



HAL
open science

Mise en place d'une méthodologie et utilisation d'outils
d'ingénieurs pour la réalisation d'un projet :
augmentation de la capacité de production d'une usine
automobile

Nicolas Navarro

► To cite this version:

Nicolas Navarro. Mise en place d'une méthodologie et utilisation d'outils d'ingénieurs pour la réalisation d'un projet : augmentation de la capacité de production d'une usine automobile. Sciences de l'ingénieur [physics]. 2023. dumas-04326875

HAL Id: dumas-04326875

<https://dumas.ccsd.cnrs.fr/dumas-04326875>

Submitted on 6 Dec 2023

HAL is a multi-disciplinary open access archive for the deposit and dissemination of scientific research documents, whether they are published or not. The documents may come from teaching and research institutions in France or abroad, or from public or private research centers.

L'archive ouverte pluridisciplinaire **HAL**, est destinée au dépôt et à la diffusion de documents scientifiques de niveau recherche, publiés ou non, émanant des établissements d'enseignement et de recherche français ou étrangers, des laboratoires publics ou privés.



Mise en place d'une méthodologie et
utilisation d'outils d'ingénieurs pour la
réalisation d'un projet

AUGMENTATION DE LA CAPACITE DE
PRODUCTION D'UNE USINE AUTOMOBILE

NAVARRO Nicolas

Promotion 2020-2023

MEMOIRE INGENIEUR AGROALIMENTAIRE

Septembre 2023

Table des matières

Table des abréviations	1
Table des figures.....	2
1 Introduction entreprise DRB MEA	3
1.1.1 Histoire	3
1.1.2 Fonctionnement de l'entreprise	3
2 Introduction entreprise Kate	5
2.1.1 Histoire	5
2.1.2 Aménagement et fonctionnement du site Kate.....	5
3 Rappel du contexte et objectifs	8
4 Méthodes et outils	9
5 Etat des lieux	12
5.1 Mise à jour des informations initiales.....	12
5.2 Plan d'implantation actuel du site et intégration plan locabri	12
5.3 Mise à jour de l'analyse de déroulement	13
5.4 Contraintes générales.....	14
6 Constats suite à la mise à jour de l'état des lieux	15
6.1 Analyse des durées	15
6.2 Observations d'anomalie sur ligne	17
6.3 Conclusion Intermédiaire	17
7 Optimisation du temps des OP	17
7.1 Analyse et axes de travail	17
7.2 Suppression de la préparation des différents OP	18
7.3 Challenge sur poste des données théoriques estimée	19
7.4 Lissage des temps des OP et création d'un flux tendu	20
7.5 Conclusion intermédiaire.....	21
8 Réduction des anomalies de production	22
8.1 Anomalie sur ligne & axe d'amélioration	22
8.2 Anomalie sur poste	23

9	Analyse de détail de l'OP40	23
9.1	Conclusion intermédiaire.....	26
10	Etude des solutions et de leurs implantations.....	27
10.1	Conception d'une nouvelle zone de préparation.....	27
10.2	Système d'acheminement des pièces	28
10.2.1	Principe de la solution « rack dynamique ».....	28
10.2.2	Principe de la solution « chariot praticable »	28
10.3	Mode de fonctionnement de la zone de préparation	31
10.4	Hypothèses d'implantation	32
10.5	Echange client et conclusion intermédiaire	34
11	Hypothèse de solution technique consolidée.....	35
11.1	Plan hypothèse final	35
11.2	Chiffrage des modifications	37
11.3	Création d'un établi de travail optimisé.....	38
12	Conclusion finale.....	39
13	Perspective de continuité de la mission.....	41
	Bibliographie	42
	Annexes	43

Table des abréviations

CAO : Conception Assistée par Ordinateur

DAO : Dessin Assisté par Ordinateur

PI&D: Process and Instrumentation Diagrams

OP : Opération

SAV : Service Après Ventas

Table des figures

<i>Figure 1 : Diagramme de l'organisation chez DRB.....</i>	<i>4</i>
<i>Figure 2 : Schématisation du site Kate</i>	<i>7</i>
<i>Figure 3 : Schématisation de la méthode utilisée</i>	<i>9</i>
<i>Figure 4 : Schématisation des outils du Lean (source : https://leanmanufacturingtools.org).....</i>	<i>10</i>
<i>Figure 5 : Plan d'implantation mis à jour</i>	<i>12</i>
<i>Figure 6 : Plan d'implantation avec plan Locabri</i>	<i>13</i>
<i>Figure 7 : Capture du début de l'analyse de déroulement</i>	<i>14</i>
<i>Figure 8 : Représentation graphique de Pareto du temps réel des étapes actuellement</i>	<i>16</i>
<i>Figure 9 : Représentation graphique de Pareto du temps réel des étapes en transférant la préparation</i>	<i>18</i>
<i>Figure 10 : Représentation graphique de Pareto du temps réel des étapes de l'hypothèse de réorganisation.....</i>	<i>21</i>
<i>Figure 11 : Répartition des temps observés sur l'OP40 en fonction de leur nature</i>	<i>24</i>
<i>Figure 12: Répartition des temps observés et des gains estimés sur l'OP40 en fonction de leur nature</i>	<i>24</i>
<i>Figure 13 : Capture du document d'identification des pièces.....</i>	<i>27</i>
<i>Figure 14 : Visuel du système du système de rack dynamique.....</i>	<i>28</i>
<i>Figure 15 : Représentation 3D du chariot praticable avec toutes les petites pièces des différents OP..</i>	<i>29</i>
<i>Figure 16 : Zoom sur un poka-yokés/détrompeurs pour la bavette et la grille du pare choc avant</i>	<i>30</i>
<i>Figure 17 : Exemple d'organisation de la zone de préparation pour les petites pièces.....</i>	<i>32</i>
<i>Figure 18 : Plan AutoCAD de l'hypothèse 1</i>	<i>32</i>
<i>Figure 19 : Plan AutoCAD de l'hypothèse 2</i>	<i>33</i>
<i>Figure 20 : Plan AutoCAD de l'hypothèse 3</i>	<i>33</i>
<i>Figure 21 : Plan AutoCAD de l'hypothèse finale</i>	<i>35</i>
<i>Figure 22 : Plan simplifié avec les flux de l'hypothèse finale</i>	<i>36</i>
<i>Tableau 1 : Temps réel des actions.....</i>	<i>15</i>
<i>Tableau 2 : Récapitulatif des temps des OP estimés.....</i>	<i>19</i>
<i>Tableau 3 : Lissage de la durée des OP.....</i>	<i>20</i>
<i>Tableau 4 : Qualification et quantification des actions à non-valeur ajoutée.....</i>	<i>26</i>
<i>Tableau 5 : Tableau récapitulatif des hypothèses.....</i>	<i>34</i>
<i>Tableau 6 : Modifications à chiffrer</i>	<i>37</i>

1 Introduction entreprise DRB MEA

1.1.1 Histoire

Fondé en 2014, DRB Méthodes & Applications est un bureau des méthodes spécialisé dans l'optimisation des processus industriels. Fort de son expertise et de ses compétences, l'entreprise contribue à améliorer la performance opérationnelle dans divers secteurs industriels tels que l'agro-alimentaire, la cosmétique, la chimie, la mécanique, et bien d'autres. Ses services englobent la gestion de projets, l'analyse des flux de production, la résolution de problèmes, l'optimisation des équipements de production, ainsi que la conception et l'intégration de systèmes de nettoyage en place (NEP).

Actuellement, le siège social de DRB Méthodes & Applications est implanté à Vihiers (49310), à proximité de Cholet, avec une antenne opérationnelle à Noyon (60400), à proximité de Compiègne. L'entreprise emploie actuellement une équipe de 40 personnes. La plupart des collaborateurs sont répartis dans toute la France, permettant d'être au plus près des clients sur leurs sites industriels.

1.1.2 Fonctionnement de l'entreprise

DRB offre aux entreprises des solutions pour résoudre les défis qui nécessitent l'expertise d'ingénieurs qualifiés. Pour cela, il est possible de mettre à disposition un ingénieur sur le site du client pour apporter une assistance projet au sein d'une équipe dédiée. Une autre approche, privilégiée par DRB, consiste à prendre en charge la problématique du projet en interne. D'un côté, cela garantit la disponibilité des ressources, de l'autre, cela est gage de résultats.

Chaque chef de projet est accompagné par un coordinateur technique et un chargé d'affaires. Cette assistance vise à garantir que le chef de projet dispose des outils et des méthodes nécessaires pour assurer le bon déroulement du projet.



Figure 1 : Diagramme de l'organisation chez DRB

En début de juillet, afin de répondre à de nouveaux besoins et objectifs, l'entreprise d'assemblage automobile "Kate" a sollicité DRB pour prendre en charge un nouveau projet. L'usine prévoit une expansion et aspire à augmenter sa capacité de production. Kate ne dispose pas des ressources nécessaires pour examiner cette question, c'est pourquoi elle a fait appel à DRB.

2 Introduction entreprise Kate

2.1.1 Histoire

Fondée en 2022 par Thibaud Elzière, Matthias Goldenberg, et Pierre Escrieut, Kate se positionne comme un acteur clé de la mobilité locale en France. Ils ont lancé une gamme de véhicules électriques légers, produits en France, répondant aux enjeux de durabilité et de responsabilité actuels.

Kate a récemment acquis Nosmoke, une entreprise française localisé à Cerizay dans les Deux-Sèvres (annexe 1), qui a transformé une voiture tout-terrain compacte des années 60 en un véhicule électrique moderne. Cette acquisition offre à Kate une expertise sectorielle et une capacité de production qui lui permettent de croître rapidement dans un secteur en plein essor.

En 2022, les ventes de Nosmoke ont dépassé les 4 millions d'euros, grâce à une production en constante augmentation pour répondre à une demande croissante en France et à l'international. La « Nosmoke », nouvellement renommée « Kate Originale », est appréciée pour sa qualité de finition, un montage entièrement fait manuellement et son caractère unique sur le marché.

2.1.2 Aménagement et fonctionnement du site Kate

Une remise en contexte et une explication du fonctionnement du site industriel est essentielle pour comprendre la problématique et la méthode utilisée pour y répondre. Des photos en annexe 2 viennent illustrer les explications qui suivent.

Le site de Kate localisée à Cerizay embauche une vingtaine de personnes et s'étale sur 525m² (bureau admiratif, zone de montage, stockage ...). C'est une usine de petite taille qui emploie une vingtaine de personnes et produisant environ 1 à 2 produit fini par jour.

Les produits finis sont des voitures petites voitures électriques type « Citroën méhari ». Le site Kate possède 3 types de technologies différentes pour leurs batteries : les batteries plombs (Pb), lithium (LFP) et VT7. Concrètement, le type de batterie influe sur l'autonomie de la voiture et entraîne quelques modifications lors du montage. Par exemple, une voiture « Pb » sera équipée de 8 batteries, une « LFP » aura 4 batteries, tandis que la VT7 possèdera qu'un bloc batterie. D'autres changements mimines sont constatables. Ainsi, le temps de montage de certaines étapes est influencé. C'est pourquoi le reste de l'étude se focalisera essentiellement sur les temps nécessaires à la production d'une voiture « VT7 », au vu des projections des volumes de productions faite par Kate.

L'usine est un site d'assemblage. Tous les éléments sont réceptionnés (certains nécessitent une modification/assemblage préliminaire) puis sont montés sur un châssis le long d'une ligne de montage.

Chaque poste d'assemblage est appelé OP. Nous listons ici toutes les étapes :

- Amont production : acheminer le châssis jusqu'à la ligne de montage. Les pièces spécifiques au châssis (arceaux, caches métalliques, capot, tableaux de bord...) sont retirées et mis de côté en amont pour être modifiées et/ou remontées au cours de l'assemblage.
- OP10 : Premier poste de montage
- OP20 : Deuxième poste de montage
- OP20.1 (que l'on renommera OP70 pour le reste de l'étude) : Poste de l'assemblage du berceau moteur, qui sera monté sur le châssis durant l'OP20
- OP30 : Troisième poste de montage
- OP40 : Quatrième poste de montage
- OP50 : Test et parallélisme sur la voiture
- OP60 : Montage des accessoires et préparation finale avant l'expédition
- Préparation envoi de voiture : Fixation du véhicule en fonction du type d'expédition
- (Préparation faisceaux) : Poste de préparation de câblages qui seront montés sur le châssis durant un OP. Ce poste est provisoire et sera externalisé.

Les OP sont des postes de montages qui cumulent plusieurs actions et non une seule et simple opération. Ainsi, les opérateurs sont souvent issus du secteur automobile.

En complément, pour une meilleure compréhension globale, il est possible de schématiser le fonctionnement et l'emménagement du site.

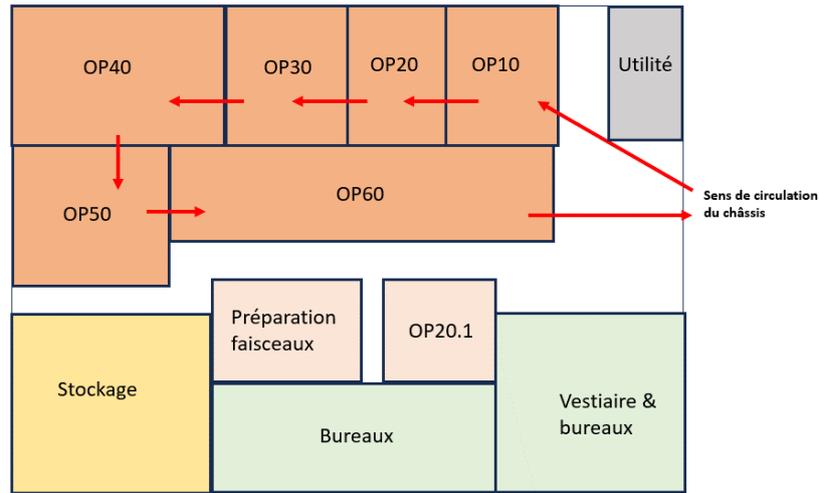


Figure 2 : Schématisation du site Kate

Le résumé de chaque étape réalisée dans la partie précédente peut être détaillé dans un outil spécifique : un diagramme fonctionnel (annexe 3).

Généralement réalisé au début d'une étude, cet outil consiste à documenter toutes les étapes et actions d'un processus par écrit. Il offre une visualisation claire de la séquence et des interactions entre ces étapes. On peut y inclure les contraintes et les ressources nécessaires pour chaque action, telles que les pièces, les opérateurs et les outils. Ce processus permet une compréhension approfondie du processus dans son ensemble, réduisant ainsi les risques d'omission. De plus, il offre la possibilité à un nouveau chef de projet d'obtenir une vue détaillée sans avoir besoin de se rendre sur le site.

Contrairement à la remise en contexte spécifique au mémoire, l'état des lieux est une étape qui sera présentée lors du rendu final au client. Les documents réalisés lors de cette étape sont considérés comme des livrables exploitables par le client pour d'autres projets par exemple.

3 Rappel du contexte et objectifs

La société Kate est une start-up dans la production de véhicule de loisir. Kate souhaite aujourd'hui développer ses moyens de production pour accroître sa capacité de production.

Lors des différents échanges réalisés entre DRB Méthodes et Applications et Kate il a été établi un BOSCARD permettant de lister le périmètre d'action et les objectifs. Ce document ne sera pas présent de ce mémoire par soucis d'anonymisation.

Ces éléments ont été confirmé lors de la réunion de lancement réalisée avec le directeur du site.

L'objectif principal est :

Proposer des solutions pour passer d'une production qui est aujourd'hui d'un véhicule par jour à quatre véhicules par jour avec trois modèles différents.

DRB Méthodes et Applications sera en charge d'établir des scénarios permettant d'atteindre ses objectifs en prenant en compte les contraintes suivantes :

- Améliorer et/ou revoir les tâches assignées à chacun des postes
- Optimiser les flux à partir de la réception jusqu'à la sortie de l'atelier

Un axe de travail devra permettre une vision dimensionnelle du futur atelier avec la représentation des flux et des postes de travail en prenant en compte les éléments annexes tels que la surface de bureau, parking ...

4 Méthodes et outils

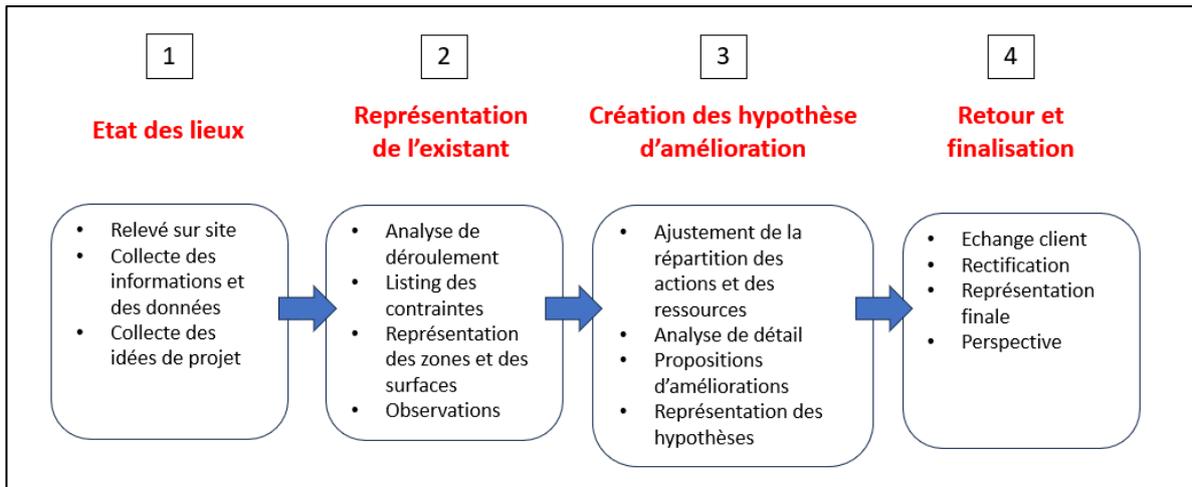


Figure 3 : Schématisation de la méthode utilisée

La méthode qui a été construite va se réaliser en 4 étapes clés schématisé ci-dessus :

L'étape 1 et 2 : L'état des lieux va nous permettre d'appréhender le besoin et les contraintes liées à l'état de situation afin de formaliser l'existant. Elle va vous être présenté suivant les items ci-dessous : Présentation de la situation actuelle du site

- Description des éléments collectés
- Présentation des analyses de déroulement réalisés
- L'étape 3 : L'analyse des étapes 1 et 2 nous permettre d'axer notre étude et définir des hypothèses de solution
- L'étape 4 : Elle consiste à établir des scénarios schématisant les solutions.

La rédaction de la méthodologie survient généralement après avoir réalisé l'état des lieux et les premières observations. De plus, elle est souvent amenée à évoluer au fil du projet. En effet, de nouvelles contraintes peuvent émerger et les besoins peuvent évoluer. Dans notre cas, par exemple, une étude détaillée a été ajoutée en complément au projet initial. Dans le but de simplifier la lecture du mémoire la méthodologie ci-dessus est celle définitive.

De la même manière, les outils ont été défini à mesure de l'avancement du projet en fonction des besoins.

