

PRODUCTION SYNCHRONE ET ORGANISATION LOGISTIQUE GLOBALE : LE DEFI DE L'INDUSTRIE AUTOMOBILE

Pierre-Marie GALLOIS^{*}

Résumé. – Les flux synchrones trouvent leur origine dans la complexité croissante des produits fabriqués et livrés par les sous-traitants automobiles aux constructeurs. La diversité des composants, le nombre important d'options et de variantes, l'encombrement des modules réalisés, rendent désormais impossible le stockage de ces produits au pied des lignes de montage. Ce type de fonctionnement demande dès l'origine un niveau de performance élevé. Les degrés de liberté deviennent très faibles et l'équipementier doit caler la production et la livraison de ses modules directement et sans délai sur les besoins du constructeur. Robustesse et vitesse deviennent des exigences de base de chacune des activités constitutives des processus synchrones. Le cas présenté ci-après illustre la mise en place d'une organisation de ce type, intégrée à une conception globale de la logistique.

Mots-clés : AMDEC, Flux synchrones, Ordres de Réquisition, Fenêtre de réquisition, Encyclage, Picking, Kitting, Simogrammes, Protocoles Logistiques, Production coordonnée.

1. Les flux synchrones

Répondre en synchrone consiste, pour les équipementiers, à mettre à la disposition du constructeur les sous-ensembles dans l'ordre exact et au moment exact où ils vont être utilisés sur la ligne.

^{*} CFPIM. Directeur associé groupe Proconseil. Professeur Affilié à l'ESCP. A conduit le projet décrit dans cet article.

Une fois les caisses des véhicules sorties de l'atelier de peinture, leur séquence est pratiquement ferme, les problèmes majeurs de lotissement et de qualité se trouvant en amont. La séquence des véhicules sur la ligne de montage, ou « film », est alors transmise aux équipementiers sous forme d'O.R. (Ordres de Réquisition) qui se succèdent à un rythme qui est celui de la chaîne de montage. Le délai imparti (encore appelé la fenêtre de réquisition) correspond au temps nécessaire pour que le véhicule atteigne, sur la ligne d'assemblage, le poste de montage du sous-ensemble concerné.

L'ordre de réquisition (synchrone) est donc l'instruction qui déclenche le transfert des modules dans l'ordre du montage final, des équipementiers automobiles vers les lignes du constructeur. Généralement, compte tenu de l'étroitesse de la fenêtre de réquisition (de l'ordre de 90 minutes) cet ordre déclenche un processus qui va du conditionnement à la livraison en bord de ligne ; mais, dans certains cas de très forte réactivité et/ou de fenêtre plus large, le processus concerné peut commencer à la fabrication des modules.

2. Le contexte

VALLOUREC Composants Automobiles (VCA) est un équipementier automobile, filiale du groupe industriel français VALLOUREC.

Lorsque RENAULT a décidé en 1996 de construire un site de production au Brésil (à Curitiba dans l'État du Parana) afin de pouvoir étendre son activité sur la zone Mercosur, VCA qui était entre autres fournisseurs de composants pour RENAULT en France, a été retenu comme équipementier majeur, fournisseur de modules en synchrone pour le site brésilien. L'implantation de ce site brésilien a conduit VALLOUREC à relever un quintuple défi :

1. Un défi stratégique : le passage d'une position de fournisseur de composants à celle d'équipementier de premier rang fournisseur de modules,
2. Un défi technique : le passage d'un savoir-faire au niveau des composants à un savoir-faire d'assemblage et d'intégration,
3. Un défi géographique : l'implantation dans une région éloignée sans base locale au démarrage,
4. Un défi industriel : l'exigence de se situer au plus haut niveau, voire de repousser les limites connues de la performance logistique globale avec la mise en place d'un dispositif conjuguant approvisionnements mondiaux, production en flux tendus et livraisons synchrones en bord de ligne d'assemblage,
5. Un défi dans le temps : un an entre la décision de RENAULT et les premières livraisons synchrones.

C'est la description de la composante industrielle et logistique, le quatrième défi (relevé avec l'aide de PROCONSEIL, cabinet de conseil français spécialisé en stratégie et en organisation industrielle), qui a été l'un des moteurs du succès de VALLOUREC dans ce projet, qui fait l'objet de cette présentation (voir figure 1).

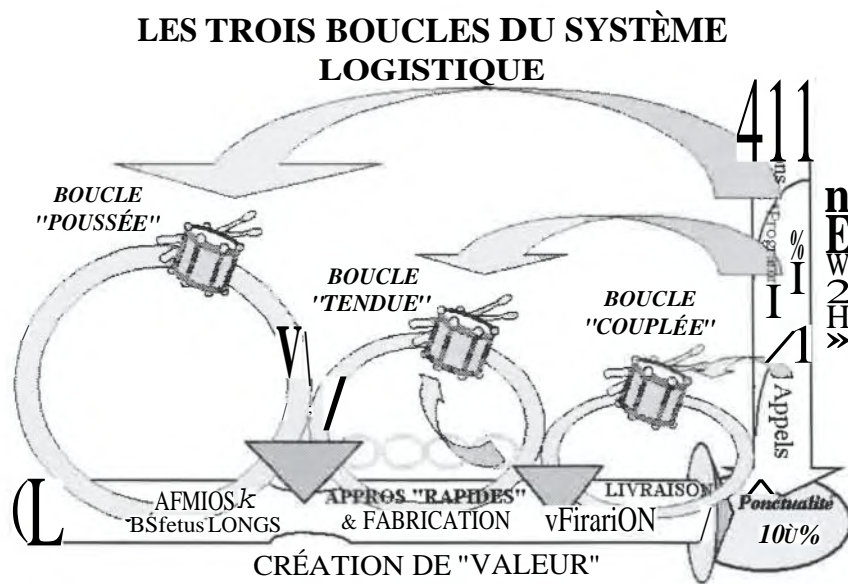


Figure 1 : Les trois boucles logistiques

L'expérience présentée n'est donc pas celle d'une entreprise qui aurait progressivement développé la maîtrise et la performance de son organisation logistique mais, au contraire, celle d'un projet qui a abouti, dans un temps très court, à la mise en place d'un site et d'une organisation capables, dès la première production, d'une très haute performance logistique. Partant d'une « feuille blanche » en 1997, VALLOUREC do BRASIL dispose aujourd'hui à Curitiba, dans le sud du Brésil, d'une unité de production de 85 personnes, livrant RENAULT en synchrone sans défaillance, ayant déjà atteint les niveaux « A » de l'EAQF (Qualité Fournisseur) et de l'EAQL (Qualité Logistique) et récompensée à ce jour par deux trophées :

- L'un décerné par RENAULT pour sa contribution au succès du démarrage de l'Usine Ayrton Senna,
- L'autre, le Trophée Logistique 2000, remis en février dernier par L'Association Française de Logistique (ASLOG) qui couronne chaque année l'entreprise ayant réalisé la meilleure performance logistique.

