

12

DEMANDE DE BREVET D'INVENTION

A1

22 Date de dépôt : 27.01.17.

30 Priorité :

43 Date de mise à la disposition du public de la
demande : 03.08.18 Bulletin 18/31.

56 Liste des documents cités dans le rapport de
recherche préliminaire : *Se reporter à la fin du
présent fascicule*

60 Références à d'autres documents nationaux
apparentés :

○ Demande(s) d'extension :

71 Demandeur(s) : RENAULT S.A.S Société par actions
simplifiée — FR.

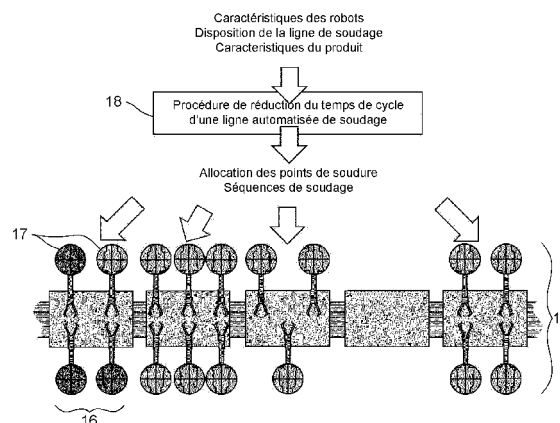
72 Inventeur(s) : SCHIBELBAIN DANIEL, CANTOS
LOPES THIAGO, STALL SIKORA CELSO GUSTAVO,
GOBBI MOLINA RAFAEL et MAGATAO LEANDRO.

73 Titulaire(s) : RENAULT S.A.S Société par actions sim-
plifiée.

74 Mandataire(s) : RENAULT SAS.

54 PROCÉDE DE RÉDUCTION DE TEMPS DE CYCLES D'UNE LIGNE AUTOMATISÉE DE SOUDAGE ET
INSTALLATION DE SOUDAGE CORRESPONDANTE.

57 Ce procédé de réduction de temps de cycles d'une
ligne automatisée de soudage (15) comporte plusieurs
postes de soudage (16) comprenant chacun un ou plusieurs
robots (17), dans lequel on détermine des séquences de
soudage et des séquences de mouvements de chaque ro-
bot (17), les séquences de soudage comprenant des étapes
successives de soudage et des caractéristiques relatives
aux opérations de soudage. Il utilise un modèle prédictif (18)
pour déterminer les séquences de soudage et les sé-
quences de mouvements des robots (17).



Procédé de réduction de temps de cycles d'une ligne automatisée de soudage et installation de soudage correspondante

5 L'invention concerne un procédé de réduction de temps de cycles d'une ligne automatisée de soudage. Elle concerne plus particulièrement l'industrie automobile.

10 La gestion de la répartition de la charge de travail des postes d'une ligne de production et la réduction des temps de cycle des lignes de production et d'assemblage est une problématique récurrente dans l'industrie automobile. La fabrication de véhicules automobiles fait appel à des processus de soudage automatisés. L'optimisation de la ligne de soudage, en temps de passage des véhicules sur la ligne de soudage notamment, est grandement compliquée par certaines

15 caractéristiques propres à ces processus de fabrication. Parmi ces caractéristiques, on note l'accessibilité du robot de soudage aux zones à souder, la localisation des points de soudure sur le véhicule, les temps de déplacement du robot d'un point à souder à un autre, et les interférences entre les robots regroupés sur un même poste de la ligne

20 de production, deux robots pouvant entrer en collision ou interférer entre eux dans la zone de travail située sur le véhicule. De plus, il convient également d'éviter les goulots d'étranglement qui pourraient se former à certains postes.

 On pourra à cet égard se référer aux figures 1 à 4.

25 La figure 1 illustre des zones d'accessibilité d'un véhicule automobile V selon les caractéristiques propres à un robot R et la figure 2 illustre différentes configurations d'un robot pour accéder à une même zone du véhicule.

30 Les figures 3a et 3b illustrent deux risques d'interférence entre deux robots R. La figure 3a illustre le risque de collision entre deux robots R sur un même poste, qui opère dans deux zones distinctes et la figure 3b illustre le risque d'interférence spatiale entre deux robots R d'un même poste qui opère dans une même zone.

La figure 4 illustre les points de soudure sur un véhicule, l'accessibilité à ces points et les zones adjacentes. L'optimisation de la ligne de soudage offre également à travers une gestion efficace des moyens de production, un potentiel d'amélioration de la qualité.

5 Dans le but de réduire le temps de passage des véhicules sur la ligne de production, on cherche à optimiser la distribution des points de soudure du véhicule parmi les robots, la séquence de soudage des robots et les déplacements des robots et supprimer les goulots d'étranglement risquant de se former à certains postes.

10 A ce jour, la réduction des temps de cycle d'une ligne de soudure automatisée est fondée sur une pratique empirique. Selon cette pratique, les points de soudure sont placés par du personnel expérimenté et sont par la suite modifiés selon les problèmes détectés. La modification de l'allocation des points de soudure dépend entre
15 autre du temps de cycle du robot concerné, des possibles interférences entre les robots d'un même poste, de la formation de goulots d'étranglement à certains postes. Cette méthode présente l'inconvénient de reposer sur une configuration existante de points définie par du personnel expérimenté. Déplacer les points initiaux de
20 soudure n'est pas toujours aisé et l'on n'est pas certain d'atteindre la disposition optimale des points de soudure pour atteindre l'objectif fixé.

Les documents GB9815075 et GB9009493 proposent de corriger les séquences de soudure et de déplacement des robots
25 initialement définies suivant les déviations constatées entre le résultat réel et le résultat souhaité. Cette méthode présente l'inconvénient de reposer sur des séquences initialement définies. Elle ne permet pas de définir des séquences initiales optimisées en termes de temps de cycles.

30 On pourra également se référer au document GB9219338 qui propose de générer à partir de procédures en ligne (« on-line ») et hors ligne (« off-line ») des données d'apprentissage pour les robots. Cette méthode permet d'améliorer la précision d'exécution des tâches confiées aux robots. Cependant elle ne permet pas de définir la

configuration optimale des séquences de soudure et de déplacement du robot.