Compte tenu du fonctionnement actuel du site Kate, notre proposition d'améliorations se concentrera principalement sur des changements significatifs. Pour ce faire, nous baserons principalement notre projet sur l'analyse du flux de travail, un outil d'analyse qui permettra de définir des concepts tels que le 'takt time', le 'bottleneck' et le 'standardized work'. Nous aborderons également d'autres outils considérés comme secondaires, notamment le '5S', le 'PokaYoke', le 'Kanban' et la 'gestion visuelle'. Ces outils sont issus de la méthodologie Lean Manufacturing et seront expliqués plus en détail au fur et à mesure de leur mention.

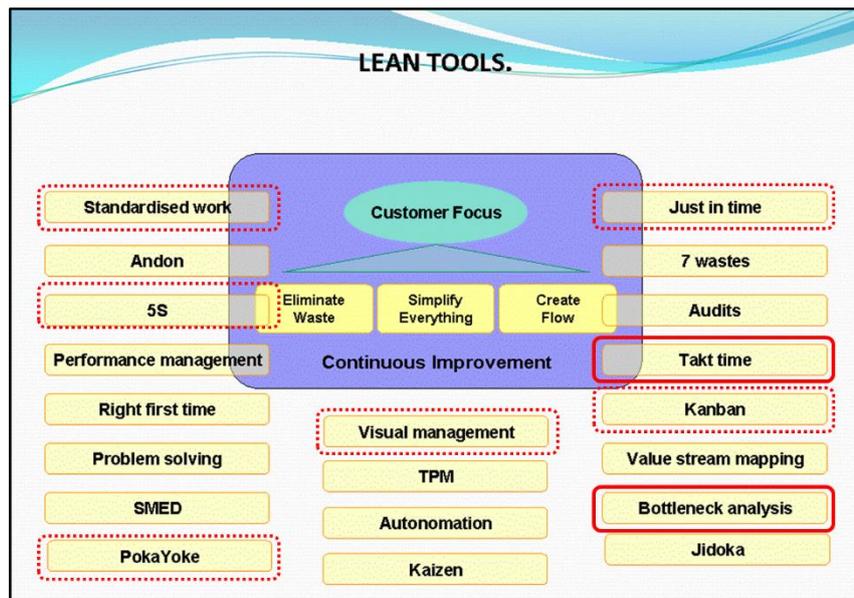


Figure 4 : Schématisation des outils du Lean (source : <https://leanmanufacturingtools.org>)

Le Lean Manufacturing est une approche d'optimisation visant à minimiser le temps de production en éliminant les inefficacités. En scrutant attentivement les étapes du processus industriel, il est possible d'identifier et de supprimer ces gaspillages, ce qui garantit la satisfaction des exigences du client en termes de coût, qualité et délai. En résumé, le Lean Manufacturing consiste à produire de manière plus efficace et à la cadence appropriée. Dans notre cas notre objectif s'axe majoritairement sur la réduction de délai, mais, sans sacrifier les coûts et la qualité. Les outils du Lean manufacturing nous permettent d'identifier les gaspillages et faire des propositions de réorganisation ou bien de mise en place d'élément technique pour les supprimer.

À cela s'ajoutent d'autres outils pour vérifier la faisabilité de nos hypothèses. Les deux critères principaux sont l'espace et les coûts. En effet, nous pouvons élaborer des scénarios d'organisations idéales grâce au Lean, mais leur mise en œuvre peut être impossible. C'est pourquoi la représentation en 2D des hypothèses dans l'existant est impérative. Le logiciel

AutoCAD est très répandu dans le milieu industriel. Il permet de créer des plans de masse pour avoir une vue globale, ainsi que des P&ID (Process and Instrumentation Diagrams), mais nous n'entrerons pas dans ce niveau de détail. C'est un outil indispensable tant pour l'ingénieur chef de projet que pour le client. En effet, il est impératif d'illustrer clairement les hypothèses afin de faciliter la compréhension des personnes responsables des décisions. Des modèles spécifiques pour les chiffrages financiers de nos solutions sont également utilisés. Ces modèles internes à DRB garantissent une qualité constante ainsi qu'une compréhension aisée. Enfin, des représentations en 3D seront également fournies. Ces dernières sont réalisées à l'aide du logiciel SolidWorks, avec la collaboration de dessinateurs spécialisés en CAO/DAO en étroite coopération avec les chefs de projets. Il revient au chef de projet de détenir à la fois une vision complète et détaillée des besoins et des contraintes, de recueillir les informations nécessaires, et de les communiquer de manière concise.

5 Etat des lieux

5.1 Mise à jour des informations initiales

La collecte des informations a permis de réaliser les actions suivantes :

- Visite atelier avec prise de photos pour constats
- Récupération du plan de la future extension « locabri »
- Mise à jour du plan existant
- Mise à jour de l'analyse de déroulement
- Rencontre des différents interlocuteurs du site de production

5.2 Plan d'implantation actuel du site et intégration plan locabri

Une représentation en 2 dimensions (logiciel Autocad) sera nécessaire pour le reste de l'étude. Contrairement à une schématisation, il sera possible d'y inscrire beaucoup plus d'éléments, d'avoir un visuel compressible et d'avoir une représentation précise de l'encombrement des équipements. Tous ces éléments supplémentaires sont indispensables pour étudier la faisabilité de nos futures hypothèses.

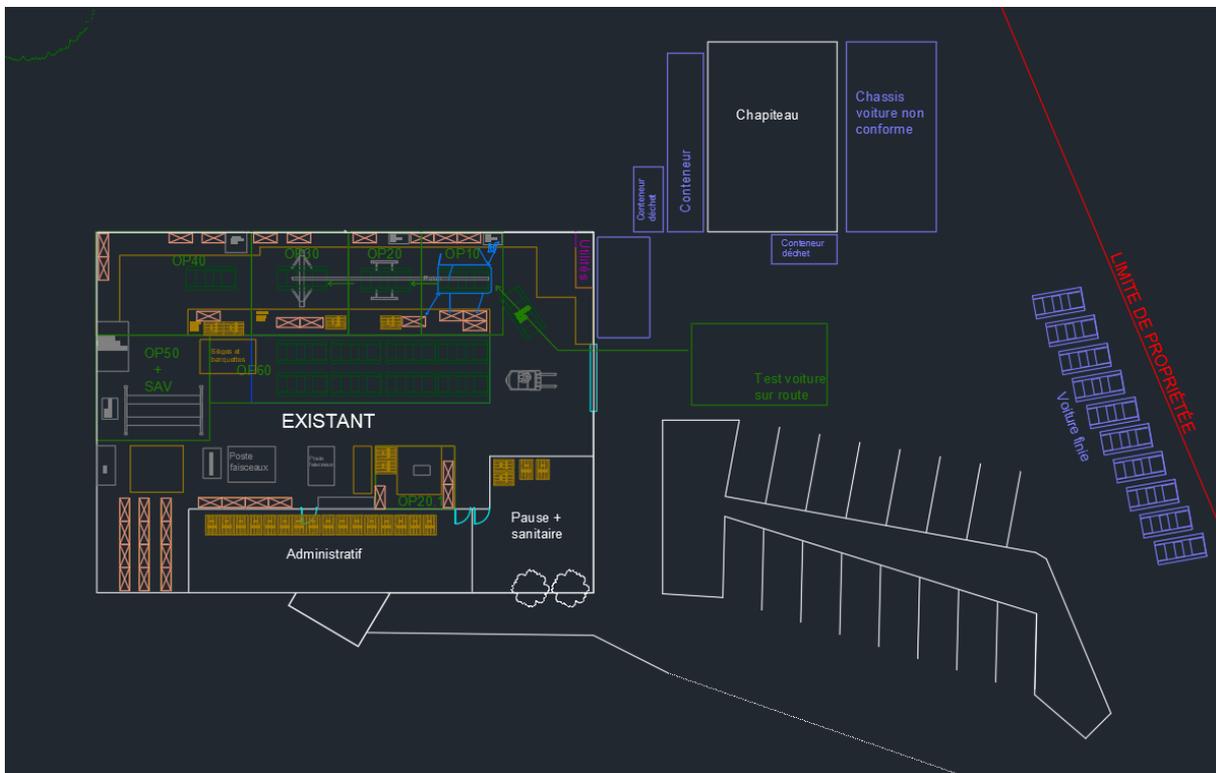


Figure 5 : Plan d'implantation mis à jour

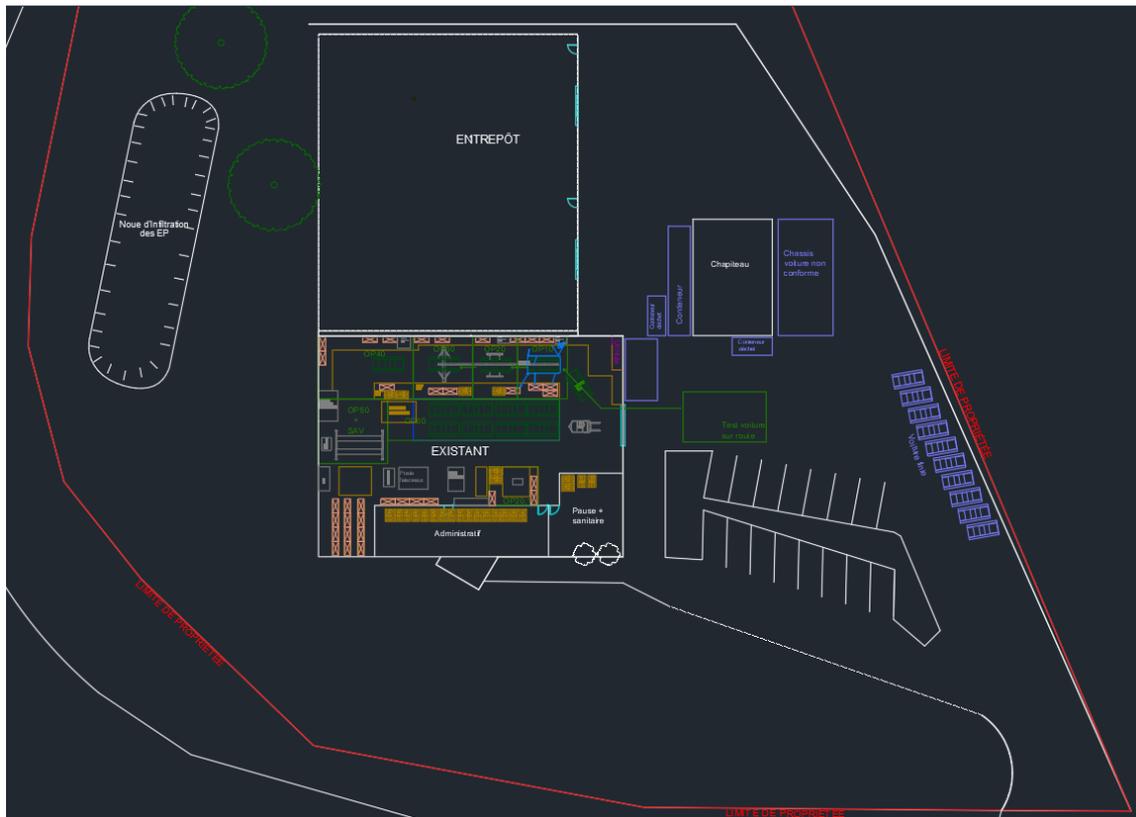


Figure 6 : Plan d'implantation avec plan Locabri

5.3 Mise à jour de l'analyse de déroulement

Une analyse de déroulement est un document et un outil qui se construit en décomposant entièrement un OP en étapes. Il est impératif de capturer toutes les actions nécessaires pour atteindre l'objectif du processus. Chacune de ces actions est :

- relevée chronologiquement afin de comprendre l'enchaînement
- caractérisée pour identifier le but et les ressources utilisées pour la réalisation de cette action
- quantifiée en termes de temps

Le document devient une base de travail dans l'optimisation des OP et donc d'un processus, car il permet notamment d'identifier des actions qui peuvent être améliorées, supprimées, transférées ou combinées.

À terme, une analyse de déroulement permet de moduler un OP optimal, sans action à non-valeur ajoutée. Elle donne également une vue d'ensemble lorsqu'elle comprend l'entièreté des étapes/OP d'un processus.

La contrainte de planning ne nous permet pas de recommencer une analyse de déroulement sur tous les OP. Il a été décidé de mettre à jour le document en épluchant avec le client chaque OP et en modifiant, ajoutant ou supprimant des actions à la suite des évolutions.

Une analyse de déroulement est un document et un outil qui se construit en décomposant entièrement un OP en étapes. Il est impératif de capturer toutes les actions nécessaires pour atteindre l'objectif du processus.

Méthode Actuelle		Temps réalisés en minutes		Temps prévus en minutes		Observations		Evolution (OR)		Temps		Commentaire	
Description des opérations	Opération	Temps	Temps	Temps	Temps	Observations	Evolution	Temps	Temps	Commentaire	Temps	Commentaire	
Amont production		115,5		116							0		
Préparation faisceaux		297									0		
OP10		187,8		34,1		Duoké en air comprimé					9		
Récupération pièce pour le kit d'assistance de freinage	0	11	0,8								0	Zone préparation	
Préparation kit assistance de freinage	0	11	10,2								0	Zone préparation	
Récupération pièce pour la pédale de frein	0	36	0,2								0	Zone préparation	
Préparation pédale de frein	0	36	35,6			Montage de la pédale					0	Zone préparation	

Figure 7 : Capture du début de l'analyse de déroulement

La totalité de l'analyse de déroulement est consultable en annexe 4

5.4 Contraintes générales

Nous inscrivons toutes les contraintes identifiées lors de l'état des lieux et des échanges sur site :

- L'entrepôt « Locabri » est non électrifié
- Les postes de travail seront donc à prévoir uniquement dans bâtiment actuel
- La préparation de faisceaux sera sous traitée
- Polyvalence des opérateurs
- Fusion de l'OP 10 et 20 prévue

6 Constats suite à la mise à jour de l'état des lieux

L'ensemble des relevés réalisés nous a permis de faire des analyses que nous allons détailler par la suite.

6.1 Analyse des durées

Nous avons un document qui établit le temps de réalisation de chaque action qui compose un OP. Nous les avons ajustées à la situation actuelle (certaines actions sont supprimées, ajoutée ou encore leur temps est modifié).

Le nombres d'opérateurs par OP permet de calculer le nombre de minutes réel par OP. Par exemple, si la somme de chaque action d'un OP est de 240 minutes et que 2 opérateurs y sont dédiés, la durée réelle sera de 120 minutes.

	Temps action de l'OP (min)	Nombre opérateur	Temps réel OP (min)
Amont production	115,5	1	116
Préparation faisceaux	700	7	100
OP10	187,8	1,5	125
OP20	186,94	1,5	125
OP70	184,22	1	184
OP30	127,05	2	64
OP40	358,6	2	179
OP50	117	1	117
OP60	242	1	242
Préparation envoi de voiture	176	1	176

Tableau 1 : Temps réel des actions

Les objectifs visés sont respectivement de 3 et 4 véhicules par jour. Ces limites représentent une notion de base du Lean : le Takt time. Pour définir le takt time, il suffit de diviser le temps de production disponible par la demande des clients

$$\text{Takt time} = \frac{\text{Total Available Production Time}}{\text{Average Customer Demand}}$$

Dans notre cas les takt time sont respectivement 160 et 120 minutes (limité calculée sur une journée de 8h, soit 480 minutes).

	Situation actuelle	Objectif n°1	Objectif n°2
Nombre de voiture/jour	2	3	4
Temps max par OP (min)	240	160	120
Surface (m²)	525		
Nombre d'OP	7		

Il est possible d'illustrer les résultats et objectif en s'appuyant sur une représentation graphique de Pareto.

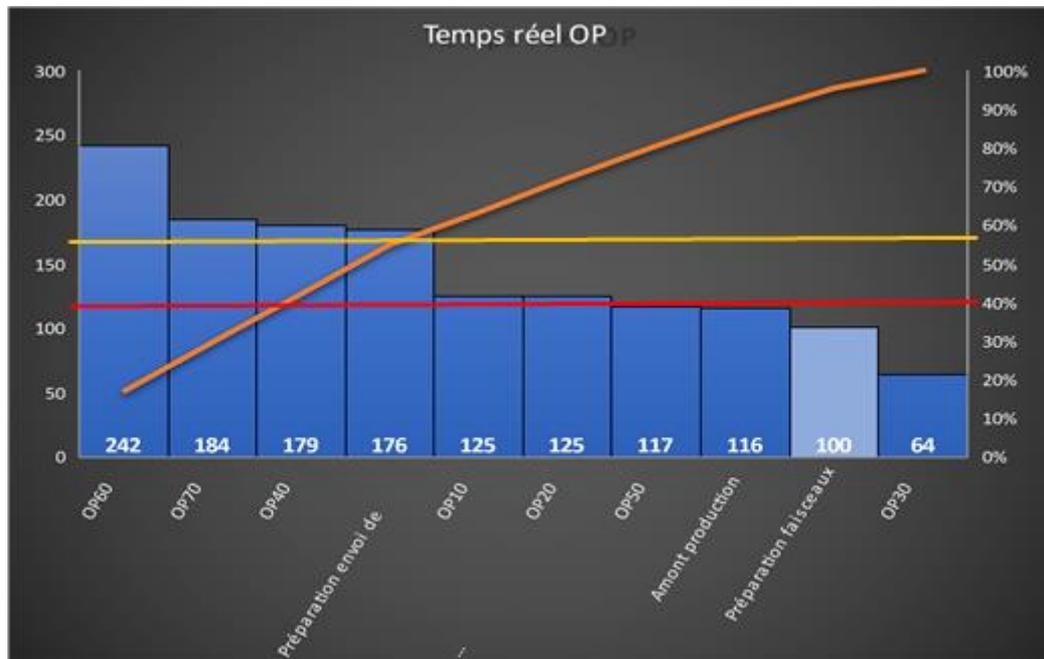


Figure 8 : Représentation graphique de Pareto du temps réel des étapes actuellement

Les lignes jaune et rouge illustrent les objectifs de temps (takt time) à atteindre, tandis que les colonnes bleues indiquent la durée en minute de chaque étape du processus. La ligne orange représente une indication de la répartition, étant la somme cumulée des durées de chaque étape en pourcentage. Par conséquent, notre objectif est d'obtenir une diagonale constante, ce qui signifie que la répartition du temps de travail est égale sur chaque étape. Les intervalles entre les colonnes bleues et les lignes de référence du takt time représentent les temps d'attente. Ces temps d'attente correspondent à des actions à non-valeurs ajoutées et sont considérées comme du gaspillage, à éliminer selon les principes du Lean Manufacturing.

Note : Le temps dédié à la préparation faisceau n'est pas représentatif du temps actuel. Il ne sera pas pris en compte pour le reste de l'étude.

Le goulot d'étranglement semble être l'OP 60. Il profite d'une importante surface de travail qui lui sert de zone tampon. Or, une fois cette zone tampon saturée, l'OP 60 peut bloquer les OP qui le précède.

Sur une base de travail de 480 minutes par jour, la volume de production final théorique est de 2 voitures/jour.

6.2 Observations d'anomalie sur ligne

Le volume de production théorique n'est pas atteint par la ligne de production. En effet, nous avons pu constater qu'un nombre important d'anomalies (retours sur la ligne de certaines voitures, non-conformité de certains équipements reçus, etc.) venait interférer avec la production. Cette observation est soutenue par l'avance de l'OP 70 sur les autres OP. Bien que son temps d'exécution réel soit supérieur à celui des autres OP, il n'est pas impacté par les retours sur la ligne.