3. Le système logistique réalisé

3.1 L'environnement

Le contexte logistique de VALLOUREC do BRASIL AUTOPEÇAS (VdoBA) est, comme cela a été décrit précédemment, celui d'un équipementier majeur de premier rang et de proximité chargé d'assurer la fabrication et la fourniture synchrones de sous-ensembles directement en

bord de chaîne à l'usine de montage de RENAULT (RENAULT UAS*) installée à Curitiba, tout en garantissant ses propres approvisionnements, tant auprès de fournisseurs locaux que de fournisseurs européens.

Rappelons ici que fonctionnement (ou logistique) « synchrone » signifie :

- Un appel des produits (modules) auprès des fournisseurs juste au moment où la caisse du véhicule entre sur la ligne de montage du constructeur ; ce qui, suivant la position du poste d'intégration du module correspondant, donne un temps de réponse (temps de réquisition) de 40 minutes environ pour les modules intégrés en début de ligne jusqu'à environ 250 minutes pour ceux qui sont intégrés en fin de ligne.
- Des appels émis au rythme d'entrée des véhicules sur la ligne de montage (cadence de la ligne), soit toutes les 3 minutes dans le cas présent. Temps de réquisition très court et rythme élevé induisent la nécessité de la précision et du détail de chaque geste.
- Que les appels — les ordres de réquisition — sont les seules informations fermes (et « contractuelles ») qui lient le client à ses fournisseurs.
- Que la livraison doit se faire évidemment dans le temps de réquisition exigé mais aussi de façon encyclée⁺ : c'est-à-dire que les modules, même s'ils sont livrés par lots, sont amenés par le fournisseur en bord de ligne et strictement dans l'ordre des réquisitions (donc dans l'ordre du montage).
- Que la non-qualité, les erreurs de séquence et les retards de livraison sont des incidents très pénalisants. L'arrêt de ligne, résultat possible de ces incidents, est la perturbation la plus grave que peut créer un fournisseur synchrone ; elle est d'ailleurs sévèrement sanctionnée.
- Que vitesse, fluidité, ponctualité et robustesse sont donc les caractéristiques clés de chaque activité des processus concernés.

L'unité de production de VALLOUREC do BRASIL s'est implantée au sein même du site RENAULT, dans un bâtiment situé à 500 mètres de la ligne d'assemblage des véhicules où cohabitent les quatre fournisseurs principaux (livrant en synchrone).

Pour atteindre le niveau de performance requis en termes de logistique et de niveau de service, il a fallu à la fois organiser les flux physiques pour une vitesse maximale et les flux d'information pour donner à chacun des acteurs la visibilité nécessaire à une réactivité exceptionnelle.

* Usine Ayrton SENNA ; nous utiliserons également le sigle RdoBA pour RENAULT do Brasil Automôveis.

⁺ Encyclage : technique associée aux activités synchrones, consistant au cours des opérations des boucles synchrones (production, picking, chargement, déchargement), à manipuler les produits dans un ordre correspondant strictement à la séquence de consommation finale (ordre de passage des véhicules sur la ligne de montage de RdoBA).

Cette organisation devait également être conçue pour pouvoir faire face aux inévitables perturbations dues aux incidents de tous types et pour pouvoir assurer les évolutions des demandes du client (variantes, produits nouveaux, intégration locale — brésilienne — de composants, fin de vie de composants et de produits...).

3.2 *Les caractéristiques générales*

Les éléments caractéristiques du système productif de RENAULT sont :

- Deux types de véhicules assemblés, la Mégane Scenic (J64) et la nouvelle Clio (X65) sur la même ligne.
- Un rythme de production d'un véhicule toutes les trois minutes (20 véhicules par heure).

Quant à celui de VdoBA, ses éléments caractéristiques sont les suivants :

- Quatre types de sous-ensembles par véhicule se traduisant, en tenant compte du nombre de types de véhicules, de variantes et d'options par véhicule, par environ trente références différentes à fabriquer et à livrer en synchrone.
- Ces modules sont le train arrière, les éléments porteurs avant - Mc Pherson (droite et gauche), les éléments tournants avant (droite et gauche) et les roues (avant, arrière et secours).
- Cinq activités internes de production (soudage des trains, assemblage des trains, assemblage des éléments porteurs, assemblage des éléments tournants, assemblage des roues) et une activité intermédiaire sous-traitée (cataphorèse des trains).
- Deux flux d'approvisionnement (Brésil et Europe) pour une centaine de composants auxquels il convient d'ajouter les consommables et les rechanges divers.
- Compte tenu de la complexité de la gestion de ces flux — notamment pour la partie import —, une partie de l'activité d'acheminement et de pilotage a été confiée à un prestataire logistique (la CAT).

Sur le plan du système « logistique » (voir figure 2 et figure 3), les temps de réquisition de RdoBA varient d'environ 90 minutes à 210 minutes suivant le type de produits finis appelés. Les prévisions hebdomadaires fournies par RENAULT couvrent environ 12 semaines.

Quant aux approvisionnements, les temps de réponse des fournisseurs varient de quelques jours (Brésil et Mercosur) à près de neuf semaines (Europe).

En ce qui concerne la réponse aux réquisitions de RENAULT, on a choisi de l'assurer d'une part à partir d'un stock de produits finis (stock picking) pour trois des quatre types de

produits finis, et, d'autre part, de façon « plus tendue » à partir du stock de composants, donc en déclenchant la fabrication au plus tard, pour le quatrième (les roues).