5 Le document GB9114618 présente une méthode permettant d'automatiser le transfert des instructions transmises aux différents postes de la ligne de production. Cette méthode ne permet pas d'optimiser les instructions.

10 Le document WO9205012 traite du pilotage automatique des robots en fonction de la pièce à façonner. Les instructions sont déterminées en fonction des séquences de tâches à exécuter. La gestion des postes de travail de la ligne est prédéterminée.

Le document JPH042449 traite d'une méthode de surveillance d'une ligne de production.

15 Bien que permettant d'améliorer les séquences de travail d'un robot, ces méthodes ne garantissent pas d'atteindre un processus de production optimale et nécessitent une définition prédéterminée des points de soudure et des procédures de soudure.

Le but de l'invention est donc de pallier ces inconvénients.

20 Au vu de ce qui précède, l'invention propose un procédé de réduction de temps de cycles d'une ligne automatisée de soudage comportant plusieurs postes de soudage comprenant chacun un ou plusieurs robots, dans lequel on détermine des séquences de soudage et des séquences de mouvement de chaque robot, les séquences de soudage comprenant des étapes successives de soudage et des caractéristiques relatives aux opérations de soudage.

25 Selon une caractéristique du procédé, on utilise un modèle prédictif pour déterminer les séquences de soudage et les séquences de mouvement des robots.

30 Selon une autre caractéristique du procédé, les séquences de soudage et les séquences de mouvement du ou des robots sont déterminées par le modèle prédictif à partir de caractéristiques de la ligne automatisée de soudage et de caractéristiques du produit.

Selon encore une autre caractéristique du procédé, les caractéristiques de la ligne automatisée de soudage comprennent

l'accessibilité du ou des robots aux zone où se situent des points à souder.

De préférence, les caractéristiques de la ligne automatisée de soudage comprennent en plus des temps de soudage du chaque robot.

5 Selon une autre caractéristique du procédé, les caractéristiques de la ligne automatisée de soudage comprennent en les risques d'interférence entre les robots, les caractéristiques du robot, et les caractéristiques de la soudure à réaliser. Le modèle utilise la programmation linéaire mixte en nombres entiers.

10 Avantageusement le résultat du procédé de réduction de temps de cycles d'une ligne automatisée de soudage comporte l'allocation des points de soudure.

 Selon une autre caractéristique du procédé, le résultat du procédé de réduction de temps de cycles d'une ligne automatisée de soudage comporte la séquence de soudage et la séquence de déplacements de chaque robot de la ligne automatisée de soudure qui minimisent le temps de cycle de la ligne automatisée de soudure.

15 L'invention a également pour objet une installation automatisée de soudage comprenant plusieurs robots composant des postes de soudage et une unité de contrôle apte à piloter les robots, l'unité de contrôle comportant un modèle prédictif pour déterminer les séquences de soudage et les séquences de mouvement des robots.

20 D'autres buts, caractéristiques et avantages de l'invention apparaîtront à la lecture de la description suivante, donnée uniquement à titre d'exemple non limitatif, et faite en référence aux dessins annexés sur lesquels :

 - la figure 1, dont il a déjà été fait mention montre les zones d'accessibilité d'un robot ;

 - la figure 2 montre de multiples chemins d'accès à une même zone du véhicule ;

30 - les figures 3a et 3b montrent les deux types d'interférences entre deux robots, à savoir la collision et l'interférence spatiale ;

 - la figure 4 montre la répartition des points de soudure d'un véhicule, l'accessibilité à ces points et les zones adjacentes ;

- la figure 5 montre le déroulement du procédé de réduction de temps de cycles d'une ligne automatisée de soudage; et

- la figure 6 est une illustration simplifiée d'une ligne automatisée de soudage conforme à l'invention.

5 Un procédé de réduction de temps de cycle d'une ligne automatisée de soudage de pièces de véhicule automobile selon l'invention met en œuvre la programmation linéaire mixte en nombre entier ou MILP (en anglais « Mixed Integer Linear Programing »). La modélisation des données nécessaires à la réduction du temps de cycle
10 est décrite ci-après.

Le procédé de réduction de temps de cycle met en œuvre une fonction *Minimize CT* qui cherche à minimiser une variable *CT* qui représente le temps de cycle.

15 Le temps d'utilisation du robot w est représenté par la variable CTW_w . L'équation suivante décrit que chaque robot peut être un potentiel goulot d'étranglement pour la ligne de soudure :

$$CT \geq CTW_w \quad \forall w \quad (\text{équation 1})$$

20 Le temps d'utilisation de chaque robot w est donné par la somme du temps de soudure $Tweld_w$ et du temps de déplacement du robot w $Tmov_w$. Le temps de transfert des pièces d'un poste à l'autre est pris en compte par le paramètre $Tfix$. Le temps d'utilisation est défini par la relation :

25

$$CTW_w = Tweld_w + Tmov_w + Tfix \quad \forall w \quad (\text{équation 2})$$

30 Le temps de soudure $Tweld_w$ de chaque robot dépend du nombre de points de soudure à effectuer dans chaque zone. Les paramètres T_w et T_r représentent respectivement le temps nécessaire pour souder un point par le robot w dans la région r , et la variable $nWRA_{wra}$ représente le nombre de points à souder dans la région r par le robot w en passant par la zone d'accès a . L'équation suivante détaille le temps de soudure :

$$Tweld_w = \sum_{wra} [(T_r + T_w) \cdot nWRA_{wra}] \quad \forall w \quad (\text{équation 3})$$

Le temps de déplacement est décrit par l'équation suivante :

5

$$V_w \cdot Tmov_w = nR_w \cdot TmovR - nRR_w \cdot TadjR + nA_w \cdot TmovA - nAA_w \cdot TadjA \quad \forall w \quad (\text{équation 4})$$

Il est fonction du nombre de zones où intervient le robot w représenté par la variable nR_w , le nombre d'accès utilisé nA_w , le
10 nombre de zones adjacentes nRR_w et le nombre de zones d'accès adjacentes nAA_w où le robot est passé. Le paramètre $TmovR$ est le temps nécessaire au robot pour se déplacer entre deux zones et la variable $TmovA$ est le temps nécessaire au robot pour se déplacer entre les zones d'accès. Les paramètres $TadjR$ et $TadjA$ sont respectivement
15 les temps gagnés du fait que les zones où se situent les points de soudure sont adjacentes et les zone d'accès sont adjacentes. Le paramètre V_w est la vitesse relative du robot w par rapport aux paramètres de temps précédents.