Ainsi, le volume de production observé est d'environ 1,5 véhicule par jour.

6.3 Conclusion Intermédiaire

La construction d'une analyse de déroulement et sa représentation graphique mettent en lumière la limite théorique de production : l'OP60 ne permet pas de dépasser 2 voitures/jour. Après cela, les OP70 et 40 deviennent des facteurs limitants pour parvenir à produire 3 véhicules par jour.

Nos constatations et nos échanges sur site nous permettent d'affirmer que cette production théorique n'est pas atteinte à cause d'anomalies de production sur l'enchaînement des OP10 à 40. En réalité, la production finale avoisine les 1,5 véhicules par jour.

Ainsi, nous concluons que pour réussir au mieux notre objectif d'augmentation de cadence, il est impératif de travailler sur deux grands axes :

- La réorganisation des OP pour l'optimisation du temps de travail
- La réduction des anomalies de production et de leurs impacts sur la production

Nous travaillerons sur des optimisations sur les OP et ne considérerons pas les étapes "préparation envoi de voiture", "préparation faisceaux" ainsi que "amont de production".

7 Optimisation du temps des OP

7.1 Analyse et axes de travail

Objectif : Etablir des hypothèses faisant passer le temps de chaque OP en dessous de 160 minutes (soit 3 véhicules par jour) et dans l'idéal, 120 minutes (soit 4 véhicules par jour).

Hypothèses : - Nous ignorons dans un premier temps les erreurs process pour émettre nos hypothèses. Néanmoins, elles gagneront en impact négatif sur une production optimale.

- Nous considèrerons que les actions et les postes « préparation faisceaux » sont supprimés

Axes de travail :

- Augmentation du nombre d'opérateur sur les OP
- Dédoubler des OP
- Transférer des actions aux OP
- Créer des OP

7.2 Suppression de la préparation des différents OP

La première piste d'amélioration consiste à dissocier les actions de préparation des différents OP. L'idée est de créer un poste qui prépare tous les éléments, et ainsi les OP réaliseraient uniquement le montage sur le châssis sans réaliser de préparations préalables des pièces. Seule la visserie resterait sur la chaîne de montage. Pour cela, nous réutilisons l'analyse de déroulement, nous regroupons les actions de préparation dans un OP spécifique « zone préparation » et retraçons un Pareto :

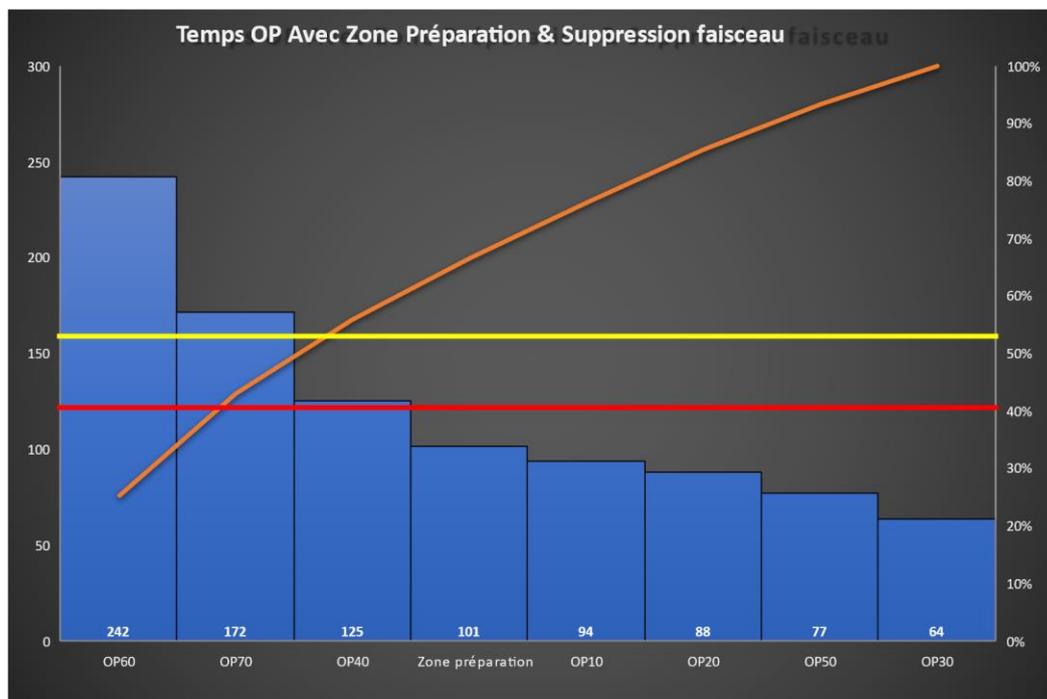


Figure 9 : Représentation graphique de Pareto du temps réel des étapes en transférant la préparation

7.3 Challenge sur poste des données théoriques estimée

Le but ici est de confronter les données de l'analyse de déroulement mise à jour théoriquement avec les estimations des opérateurs qui réalisent ces mêmes OP.

			Temps estimés	Analyse de déroulement Etat des lieux	Analyse de déroulement Sans prépa OP	Différence Etat des lieux	Différence sans prépa	Temps les plus longs VT7 (sans prépa)	
10	sans prépa	Plomb		187,8	136,4			136,4	
		LFP							
		VT7							
	avec prépa	Plomb							
		LFP							
		VT7							
20	sans prépa	Plomb	120	186,94	132,14	23,06	2,86	135	
		LFP							
		VT7	135						
	avec prépa	Plomb	180						
		LFP							
		VT7	210						
30	sans prépa	Plomb	180	127,05	127,05	2,95	-22,05	127,05	
		LFP	150						
		VT7	105						
	avec prépa	Plomb	210						
		LFP	180						
		VT7	130						
40	sans prépa	Plomb	250	358,6	224,72	1,4	25,28	250	
		LFP	250						
		VT7	250						
	avec prépa	Plomb	360						
		LFP	360						
		VT7	360						
50	sans prépa	Plomb	60	117	77	-57	-17	77	
		LFP							
		VT7							
	avec prépa	Plomb							
		LFP							
		VT7							
60	au minimum	Plomb	150	242	242	-32	32	242	
		LFP							
		VT7							
	toute option (hiver)	Plomb							210
		LFP							
		VT7							
70		Plomb	210	184,22	176,8	25,78	7,42	210	
		LFP							
		VT7							

Tableau 2 : Récapitulatif des temps des OP estimés

Nous constatons des différences importantes sur certains OP entre l'estimatif de l'analyse de déroulement et l'estimatif des opérateurs.

L'analyse de déroulement challengée par l'estimatif des opérateurs nous permet d'obtenir les temps des différents OP. Toutefois ces données restent des estimations. Par précaution, nous ne considérerons, pour la progression de cette étude, uniquement les durées les plus longues.

7.4 Lissage des temps des OP et création d'un flux tendu

Le lissage des actions permet de réduire les temps d'attentes à non-valeur ajoutée. Pour cela nous transféreront certaines actions d'un OP à l'autre et réajusteront le nombre d'opérateur dédié à un OP.

Toutefois ces deux axes de travail ont des limites :

- Certaines actions ne peuvent pas être transféré
- Minimiser le nombre d'opérateur
- Des décimales d'opérateurs (exemple : 1,79 opérateur sur un OP n'est pas envisageable)
- Nombre limite d'opérateur sur un seul OP
 - o Dédoubler un OP augmente ce nombre limite mais augmente les contraintes d'encombremments.

En prenant en compte ces contraintes, il nous est possible de proposer une hypothèse de lissage des temps des OP afin d'être en dessous du takt time.

	OP 10&20	OP30	OP40	OP50	OP60	OP70	Zone préparation OP			
Temps OP sans transfert d'action (min)	271	127	250	77	242	210	304			
Temps OP avec transfert d'actions (min)	285	114	230	97	242	210	304			
Nombre opérateur	2,5	1	2	1	2	1	3			
Temps réel théorique	114	114	115	97	121	210	101			
Nombre de poste	1	1	1	1	1	2	1			
temps/nbr poste	114	114	115	97	121	105	101			
<table border="1" style="margin: auto;"> <thead> <tr> <th>Modifications</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Transfert action de l'OP30 vers l'OP10&20</td> </tr> <tr> <td>Transfert action de l'OP40 vers l'OP50</td> </tr> </tbody> </table>								Modifications	Transfert action de l'OP30 vers l'OP10&20	Transfert action de l'OP40 vers l'OP50
Modifications										
Transfert action de l'OP30 vers l'OP10&20										
Transfert action de l'OP40 vers l'OP50										

Tableau 3 : Lissage de la durée des OP

Dans ce scénario nous avons :

- fusionné les OP10 et 20
- ajouté un opérateur sur l'OP60
- dupliqué l'OP70
- supprimé un opérateur à l'OP30
- attribué 3 opérateurs à la zone de préparation

La faisabilité de chaque changement devra être discutée avec le client. Notamment, le transfert de certaines actions, la duplication d'OP ou encore la polyvalence d'un opérateur pour être sur deux postes à la fois (0,5 opérateur sur un OP).

Nous représentons graphiquement l'hypothèse de réorganisation :

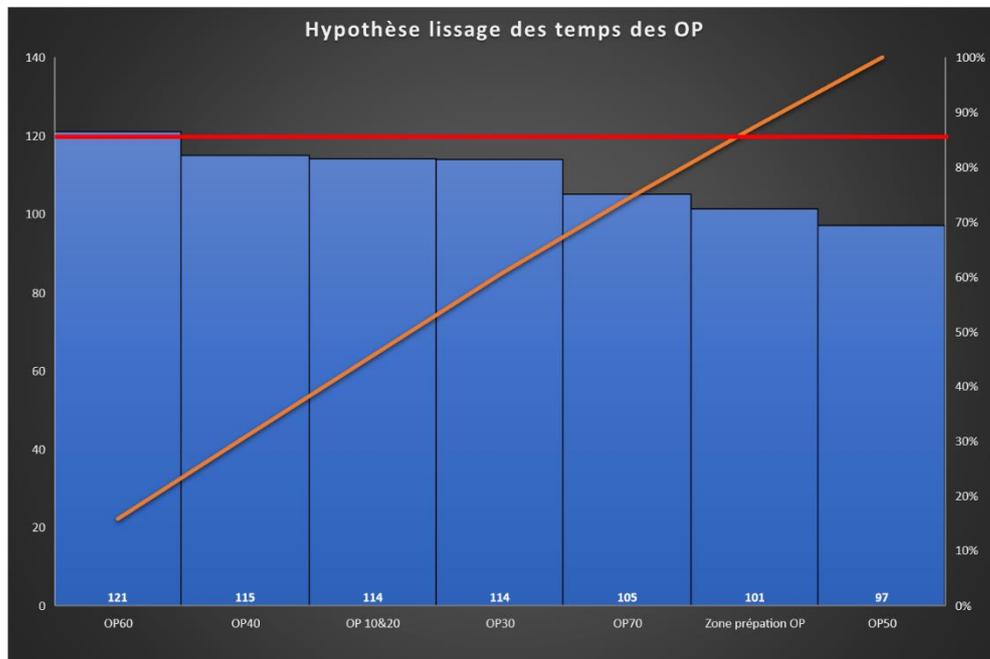


Figure 10 : Représentation graphique de Pareto du temps réel des étapes de l'hypothèse de réorganisation

7.5 Conclusion intermédiaire

Des réajustements sur les OP et notamment la suppression des étapes de préparations sur les différents OP, grâce à la création d'une zone dédiée, permettraient une répartition du temps de travail compatible avec l'objectif de 4 véhicules par jours. Toutefois il est primordial d'éliminer les anomalies de production.

Nous constatons que les temps des OP ne sont que très légèrement en dessous de la barre d'objectif des 120 minutes. Or, les anomalies de production que rencontre le site sont sources d'une importante variabilité sur la durée des OP. Par conséquent, il sera primordial d'éliminer ou réduire l'impact de ces anomalies de production.

Ainsi l'analyse en détail d'un OP permettrait d'une part la consolidation des données en termes de temps. En second lieu il sera possible de détecter des anomalies, de proposer des axes d'amélioration pour se dégager du temps de sécurité et pouvoir assurer l'atteinte de l'objectif visé.

8 Réduction des anomalies de production

Les anomalies de production entraînent des forts ralentissements de la cadence de production. Elles sont encore plus problématiques au vu du fonctionnement en chaîne et lorsque l'on tend vers un process sans temps d'attente. Il est donc crucial de réduire leurs apparitions et leur impact.

8.1 Anomalie sur ligne & axe d'amélioration

Quelques exemples :

- Erreur de préparation
- Erreur de mise à jour des stocks
- Problèmes fournisseurs, pièce non conforme
- Changement ordre commande
- Dédoublage des voitures

Axe de travail :

- Outils facilitant la saisie et la sauvegarde des erreurs de production. Cela permet d'analyser les anomalies les plus récurrentes et mettre en place des correctifs
- Vérification de la conformité des pièces :
 - o Contrôle qualité réception
 - o Contrôle qualité zone de préparation
- Zone tampon d'équipement préparés (faisceaux, banquette etc)
- Gestion des stocks sur cette zone tampon
- Disposition d'un temps supplémentaire pour que l'OP préparation fasse le montage de pièces en avance pour alimenter cette zone tampon, et notamment :
 - o Celles identifiées comme souvent problématique/défectueuse
 - o Celles récurrentes pour des rétrofits et SAV
- Avoir des marges de manœuvre sur les OP critiques. En d'autres termes, des contretemps sur les Ops qui impactent les suivant (zone de préparation, OP70, OP10) sera plus critique que du retard à l'OP50 ou 60.
- Zone tampon pour un véhicule entre deux OP

Certains de ces axes de travail pourront être pris en compte pour l'élaboration des hypothèses. D'autres sont des pistes qui pourraient être la base d'un nouvel accompagnement de DRB MEA

8.2 Anomalie sur poste

Les anomalies de poste sont les problèmes rencontrés lorsque l'opérateur réalise ses actions.

Quelques exemples :

- Recherches d'outils : son matériel n'est pas au bon endroit
- Erreurs de préparation
- Erreurs de montage
- Notification des non-conformités

Nous détaillerons en détail les axes de solutions lors de l'analyse en détail de l'OP40.

9 Analyse de détail de l'OP40

Nous avons filmé la phase de préparation des pièces et le montage d'une voiture sur le poste de l'OP40. Cette base de données nous permet de qualifier et quantifier chaque action, les pièces et outils utilisés, les flux ou encore les anomalies.

Toutes ces données sont répertoriées dans un tableur consultable en annexe 5

Ref vidéo	Début Timer vidéo	Fin Timer vidéo	Nom de l'action	Temps de montage	Temps total	Elément(s) Pièce montée	Outil(s)	Flux		Anomalie		Commentaire
								Nature	Temps	Nature	Temps	
VID_20230713_103127	00:01:30	00:04:30	Gravure	3	00:03:00	-	Graveur					RAS
VID_20230713_103127	00:07:00	00:18	Fixation ceinture	4	00:11:30	Ceintures Caches visées	Visseuse Clé dynamo Visseuse pneumatique Stylo	Caches batteries OP10	0,5	Récupérer perceuse	2	RAS
VID_20230713_103127								Récupérer outils	0,5	Rectification prépa pare choc	3	
VID_20230713_103127	00:23:00	00:25:30	Fixation plaque coffre arrière	2,5	00:02:30							RAS
VID_20230713_103127	00:25:30	00:26:50	Fixation pare choc	1,5	00:01:20	Caches Pare choc		Pare choc OP10	0,5			RAS
VID_20230713_103127	00:26:50	00:31:40	Fixation roue de secours	3	00:04:50		Visseuse Clé dynamo	Récupérer support/visées Récupérer roue	0,5	Récupérer perceuse	1	RAS
VID_20230713_103127	00:31:40	00:33:40	Verification pneus	3	00:02:00		compresseur	Récupérer compresseur	0,5			RAS
VID_20230713_103127	00:33:50	00:34:50	Placer un siège		00:01:00					Siège préparé non conforme	1	RAS
VID_20230713_103127	00:34:50	00:45:10	Serrer et passer des cables	7	00:10:20	serflex	pince	Récupérer	0,5	Récupérer pince + faire un stock de serflex	3	RAS
...

Nous réalisons en complément l'analyse de déroulement spécifique de l'OP 40. La méthodologie reste la même que l'analyse de déroule réalisée précédemment. Le niveau de détail et la précision seront toutefois bien plus importants. L'analyse de déroulement de l'OP40 est consultable en annexe 6.

A partir de cette analyse de déroulement nous pouvons faire une représentation de la répartition des temps

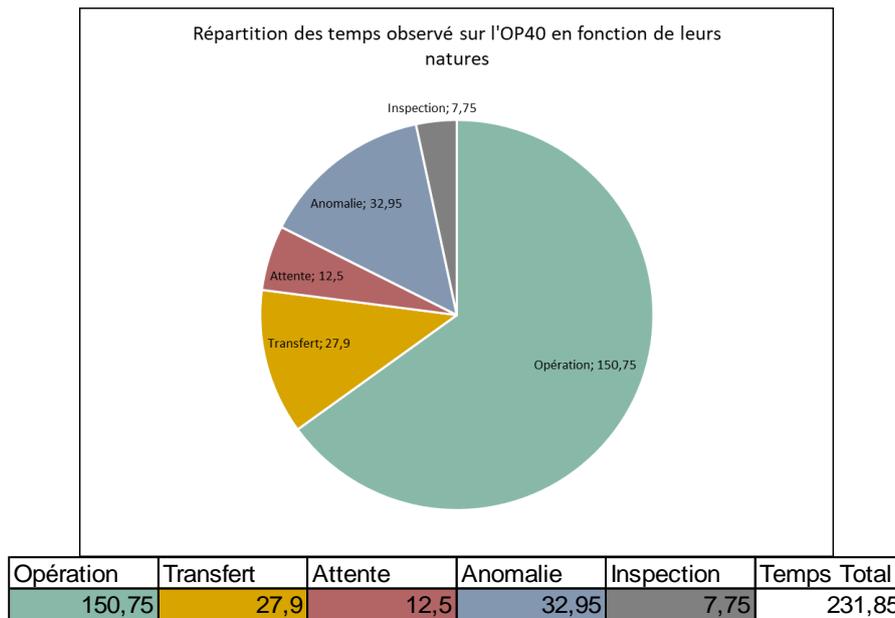


Figure 11 : Répartition des temps observés sur l'OP40 en fonction de leur nature

Quantifier chacune des actions nous permet d'établir les gains potentiels en réduisant les actions à non-valeur ajoutée. Par exemple certaines actions de transfert à durée anormale sont identifiées. Par exemple, pour calculer les gains pour cette catégorie d'anomalie, une durée de référence de 0.2 minutes (12 seconde) est établie pour la récupération d'un outil. Les temps d'attente et les erreurs de montage eux sont entièrement supprimables. Un gain de temps léger peut être trouvé en optimisant la façon de réaliser la tâche. La somme des différences nous rend compte du gain potentiel.