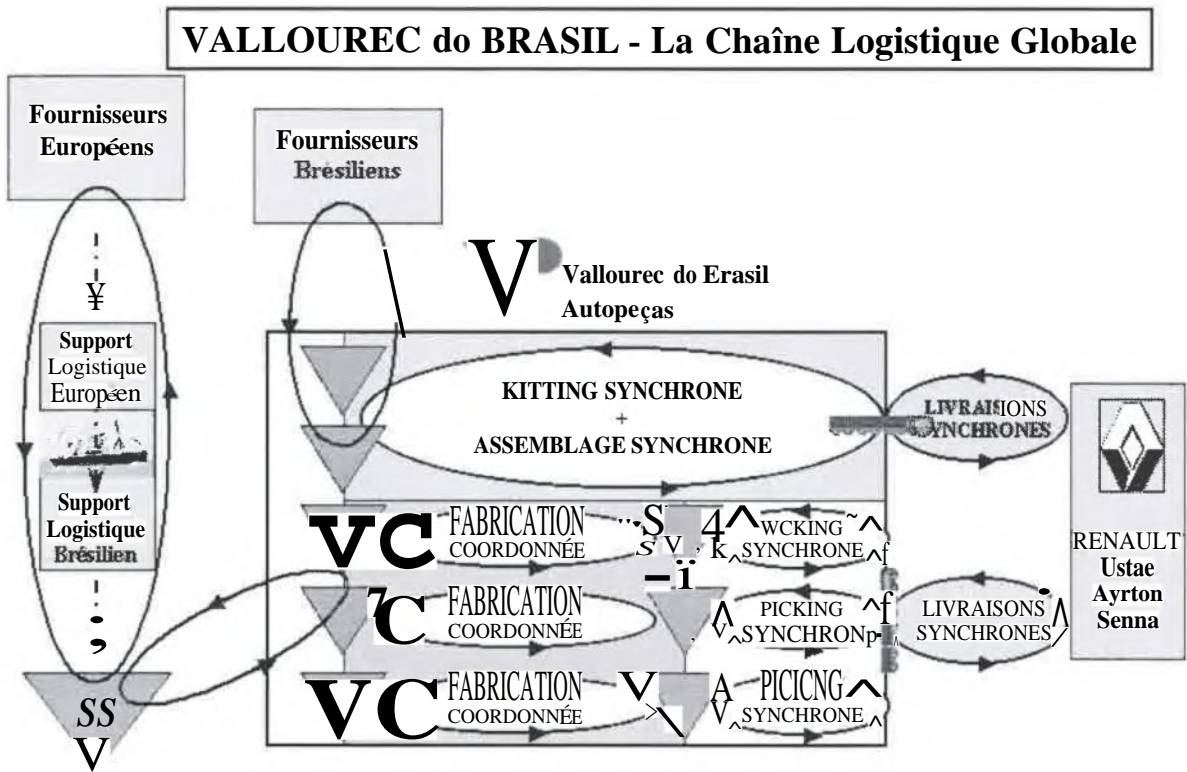


Figure 2 : La chaîne logistique globale

Les particularités de cette organisation, d'un point de vue logistique sont donc principalement :

- le nombre important de types de produits finis à fournir simultanément en synchrone.
- la cohabitation de deux modes synchrones (picking et livraison pour certaines références, fabrication et livraison pour d'autres).
- l'étendue de la plage des temps de réponse (de quelques dizaines de minutes pour les activités "frontales" à une dizaine de semaines pour les activités amont).

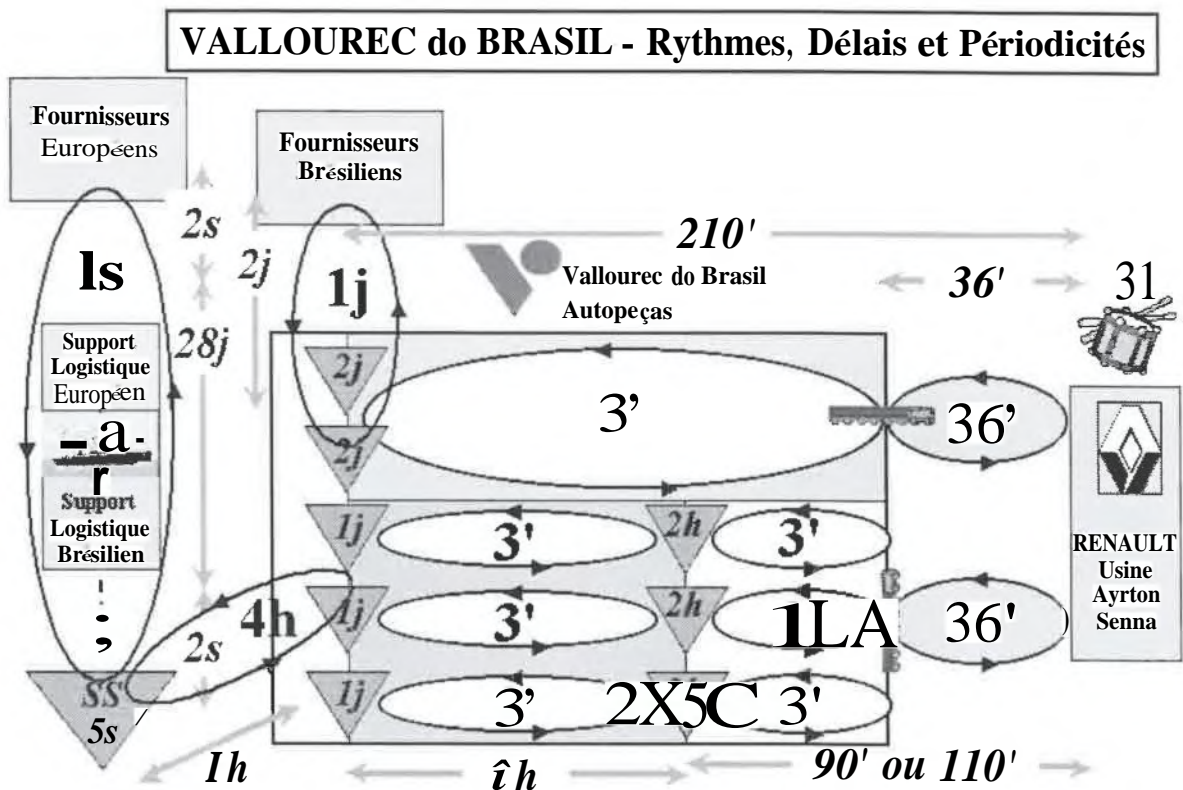


Figure 3 : Chaîne logistique : Rythmes, délais & périodicités

3.3 La chaîne logistique globale

Le dispositif logistique de VdoBA est rythmé par la fréquence des ordres de réquisition de RENAULT (toutes les 3mn) qui constitue de fait le « pouls » de l'entreprise. L'activité sur le terrain est orchestrée par ce pouls et la précision de chacun des gestes est guidée par l'objectif de délai de livraison (90 minutes pour les éléments porteurs et tournants, 110 minutes pour les trains arrières et 210 minutes pour les roues), donnant l'impression d'un ballet.