Si le robot soude des points dans une zone r , la variable binaire
20 $bWRA_{wra}$ doit être égale à 1. Cette variable satisfait à la relation suivante :

$$bWRA_{wra} \geq \frac{nWRA_{wra}}{N_r} \quad \forall w, r, a \quad (\text{équation 5})$$

25 où N_r est le nombre de points dans la zone r .

Si le robot w soude des points à partir d'un accès a , la variable binaire bWA_{wa} doit être égale à 1 :

$$bWA_{wa} \geq bWRA_{wra} \quad \forall w, r, a \quad (\text{équation 6})$$

30

Le nombre total de zones à souder nR_w et de zones d'accès nA_w utilisées est déterminé en sommant les variables égales à 1.

$$nR_w = \sum_{wra} bWRA_{wra} \quad \forall w \quad (\text{équation 7})$$

35

$$nA_w = \sum_{wa} bWA_{wa} \quad \forall w \quad (\text{équation 8})$$

La variable binaire $bWRR_{wr1r2a}$ représente le bénéfice apporté par les régions adjacentes. Deux régions adjacentes $r1$ et $r2$ apportent un avantage au robot seulement si il soude des points dans ces deux régions. Dans ce cas la variable est égale à 1. Les équations 9 et 10
 5 représentent ce gain. L'équation 11 représente que seul un robot peut bénéficier de ce gain :

$$\begin{aligned} bWRR_{wr1r2a} &\leq bWRA_{wr1a} && \forall w, r1, r2, a && (\text{équation 9}) \\ bWRR_{wr1r2a} &\leq bWRA_{wr2a} && \forall w, r1, r2, a && (\text{équation 10}) \\ \sum_{wr1r2a} bWRR_{wr1r2a} &\leq 1 && \forall r1, r2 && (\text{équation 11}) \end{aligned}$$

La variable binaire $bWAA_{wa1a2}$ représente le bénéfice apporté par les accès adjacents. Deux accès adjacents $a1$ et $a2$ apportent un avantage au robot seulement si il passe par ces deux accès. Dans ce cas
 15 la variable est égale à 1. Les équations 12 et 13 représentent ce gain :

$$\begin{aligned} bWAA_{wa1a2} &\leq bWA_{wa1} && \forall w, a1, a2 && (\text{équation 12}) \\ bWAA_{wa1a2} &\leq bWA_{wa2} && \forall w, a1, a2 && (\text{équation 13}) \end{aligned}$$

Enfin, si un cycle de zones adjacentes existe, les variables représentant les zones adjacentes $bWRR_{wr1r2a}$ et $bWAA_{wa1a2}$ nécessitent une restriction. Soit c un cycle de régions ou d'accès. Toutes les régions de soudure r_c ou les accès a_c inclus dans le cycle sont
 25 contraintes de participer aux gains apportés par les zones adjacentes telles que spécifiés par les équations 14 et 15 suivantes :

$$\begin{aligned} \sum_{wr_c1r_c2a} bWRR_{wr_c1r_c2a} &\leq -1 + \sum_{r_c1r_c2} 1 && \forall w, c && (\text{équation 14}) \\ \sum_{wa_c1a_c2} bWAA_{wa_c1a_c2} &\leq -1 + \sum_{a_c1a_c2} 1 && \forall w, c && (\text{équation 15}) \end{aligned}$$

Après ces différents traitements, les variables définies ci-dessus permettent de donner une estimation de la charge de travail. Les équations 16 et 17 suivantes indiquent le nombre d'ensembles de zones adjacentes dont le robot a bénéficié.
 35

$$nRR_w = \sum_{wr_1r_2a} bWRR_{wr_1r_2a} \quad \forall w \quad (\text{équation 16})$$

$$nAA_w = \sum_{wa_1a_2} bWAA_{wa_1a_2} \quad \forall w \quad (\text{équation 17})$$

L'équation 18 décrit que tous les points de toutes les zones doivent être soudés :

5

$$\sum_{wra} nWRA_{wra} = N_r \quad \forall r \quad (\text{équation 18})$$

Si des conditions initiales sont données par l'utilisateur, la variable X doit être égale à la valeur m donnée par l'utilisateur, par exemple pour une variable binaire $X=1$ ou $X=0$.

10

La variable X , égale à la valeur m , permet de modéliser les aspects d'accessibilité. Si pour tout n -tuple d'ordre 3 (w, r, a) le robot w ne peut pas accéder à la zone r par l'accès a , la variable $bWRA_{wra}$ correspondante est égale à 0. Les points de soudure sont exécutés uniquement par les robots qui peuvent atteindre la zone r et seulement via les accès accessibles tels que (w, r, a) est un n -tuple d'ordre 3 réalisable.

15

Les contraintes d'interférence sont modélisées par des ensembles de zones. En référence à la figure 3, il existe deux types d'interférences : les collisions et les interférences spatiales entre les bras des robots.

20

Les risques d'interférence sont définis par les relations suivantes :

$$bWME_{wm} \geq bWRA_{wrm} \quad \forall w, r_m, a \quad (\text{équation 19})$$

25

$$bWMC_{wm} \geq bWRA_{wrm} \quad \forall w, r_m, a \quad (\text{équation 20})$$

dans lesquelles :

30

r_m désigne l'ensemble des zones m , les variables binaires $bWME_{wm}$ et $bWMC_{wm}$ désignent si le robot effectue ou non des points de soudure dans l'un des ensembles de zones sujet à l'un ou l'autre type d'interférence.

La collision entre les bras de robots est représentée par l'équation suivante :

$$bWMC_{w_1 m_1} + bWMC_{w_2 m_2} \leq 1 \quad \forall w_1, m_1, w_2, m_2 \quad (\text{équation 21})$$

5 Pour chaque n-tuple d'ordre 4 (w_1, m_1, w_2, m_2) qui montre une interférence possible entre les bras de robots, si le robot w_1 accède à l'ensemble de zones m_1 et le robot w_2 accède à l'ensemble de zones m_2 , une contrainte doit être rajoutée.