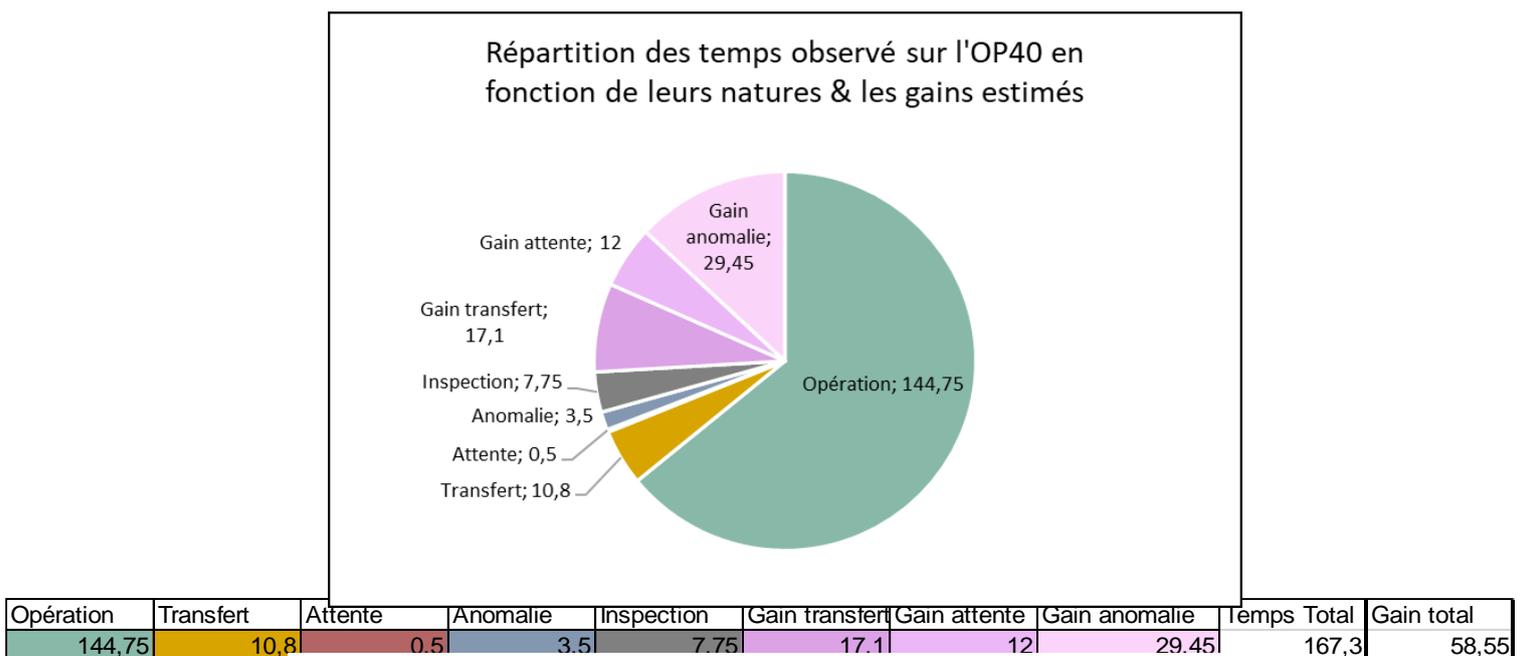


Figure 12: Répartition des temps observés et des gains estimés sur l'OP40 en fonction de leur nature

Nous pouvons récapituler les différentes estimations des durées réalisées :

Actuel (avec préparation)	Estimation analyse déroulement (sans préparation)	Estimation opérateur en supprimant la préparation	Observé par l'analyse vidéo	Estimé avec améliorations
358	224	250	232	167

Les pertes de temps et d'efficacité découlent de l'absence de standardisation au sein de l'opération. Par exemple, il semble que l'ordre des actions ne soit pas défini, ce qui conduit l'opérateur à se demander quelle étape suivre. Cette confusion est exacerbée par une mauvaise organisation et l'absence de normes claires sur le poste de travail. Certains outils ne sont pas immédiatement disponibles, retardant ainsi certaines étapes et entraînant des pertes de temps significatives, car l'opérateur doit les rechercher au moment où ils sont nécessaires.

De plus, des erreurs peuvent survenir en raison de cette confusion et du manque de standardisation. Toutes ces problématiques pourraient être résolues assez facilement grâce à des solutions simples. Ces anomalies sur le poste de travail sont particulièrement préoccupantes car elles rendent le temps nécessaire pour accomplir l'opération très imprévisible. La productivité de l'opérateur peut varier considérablement d'un jour à l'autre.

Il est essentiel d'avoir des procédures opératoires standardisées car elles favorisent une meilleure rentabilité, améliorent les conditions de travail de l'opérateur et servent de base pour des améliorations plus approfondies. Dans toutes les approches du Lean Manufacturing, la stabilité et la standardisation sont les fondements de l'amélioration continue.

En théorie, il faudrait mettre en place toutes les mesures possibles pour garantir la standardisation et disposer d'outils de mesure de la productivité. Cependant, dans la pratique, des changements trop radicaux et rapides peuvent s'avérer extrêmement difficiles à mettre en œuvre.

Il est possible de rédiger un tableau récapitulatif de l'analyse.

Nature des actions à non-valeur ajoutée	Temps (minutes)	Solution
<ul style="list-style-type: none"> - Récupération d'outils trop lente - Recherche des outils 	26	<ul style="list-style-type: none"> - Identification des outils par poste - Emplacement spécifique et optimal pour les outils d'un OP (servante optimale)
<ul style="list-style-type: none"> - Récupération des pièces trop lente 	8	<ul style="list-style-type: none"> - Solution chariot praticable
<ul style="list-style-type: none"> - Erreur de montage - Enchaînement des actions - Action anormalement longue - Attentes 	21	<ul style="list-style-type: none"> - Standardisation des actions - Réorganisation - Validations étapes
<ul style="list-style-type: none"> - Non-conformité de préparation 	13	<ul style="list-style-type: none"> - Séparation zone préparation, pour plus de qualité sur les pièces préparée
<ul style="list-style-type: none"> - Dédoublage des voitures 	Aucun observé lors de la prise vidéo	<ul style="list-style-type: none"> - Zone tampon/buffer entre deux OP
<ul style="list-style-type: none"> - Non-conformité fournisseurs - Mauvaise mise à jour des stocks 	Aucun observé lors de la prise vidéo	<ul style="list-style-type: none"> - Solution d'amélioration continue

Tableau 4 : Qualification et quantification des actions à non-valeur ajoutée

9.1 Conclusion intermédiaire

Le temps observé sur l'OP est proche des estimations de l'analyse de déroulement et celle des opérateurs : respectivement 8 minutes et 18 minutes d'écart (représentant un écart de 3,2% et 7,2%). Cela nous permet de consolider les données de durées sur cet OP.

L'analyse en détail de l'OP40 nous permet d'identifier les anomalies venant parasiter la production. Ainsi, nous pouvons quantifier avec précision les actions à non-valeur ajoutée et rendre compte de la durée optimale de l'OP40. Nous estimons qu'avec optimisation menant à la suppression de toute anomalie, il serait possible de réduire de 65 minutes cet OP (représentant 28,8%).

De par son nombre d'action important il est logique d'obtenir une grande marge d'amélioration sur cet OP. Néanmoins, ce type d'analyse en détail sur les autres postes permettront d'établir une durée optimale à viser et d'identifier d'autres anomalies de productions à corriger.

10 Etude des solutions et de leurs implantations

Objectif : Etablir des hypothèses d'implantation en accord avec la suppression des actions de préparation sur chaque OP.

Hypothèses :

- Utilisation du nouveau bâtiment comme un espace de stockage
- Fusion des OP 10 et 20

Axes de travail :

- Création d'une zone préparation
- Système de rack dynamique
- Système de praticable/chariot

10.1 Conception d'une nouvelle zone de préparation

Au vu de la création d'une nouvelle zone spécifique à la préparation des pièces, nous avons préliminairement rédigé un document listant l'ensemble des pièces et leurs caractéristiques (dimensions, nombre nécessaire par véhicule, spécifique ou non, préparation nécessaire ou non, outils spécifique/gabarit pour la préparation...). Ce document sera utilisé pour les deux parties suivantes. Le document est consultable annexe 7

	OP10	OP20	OP30	OP40					
Numéro	Type voiture	Nom de la pièce	Dimension (lon*lar en mm)	Quantité	outillage	Temps (1 seul)	Temps réel	commentaire	photo
1	Plomb	Cache coup de pouce	100x100	1	ciseaux et double face	1	1		
2	Pb + LFP	tuyau de freinage	300x200x5	1	clé de 10	5	5	Pliage + assemblage sur répartiteur (1kit = 3 tuyaux)	

Figure 13 : Capture du document d'identification des pièces

10.2 Système d'acheminement des pièces

L'objectif est de déterminer des solutions pour l'acheminement de toutes les pièces nécessaires au montage (les visses et outils restent à proximité des OP)

10.2.1 Principe de la solution « rack dynamique »

Le rack dynamique est un stockage alimenté en continue par la zone préparation et dans lequel la ligne OP pourrait s'alimenter. Leurs rangements sont légèrement inclinés pour que les pièces insérées à l'arrière (zone de préparation) se retrouve à l'avant du rack (vers l'OP)

Avantage	Contrainte
<ul style="list-style-type: none">- Permet de réduire les erreurs de production : Système de bacs/étagères dédiés à un véhicule- Mise en place facile- S'adapte facilement aux changements de pièces- Plus adéquat pour plusieurs références de voitures	<ul style="list-style-type: none">- Zone de prépa accolée aux OP, zone prépa non mobile- Pas de poka yoke/détrompeur possible

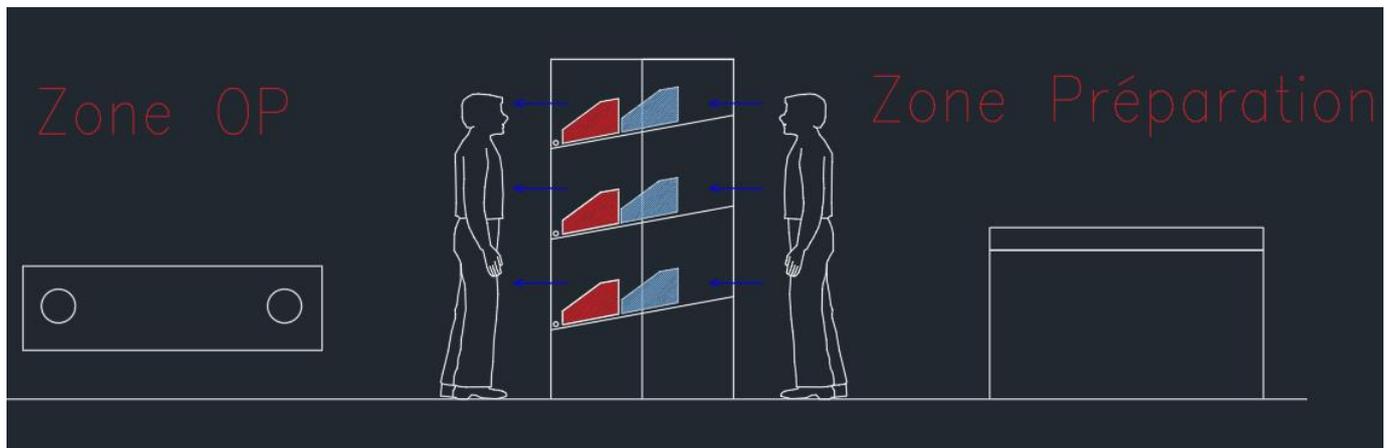


Figure 14 : Visuel du système du système de rack dynamique

10.2.2 Principe de la solution « chariot praticable »

Le praticable est un chariot mobile portant toutes les pièces préparées pour un véhicule. Il peut suivre le châssis au cours des différents OP.

Avantage	Contrainte
<ul style="list-style-type: none"> - Permet de réduire grandement les erreurs de production - Poka yoke/détrompeur possible - Déplacement du chariot - Zone de prépa mobile 	<ul style="list-style-type: none"> - Mise en place (design du praticable) plus longue - S'adapte moins au changement de pièces - Plus onéreux - Augmentation des flux

Nous anticipons la contrainte de l'encombrement des chariots praticables. En effet, nous aurons besoin d'une estimation de ces dimensions afin de s'assurer de sa compatibilité avec l'encombrement des OP, des allées, des zones de stockage...

Une estimation globale peut être faite en sommant les volumes des pièces répertoriées dans le document d'identification des pièces. Dans notre cas, nous avons assez de données pour faire le dimensionnement en 3D de toutes les pièces et ainsi du chariot praticable. Cela n'est pas obligatoire mais sera grandement apprécié en vue d'un chiffrage lors d'échange avec des fournisseurs (retour plus rapide, estimation plus précise...)

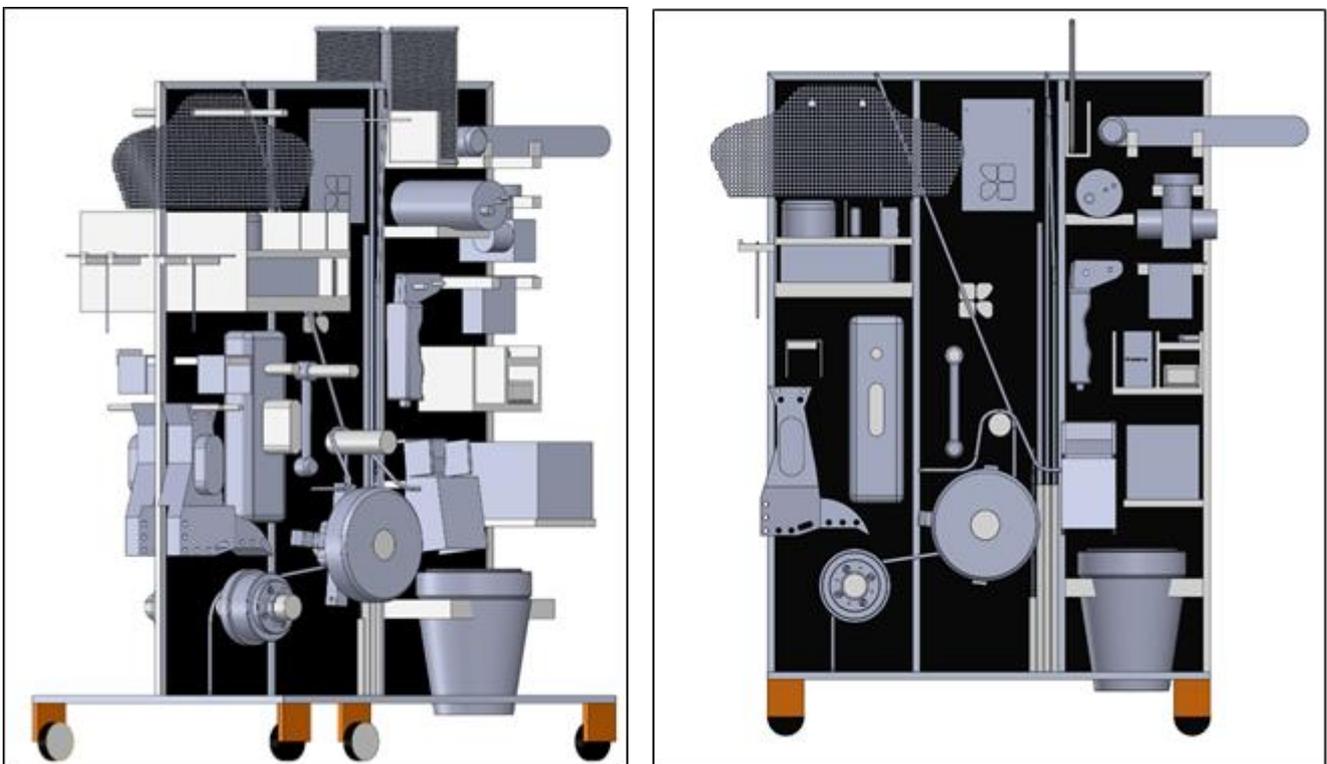


Figure 15 : Représentation 3D du chariot praticable avec toutes les petites pièces des différents OP

Un poka-yoké est un mécanisme dans un processus qui aide un opérateur à éviter les erreurs liées à ses actions. Nous le traduisons ici par « détrompeur ». Plus concrètement, la mise en place de poka-yoké permet :

- Un contrôle qualité intégré à 100%, réduisant le temps nécessaire à la formation des travailleurs.
- La suppression de nombreuses opérations liées au contrôle qualité.
- Le soulagement des opérateurs des tâches répétitives.
- La promotion de l'approche et des actions axées sur l'amélioration du travail.
- Une réduction significative des produits rejetés.
- Une réaction immédiate en cas de problème.

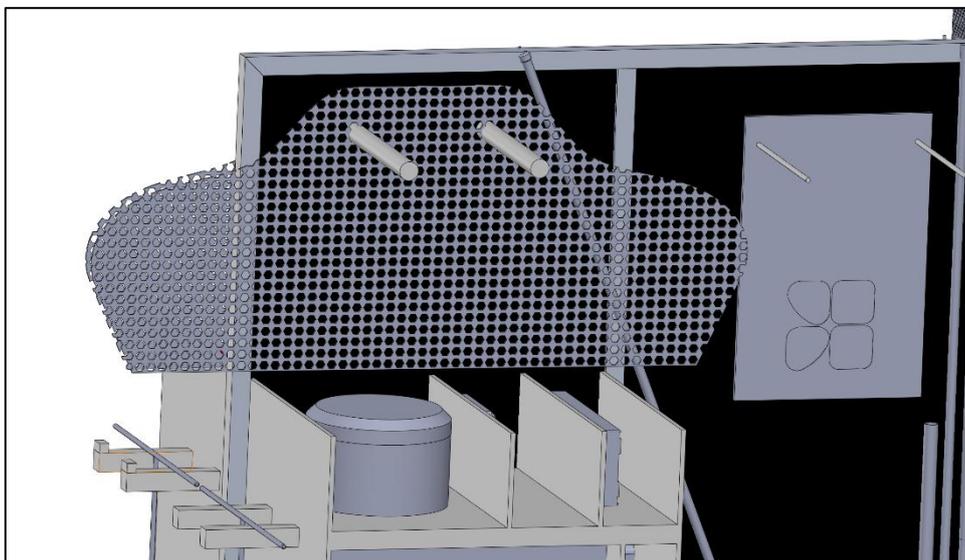


Figure 16 : Zoom sur un poka-yoké/détrompeur pour la bavette et la grille du pare choc avant

Ici, ces points d'accroches des pièces sur le chariot praticable ont les mêmes dimensions que les points de fixations du châssis. Ainsi, si la préparation n'est pas correcte, l'opérateur ne pourra pas monter la pièce sur le praticable. Ainsi l'erreur peut être rapidement rectifiée et cela évite d'injecter la pièce défectueuse sur la ligne de montage.

La grille de pare choc et la bavette sont deux pièces choisies au hasard pour illustrer le principe. Il serait idéal d'identifier les pièces les plus « problématiques », les plus propices à être défectueuses.

10.3 Mode de fonctionnement de la zone de préparation

L'objectif ici est de préciser le mode de fonctionnement afin de déterminer l'espace nécessaire et les nouveaux flux dédiés à la nouvelle zone de préparation.

