) des Versorgungsförderers sind.

13. Verfahren zum Regulieren der Stärke einer Schicht fester Produkte auf einem Förderer, das das Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche umsetzen kann und Folgendes umfasst:

- einen ersten Förderer (10), der Produkte mit einer ersten variablen Geschwindigkeit (V1) transportiert,
- einen zweiten Förderer (20), der mit einer zweiten quasi konstanten Geschwindigkeit (V2) Produkte fördert, die von dem ersten Förderer geschüttet werden,
- einen ersten Sensor (11) der oberhalb des ersten Förderers (10) positioniert ist, um den Produktstrom auf diesem zu messen,
- einen optionalen zweiten Sensor (12), der oberhalb des zweiten Förderers (20) positioniert ist, um den Produktstrom auf diesem zu messen,
- einen optionalen dritten Sensor (13), um den Produktfluss auf dem ersten Förderer (10) zu messen, der stromabwärts des Endes des ersten Förderers, durch den die Produkte auf den ersten Förderer geschüttet werden, und stromaufwärts des ersten Sensors (11) in die Ablaufrichtung der Produkte platziert ist,
- einen optionalen vierten Sensor, um den Produktfluss auf dem Versorgungsförderer der Linie zu messen, und einen Prozessor, der Programmcodeanweisungen zum Berechnen des Werts der ersten Geschwindigkeit (V1) umfasst, gesteuert von dem Wert des Flusses, der von dem ersten Sensor gemessen wird, und dem Wert des Produktflussesollwerts ( $\phi_{2,Cons}$ ) auf dem zweiten Förderer.

## Claims

1. Method for regulating the thickness (H2) of a layer of solid products on a conveyor (20), comprising the steps of:

- conveying products on a first conveyor (10) at a first speed (V1),
  - emptying the products from the first conveyor (10) onto a second conveyor (20),
  - conveying the products on the second conveyor (20) at a second nearly constant speed (V2),
- characterised in that** it further comprises steps of:
- determining a set product flow rate ( $\phi_{2,Cons}$ ) and a second speed (V2) on the second conveyor (20),
  - measuring the flow of products on the first conveyor (10) by means of a first sensor (11),
  - controlling the first speed (V1) by at least the value of the flow measured by the first sensor (11) and the set flow rate ( $\phi_{2,Cons}$ ) on the second conveyor.

2. Method according to claim 1, further comprising the steps of:

- measuring by means of a second sensor (12) the flow of products on the second conveyor (20), and
- controlling the first speed (V1) by at least the value of the flow measured by the second sensor (12).

3. Method according to any of claims 1 to 2, further comprising a step of modifying the set product flow rate ( $\phi_{2,Cons}$ ) on the second conveyor, by analysis of the variation of the speed (V1) of the first conveyor (10), such that said set flow rate ( $\phi_{2,Cons}$ ) is:

- decreased when the speed of the first conveyor is greater than a threshold value ( $V_{threshold}$ ) or greater than a maximum value ( $V_{max}$ ) greater than said threshold value;
- increased when the speed of the first conveyor is less than said threshold value ( $V_{threshold}$ ) or less than a minimum value ( $V_{min}$ ) which is lower than said threshold value;
- unchanged in all other situations.

4. Method according to any of claims 1 to 2, further comprising a step of determining the volume stock of the first conveyor by measuring, by a third sensor (13) arranged upstream of the first sensor (11), the flow of products transiting on the first conveyor (10), and of modifying the set product flow rate ( $\phi_{2,Cons}$ ) on the second conveyor, such that said set flow rate ( $\phi_{2,Cons}$ ) is:

- increased when the third sensor detects a storage and if the stock measured is greater than a threshold value ( $Stock_{threshold}$ ) or a maximum value ( $Stock_{max}$ ) greater than said threshold value;
- decreases when the third sensor detects a destocking and if the stock measured is less than said threshold value ( $Stock_{threshold}$ );
- unchanged in all other situations.