Les interférences spatiales sont représentées par les équations :

$$10 \quad \sum_{wrm} nWRA_{wrm} \leq U_p - (D_p - 1) \cdot \sum_w bWME_{wm} \quad \forall m \quad (\text{équation 22})$$

$$\sum_{wra} nWRA_{wra} \leq U_p - (D_p - 1) \cdot \sum_w bWA_{wa} \quad \forall a \quad (\text{équation 23})$$

15 Elles limitent toutes le nombre de points de soudure qui peuvent être effectués par une limite supérieure U_p réduite par D_p lorsque plusieurs robots effectuent des points de soudure dans l'espace contesté. Dans l'équation (22), l'espace d'interférence est un ensemble de zones de soudage, et dans l'équation 23, il s'agit d'un accès.

20 Les lignes de fabrication sont le plus souvent redéfinies que définies. Il est souhaitable de limiter le nombre de changements par rapport à la configuration initiale. La variable $diff_{wra}$ limite le nombre de différences dans chaque allocation possible comme indiqué par l'équation suivante :

$$25 \quad diff_{wra} \geq nWRA_{wra} - INI_{wra} \quad \forall w, r, a \quad (\text{équation 24})$$

où INI_{wra} désigne l'allocation initiale des points de soudure.

Le nombre de différences peut donc être limité à un paramètre donné N . N représente le nombre de points de soudure déplacés, comme indiqué par l'équation suivante :

$$30 \quad \sum_{wra} diff_{wra} \leq N \quad (\text{équation 25})$$

On cherche à définir la charge de travail de chaque poste de manière à ce qu'en cas de problème de séquence d'assemblage, il ne se

forme pas un goulot d'étranglement à un poste de travail. Les lignes robotisées n'ont cependant pas de temps de traitement total fixe.

Par conséquent, si l'on cherche simplement à minimiser les différences de temps de travail entre les robots, les formulations en programmation linéaire mixte en nombres entiers pourraient conduire à des mouvements plus nombreux de tous les robots dont les postes ne présentent pas de risque de formation de goulots d'étranglement.

Un objectif secondaire est donc défini afin de gérer la charge de travail des postes.

Il s'agit de minimiser les temps de mouvement des robots. La minimisation des temps de déplacement est prise en compte en ajoutant une fonction de pondération sur la somme de la fonction d'objectif de temps de mouvement, comme suit :

$$\begin{aligned} \text{Minimize } CT + SumMov & \quad (\text{équation 26}) \\ SumMov = MovWeight \cdot \sum_w Tmov_w & \quad (\text{équation 27}) \end{aligned}$$

où *MovWeight* représente l'importance relative de la réduction des temps de mouvement par rapport au temps de cycle. Généralement *MovWeight* est strictement inférieur à 1.

Lorsque les temps de déplacement sont minimisés, la différence entre les temps d'utilisation des robots peut également être minimisée en employant la variable auxiliaire *minProcTime* et *maxProcTime* comme défini par les équations suivantes :

$$\begin{aligned} minProcTime &\leq CTW_w \quad \forall w & (\text{équation 28}) \\ maxProcTime &\geq CTW_w \quad \forall w & (\text{équation 29}) \end{aligned}$$

La fonction coût est énoncée comme suit :

$$\begin{aligned} \text{Minimize } CT + SumMov + ProcDif & \quad (\text{équation 30}) \\ ProcDif = DiffWeight \cdot (maxProcTime - minProcTime) & \quad (\text{équation 31}) \end{aligned}$$

Le paramètre *DiffWeight* dans l'équation (31) indique l'importance relative de la charge de travail des postes de travail qui

ne risque pas de former de goulots d'étranglement. En général il est nécessaire que le paramètre *DiffWeight* soit strictement inférieur au paramètre *MovWeight*.

5 On se réfèrera à présent à la figure 5 qui illustre le déroulement du procédé de réduction de temps de cycles d'une ligne automatisée de soudage utilisant la méthode de programmation linéaire mixte en nombres entiers. Cette procédure doit être répétée pour chaque type de produit fabriqué sur la ligne.

10 L'étape 1 représente les informations d'entrée du procédé de réduction de temps de cycles d'une ligne automatisée de soudage. Elles comprennent les caractéristiques du produit façonné et les caractéristiques de la ligne automatisée de soudage.

15 Les caractéristiques du produit utilisées par le procédé comportent le nombre de points de soudure par zone du véhicule, l'accessibilité des robots à chaque zone du véhicule qui comporte des points de soudure, la définition des zones adjacentes et des zones d'accès adjacentes, les paramètres de temps.

20 Les caractéristiques de la ligne automatisée de soudage comportent la vitesse d'exécution de chaque robot et les paramètres temporels de chaque robot, l'encombrement de chaque robot afin de déterminer la zone dans laquelle il peut évoluer, l'emplacement de chaque robot dans la ligne de soudure et les possibles interférences entre les robots. Les informations nécessaires sont extraites de programmes de conception assistée par ordinateur (CAO) ou de
25 programmes de simulation numérique qui sont capables de combiner les informations des programmes de CAO du produit et les caractéristiques des robots. On peut de manière optionnelle rajouter la définition des zones où se trouvent les points de soudure et les zones d'accès tels que représentées à la figure 4.

30 L'étape 2 donne la possibilité de fixer une ou plusieurs conditions initiales du modèle.

Si l'utilisateur choisit de fixer les conditions initiales du modèle, à l'étape 3, l'utilisateur peut imposer au modèle une configuration initiale des points de soudure, spécifier un nombre

maximum de changements, fixer la valeur des variables d'entrée du modèle.

5 L'utilisateur a ensuite la possibilité de définir si l'objectif secondaire d'éviter des goulots d'étranglement pour la ligne de soudure (étape 4) doit être employé. L'objectif est de minimiser les temps de mouvement des robots. Si l'utilisateur choisit de minimiser les temps de mouvement des robots, les équations (26) à (31) définies précédemment seront paramétrées lors de l'étape suivante. Si l'utilisateur choisit de ne pas prendre ces facteurs en considération, 10 certains aspects de calcul sont simplifiés. On notera que l'importance relative particulière des buts principaux (temps de cycle) et secondaires (pas de formation de goulots d'étranglement) peut être modifiée sans s'écarter de l'esprit et de la portée de l'invention.

15 A l'étape 6, le problème en programmation linéaire mixte en nombre entier est formulé tel que présenté précédemment, et résolu.