Le fonctionnement idéal, au vu de nos contraintes d'espace et de productivité, serait le suivant : le magasinier alimente la zone préparation avec uniquement les pièces nécessaires pour une journée de production (assez de pièces pour 4 véhicules). Les opérateurs préparent les pièces et composent les quatre chariots praticables pour la journée du lendemain. En prenant en compte les anomalies et les contraintes réelles de production, nous ne pouvons pas nous permettre de mettre en place un système de fonctionnement en « juste à temps » comme celui-ci. En conséquence nous prévoyons un espace nécessaire pour entreposer les éléments préparés.

Pour s'aider à prendre la décision concernant le mode de fonctionnement, nous pouvons nous aider d'un outil comme un flow sheet. En annexe 8 est consultable le document qui illustre le cheminement de réflexion.

Pour le dimensionnement des espaces de stockage au sein de la zone de préparation nous ne ferons pas une simple transposition des racks disposés en bord d'OP. Ces derniers servent à stocker un nombre important de pièces préparées mais également de pièces non préparées. Le nombre et l'espace qui leur sont dédiés est trop important. Le but global est de limiter les zones de stockages intermédiaires afin de séparer « espace de montage » (bâtiment existant) et « espace de stockage » (nouveau local).

Le document d'identification des pièces, en complément des observations sur site, nous permet d'établir l'espace de stockage nécessaire pour disposer d'un nombre de pièces suffisant sur la zone de préparation. Nous estimons que 3 racks permettent les stockages des petites pièces pour 8 véhicules environ.

Le nombre d'établissements sur la zone préparation est adapté en fonction du nombre d'opérateurs dédiés.

Les préparations effectuées pour l'OP40 concernent les pièces encombrantes du châssis et son emplacement, accolé au mur, permet de « rentabiliser » l'espace. C'est pourquoi il a été jugé optimal de conserver la préparation de l'OP40 telle qu'elle est.

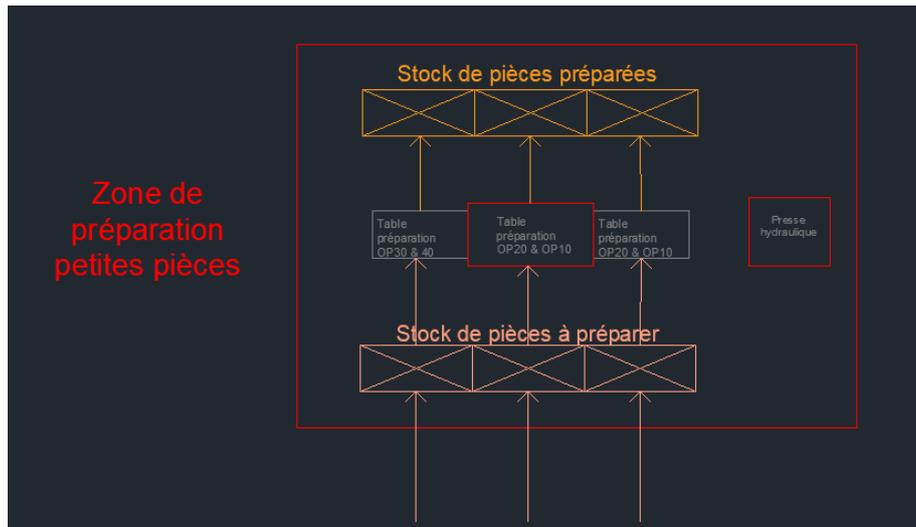
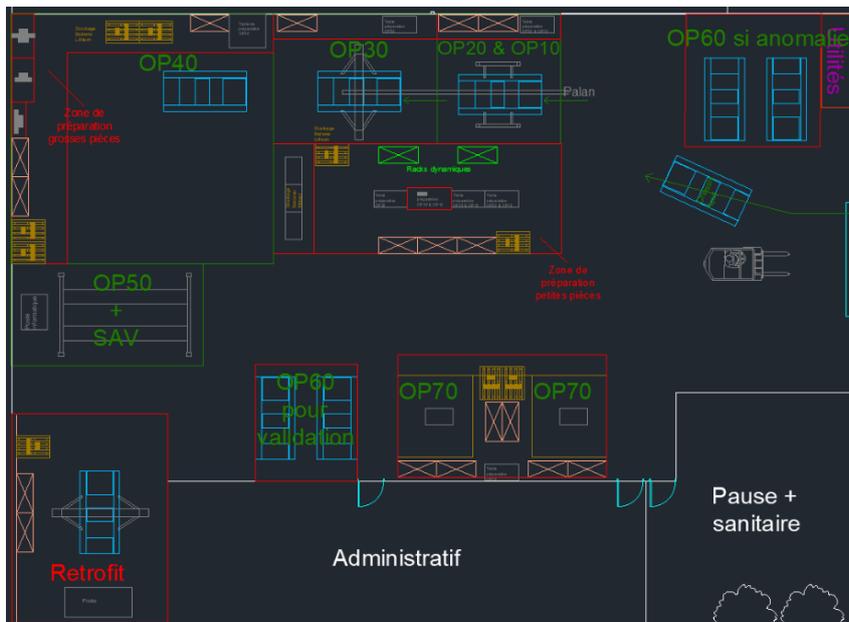


Figure 17 : Exemple d'organisation de la zone de préparation pour les petites pièces

10.4 Hypothèses d'implantation

Les représentations 2D ci-dessous permettent d'illustrer différents scénarios possibles d'implantation de la zone de préparation, de l'OP70 (berceau moteur) et de l'OP60. Ces premiers visuels permettront d'échanger et d'affiner/ajouter des axes d'amélioration afin de représenter une implantation finale.

Hypothèse 1 :



Descriptif technique :

- Fonctionnement rack dynamique
- Zone de préparation centrale,
- Duplication de l'op70 à son emplacement actuel
- Déplacement de l'OP60
- Rack dynamique pour l'OP10,20 et 30

Figure 18 : Plan AutoCAD de l'hypothèse 1

Hypothèse 2 :

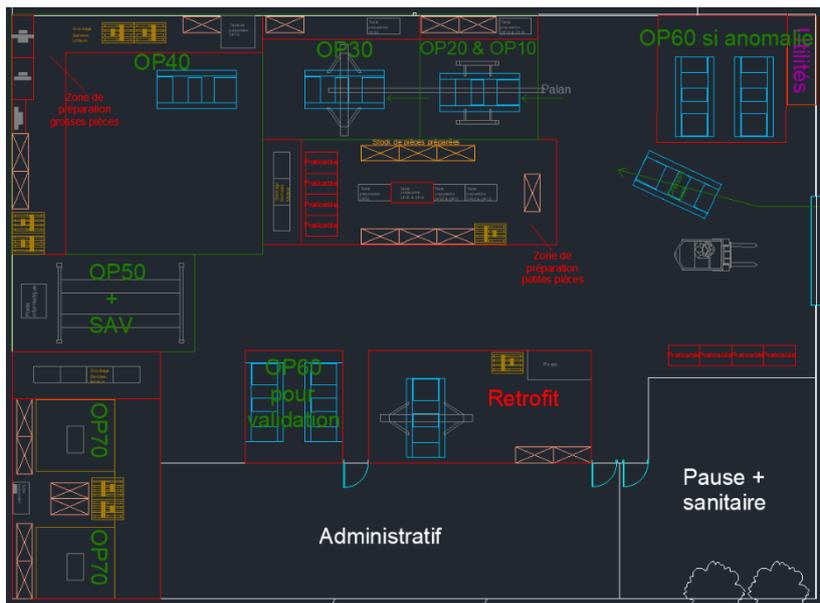


Figure 19 : Plan AutoCAD de l'hypothèse 2

Descriptif technique :

- Fonctionnement chariot praticable
- Zone de préparation centrale,
- Duplication et déplacement de l'op70
- Déplacement de l'OP60

Hypothèse 3 :

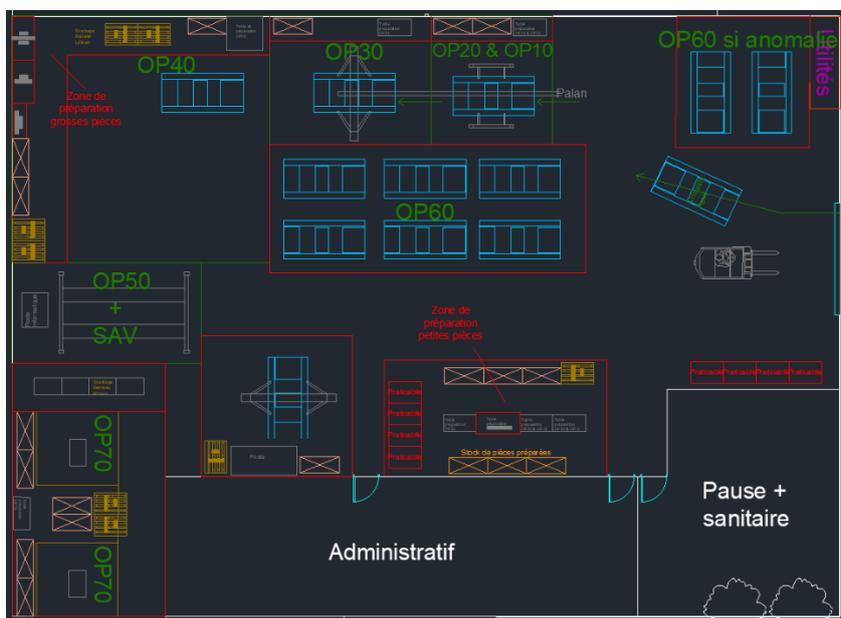


Figure 20 : Plan AutoCAD de l'hypothèse 3

Descriptif technique :

- Fonctionnement chariot praticable
- Zone de préparation excentrée
- Duplication et déplacement de l'op70
- OP 60 inchangé

En complément des représentations 2D, nous pouvons faire un récapitulatif des changements induits par les nouvelles organisations.

	Actuel	Hypothèse 1	Hypothèse 2	Hypothèse 3
Véhicules/jour théorique	2	4	4	4
Nombre d'opérateurs	10	12.5	12.5	12.5
Acheminement pièces préparées	Sur OP	Rack dynamique	Chariot Praticable	Chariot Praticable
Voiture max OP60	8	4	4	8
Nombre OP70	1	2	2	2
Gain temps sur poste	-	+	++	++
Flux	--	-	-	--

Tableau 5 : Tableau récapitulatif des hypothèses

10.5 Echange client et conclusion intermédiaire

Suite à la réunion de présentation intermédiaire du projet des prises de décisions et des orientations ont été retenue :

Concernant les hypothèses d'implantation :

- Fonctionnement avec les chariots praticables a été retenu
- Inversion du sens de circulation du process, déplacement de tous les OP (simplification des flux)
- Stockage des 4 châssis journaliers
- Zone de préparation centrale
- Zone de préparation inclue les pièces préparées encombrante de l'OP40
- Zone tampon/buffer pour les OP10 à 40 (suppression du risque de blocage de ligne)
- Les produits finis devront être stocké dans le locabri
- Un pont pour l'OP60 serait apprécié

Des nouvelles actions à mettre en œuvre ont également été retenue :

- Tracer une nouvelle hypothèse finale
- Faire l'estimation budgétaire des modifications nécessaire entre l'existant et l'hypothèse finale.
- Etablir un poste de travail optimisé pour l'OP40

11 Hypothèse de solution technique consolidée

11.1 Plan hypothèse final

Les nouveaux éléments de réflexion et de décision nous permettent de retracer une hypothèse se rapprochant davantage aux besoins énoncés ; tout en prenant en compte les contraintes nouvelles et déjà existantes.

Nous tracerons également sur le plan les différents flux. Pour une question de lisibilité la figure ci-dessous est un plan de masse sans les flux de représentés.

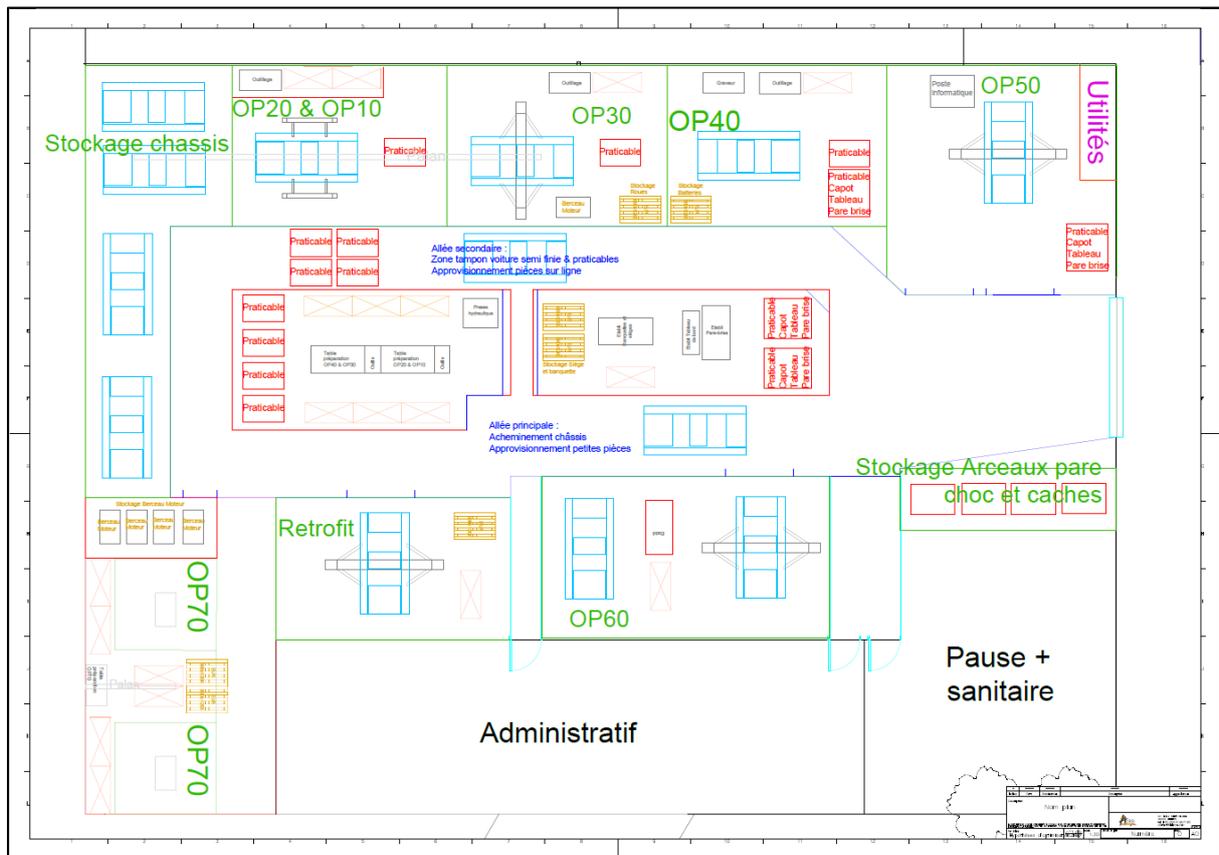


Figure 21 : Plan AutoCAD de l'hypothèse finale

Sur cette représentation finale nous serons plus vigilants sur certaines notions d'encombrement plus précises. Par exemple, l'Institut national de recherche et de sécurité (INRS) indique 800mm de libre autour d'un opérateur. De la même manière, les diamètres de braquages sont pris en compte pour les manœuvres des véhicules.

Il est possible de faire apparaître les éléments qui nous intéressent (ici les flux) sur le document joint au client, dédié uniquement à la représentation de l'hypothèse.

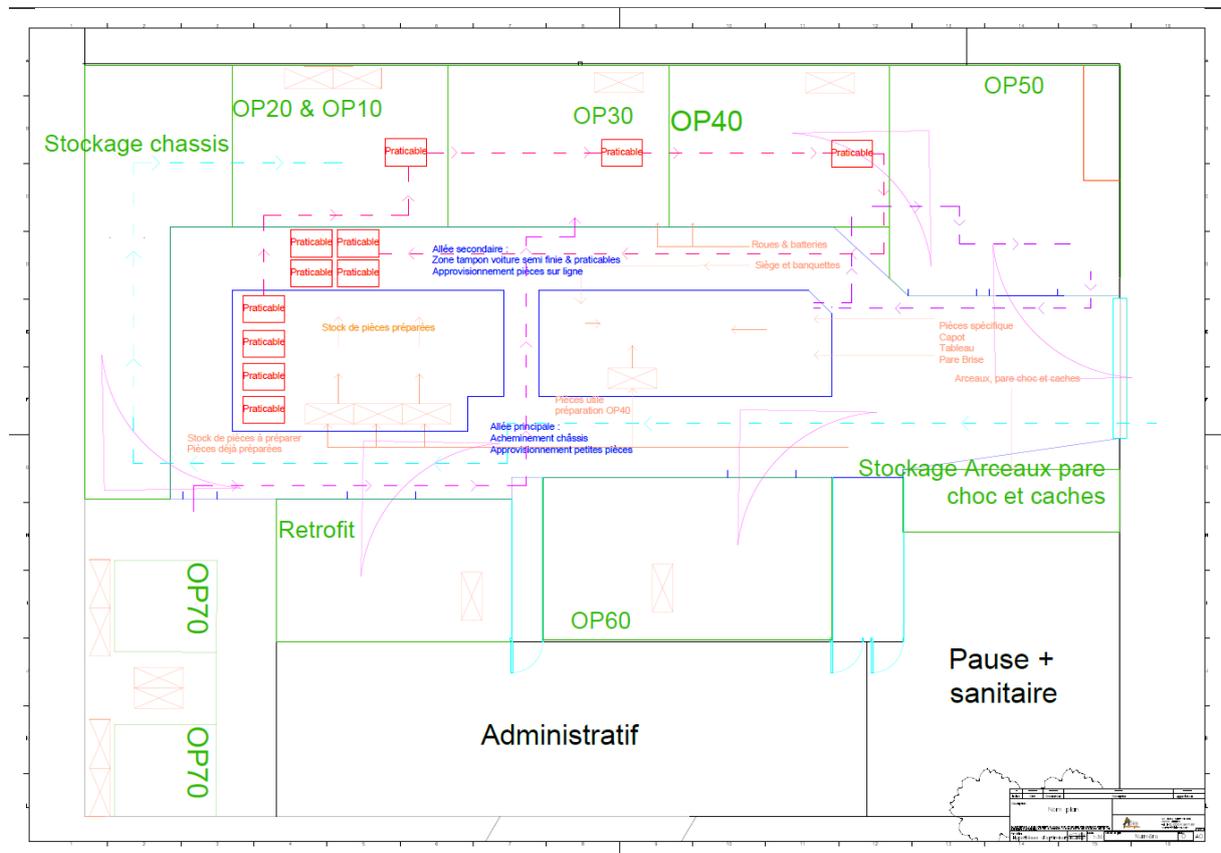


Figure 22 : Plan simplifié avec les flux de l'hypothèse finale

Descriptif technique :

- Inversion du sens de circulation
- Zone de stockage pour 4 châssis journalier
- Fusion des OP10&20
- Zone de préparation et préparation des pièces encombrante spécifique centrale
- Déplacement de l'OP50
- Duplication et déplacement de l'OP70
- Allée de circulation principale
- Allée de circulation secondaire/Zone de tampon/buffer
- Zone stockage pièce encombrant ne nécessitant aucune préparation

Nous rappelons le tableau récapitulatif des différentes hypothèses en y ajoutant la notion de flux et l'hypothèse finale (hypothèse 4)

	Actuel	Hypothèse 1	Hypothèse 2	Hypothèse 3	Hypothèse 4
Véhicules/jour théorique	2	4	4	4	4
Nombre d'opérateurs	10	12.5	12.5	12.5	12.5
Acheminement pièces préparées	Sur OP	Rack dynamique	Chariot Praticable	Chariot Praticable	Chariot Praticable
Voiture max OP60	8	4	4	8	2
Nombre OP70	1	2	2	2	2
Gain temps sur poste	-	+	++	++	++
Flux	--	-	-	--	+

11.2 Chiffrage des modifications

Le processus de chiffrage permet d'estimer les coûts associés aux modifications nécessaires pour passer de l'état actuel à l'hypothèse finale. Cette étape peut poser des contraintes significatives dans le cas de projets disposant de budgets préalablement définis. Dans ce contexte, la principale contrainte réside dans la gestion de l'espace et la réorganisation spatiale, car aucune limite précise (tant qu'elle reste réaliste) n'a été établie. Néanmoins, il est important de souligner que les considérations financières jouent un rôle décisif pour les industriels. Certains projets d'Avant-Projet Sommaire (APS), comme celui-ci, sont principalement réalisés dans le but d'obtenir une première estimation financière, qui servira ensuite à débloquer les budgets au sein des entreprises.