5. Method according to claim 4, wherein the increase or the decrease of the set flow rate ( $\phi_{2,Cons}$ ) on the second conveyor (20) is carried out according to a variation pitch that depends on the absolute value of the variation of the stock.

6. Method as claimed in any preceding claim, further comprising a step of:

- measuring by a fourth sensor arranged on a conveyor upstream to said first conveyor (10) the product flow rate on said conveyor upstream to said first conveyor (10), and
- controlling:

- the speed of said conveyor upstream to said first conveyor (10) by at least the value of the flow measured by said fourth sensor (11) and the value of the set product flow rate ( $\phi_{2,Cons}$ ) on the second conveyor.

7. Method as claimed in any preceding claim, further comprising a step of:

- filtering the measurements of at least one of said first (11), second (12), third (13) and fourth sensors.

8. Method according to claim 7, wherein the step of filtering measurements of the first sensor (11) is a dynamic weighted filtering wherein each measurement is considered with a different weight according to its age, in such a way that the filtered value incorporates a history of the measurements of which the age depends on the speed (V1) of the first conveyor.

9. Method according to claim 8, wherein for the step of filtering measurements of the first sensor (11), the order of the filter in a given time (k) depends on the instant speed V1(k-1) of the first conveyor in a preceding time (k-1).

10. Method according to any of claims 7 to 9, wherein the step of filtering measurements of the second sensor (12) is a static weighted filtering.

11. Method as claimed in any preceding claim, further comprising a step of determining, then emitting and/or displaying at least one indicator for assisting with the loading of products on the feed conveyor of the line of conveyors comprising the first conveyor (10) .

12. Method according to claim 11 when it depends on any of claims 6 to 10, wherein the indicator is visual and multicolour, and wherein the fourth sensor is configured to measure the product flow on the feed conveyor, with the step of determining the indicator being governed by an algorithm based on fuzzy logic of which the input variables are:

- the height of the layer (H) of the feed conveyor measured by the fourth sensor, and/or
- the speed (V) of the feed conveyor.

13. Device for adjusting the thickness of a layer of solid products on a conveyor, able to implement the method as claimed in any preceding claim, and comprising:

- a first conveyor (10), conveying products at a first variable speed (V1),
- a second conveyor (20) conveying at a second nearly constant speed (V2) products emptied from the first conveyor,
- a first sensor (11) positioned above the first conveyor (10), in order to measure the flow of products on the latter,
- a second optional sensor (12) positioned above the second conveyor (20), in order to measure the flow of products on the latter,
- a third optional sensor (13), for measuring the flow of products on the first conveyor (10), placed downstream of the end of the first conveyor via which the products are emptied onto the first conveyor and upstream of the first sensor (11) in the direction of flow of the products,
- a fourth optional sensor, for measuring the flow of products on the feed conveyor of the line, and a processor comprising program code instructions for calculating the value of the first speed (V2), controlled with the value of the flow measured by the first sensor and with the value of the set product flow rate ( $\phi_{2,Cons}$ ) on said second conveyor.