La résolution du problème génère un rapport de résultats (étape 7) qui peut servir à valider et implémenter la solution générée. Si les données d'entrée sont cohérentes, les résultats seront des solutions réalisables. Ces résultats peuvent inclure, sans s'y limiter, 20 des informations sur les temps de traitement et de déplacement de chaque robot, les temps de traitement à chaque station, les postes sujets à la formation de goulots d'étranglement et les autres postes, les modifications des configurations initiales, le nombre de points de soudure à réaliser dans chaque région, le nombre de robots qui utilisent les mêmes accès et l'ensemble de zones propre à chaque 25 station. Ces rapports sont essentiels à la mise en œuvre de la solution optimisée.

30 Lors des étapes 8 et 9, si des robots sont en interférence spatiale, les données les concernant devront être traitées de manière simultanée et interdépendante comme indiquée précédemment en référence aux équations (22) et (23).

Lors des étapes 10 et 11 suivantes, si des conditions initiales ont été définies, les points de soudure spécifiés et effectués par un robot désigné dans une zone déterminée sont dérivés des points définis

par le solveur. Les différences entre la configuration initiale et la configuration générée par la procédure établissent des indicateurs pour les robots qui effectuent des points de soudure dans les deux configurations dans une même zone.

5 Le résultat du procédé de réduction de temps de cycles d'une ligne automatisée de soudage est délivré à l'issu de l'étape 12 suivante. Il comporte pour chaque poste de travail la séquence de soudage, la localisation des points de soudure et la séquence de déplacements de chaque robot de la ligne automatisée de soudure qui
10 minimisent le temps de cycle de la ligne automatisée de soudure.

On se réfère à la figure 6 qui donne un aperçu simplifié d'une ligne automatisée de soudage conforme à l'invention.

Comme on le voit, la ligne automatisée de soudage désignée par la référence numérique globale 15 comporte des postes de travail 16. Un poste de travail comporte un ou plusieurs robots 17
15 pilotés par une unité centrale 18 qui est dûment programmée pour mettre en œuvre la procédure de réduction du temps de cycle d'une ligne automatisée de soudage exposée précédemment.

L'unité centrale 18 reçoit, en entrée, les caractéristiques du produit, la disposition de la ligne et les caractéristiques des robots. La
20 procédure mise en œuvre par l'unité centrale fournit, en sortie, les allocations de points de soudure, ainsi que les informations de séquence. Ces informations sont transmises aux robots.

La ligne automatisée de soudage peut être composée de stations
25 avec de nombreux robots, des robots de différents types, des distributions asymétriques de robots et même des stations tampons, c'est-à-dire des stations sans robot. La présente invention est capable de prendre en considération ces différentes caractéristiques de la ligne de soudage.

REVENDICATIONS

1. Procédé de réduction de temps de cycles d'une ligne automatisée de soudage (15) comportant plusieurs postes de soudage (16) comprenant chacun un ou plusieurs robots (17), dans lequel on détermine des séquences de soudage et des séquences de mouvement de chaque robot (17), les séquences de soudage comprenant des étapes successives de soudage et des caractéristiques relatives aux opérations de soudage, caractérisé en ce qu'on utilise un modèle prédictif (18) pour déterminer les séquences de soudage et les séquences de mouvements des robots (17).
2. Procédé selon la revendication 1, dans lequel les séquences de soudage et les séquences de mouvement du ou des robots sont déterminées par le modèle prédictif (18) à partir de caractéristiques de la ligne automatisée de soudage et de caractéristiques du produit.
3. Procédé selon la revendication 2, selon lequel les caractéristiques de la ligne automatisée de soudage comprennent l'accessibilité du ou des robots aux zones où se situent des points à souder.
4. Procédé selon l'une revendication 2 et 3, selon lequel les caractéristiques de la ligne automatisée de soudage comprennent en plus des temps de soudage de chaque robot.
5. Procédé selon l'une quelconque des revendications 2 à 4, selon lequel les caractéristiques de la ligne automatisée de soudage comprennent en plus les risques d'interférence entre les robots, les caractéristiques du ou des robots, les caractéristiques de la ou des soudures à réaliser.
6. Procédé selon l'une quelconque des revendications 1 à 5, selon lequel le modèle utilise la programmation linéaire mixte en nombres entiers.
7. Procédé selon l'une quelconque des revendications 1 à 6, selon lequel le résultat du procédé de réduction de temps de cycles d'une ligne automatisée de soudage comporte l'allocation des points de soudure.

8. Procédé selon l'une quelconque des revendications 1 à 7, selon lequel le résultat du procédé de réduction de temps de cycles d'une ligne automatisée de soudage comporte la séquence de soudage et la séquence de déplacements de chaque robot de la ligne automatisée de soudure qui minimisent le temps de cycle de la ligne automatisée de soudure.

9. Installation automatisée de soudage comprenant plusieurs robots (17) composant des postes de soudage (16) et une unité de contrôle (18) apte à piloter les robots (17), caractérisée en ce que l'unité de contrôle comporte un modèle prédictif pour déterminer les séquences de soudage et les séquences de mouvements des robots.