Dans notre cas, nous avons comparé nos représentations « situation actuelle » et « hypothèse finale afin de faire le listing des changements à mettre en place.

Modification de l'existant à l'hypothèse

1	<u>Déplacement du palan OP10 -> OP20 (ou allonger ?)</u>
2	<u>Déplacer le palan actuel de l'OP20.1 au nouvel emplacement de l'OP70.</u>
3	<u>Prix d'un petit chariot praticable dimension : longueur 1.2m ; largeur 0.9m ; hauteur 1.5m</u>
4	<u>Prix d'un grand praticable (pièce encombrante) dimension : longueur 1.4m ; largeur 1.2m</u>
5	<u>Achat un pont</u>
6	<u>Déplacer 1 seul pont (hypothèse sous réserve que sol est adapté à recevoir les ponts)</u>
7	<u>Servante dédiée</u>

Tableau 6 : Modifications à chiffrer

Par manque de temps, le chiffrage sera réalisé par un autre ingénieur. Néanmoins, il est essentiel de transmettre des explications et un document clair synthétisant toutes les informations utiles à la compréhension de la tâche.

11.3 Création d'un établi de travail optimisé

La création d'un poste de travail repose sur l'application de deux des principes du 5S : le Seiri et le Seiton. Les 5S constituent un outil simple de la méthodologie Lean, visant à organiser efficacement l'espace de travail, à promouvoir des pratiques standardisées, à améliorer l'ergonomie, à augmenter la qualité et la fiabilité, ainsi qu'à renforcer la sécurité. Le Seiri représente la première étape des 5S, dont l'objectif est d'éliminer tous les éléments superflus de l'environnement de travail. Il ne s'agit pas uniquement de se débarrasser des déchets, mais plutôt de régulièrement retirer tout ce qui n'est pas essentiel. Le but ici, est d'identifier ce qui est nécessaire ou non sur le poste. Le maintien d'un poste de travail propre repose sur la mise en place d'autres outils qui s'orientent vers le management.

En complément, le Seiton des 5S permet de trouver une place pour chaque élément dans votre zone de travail, en veillant à ce que chaque objet soit situé aussi près que possible de son lieu d'utilisation, tout en restant accessible de manière sûre et pratique.

Il est possible de s'inspirer de certaines applications : code couleur, emplacement creusé à la forme de l'outil ou « shadowboard » (image de l'outil sur son emplacement)

Cette étape s'appuiera essentiellement sur l'analyse vidéo en détail du poste de l'OP40 et des photos prises sur poste. Ainsi, après échange avec le dessinateur et la rédaction d'un document -de la même manière que pour le chiffrage- nous pouvons demander une réalisation 3D d'un établi optimal pour l'OP.

12 Conclusion finale

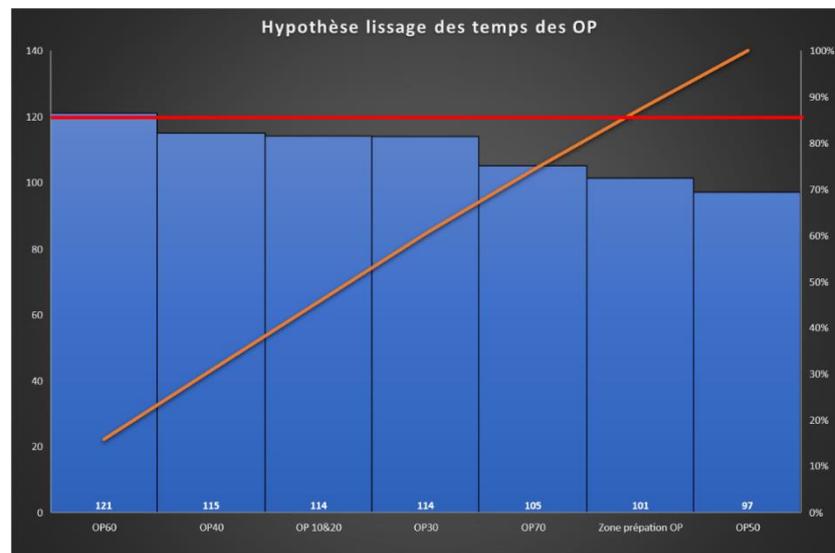
L'objectif de ce mémoire est d'utiliser les notions et les outils du Lean Manufacturing ainsi que les techniques et les méthodes de l'ingénierie pour répondre à une problématique complexe sur un site industriel.

Le but est d'augmenter la capacité de production de l'usine, en passant de 2 à 4 véhicules par jour.

Après avoir recueilli les informations nécessaires sur le site, nous avons réalisé des analyses et construit nos hypothèses.

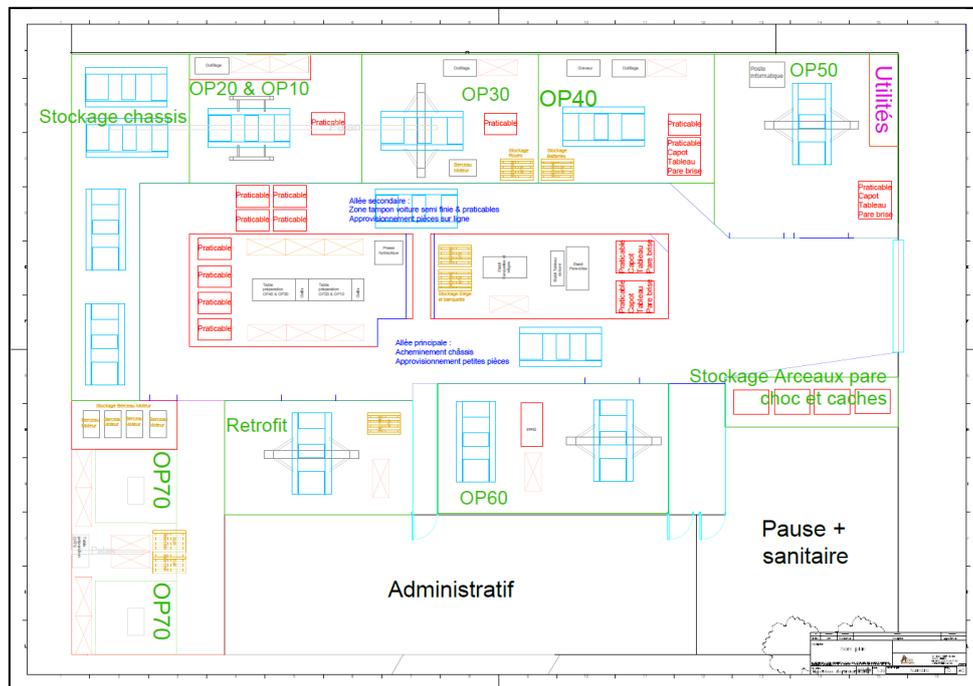
Nous avons démontré qu'une réorganisation spatiale et organisationnelle des postes de travail permettent d'atteindre l'objectif visé. En effet, la mise en place d'une nouvelle zone spécifique pour la préparation des pièces permet de répartir de manière optimale la durée de travail des postes. De plus, des ajustements supplémentaires ont été nécessaires.

Il est possible de diminuer la durée des étapes en dessous les 120 minutes, takt time nécessaire pour produire 4 véhicules par jour.



Cette nouvelle organisation entraîne de nouvelles contraintes, principalement l'acheminement des pièces et un besoin d'espace plus important. La faisabilité a donc été étudiée et des hypothèses ont été imaginées. Les différentes rectifications nous ont menés à une hypothèse finale compatible avec la mise en place des changements organisationnels. Le choix de la

mise en place d'un chariot praticable et l'inversion du sens de la ligne de montage ont été les deux modifications majeures.



L'étude a permis de mettre en évidence l'impact négatif des anomalies de production. Des gains sur la durée des OP ont été calculés, près de 28% de gain sur la durée totale de l'OP40, et des solutions techniques ont été proposées.

13 Perspective de continuité de la mission

L'étape suivante de ce projet est la phase d'avant-projet détaillé. A la suite de la pré-étude et des estimations financières pour permettre les choix d'orientation, une étude détaillée sera nécessaire afin d'affiner les hypothèses et les scénarios sélectionnés d'un point de vue technique et organisationnel :

- Dossier de consultation détaillé : définition du cahier des charges général et spécifiques avec un découpage en lots adaptés à l'implantation (démolition, équipements, électricité, automatisme...)
- Appels d'offres détaillés : consultation des fournisseurs, chiffrage des hypothèses et constitution des tableaux financiers
- Planning de réalisation : mise en place du planning d'exécution de l'implantation

Plus spécifiquement, certaines pistes d'améliorations techniques et organisationnels évoquée dans ce rapport pourront être approfondies :

- Analyse de détail sur les autres OP
- Accompagnement sur la mise en place d'un poste idéal, d'une servante optimale
- Accompagnement dans la réalisation du réaménagement (organisation, planification...)
- Mettre en place des outils et méthode pour suivre l'évolution de la production et des anomalies après la réalisation des améliorations.

Bibliographie

Blue Lean 2016, L'analyse de déroulement (<https://www.bluelean.fr/blog/outils-lean/l-analyse-de-deroulement.html>)

INRS Institut national de recherche et de sécurité 1^{er} édition (1999) réimpression septembre 2013, Fiche de sécurité ED79

Jennifer Montéréal 2022, Les facteurs de résistance au changement en entreprise (<https://www.appvizer.fr/magazine/ressources-humaines/engagement-collaborateurs/resistance-changement>)

Kanbanize, Qu'est-ce que le Takt Time et Comment Le Définir ? (<https://kanbanize.com/fr/flux-continu/takt-time>)

Khalida Mohammed Belkebir ; Medani Fatma Zohra December 2018, Le Lean Management : Une Nouvelle Approche pour le Développement de L'organisation ; (researchgate.net)

Lean manufacturing tools 2023a, Lean 5S Seiri, Trier, Effacer, Classer (<http://leanmanufacturingtools.org/198/lean-5s-seiri-sort-clearing-classify/>)

Lean manufacturing tools 2023b, Lean 5S Seiton, Redresser, Simplifier, Définir dans l'ordre, Configurer (<http://leanmanufacturingtools.org/200/lean-5s-seiton-straighten-simplify-set-in-order-configure/>)

QualitExpert 2023, Analyse De Déroulement : Comment Améliorer Vos Processus ? (<https://qualitexpert-dz.com/management/analyse-de-deroulement/>)

Tech Quality Pedia 2021, 5S full form | 5S Meaning | 5S System | Implementation steps with Benefits (<https://techqualitypedia.com/lean-tools/>)

Annexes

Annexe 1 : Localisations d'ONIRIS, de DRB et de Kate

Annexe 2 : Photo du site de production Kate

Annexe 3 : Diagramme fonctionnel du process de Kate

Annexe 4 : Analyse de déroulement du process de Kate

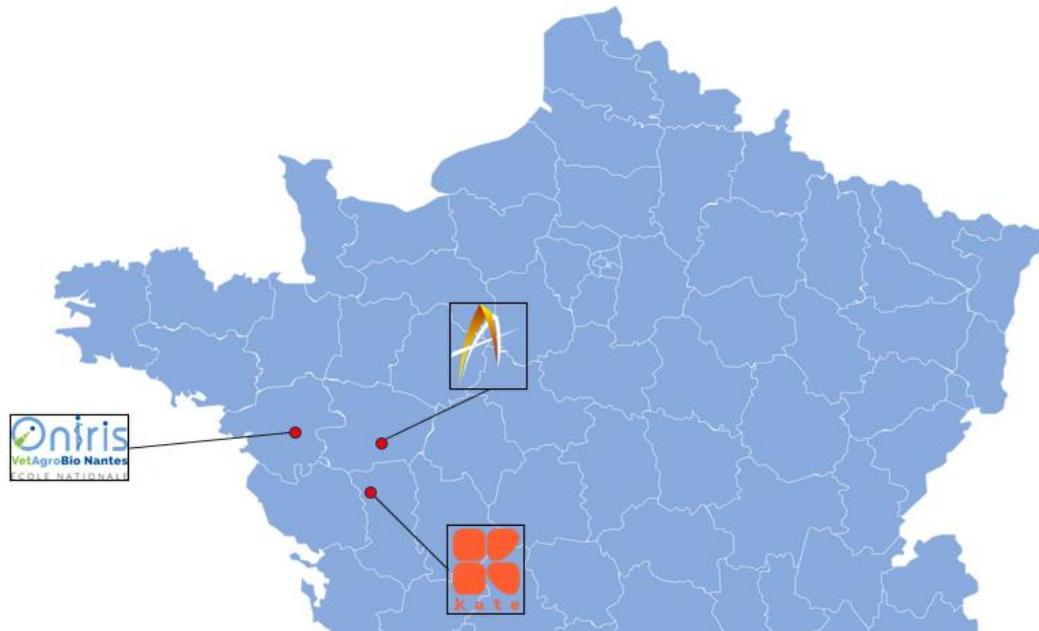
Annexe 5 : Listing des actions de l'analyse vidéo

Annexe 6 : Analyse de déroulement en détail de l'OP40

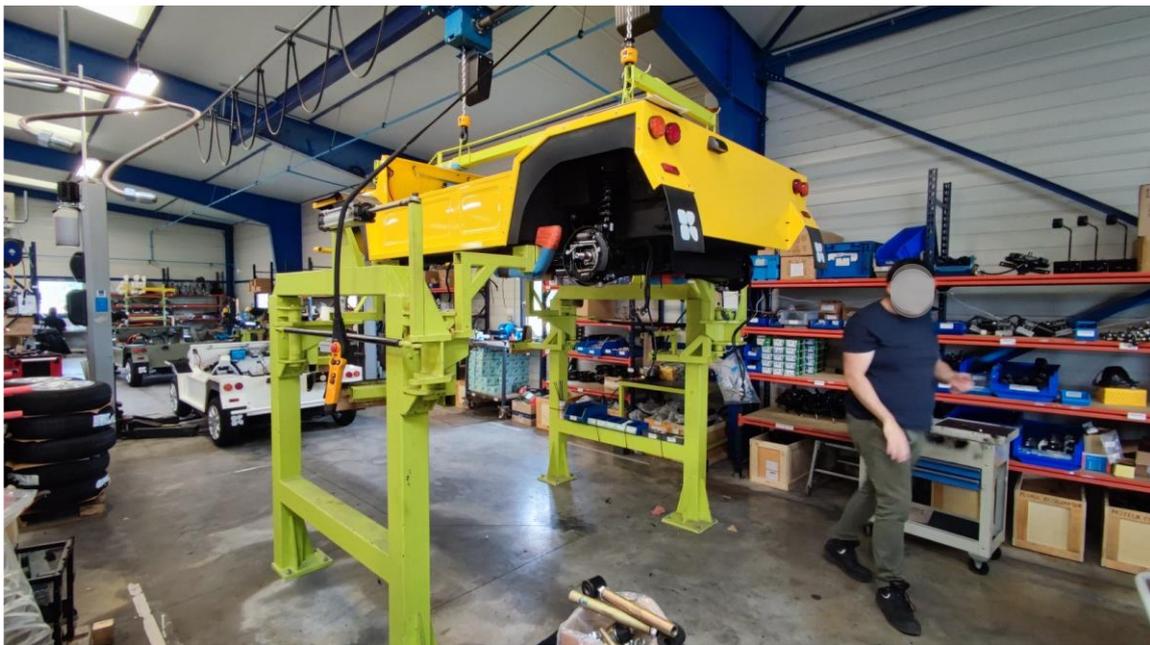
Annexe 7 : Listing des pièces des OP 10 à 40

Annexe 8 : Flow sheet du mode de fonctionnement de la zone de préparation

Annexe 1 : Localisations d'ONIRIS, de DRB et de Kate

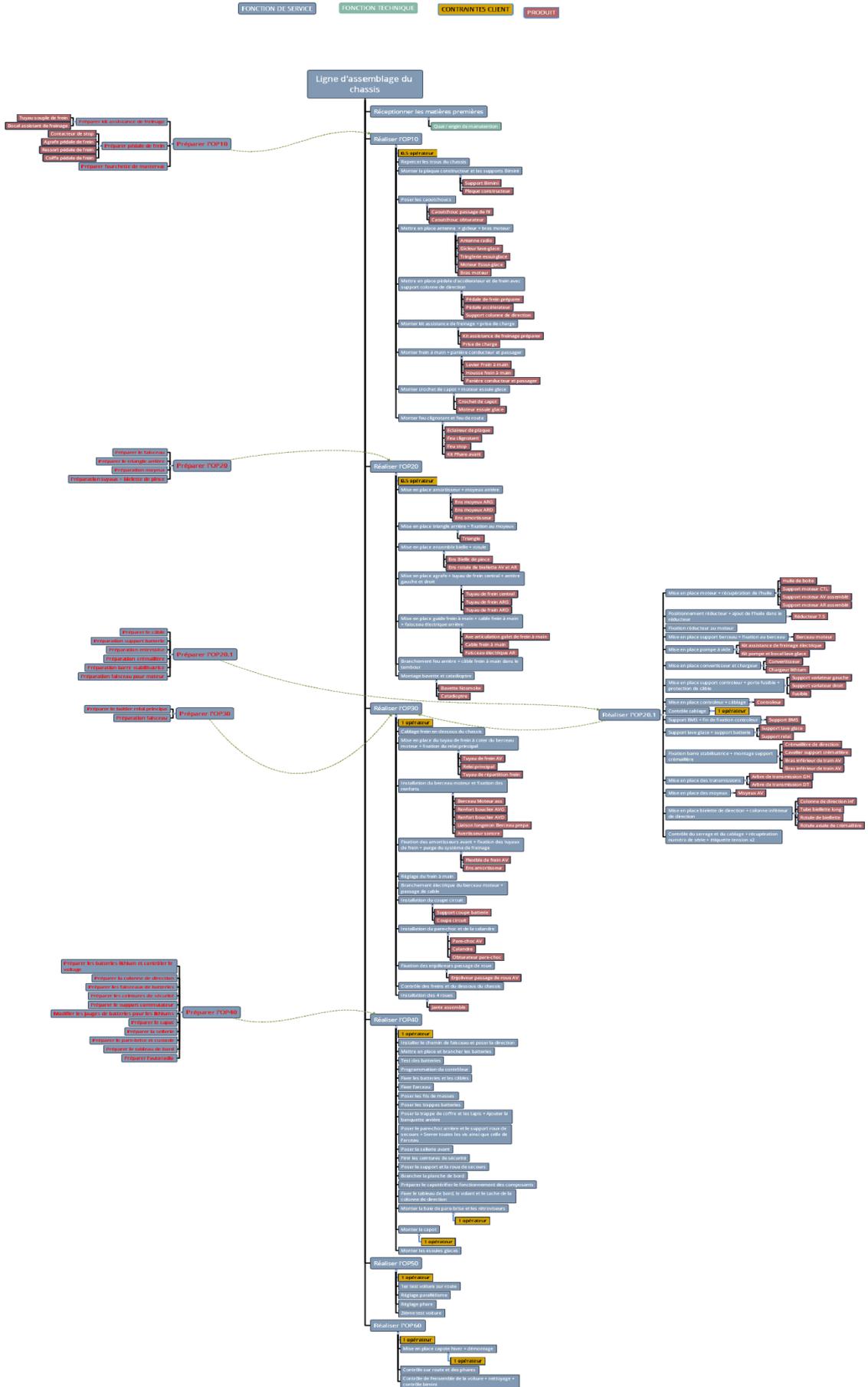


Annexe 2 : Photo du site de production Kate





Annexe 3 : Diagramme fonctionnel du process de Kate



Annexe 4 : Analyse de déroulement du process de Kate

Titre :
Date :