3.3.1 Les processus

Au sein des trois grandes phases qui constituent l'ossature classique de toute organisation logistique globale, le système logistique VdoBA a été conçu autour de sept processus de base :

- Les approvisionnements (ou "phase amont")
 - locaux (auprès des fournisseurs brésiliens ou du Mercosur de VdoBA),
 - import (auprès des fournisseurs européens de VdoBA).
- La fabrication hors fenêtre de réquisition (ou "phase interne")

- fabrication anticipée (incluant les éventuelles opérations intermédiaires sous-traitées) consistant à alimenter/recompléter les stocks de composants et sous-ensembles fabriqués,
- fabrication coordonnée consistant à alimenter/recompléter les stocks de produits finis "picking" destinés au picking synchrone.
- La distribution et les processus synchrones (ou "phase aval")
 - fabrication synchrone (fabrication des produits finis "synchrones", chargement en chariots et constitution de convois sur appel / réquisition, destinés à la livraison immédiate à la chaîne de montage de RENAULT UAS).
 - picking synchrone (chargement en chariots des produits finis "picking" et constitution de convois sur appel - réquisition de la chaîne de montage de RENAULT UAS à partir d'un stock "tampon" de produits finis),
 - livraison synchrone (tournées des convois pour livrer les produits finis aux différents points de la chaîne de montage de RENAULT UAS en séquence — encyclés — et sans interruption).

Dans les paragraphes suivants, nous allons décrire chacun des éléments du dispositif logistique tel qu'il a été conçu puis réalisé, les principaux flux, et les grandeurs caractéristiques (délai, rythme et couverture).

3.3.2 Les flux physiques

Au niveau du système physique, les principales entités sont :

- Les lignes de montage de RENAULT désignées dans la suite de ce document sous le terme générique RdoBA, ou UAS et qui seront, à ce niveau, considérées comme un tout.
- L'ensemble de l'unité VdoBA, découpée en cinq secteurs d'activité correspondant chacun à une logique particulière du point de vue du pilotage :
 - La livraison synchrone, consistant à acheminer les convois pleins chez RdoBA et à ramener les convois vides chez VdoBA ;
 - Le picking synchrone, activité de prélèvement des produits finis à partir du " stock picking " et de mise en chariot sur réquisition de RdoBA ;
 - La fabrication synchrone (kitting synchrone et montage synchrone) consacrée à la réalisation par assemblage de produits finis (roues) sur réquisition de RdoBA ;
 - La fabrication coordonnée, consistant à réaliser par assemblage des produits finis (EP, ET, TA*) pour alimenter le stock picking ;
 - La fabrication anticipée (usinage et soudage) des éléments de train arrière pour mise à disposition de l'activité de fabrication coordonnée des TA.

* Nous utiliserons tout au long de ce document, les abréviations suivantes : EP pour "éléments porteurs", ET pour "éléments tournants", TA pour "train arrière".

- Les fournisseurs, répartis en quatre catégories :
 - Les fournisseurs "de proximité", situés au Brésil, et par extension dans le Mercosur, livrant directement le site de VdoBA ;
 - Les fournisseurs "de proximité" situés au Brésil et par extension dans le Mercosur livrant VdoBA via la plate-forme de mise à disposition Brésil ;
 - Les fournisseurs européens ;
 - Les sous-traitants locaux.
- Le "prestataire logistique" intervenant en trois points :
 - La plate-forme de regroupement en Europe ;
 - Le transit maritime et terrestre ;
 - La plate-forme de mise à disposition au Brésil.

Les flux de matière (composants, sous-ensembles, produits finis) qui en découlent peuvent s'observer particulièrement à travers leurs points d'arrêts (les stocks). De l'aval vers l'amont on rencontre successivement :

- Le stock sur chariots ("en cours synchronique") :
 - Les chariots en cours d'utilisation sur les chaînes de montage RdoBA ;
 - Les chariots pleins, disponibles en bord des chaînes de montage RdoBA ;
 - Les chariots pleins en cours d'acheminement ;
 - Les chariots pleins en attente sur la zone de départ VdoBA ;
 - Les chariots en cours de remplissage chez VdoBA.
- Le stock de produits finis "picking".
- Le stock de sécurité produits finis "roues" (pour les réponses aux demandes urgentes de RdoBA) ;
- Le stock de TA prêts pour la sous-traitance (et en cours de sous-traitance) ;
- Le stock interne de composants pour la fabrication (synchronique, coordonnée et anticipée) réparti entre le magasin central, les magasins déportés et les bords de cellules ;
- Le stock externe de composants (sur la plate-forme de mise à disposition) ;
- Le stock de sécurité des composants (chez le prestataire logistique et chez les fournisseurs brésiliens) ;
- Le stock de composants sur la plate-forme de regroupement en Europe (et en transit entre l'Europe et le Brésil).

3.3.3 Les flux d'information

Le pilotage de ces processus est activé par un ensemble d'informations dites de "déclenchement" (voir figure 4) qui se répartissent ainsi, du long terme vers le court terme, chez RdoBA :

- Les prévisions hebdomadaires émises sous forme électronique (EDI - DELINS) couvrant, en termes de véhicules, les douze semaines à venir avec la précision du jour sur les premières semaines puis de la semaine au delà.
- Les ordres de réquisition qui sont émis toutes les trois minutes au rythme des mises en fabrication sur les chaînes de montage. Chaque OR précise le lot de produits finis à livrer par VdoBA pour le véhicule qui se présente sur la chaîne. Ces ordres sont transmis électroniquement (EDI - PLUQUO) via un réseau interne.
- Les appels urgents de RdoBA émis en hot-line par téléphone ou radio à la suite d'un incident qualité quelle qu'en soit l'origine. Ils spécifient une quantité et une référence à livrer immédiatement.
- Chez VdoBA, de l'aval vers l'amont :
 - Les « tops » de départ des convois synchrones et la mise à disposition des chariots vides au pied des cellules ; ils sont émis toutes les 36 minutes par le retour du convoi précédent et régulés par le Superviseur Logistique de VdoBA.
 - Les ordres de chargement des chariots (ordres de réquisition de RdoBA qui « tombent » sur un terminal informatique situé au pied de chaque cellule aval).
 - Les ordres de rechargement (kanbans) du stock picking ; sous forme d'étiquettes, ils sont envoyés vers les cellules de fabrication coordonnée en fonction de la consommation réelle du stock picking et ont valeur d'ordres de fabrication.
 - Les ordres de rechargement du stock de sous-ensembles TA cataphorésés ; les containers vides consommés par la cellule TA (faisant office de kanbans) sont retournés vers la cellule de soudage et valent ordres de fabrication pour l'ensemble du processus, sous-traitance comprise.
 - Les ordres de réapprovisionnement des stocks de composants auprès des fournisseurs locaux sous forme de « kanbans » électroniques (EDI - DELINS) au fil de la consommation réelle de ces stocks et compte tenu des éventuelles informations prévisionnelles à court terme disponibles.
 - Les appels hebdomadaires de VdoBA auprès de ses fournisseurs européens et du prestataire logistique pour le réapprovisionnement des composants "Europe" sur les plates-formes de regroupement en Europe d'une part et de mise à disposition au Brésil d'autre part. Ils sont émis sous forme électronique (EDI - DELINS), en

s'appuyant sur la prévision à 12 semaines de RdoBA modulées par la consommation et le niveau de sécurité établi (et révisé périodiquement) par RdoBA.