1/4

FIG.1

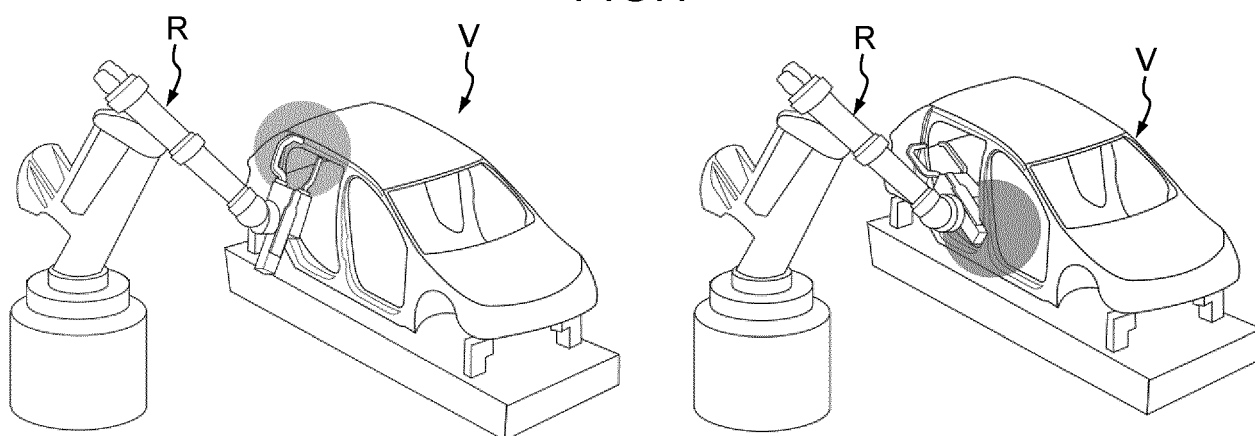


FIG.2

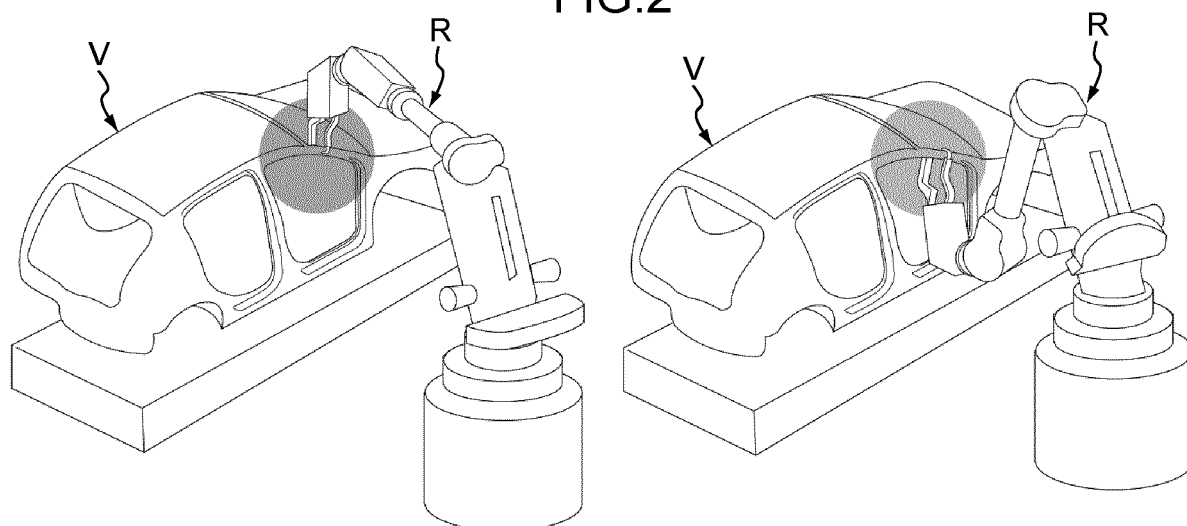


FIG.3a

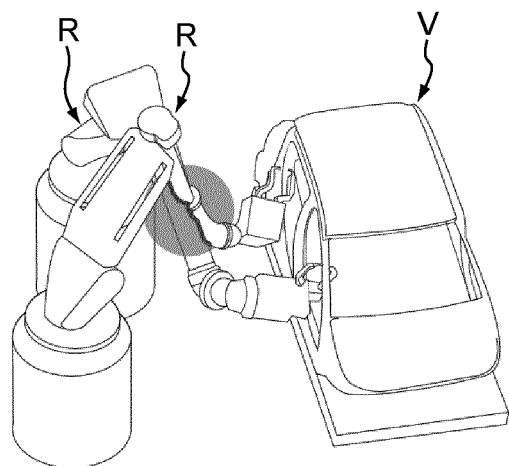