Analyse de déroulement

OBJET DE L'ETUDE : Assemblage d'une voiture O - Main d'oeuvre

Méthode/outil	Méthode/outil					Temps idéal en minutes	Temps réel en minutes	Observations	Echec	Précision	Précision	Précision	Temps	Commentaires
	Opérateur	Travail	Précision	Temps	Précision									
Amont production						115,5	116					0		
Préparation faisceaux						297	REFI					0		
Récupération faisceaux	0	+	+	+	+	0,3								
Préparation faisceau	0	+	+	+	+	10,3	X		X				fait par microtravail achèvement, sans tous tests	
Récupération câble, scotch	0	+	+	+	+	0,3								
Préparation câble	0	+	+	+	+	10,3	X	Gavage des câbles	X				fait par microtravail achèvement, sans tous tests	
Récupération câble, scotch	0	+	+	+	+	0,3								
Préparation faisceaux pour moteur	0	+	+	+	+	29,3	X	100 sur les moteurs pompe	X				fait par microtravail achèvement, sans tous tests	
Récupération faisceaux gainé	0	+	+	+	+	0,3								
Préparation faisceau	0	+	+	+	+	43,3	X						fait par microtravail achèvement, sans tous tests	
Récupération fil de masse	0	+	+	+	+	0,3								
Préparation faisceau fil de masse	0	+	+	+	+	10,3	X		X				fait par microtravail achèvement, sans tous tests	
OPI0						187,8	34,1	Bassin en air comprimé				9		
Récupération pièce pour le kit d'assistance de freinage	0	+	+	+	+	0,3							Opère préparation	
Préparation kit assistance de freinage	0	+	+	+	+	10,3							Opère préparation	
Récupération pièce pour la partie de bras	0	+	+	+	+	0,3							Opère préparation	
Préparation pédale de frein	0	+	+	+	+	30,3		Montage de la pédale					Opère préparation	
Récupération pièce pour modifier le fourche	0	+	+	+	+	0,3								
Déplacement vers la piste de soudure	0	+	+	+	+	0,3								
Déplacement vers la piste de peinture	0	+	+	+	+	0,3								
Préparation fourchette de montage	0	+	+	+	+	31,3	X	Démontage + nettoyage pour les dents + soudure d'un écrou pour contrôler (pédale + montage) (premier à la fin)	X				Prise des dents sur le montage de 4 des problèmes de fonctionnement (signe de mauvais joint, un décalage par rapport de la barre supporteur + l'écrou des freins)	
Déplacement autour du chassis	0	+	+	+	+	0,3								
Percage des trous	0	+	+	+	+	0,3		100 pièce de peinture, nettoyage					Nettoyage suite à présence de peinture sur les Breges	
Récupération de la plaque constructeur et du support	0	+	+	+	+	0,3							Opère en interne hors des postes	
Plaque constructeur + support direct	0	+	+	+	+	2,3							2 temps pour fixer	
Récupération caoutchouc + déplacement autour du chassis	0	+	+	+	+	0,3								
Mise en place des caoutchouc	0	+	+	+	+	10,3							Caoutchouc en change mais travail équilibré	
Récupération antenne et gilet	0	+	+	+	+	0,3								
Récupération bras et moteur d'essieu glisse	0	+	+	+	+	0,3								
Mise en place antenne + gilet bras et moteur d'essieu glisse	0	+	+	+	+	10,3								
Récupération pédale accélérateur	0	+	+	+	+	0,3								
Récupération pédale de frein	0	+	+	+	+	0,3								
Mise en place pédale d'accélérateur et de frein avec support colonne de direction	0	+	+	+	+	10,3								
Mise en place support DCCDC CTU japonais	0	+	+	+	+	1,3							Préparer fiche	
Récupération kit assistance de freinage	0	+	+	+	+	0,3							Revisé directement sur le bassin en air (PT)	
Récupération prise de charge	0	+	+	+	+	1,3								
Montage kit assistance de freinage + prise de charge	0	+	+	+	+	2,3		Revisé des trous de la prise de charge					2 équipement et de charge	
Récupération frein à main + roue	0	+	+	+	+	0,3								
Récupération des parkings	0	+	+	+	+	0,3								
Montage frein à main + parkings constructeur et passage	0	+	+	+	+	10,3								
Récupération frein à main + roue	0	+	+	+	+	0,3								
Récupération des parkings	0	+	+	+	+	0,3								
Montage crochet de capot + moteur essieu glisse	0	+	+	+	+	0,3								
Récupération feu clignotant et déplacement autour du chassis	0	+	+	+	+	0,3								
Récupération des feu de route	0	+	+	+	+	0,3								
Montage feu clignotant et feu de route	0	+	+	+	+	20,3							2 Feu de route droite monté à l'opé	
Transfert vers l'OP20	0	+	+	+	+	1,3								

OP30					127,1	44	2 personnes peuvent diminuer significativement le temps de production en diminuant certaines étapes // Besoin d'air comprimé au poste // Besoin d'une pompe						0,0			
Cablage frein arrière en dessous du châssis + passage câble frein à main	0	+	+	▽	□	6,6	6,6	Peut être mis sur l'OP20 si utilisation d'un pont						X	N	
Descente châssis	0	+	+	▽	□	0,55	0,6								N	
Montée châssis	0	+	+	▽	□	0,55	0,6								N	
Récupération berceau moteur	0	+	+	▽	□		0,2								N	
Récupération renfort	0	+	+	▽	□	26,4	0,2								N	
Installation du berceau moteur (descente châssis) et fixation des renforts (montée châssis)	0	+	+	▽	□		26,1								N	
Récupération amortisseurs avant	0	+	+	▽	□		0,2								N	
Déplacement coté droit du châssis	0	+	+	▽	□		0,2								N	
Récupération des tuyaux de frein	0	+	+	▽	□		0,2								N	
Déplacement coté droit du châssis	0	+	+	▽	□	46,2	0,2								N	
Récupération système de purge	0	+	+	▽	□		0,2								N	
Déplacement aux 4 emplacements de roues	0	+	+	▽	□		0,2								N	
Fixation des amortisseurs avant + Fixation des tuyaux de frein + purge du système de freinage sur les 4 roues	0	+	+	▽	□		45,2								N	
Déplacement à l'arrière et sous le châssis	0	+	+	▽	□	7,55	0,2								N	
Réglage du frein à main	0	+	+	▽	□		7,0								N	
Descente châssis	0	+	+	▽	□	0,55	0,6								N	
Récupération calandre	0	+	+	▽	□		0,2								N	
Récupération pare-choc	0	+	+	▽	□	8,8	0,2								N	plomb et lithium pas v7
Installation du pare-choc et de la calandre	0	+	+	▽	□		8,5								N	plomb et lithium pas v8
Récupération des bavettes	0	+	+	▽	□		0,2								N	
Déplacement aux 4 emplacements de roues	0	+	+	▽	□	13,2	0,2								N	
Fixation des bavettes	0	+	+	▽	□		12,9								N	25-30 Passage sur l'op20
Montée châssis	0	+	+	▽	□	0,55	0,6								N	
Contrôle des freins et du dessous du châssis	0	+	+	▽	□	6,6	6,6	0							N	
Récupération d'une roue x4	0	+	+	▽	□		0,2								N	
Déplacement aux 4 emplacements de roues x4	0	+	+	▽	□	9,9	0,2								N	
Installation des 4 roues	0	+	+	▽	□		9,6								N	
Cablage faisceau							45,0									Plomb 40 V7T 10 Lithium 20
Montage tambour + réglage garniture															10	rous
Passage câble de puissance + faisceaux															15	Lithium
Déplacement châssis vers OP40	0	+	+	▽	□		0,2								N	
Attente châssis	0	+	+	▽	□		40,0									Requaff

OP50						117,0	0								0,0
Attente chassis	o	+	+	▽	□		40,0							N	
1 er test voiture route	o	+	+	▽	□		11	11,0						N	
Réglage parallélisme	o	+	+	▽	□		11	11,0						N	
Réglage phare	o	+	+	▽	□		11	11,0						N	
2ème test voiture	o	+	+	▽	□		22	22,0						N	
OP60						242	0							0	
Attente chassis	o	+	+	▽	□		40		Attente disponibilité					N	
Récupération capote hiver	o	+	+	▽	□		11	5,2						N	
Mise en place capote hiver et démontage	o	+	+	▽	□			10,8	2 opérateurs					N	
Contrôle piste + phare	o	+	+	▽	□		11	11,0						N	
Récupération peinture de reprise	o	+	+	▽	□			5,2						N	
Récupération birmis	o	+	+	▽	□		198	5,2						N	
Récupération produit de nettoyage	o	+	+	▽	□			5,2						N	
Contrôle de l'ensemble de la voiture + nettoyage + contrôle birmis	o	+	+	▽	□			197,5	Temps surveillé, temps d'attente car responsable sur d'autre tâche					N	
Préparation envoi de voiture						176	30		Préparation pour envoi en conteneur 5% des voitures actuellement					0	
Transport fermé															15
Transport ouvert															45
Préparation voiture avant conteneur	o	+	+	▽	□		44	44,0	2 personnes // Démontage de certaines parties de la voiture pour rentrer dans le conteneur					X	
Mettre dans le conteneur	o	+	+	▽	□		132	132,0	3 opérateurs						
Total						2002,1									117

Annexe 5 : Listing des actions de l'analyse vidéo

Ref vidéo	Début Timer vidéo	Fin Timer vidéo	Nom de l'action	Temps de montage	Temps tot	Elément(s) Pièce monté	Outil(s)	Flux		Anomalie		Commentaire
								Nature	Temps	Nature	Temps	
VID_20230713_103127	00:01:30	00:04:30	Gravure	3	00:03:00	-	Graveur					RAS
VID_20230713_103127	00:07:00	00:18	Fixation ceinture	4	00:11:30	Visseuse Clé dynamo	Caches batteries OP10	0,5	Récupérer perceuse	2		RAS
VID_20230713_103127	00:23:00	00:25:30	Fixation plaque coffre arrière	2,5	00:02:30	Ceintures Caches visses	Visseuse pneumatique Stylo	0,5	Rectification prépa pare choc	3		RAS
VID_20230713_103127	00:25:30	00:26:50	Fixation pare choc	1,5	00:01:20	Caches Pare choc		0,5	Pare choc OP10			RAS
VID_20230713_103127	00:26:50	00:31:40	Fixation roue de secours	3	00:04:50		Visseuse Clé dynamo	0,5	Récupérer support/visseuse Récupération roue	1		RAS
VID_20230713_103127	00:31:40	00:33:40	Vérification pneus	3	00:02:00		compresseur	0,5	Récupérer compresseur			RAS
VID_20230713_103127	00:33:50	00:34:50	Placer un siège		00:01:00				Siège préparé non conforme	1		RAS
VID_20230713_103127	00:34:50	00:45:10	Serrer et passer des câbles	7	00:10:20	serflex	pince	0,5	Récupérer pince + faire un stock de serflex	3		RAS
VID_20230713_103127	00:36:00	00:39:00	Double face autour pare brise	3	00:03:00	Double face	pince ou ciseau					
VID_20230713_103127	00:47:40	00:49:20	Préparation étape colonne de direction	2	00:01:40	Cache colonne	pince tourne visse					améliorable ?
VID_20230713_103127	00:49:20	00:51:10	Collage entre tapis arrière	2	00:01:50	Entre tapis	Liquide nettoyage					Prépa oubliée
VID_20230713_103127	00:51:10	01:04:00	Montage colonne de direction	11	00:12:50				Recherche Clé dynamo non trouvé, trouvé par quelqu'un d'autre 01:06:24	2,5		
VID_20230713_103127	01:06:10	01:07:00	2 visses niveau pare brise	1	00:00:50							
VID_20230713_103127	01:07:00	01:11:00	Finition colonne	3	00:04:00				Attente outils	1		
VID_20230713_103127	01:11:00	01:23:00	Mise en place tableau de bord	7,5	00:12:00			0,5	Récupérer tableau de bord (pistolet à colle)	5		
VID_20230713_103127	01:07:00	01:19:30	Tirage câbles batterie	6	00:12:20	serflex Cables	pince coupante	0,5	Préparation câbles	3		Prépa câble dans la zone prépa batterie déjà proche mais peuvent être encore plus proche pour limiter le port de charge et diminuer le temps de récup
VID_20230713_103127	01:23:00	01:53:00	Pose des batteries	22	00:03:10	Cable visse	oneu	2	aide récup arceau	1,5		La récup arceau à l'impact également sur l'opérateur qui réalise l'action pose batterie
VID_20230713_103127	01:30:00	01:33:10	Récupération arceau	1,5	00:21:00			1,5	Base des arceaux recourbée, remise à plat avec un maillet	1,5		
VID_20230713_103127	01:37:00	01:48:00	Pose arceaux/attache des ceintures	17		Graisse	Pinceau		Prépa visse	1,5		Prépa visse ?
VID_20230713_103127							Pneumatique Clé Dynamo		Doit attendre pour qu'un deuxième op soit prêt pour Récupérer arceaux	1		
VID_20230713_103127	01:48:00	01:51:30	Cache bas colonne	1,5	00:03:30	Visseuse	Clé	1,5	Récupérer matériel			
VID_20230713_103127	01:51:30	01:53:20	Montage coffre arrière	2	00:01:50			0,5	Récupérer perceuse			
VID_20230713_103127	01:53:20	01:58:15	Pose banquette	3	00:04:55		Perceuse	1	Récupérer banquette			
VID_20230713_103127					00:00:00			1	Récupérer matériel			
VID_20230713_133512	00:00:35	00:04:40	Pose visse caches batteries	2,5	00:04:05			1,5	Récupérer visse			
VID_20230713_133512	00:04:40	00:06:10	Test des voyants	1,5	00:01:30							répertorier l'anomalie et la correction Organiser les tests dans un ordre facilitant une correction immédiate sur l'OP
VID_20230713_133512	00:06:10	00:07:40	Montage visse caches batteries	1,5	00:01:30							
VID_20230713_133512	00:07:40	00:09:40	Percer les trous pour le loquet banquette	1	00:02:00		Perceuse		Récupérer perceuse	1		
VID_20230713_133512	00:09:40	00:17:25	Remarque d'une anomalie pour les caches batterie écart anormal		00:07:45		Caches capot OP10		Erreur de montage : inverser le côté des caches (gravure l'indiquant quasi invisible)	7,5		
VID_20230713_133512	00:17:25	00:20:40	Percer les trous pour le loquet banquette 2	1,5	00:03:15		Perceuse		Récupérer et dépose perceuse + autre outils	2		
VID_20230713_133512	00:20:40	00:23:10	Finition trous	1	00:02:30		queue de rat	1,5	Récupérer queue de rat			
VID_20230713_133512	00:26:40	00:29:15	Montage volant	2	00:02:35		volant dynamo		Récupérer volant	1		Déballage et modification du volant peut se faire sur la zone prépa Alfa
VID_20230713_133512	00:29:15	00:31:20	Aspirateur	2	00:02:05							
VID_20230713_133512	00:31:20	00:35:20	Deploie la banquette	2,5	00:04:00		appui tête		Récupérer appui tête	1		0,5
VID_20230713_133512	00:37:10	00:43:40	Montage pare brise	12	00:06:30		Pare brise Retro caches					Tout le montage s'est fait à deux avec un bonne optimisation, un opérateur prends les pièces pour l'autre. (temps action égal à 6x 2) Un outils pour deux
VID_20230713_133512	00:47:15	00:54:30	Montage capot	6	00:07:15		capot	0,5	Récupérer matériels			
VID_20230713_133512	01:00:40	01:01:40	réglage gicleur	1	00:01:00							
VID_20230713_133512	00:02:00	00:04:00	réglage moteur	2	00:02:00							
VID_20230713_133512	00:15:20	00:25:20	Fixation sièges	10	00:10:00				Recup clé spécifique	0,25		
VID_20230713_133512	00:33:30	00:37:00	Ajustement volant	3	00:03:30				Récupérer visse	0,5		
VID_20230713_133512	00:44:20	00:46:20	Fixation essuis glace	0,5	00:02:00		essuis glace		Récupérer essuis glace			Prépa avant m
VID_20230713_133512	00:47:00	00:49:30	Remplissage fiche OP40	2,5	00:02:30							

Annexe 6 : Analyse de déroulement en détail de l'OP40

Affaire :
Date :
Heure de début :