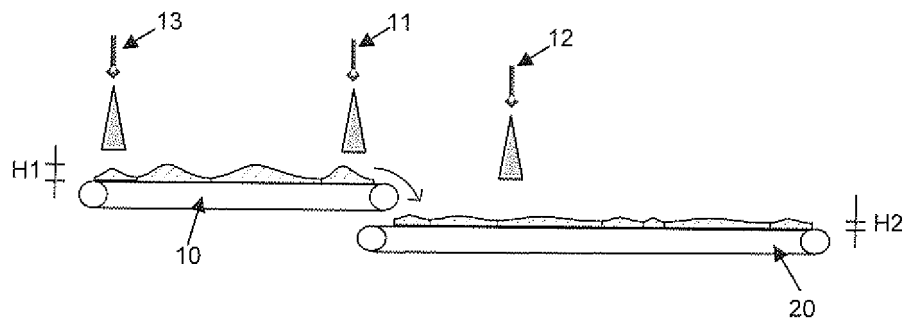


FIGURE 1

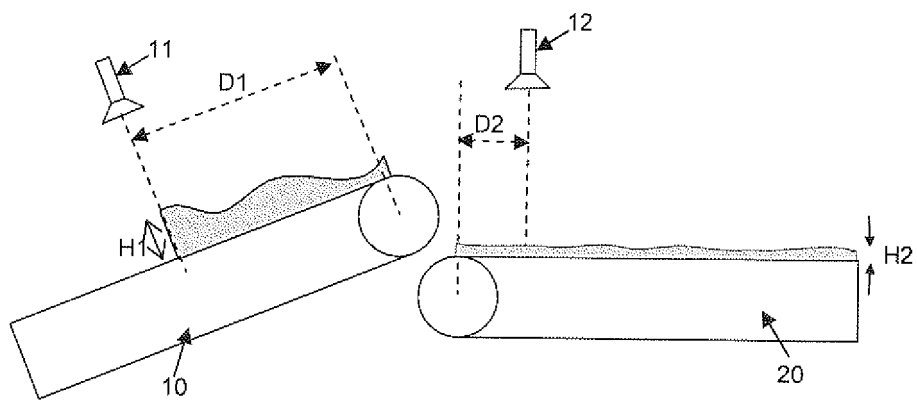


FIGURE 2

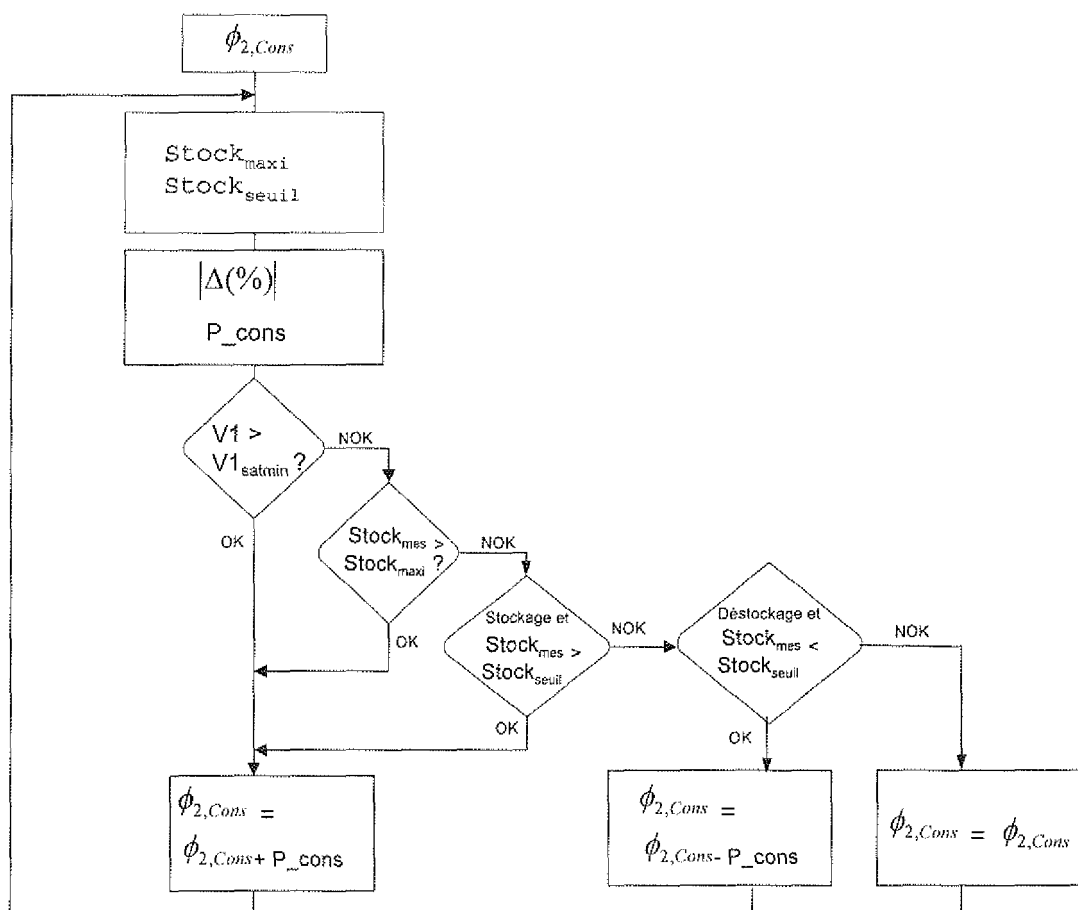


FIGURE 3