- Les appels de relance émis éventuellement par le prestataire logistique auprès des fournisseurs européens.

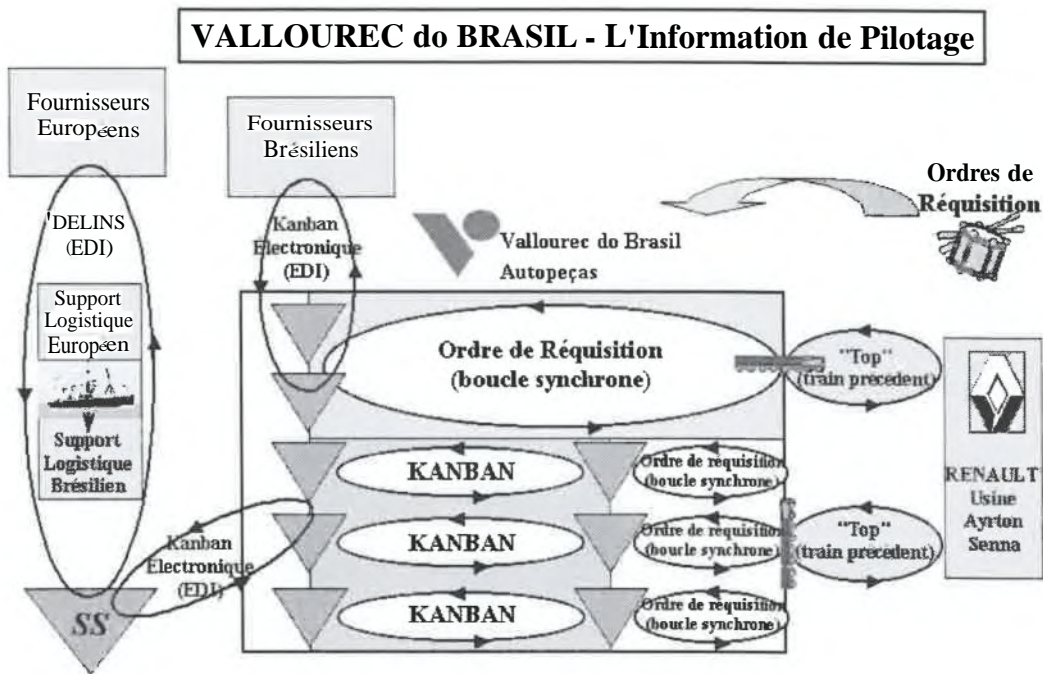


Figure 4 : L'information de pilotage

À cela s'ajoutent les informations d'accompagnement et de suivi :

- les étiquettes de traçabilité qui accompagnent chaque produit fini individuel, et les listes de prélèvement au niveau de chaque chariot synchrone chargé ;
- le constat de consommation (CC) émis quotidiennement par RdoBA auprès de VdoBA actant par référence de la quantité réellement consommée ;
- l'accusé de réception (AR) émis par le prestataire logistique auprès des fournisseurs européens d'une part et de VdoBA d'autre part actant la quantité reçue bonne sur la plate-forme de regroupement ;
- la situation de l'en-cours de transport émise périodiquement par le prestataire logistique auprès de VdoBA ;
- La situation des stocks disponibles émise périodiquement par le prestataire logistique auprès de VdoBA.

Pour assurer ce fonctionnement, le système d'information mis en place est organisé autour :

- d'un système spécifique de traitement EDI (traitement des ordres de réquisition PLUri-QUOtidien) assurant la liaison synchrone entre RENAULT et VALLOUREC.
- d'un ERP (MFGPRO) pour la gestion des stocks, de l'activité, et le calcul des besoins, ainsi que pour tous les aspects comptables, gestion...
- d'un dispositif d'émission des ordres de réapprovisionnement vers l'Europe et le Brésil et de réception des AvisExp (Fax et EDI).
- de dispositifs visuels (étiquettes kanban, marquages au sol, visualisation des emplacements en stock...) et d'interfaces avec le système informatique (écrans dans les zones de picking et de kitting pour distribuer les ordres de réquisition, lecteurs de code barre...).

La figure 5 résume les caractéristiques de l'ensemble du dispositif logistique.

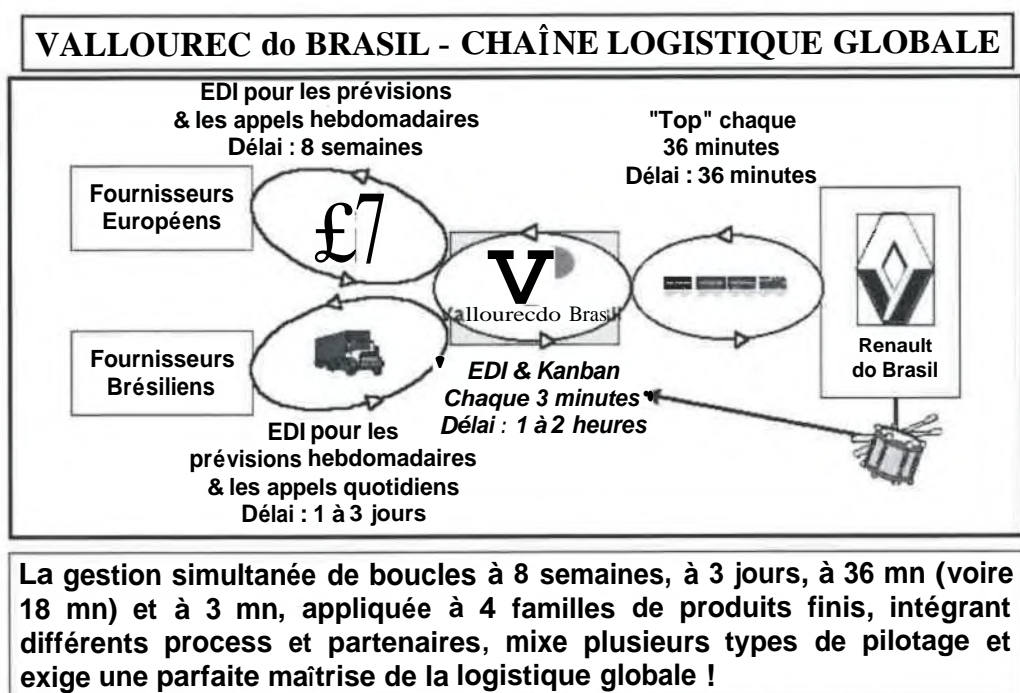


Figure 5 : Caractéristiques globales

3.3.4 Les rôles logistiques

La constitution de l'équipe logistique s'est faite très tôt ; le poste de Responsable des Achats et de la Logistique a été le premier poste pourvu. Pendant que l'équipe projet continuait de mettre au point les règles de fonctionnement et de travailler sur le dimensionnement des paramètres du dispositif, le Responsable Logistique s'est attaché aux aspects très « physiques » du démarrage :

- Achats des moyens de manutention et de stockage ;
- Établissement des protocoles avec les partenaires Brésiliens ;

- Approvisionnement des premiers composants ;
- Installation du système informatique...