Analyse de déroulement

OBJET DE L'ETUDE : Analyse de déroulement OP40 (support vidéo) O - Main

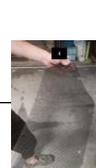
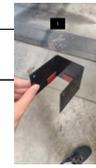
Méthode Actuelle	Opération	Transfert	Arrivée	Avancée	Innovation	temps min	Observations	Eliminer	Contourner	Paramétrer	Améliorer	Temps Opération	Temps Transfert	Temps Arrivée	Temps Avancée	Temps Innovation	Temps Améliorer	Temps Paramétrer	Temps Contourner	Temps Eliminer	
												1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
VD 127	Gilvure	+	+	+	+	1						3	0	0	0	0					
VD 127	Alerte	+	+	+	+	2		*				0	0	0	2	0					
VD 127	Recup patron ceintures et placement	+	+	+	+	0,25						0,25	0	0	0	0					
VD 127	Recup visseuse	+	+	+	+	1					*	0	2	0	0	0					
VD 127	Fixer ceintures	+	+	+	+	0,5						0,5	0	0	0	0					
VD 127	Recherche outil	+	+	+	+	1		*				0	0	0	1	0					
VD 127	Vérification ceinture	+	+	+	+	0,5						0	0	0	0	0,5					
VD 127	Positionner les caches	+	+	+	+	0,25						0,25	0	0	0	0					
VD 127	Récupération clé	+	+	+	+	0,25						0	0,25	0	0	0					
VD 127	Récupération cache batterie	+	+	+	+	1					*	0	1	0	0	0					
VD 127	Fixation ceintures avant	+	+	+	+	2	Message long, visées plus courtes				*	2	0	0	0	0					
VD 127	Récupération clés à choc	+	+	+	+	1					*	0	1	0	0	0					
VD 127	Recup patron ceintures et placement	+	+	+	+	0,25		*				0,25	0	0	0	0					
VD 127	Alerte ?	+	+	+	+	1		*				0	0	1	0	0					
VD 127	Erreur récupération de la bonne tête	+	+	+	+	0,5		*				0	0	0	0,5	0					
VD 127	Visser les ceintures arrière	+	+	+	+	0,5						0,5	0	0	0	0					
VD 127	Récupération clé -dynamo	+	+	+	+	0,25						0	0,25	0	0	0					
VD 127	Vérification couple	+	+	+	+	0,25						0	0	0	0	0,25					
VD 127	Marque vérif	+	+	+	+	0,25						0	0	0	0	0,25					
VD 127	Pose caches	+	+	+	+	0,25						0,25	0	0	0	0					
VD 127	Recup marteau et joint	+	+	+	+	0,25						0	0,25	0	0	0					
VD 127	Fixation joint	+	+	+	+	0,25						0,25	0	0	0	0					
VD 127	Anomalie erreur prépa tableau de bord	+	+	+	+	2,5		*				0	0	0	2,5	0					
VD 127	Recup outil	+	+	+	+	0,5					*	0	0,5	0	0	0					
VD 127	Montage coffre	+	+	+	+	1						1	0	0	0	0					
VD 127	Recup pare choc arrière	+	+	+	+	0,75					*	0	0,75	0	0	0					
VD 127	Recup cache et visées	+	+	+	+	0,5					*	0	0,5	0	0	0					
VD 127	Fixation pare choc	+	+	+	+	0,5						0,5	0	0	0	0					
VD 127	Recup visse et support roue secours	+	+	+	+	0,5					*	0	0,5	0	0	0					
VD 127	Visser les visées pare choc et support	+	+	+	+	1,5						1,5	0	0	0	0					
VD 127	Recup roue de secours	+	+	+	+	0,25						0	0,25	0	0	0					
VD 127	Fixer roue de secours	+	+	+	+	1						3	0	0	0	0					
VD 127	Recup visseuse	+	+	+	+	1					*	0	1	0	0	0					
VD 127	Visser les visées roue de secours	+	+	+	+	0,25						0,25	0	0	0	0					
VD 127	Vérification couple roue de secours	+	+	+	+	0,25						0	0	0	0	0,25					
VD 127	Recup compresseur	+	+	+	+	0,2						0	0,2	0	0	0					
VD 127	Vérifications pressions pneus	+	+	+	+	1,5						0	0	0	0	1,5					
VD 127	Déposer le compresseur	+	+	+	+	0,2						0	0,2	0	0	0					
VD 127	Anomalie siège avant	+	+	+	+	1		*				0	0	0	1	0					
VD 127	Recup pince coupante et serflex	+	+	+	+	2					*	0	2	0	0	0					
VD 127	Montage câblage tableau de bord	+	+	+	+	0,5						0,5	0	0	0	0					
VD 127	Recherche mètre	+	+	+	+	0,5		*				0	0	0,5	0	0					
VD 127	Préparation tapis	+	+	+	+	1		*			*	3	0	0	0	0					
VD 127	Alerte ?	+	+	+	+	1		*				0	0	1	0	0					
VD 127	Matériel pour colonne de distrib	+	+	+	+	0,75					*	0	0,75	0	0	0					
VD 127	Recup pièces manquante	+	+	+	+	0,5		*				0	0	0	0,5	0					
VD 127	Nettoyage zone tapis	+	+	+	+	0,75		*			*	0,75	0	0	0	0					
VD 127	Fixation tapis	+	+	+	+	1						1	0	0	0	0					
VD 127	Montage colonne de direction	+	+	+	+	3						3	0	0	0	0					
VD 127	Recup clé pneumatique	+	+	+	+	0,25						0	0,25	0	0	0					
VD 127	Recherche tête adaptée	+	+	+	+	2,5	N'a pas trouvé	*				0	0	0	2,5	0					
VD 127	Câblage colonne de direction	+	+	+	+	5,5	Câblage non exact 1.5 à aggraver			*		5,5	0	0	0	0					
VD 127	Alerte ?	+	+	+	+	0,5	Enchaînement étapes manquées					0	0	0,5	0	0					
VD 127	Recherche clé pneu	+	+	+	+	1		*				0	0	0	1	0					
VD 127	Vissage pare brise et colonne	+	+	+	+	1						1	0	0	0	0					
VD 127	Montage colonne	+	+	+	+	2						2	0	0	0	0					
VD 127	Erreur câble	+	+	+	+	0,25		*				0	0	0	0,25	0					
VD 127	Montage colonne	+	+	+	+	1						1	0	0	0	0					
VD 127	Mise en place d'une protection	+	+	+	+	0,25						0	0,25	0	0	0					
VD 127	Recup tableau de bord	+	+	+	+	0,5						0	0,5	0	0	0					
VD 127	Montage tableau de bord	+	+	+	+	3						2	0	0	0	0					
VD 127	Recup pistolet thermo	+	+	+	+	3	Utiliser pour le montage des câbles	*				0	0	0	2	0					
VD 127	Erreur prépa	+	+	+	+	3		*				0	0	0	3	0					
VD 127	Montage tableau de bord	+	+	+	+	3						3	0	0	0	0					
VD 127	Dépose pistolet thermo	+	+	+	+	1		*				0	0	0	1	0					
VD 127	Alerte ?	+	+	+	+	2	Enchaînement étapes manquées	*				0	0	2	0	0					
VD 127	Recup coffre	+	+	+	+	0,5	Message sur être récupéré en même temps que les caches	*				0	0	0	0,5	0					
VD 127	Alerte ?	+	+	+	+	0,5	Enchaînement étapes manquées	*				0	0	0,5	0	0					
VD 127	Outille serflex tableau de bord	+	+	+	+	1	Enchaînement étapes manquées	*				0	0	0	1	0					
VD 127	Application colle arceaux	+	+	+	+	0,5						0,5	0	0	0	0					
VD 127	Recup visées arceaux	+	+	+	+	1,5	Pousser être préparé avant	*		*		0	1,5	0	0	0					
VD 127	Alerte pour récupérer les arceaux	+	+	+	+	1		*				0	0	1	0	0					

Annexe 7 : Listing des pièces des OP 10 à 40

Numero	Type voiture	Nom de la pièce	Dimension	Quantité	Outils	Temps (1 seul)	Temps (rép)	pièce spécifique	commentaire
16	1000 + 4P + 4	Pédale d'accélération connecteur	8007-1807-800	1		5	5		
17		Ferme de stop et éject	3307-1807-300	6			0		déjà prêt
18		Ferme de plateau	3307-1807-300	1		5	5		
19		Cache contact câblage de direction	8007-1807-120 2707-1807-120	1		1	1		
20		tringlerie essieu gauche	3307-1807-300	1			0		déjà prêt Duo
21							0		
22							0		déjà prêt
23		rotule essieu gauche	2307-2007-200	1			0		déjà prêt
24		rotule à main	2307-2007-200	1			0		déjà prêt
25		rotule essieu	2307-2007-200	1			0		
26		rotule essieu	2307-2007-200	1			0		
27		rotule essieu	2307-2007-200	1			10		
28		rotule essieu	2307-2007-200	1			10		
29		rotule essieu	2307-2007-200	1			10		
30		rotule essieu	2307-2007-200	1			10		
31		rotule essieu	2307-2007-200	1			10		rotule mobile 18 180
32		rotule essieu	2307-2007-200	1			10		
33		rotule essieu	2307-2007-200	1			10		
34		rotule essieu	2307-2007-200	1			10		
35		rotule essieu	2307-2007-200	1			10		

Numéro	Type voiture	Nom de la pièce	Dimension (lon*lar*hauteur en mm)	Quantité	outillage	Temps (1 seul)	Temps réel	Pièce spécifique	Photo
6	Plomb + LFP + VT7	Moyeux	300x300x300	2	Visseuse pneumatique	15	30		
7	Plomb + LFP + VT7	Triangle	400*400*50	2	Visseuse pneumatique	5	10		
8	Plomb + LFP + VT7	Biellette et rotule	300*50*50	2		2	4		
9	Plomb + LFP + VT7	Tuyau frein petit	400*200*10	2	gabarit	2	4		 
10	VT7	Tuyau frein grand	1600*500*10	2	gabarit	10	20		 
11	Plomb + LFP	Tuyau frein grand	1600*10*10	1		2	2		
12	Plomb + LFP + VT7	Tuyau frein à main	1600*10*10	2		3	6		
13	VT7 + Plomb	Connecteur frein à main	600*40*5	1		1	1		
14	Plomb + LFP + VT7	Bavette	300*200*5	2	gabarit + truc pour percer	2	4		
15	Plomb + LFP + VT7	Snapon	1200*15*15	6	ciseau	0,33333333	2		
38		rallonge clignotante avant	50*50*30	2		10	20	Prépa électrique	

Numéro	Type voiture	Nom de la pièce	Dimension (lon*lar en mm)	Quantité	outillage	Temps (1 seul)	Temps réel	Pièce spécifique	commentaire
1		Cache coup de pouce	100x100	1	ciseaux et double face	1	1		
2	Pb + LFP	tuyau de freinage	300x200x5	1	clé de 10	5	5		Pilage + assemblage sur répartiteur (kit = 3 tuyaux)
3	Pb + LFP	Boitier étanche	200x100	1	foret étagé	7	7		Gabarits
4	TOUT	Grillage	700x300	1	Ciseaux + emporte pièce (à faire)	8	8		Gabarits
5	TOUT	Tambour de freins	200x200	2	Presse hydraulique + pince à circlips	10	20		
37	LFP	chargeur	200*80*50	1		15	15		
34		Catadiotro	100*80*30	2					Prépa électrique
35		Support berceau moteur	500*150*100	2					déjà prêt
36	Plomb + LFP + VT7	Falaises	300*250*100	1					selon modèle (3 ref)



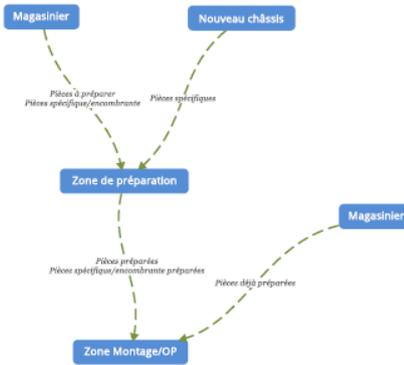
OP10	OP20	OP30	OP40
------	------	------	------

Numéro	Type voiture	Nom de la pièce	Dimension	Quantité	outillage	Temps (1 seul)	Temps réel	Pièce spécifique
	Plomb + LFP + VT7	cable klaxon		1		5		
	Plomb + LFP + VT8	Colonne de direction		1		10		
	Plomb + LFP + VT9	Volant		1				
	Plomb + LFP + VT10	Capot		1				x
	Plomb + LFP + VT11	Pare brise		1	Etablis spécifique			x
	Plomb + LFP + VT12	Custodes		2	Etablis spécifique			x
	Plomb + LFP + VT13	Tableau de bord		1	Etablis spécifique			x
	Plomb + LFP + VT14	Caches batteries		1				x
	Plomb + LFP + VT15	Arceaux		1				x

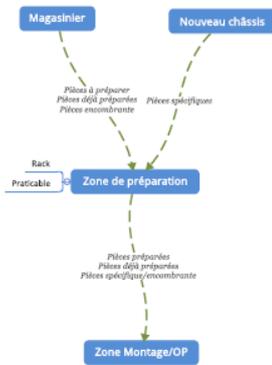
Annexe 8 : Flow sheet du mode de fonctionnement de la zone de préparation



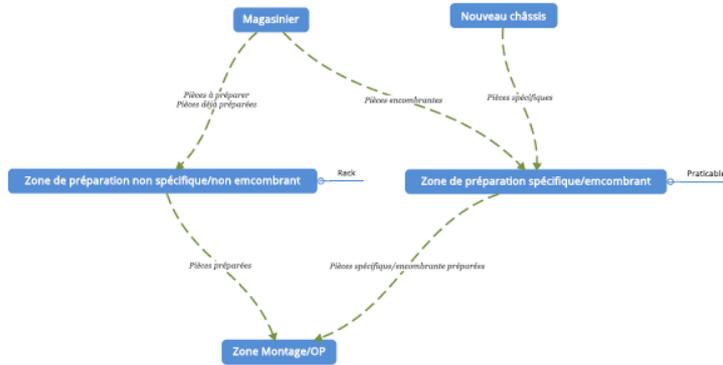
+ Moins de flux
+ Mutualisation des zones de stockages
+ Visualisation des stocks plus simple



- Plus de flux
- Plus de zones de stockages

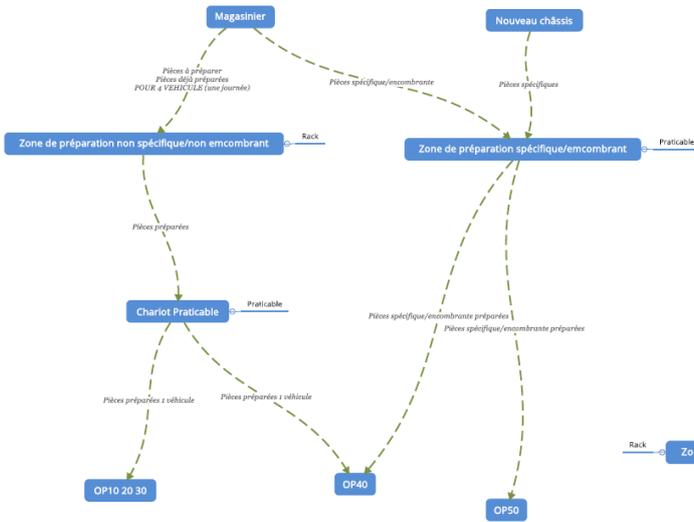


- organisation de la zone de préparation
- acheminement des pièces encombrantes



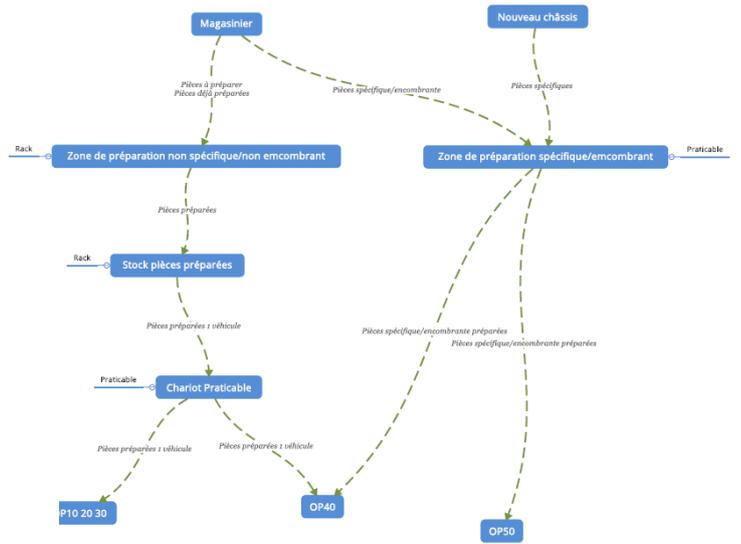
+ organisation de la zone de préparation
+ acheminement des pièces encombrantes

Hypothèse 1 : Chariot praticable, production j+1



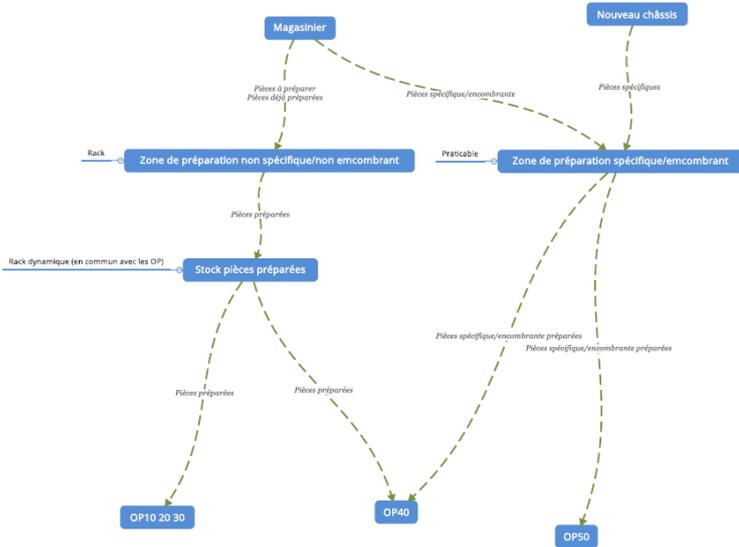
- + Rack tampon de pièces préparées éliminé (= de place)
- + Flux magasinier plus nombreux mais standardisés
- Réactivité plus lente en cas d'anomalie sur pièce préparée

Hypothèse 2 : Chariot praticable, stock pièces préparées



- Rack supplémentaire (= de place)
- + Flux magasinier moins nombreux
-> Kanban à mettre en place
- + Plus grande flexibilité en cas de problème

Hypothèse 3 : Rack dynamique, (possibilité) stock pièces préparées



- + Rack dynamique approvisionne les OP mais peuvent également servir de stockage de pièces préparées
- spécifique et pratique que le chariot praticable
- + facile à mettre en place

 	Diplôme : Ingénieur Oniris Agroalimentaire Parcours personnalisé de l'approfondissement de 3 ^{ème} année : PEPS
Auteur/e : NAVARRO Nicolas	Structure d'accueil : DRB Méthode et Application
Nombre de pages : 63 Annexes : 8	Adresse : 27 Pl. Saint-Nicolas, 49310 Lys-Haut-Layon, France
Année de soutenance : 2023	
Titre : Mise en place d'une méthodologie et utilisation d'outils d'ingénieurs pour la réalisation d'un projet AUGMENTATION DE LA CAPACITE DE PRODUCTION D'UNE USINE AUTOMOBILE Title : Implementation of an engineering methodology and the use of tools for the execution of a project INCREASING THE PRODUCTION CAPACITY OF AN AUTOMOBILE FACTORY.	
Résumé : Ce mémoire présente une étude d'ingénierie visant à augmenter la capacité de production d'une usine automobile de 2 à 4 véhicules par jour. Grâce aux notions du Lean manufacturing des améliorations organisationnelles ont été trouvées. Des hypothèses d'implantation ont été proposées et une hypothèse finale a été retenue afin de vérifier la faisabilité des scénarios d'optimisation. Enfin, des gains sur la durée des actions ont été calculés et des solutions techniques ont été proposées pour améliorer la productivité.	
Abstract : This thesis presents an engineering study aimed at increasing the production capacity of an automobile factory from 2 to 4 vehicles per day. Through Lean manufacturing principles, organizational improvements were identified. Layout hypotheses were proposed, and a final hypothesis was selected to assess the feasibility of optimization scenarios. Finally, improvements in action duration were calculated, and technical solutions were proposed to enhance productivity.	
Mots-clés : Augmentation de volume de production, Lean Manufacturing, Projet, Techniques de l'ingénieur Key Words : Increase in production volume, Lean Manufacturing, Project, Engineering Techniques.	