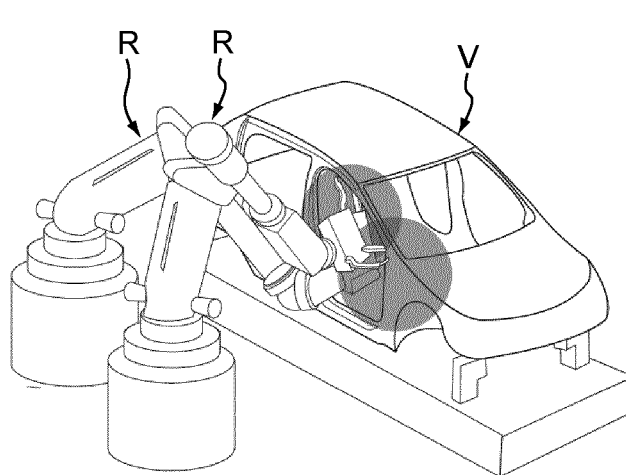
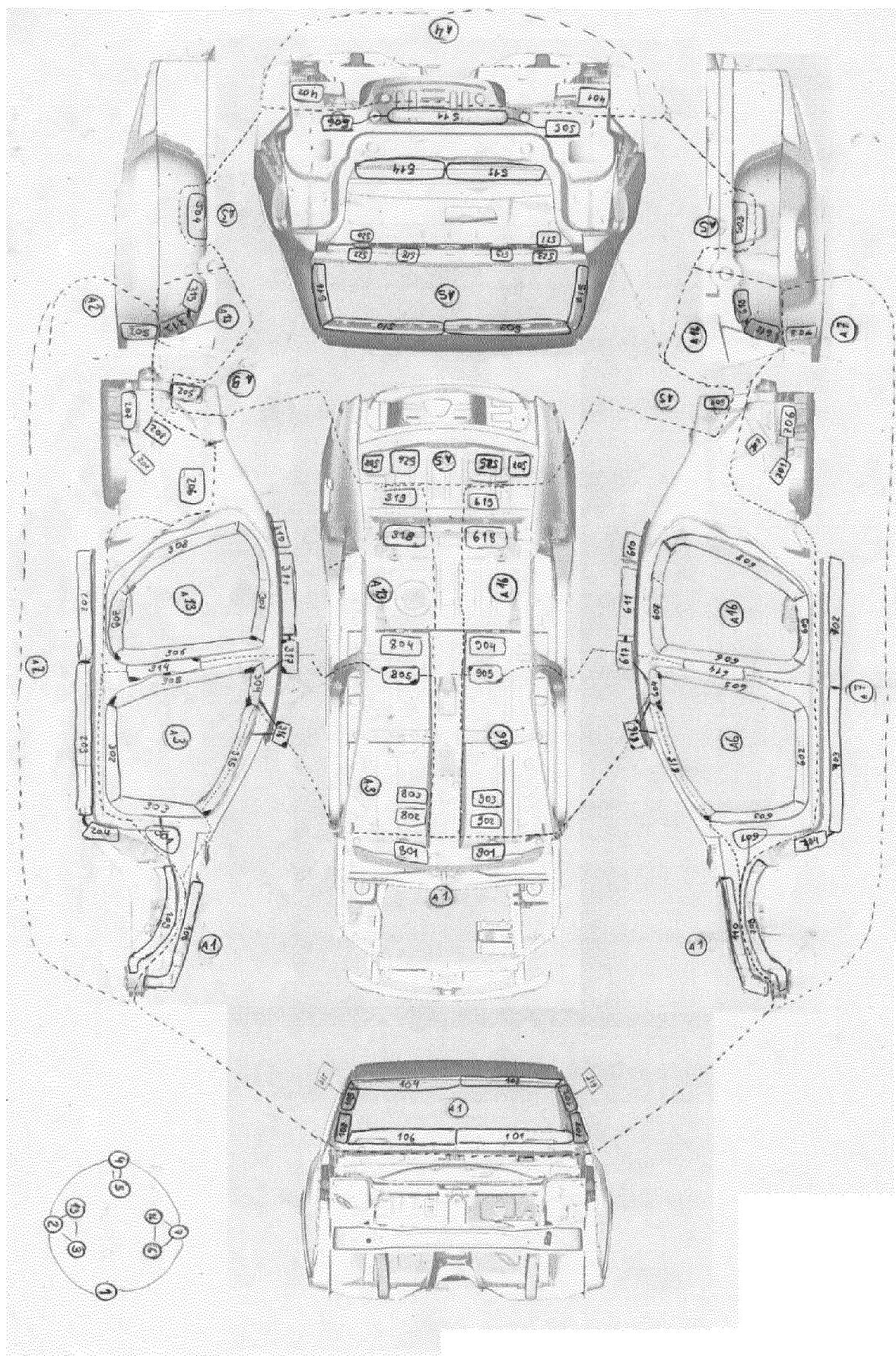
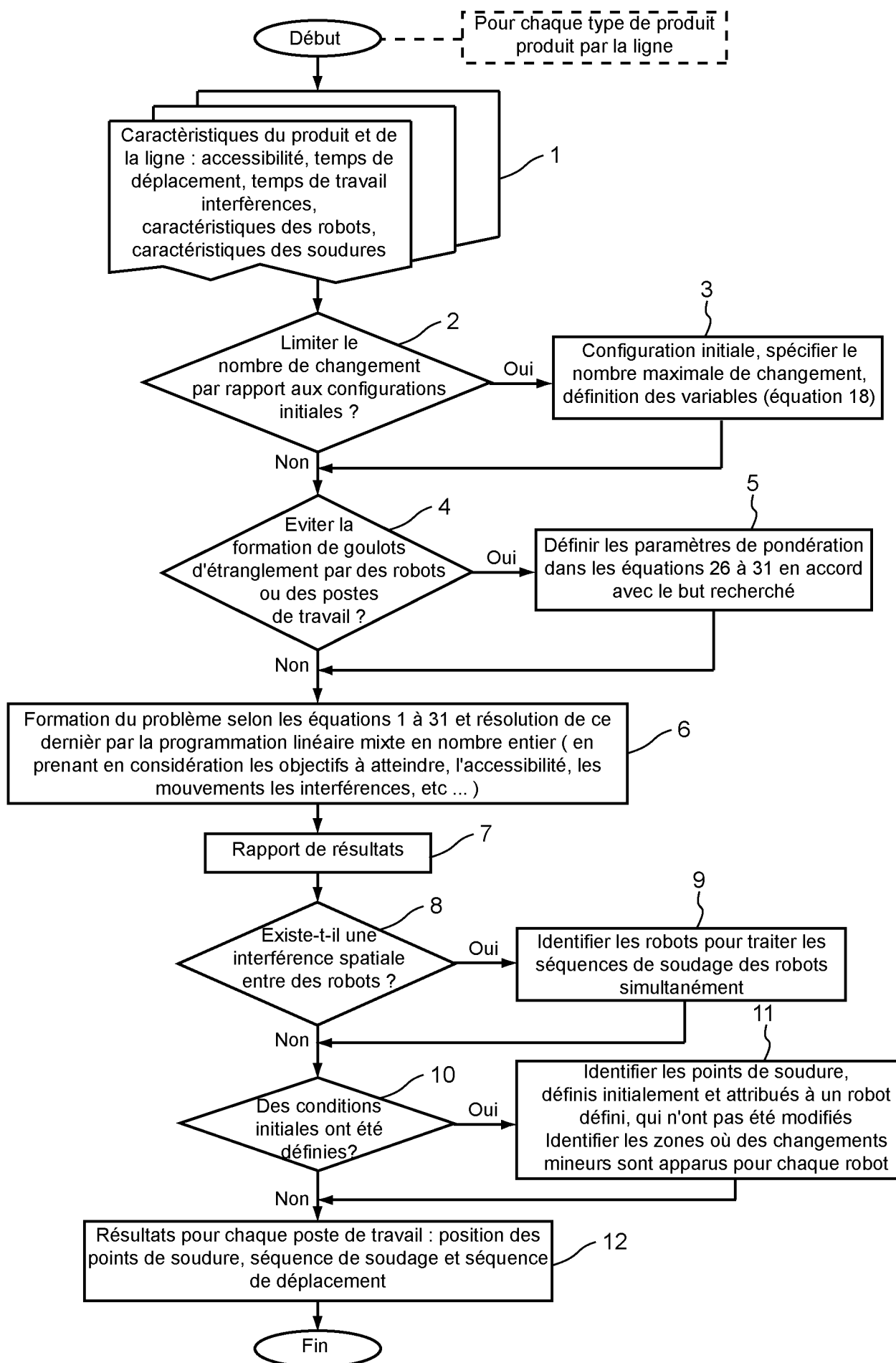