À ce jour, le Responsable Achats et Logistique est rattaché au Directeur de l'Usine au même niveau que le Responsable de Production et que le Responsable Qualité.

Il dispose :

- D'une équipe « terrain » chargée des « boucles synchrones » :
 - un superviseur logistique,
 - des opérateurs de picking,
 - des caristes,
 - des conducteurs des convois synchrones.
- D'une équipe chargée des approvisionnements :
 - un approvisionneur,
 - un administratif chargé entre autres des opérations d'importation (particulièrement complexes au Brésil),
 - des magasiniers.

Il supervise les achats, pilote le moyen terme en relation étroite avec les équipes logistiques de RENAULT et anime la démarche de progrès logistique sur la base des indicateurs suivis en permanence par ses équipes.

4. Le projet logistique

4.1 *Les spécifications*

Les exigences au niveau de la conception, liées notamment aux contraintes du synchronique, se sont formulées de la façon suivante :

- Organisation réactive,
- Robustesse des processus de fabrication et de livraison,
- Optimisation des flux physiques,
- Flexibilité de l'outil industriel,
- Polyvalence des moyens de production (hommes et machines),
- Simplicité de l'organisation et du flux d'information,
- Gestion optimale des surfaces de stockage.

L'étude de faisabilité préalable à la conception de l'organisation logistique de VALLOUREC do BRASIL a notamment pris en compte les facteurs suivants :

- La diversité de composants et leur encombrement.
Le premier élément à étudier est l'impact de la diversité des composants et des variantes. Comme nous l'avons écrit dans l'introduction, c'est là l'origine des flux synchrones. Il faut, pour les justifier, que le nombre de références de produits finis et leur encombrement soient suffisamment élevés pour empêcher tout autre mode de

pilotage. Dans l'industrie automobile, le nombre de variantes et d'options entraîne en général un nombre de références suffisant. L'encombrement est, quant à lui, intrinsèque à la nature des pièces. Les pièces mécaniques ou les sièges ont donc ce type de contraintes. C'est un peu moins vrai pour les éléments d'habillage du véhicule.

- Les exigences au niveau des moyens de transfert (chariots synchrones), Il s'agit souvent d'un point d'entrée du problème de mise en place des flux synchrones. Le constructeur automobile impose le mode de convoyage. Dans le cas qui nous occupe, il s'agit d'un chariot qui, comme cela est noté dans le cahier des charges, doit pouvoir supporter l'équivalent de douze véhicules, avec les différentes options et variantes. De plus, il doit permettre la préhension aisée des pièces lors de leur dépose sur le chariot comme lors de leur utilisation. Dans le cas qui nous occupe, la mixité des véhicules Scénic et Clio sur la même chaîne de montage, tendance qui devrait se développer encore au fil des ans, ajoute aux contraintes à gérer pour la conception de ce chariot synchrone.

- Les temps de réquisition de chaque sous-ensemble.

Le délai de réquisition est, rappelons-le, le préavis avec lequel le constructeur automobile prévient son équipementier. Plus ce délai est court et plus la contrainte est forte. Il faut donc tenir compte de la largeur de cette fenêtre de réquisition pour savoir si le fournisseur sera à même de produire et de livrer en synchrone ou uniquement de livrer en synchrone. Le premier choix impose que la somme du temps de cycle de fabrication et de livraison s'inscrive dans la fenêtre, le second que seul le délai de livraison soit inférieur au délai de réquisition.

Il est donc nécessaire d'étudier en détail, minute par minute, la succession des événements sur chacune des boucles synchrones.

- La distance et le parcours de dépose ;
- La surface disponible.

Pour valider et spécifier :

- Les cycles de transport,

Le cycle de transport est lié aux modalités de la livraison synchrone. Sa durée est directement proportionnelle au nombre de modules acheminés dans chaque tournée (donc à la contenance des chariots synchrones) et à la cadence de la ligne de montage. Plus les sous-ensembles seront encombrants, plus la cadence de livraison sera importante et plus le cycle devra être court.

Dans le cas qui nous occupe, le nombre de modules par chariot correspond à douze véhicules sauf pour les trains avant, plus encombrants, où le chariot synchrone ne peut contenir de quoi équiper 6 véhicules. Le cycle de transport est alors entre 36 et 18 minutes (3 minutes par véhicule). C'est id une des contraintes les plus fortes à gérer. La marge de sécurité étant très faible, il est important de vérifier que la durée du cycle de transport est compatible avec la taille des chariots synchrones prévus. Cela passe

par une décomposition très détaillée de ce cycle où chaque geste, chaque déplacement, sera comptabilisé et analysé.

- Les chariots synchrones.

Comme nous l'avons noté, le dimensionnement des chariots synchrones a des conséquences sur beaucoup d'autres éléments. C'est le point d'entrée. Les constructeurs automobiles font d'ailleurs de sa définition, un jalon important du projet.

- Les activités qui seront réalisées à l'intérieur de la fenêtre de réquisition » :

- Picking et livraison ?
- Kitting, montage et livraison ?

- Rappelons que deux modes d'organisation peuvent être envisagés pour faire face à des appels synchrones :
- Le premier, celui d'une livraison synchrone à partir d'un stock de produits finis de l'équipementier. Ce dernier, sur réception de l'O.R., conditionne et fournit les produits appelés suivant la séquence exacte de montage. Par la visibilité donnée par le constructeur, il peut lancer sa propre production en la découplant de la séquence de livraison. Ce mode offre l'avantage de permettre au fournisseur synchrone de fabriquer par lots de quelques sous-ensembles. Mais il demande aussi une capacité de stockage suffisante pour placer l'ensemble des variantes et des options. Le stock synchrone ne peut représenter que quelques heures de consommation tout au plus.
- La deuxième possibilité est que l'équipementier attende l'ordre de réquisition pour produire le sous-ensemble correspondant. Sa production est donc directement liée à la demande du client, unité par unité. Les lots de fabrication sont donc unitaires, les stocks réduits à leur minimum. L'équipementier a organisé, généralement en flux tirés, ses propres opérations amont (approvisionnements, fabrication de composants...) pour disposer des éléments lui permettant d'assembler ou de personnaliser le module dans un temps de cycle court. Ce mode demande que la somme des temps de fabrication finale et de livraison soit inférieure au temps de réquisition. Il est souvent, dans ce cas, de l'ordre de quelques dizaines de minutes.
- Les tailles des lots.
La taille du lot de transport, ici 6 ou 12 suivant le type de sous-ensemble, fixe donc de nombreux autres paramètres de production (excepté dans le cas de la production synchrone puisque la fabrication se fait à l'unité, directement calquée sur la séquence des véhicules de la ligne de montage).
La définition de la taille de lot de fabrication est un arbitrage entre la productivité de la cellule de fabrication du sous-ensemble et sa flexibilité. Une taille de lot supérieure à l'unité permet de réduire le nombre de changements de série, mais limite d'autant la réactivité. La taille de lot a d'autre part une influence directe sur le volume du stock picking. Elle a aussi une influence sur la visibilité du pilotage des cellules de fabrication lorsque celles-ci fonctionnent en kanban. L'en-cours et le stock étant limités, une taille de lot plus élevée donnera un nombre réduit de tickets kanban, et donc une capacité d'ajustement moins grande.