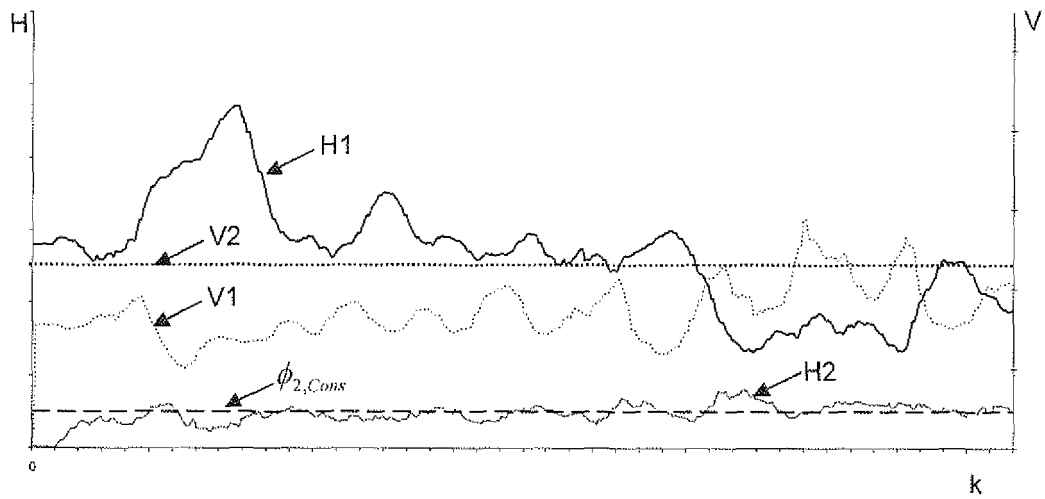


FIGURE 4

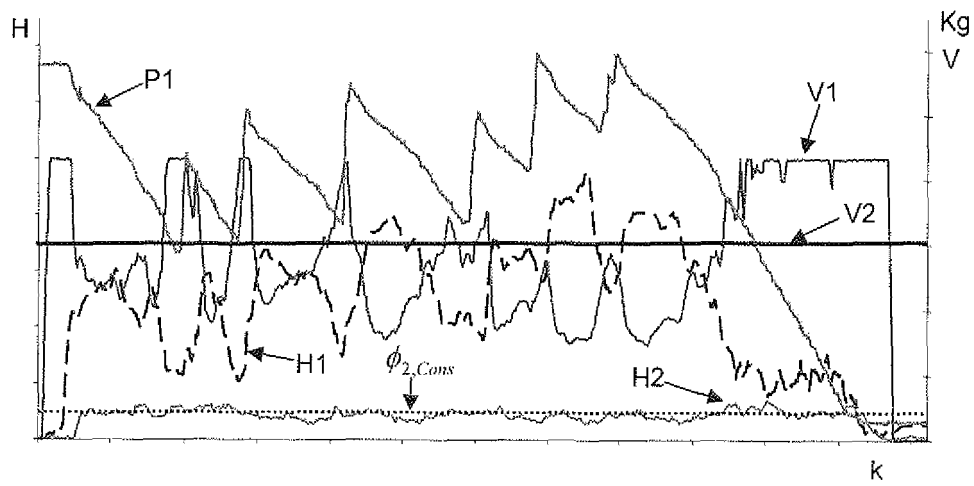


FIGURE 5

**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**

- WO 9011142 A [0012]