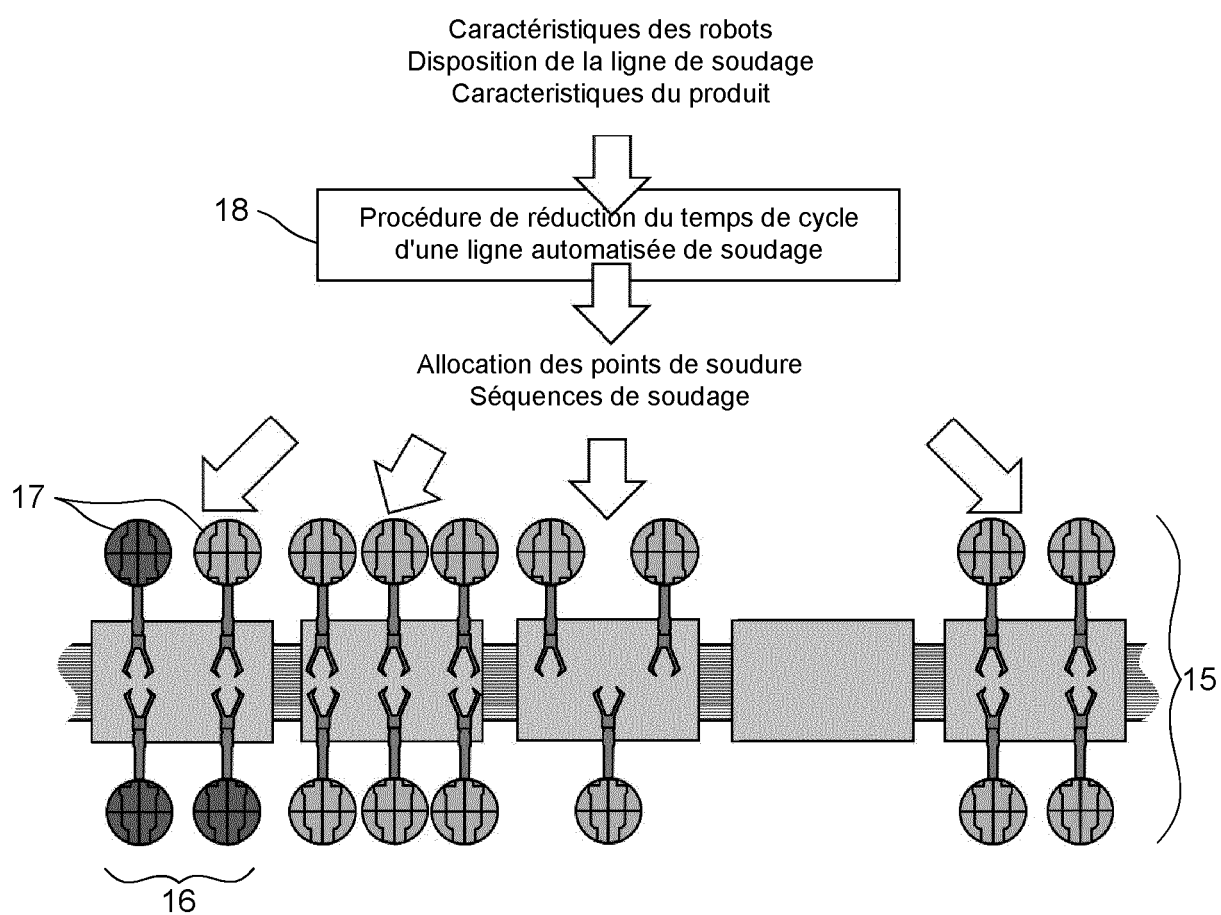
FIG.3b



2/4
FIG.4

3/4
FIG.5



4/4
FIG.6



RAPPORT DE RECHERCHE PRÉLIMINAIRE

établi sur la base des dernières revendications
déposées avant le commencement de la recherche

N° d'enregistrement
national

FA 835678
FR 1750678

DOCUMENTS CONSIDÉRÉS COMME PERTINENTS		Revendication(s) concernée(s)	Classement attribué à l'invention par l'INPI
Catégorie	Citation du document avec indication, en cas de besoin, des parties pertinentes		
X	SPENSIERI DOMENICO ET AL: "An Iterative Approach for Collision Free Routing and Scheduling in Multirobot Stations", IEEE TRANSACTIONS ON AUTOMATION SCIENCE AND ENGINEERING, IEEE SERVICE CENTER, NEW YORK, NY, US, vol. 13, no. 2, 1 avril 2016 (2016-04-01), pages 950-962, XP011605526, ISSN: 1545-5955, DOI: 10.1109/TASE.2015.2432746 [extrait le 2016-04-05] * le document en entier *	1-9	G05B19/418 B23K9/007 B25J18/04 B23P23/00
A	DOMENICO SPENSIERI ET AL: "Coordination of robot paths for cycle time minimization", 2013 IEEE INTERNATIONAL CONFERENCE ON AUTOMATION SCIENCE AND ENGINEERING (CASE); MADISON, WI, USA; 17 -20 AUGUST, 2013, 1 août 2013 (2013-08-01), pages 522-527, XP055420199, Piscataway, NJ, USA DOI: 10.1109/CoASE.2013.6654032 ISBN: 978-1-4799-1515-6 * le document en entier *	1-9	DOMAINES TECHNIQUES RECHERCHÉS (IPC) B25J G05B
A	KOBETSKI A ET AL: "Scheduling of Discrete Event Systems Using Mixed Integer Linear Programming", DISCRETE EVENT SYSTEMS, 2006 8TH INTERNATIONAL WORKSHOP ON JULY 10, 2006, PISCATAWAY, NJ, USA, IEEE, PISCATAWAY, NJ, USA, 10 juillet 2006 (2006-07-10), pages 76-81, XP010935498, DOI: 10.1109/WODES.2006.1678411 ISBN: 978-1-4244-0053-9 * le document en entier *	1-9	
Date d'achèvement de la recherche		Examineur	
31 octobre 2017		Salvador, Didier	
CATÉGORIE DES DOCUMENTS CITÉS X : particulièrement pertinent à lui seul Y : particulièrement pertinent en combinaison avec un autre document de la même catégorie A : arrière-plan technologique O : divulgation non-écrite P : document intercalaire T : théorie ou principe à la base de l'invention E : document de brevet bénéficiant d'une date antérieure à la date de dépôt et qui n'a été publié qu'à cette date de dépôt ou qu'à une date postérieure. D : cité dans la demande L : cité pour d'autres raisons & : membre de la même famille, document correspondant			