- Les cadences de production,

La cadence instantanée des cellules de fabrication des sous-ensembles doit permettre de pouvoir répondre à la cadence de la ligne de montage, notamment dans le cas de la production synchrone. Dans ce dernier cas, le temps de défilement du produit doit aussi entrer dans la fenêtre de réquisition.

Pour la livraison en picking synchrone, ces contraintes sont moins fortes, la corrélation entre la cadence de la ligne de montage et celle des cellules de fabrication des sous-ensembles étant temporisée par le stock picking.

- Les niveaux de stocks intermédiaires,

- L'implantation,

Dans le fonctionnement en picking synchrone, le stock final permet de découpler l'organisation interne de l'atelier de fabrication de la livraison synchrone. L'atelier peut donc être organisé en cellules de fabrication de façon « classique ». Du personnel est nécessaire pour manutentionner les sous-ensembles depuis les cellules de fabrication jusque dans le stock picking ; attention, les risques d'erreurs à ce niveau et leurs conséquences peuvent être importants.

Au contraire, dans le cas de la production synchrone, l'atelier est organisé autour du chariot synchrone. Il doit être au centre de l'implantation afin que les opérateurs des cellules de fabrication puissent y déposer directement leur production. Il n'y a pas lieu de prévoir de manutentionnaire intermédiaire.

Dans tous les cas, la priorité doit être donnée à la fluidité des mouvements et des manutentions.

Par ailleurs, dans le cas d'un fonctionnement en picking synchrone, il faut impérativement penser la surface de stockage final de manière à permettre une organisation claire et ordonnée du stock, un accès direct à toutes les références et un pilotage en FIFO ; pour cela, les critères de simulation sont la diversité du nombre de références, le mix et ses variations possibles, le niveau de stock de sécurité, la performance des cellules de fabrication, le type de container et bien sûr la surface dont on dispose.

- Les unités de consommation (UC) et les unités de manutentions (UM) ;
- Les modes de stockage ;
- Les modes de réapprovisionnement ;
- Les relations avec les fournisseurs et les sous-traitants.

Les équipementiers synchrones doivent eux aussi mettre à contribution leurs propres fournisseurs en tendant au maximum les flux sans compromettre la sécurité du système qu'ils sont maintenant seuls à assumer. Il est donc nécessaire de mettre sur pied des conventions logistiques très robustes intégrant toutes les contraintes spécifiques.

Des partenaires logistiques, spécialistes du transport et de l'entreposage, sont aussi fortement impliqués et jouent un rôle primordial dans la fiabilité générale du système.

4.2 Les points clés de la conception

Une fois assurés de la faisabilité technique du système logistique, notamment pour la partie synchronique, une des activités de conception a consisté à étudier en détail, minute par minute, la succession des événements de la boucle synchronique, ce qui a conduit à la réalisation de « simogrammes » (figure 6). Le temps est placé en abscisse et les différentes activités en ordonnée. La durée et l'enchaînement des activités (chacune étant identifiée par un code de couleur) permettent de tester la faisabilité technique de leur synchronisation et d'estimer les marges de sécurité du dispositif.

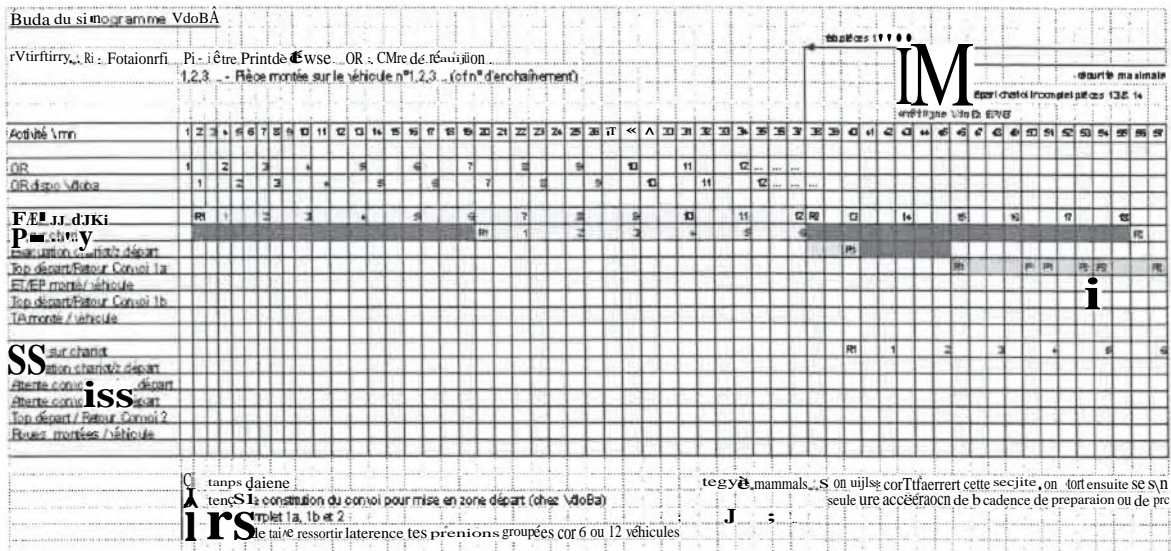


Figure 6 : Exemple de simogramme

Entre autres décisions de conception, celles qui concernaient l'implantation de l'unité de production ont été délicates tant il fallait arbitrer entre les contraintes de process et les ambitions logistiques. Finalement, un certain nombre de principes fondateurs donnant priorité aux flux, à la vitesse et à la robustesse ont été retenus. L'agencement des cellules de fabrication a donc été pensé pour tenir compte des contraintes de picking et de production synchronique. Les approvisionnements se font en bord de cellules, de façon à privilégier à la fois l'autonomie des acteurs et la réactivité du fonctionnement — lors des changements de série notamment. Enfin, la gestion des flux physiques a été voulue aussi claire que possible en intégrant à la fois les flux d'approvisionnement et de livraison mais aussi les éventuels flux de retour liés à des problèmes de qualité et les flux d'emballages, souvent importants dans les usines d'assemblage.

Le principe d'une gestion visuelle approfondie et omniprésente a été retenu comme condition essentielle de la bonne marche du système (figure 7). La conception des cellules a donc favorisé, de ce point de vue, les aspects suivants :

- l'alimentation en composants,
- la position des voies d'accès,

- les produits, variantes et modèles à fabriquer,
- la facilité de passer d'un produit à l'autre,
- l'équilibrage,
- la minimisation de tous les déplacements et croisements de flux,
- la circulation des produits,
- l'évacuation des contenants,
- le confort de l'opérateur,
- la gestion visuelle.

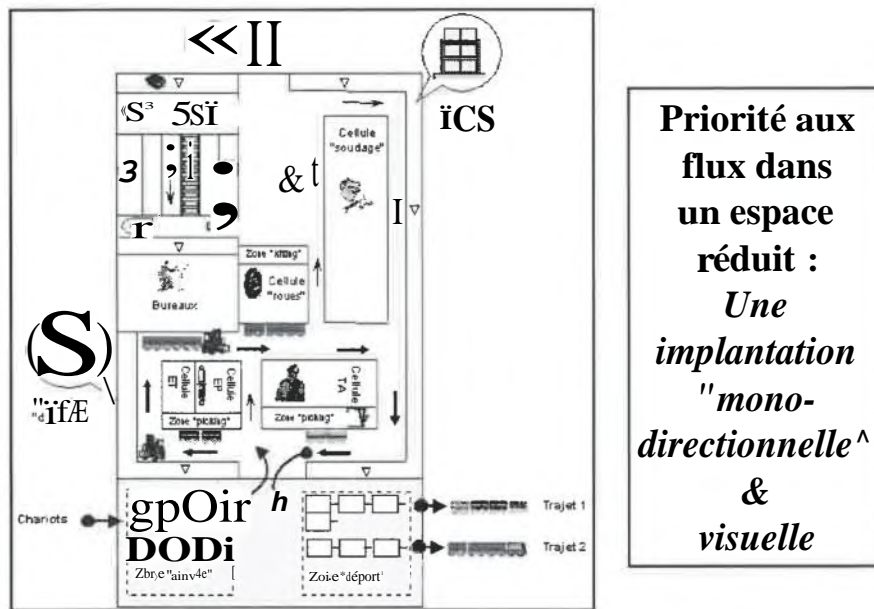


Figure 7 : Implantation physique

Enfin, dans un fonctionnement synchrone, la totalité des processus doit être particulièrement robuste, y compris l'organisation humaine. Ceci demande un cadre de fonctionnement particulièrement travaillé et détaillé ; mais c'est aussi dans la réactivité que réside la bonne marche du système. Il a donc été nécessaire d'imaginer des modalités de fonctionnement très précises et, paradoxalement, des règles permettant une autonomie importante. Une démarche de type AMDEC a alors été appliquée pour aider à la conception des modes de fonctionnement : elle a obligé à une rédaction très détaillée des procédures et a permis de rendre plus robustes les modes nominaux, tout en forçant la conception des modes dégradés. La conception de l'organisation, du point de vue logistique, a donc abouti à :

- une définition très précise des fonctions,
- une définition exhaustive des modes de fonctionnement nominaux,
- une définition des modes dégradés de fonctionnement,

- une définition des modes d'urgence,
- une définition des modes transitoires.

Tout ceci a été compris et assimilé par l'ensemble du personnel, y compris les opérateurs, à l'issue de nombreuses séances de formation.

Chaque employé devant également être capable au minimum de tenir le poste amont et le poste aval, la polyvalence est pratiquée régulièrement afin de pouvoir remplacer le titulaire au pied levé sans perte de qualité, ni de cadence.

Enfin, chaque homme et femme de l'entreprise est à l'écoute permanente du fonctionnement — du "pouls" de l'usine — ici plus qu'ailleurs. La détection au plus tôt d'un dysfonctionnement peut éviter la rupture quelques étapes ou quelques heures plus tard.

Le conducteur du convoi synchrone est à ce titre un exemple particulièrement éloquent : non seulement il véhicule les produits depuis l'unité de production de VdoBA jusqu'à la ligne de montage de RdoBA, mais il est également très attentif à tout ce qui se passe en bord de ligne de montage pour procéder aux ajustements de rythmes impossibles à réaliser même à travers des dispositifs sophistiqués de traitement automatisé de l'information.

Pour valider les choix de conception, et sachant que RENAULT exigerait très vite l'obtention du niveau « A » de la certification EAQL (Référentiel Logistique RENAULT), il a été décidé de procéder à un audit de l'organisation « virtuelle » qui venait d'être imaginée. Ce premier audit a permis de vérifier la pertinence et la cohérence des fonctionnalités de l'organisation, mais aussi de bâtir le plan d'action, ou du moins de fixer les priorités, pour la mise en place du dispositif.

Dès la validation finale du système logistique, une première Convention Fournisseurs a été organisée avec les fournisseurs européens et le prestataire logistique (CAT). Elle avait pour principal objectif de préciser les modalités d'approvisionnement et de présenter la structure des protocoles logistiques qu'il fallait impérativement installer avec chacun d'entre eux. Ces protocoles avaient également pour ambition d'installer le système d'indicateurs et la démarche de progrès permanent animée conjointement : condition essentielle du niveau de performance que nous envisagions d'atteindre.

5. Les indicateurs et le progrès permanent

5.1 Les indicateurs logistiques synchrones

Les premiers indicateurs installés ont été ceux qui visaient à la maîtrise des boucles synchrones. Cinq indicateurs ont été retenus :

- un indicateur de ponctualité ;
- un indicateur de taux de service ;
- un indicateur de taux de rupture (arrêt de la ligne de montage) ;

- un indicateur de nombre d'incidents logistiques (non-qualité, erreurs de séquence, avances, retards, ... dont bien entendu les arrêts de chaînes sont la sanction finale !)* ;
- un indicateur de temps de défilement.

Nous voudrions cependant éclairer plus particulièrement l'indicateur de ponctualité — que nous aurions peut-être mieux fait d'appeler « indicateur de synchronisme » — qui a la particularité d'avoir été pensé dans une logique de type SPC et d'avoir pour objectif, non seulement de progresser dans le temps, mais également de permettre aux conducteurs des convois synchrones de se réajuster de tournée en tournée. Le principe en est le suivant :

Au pied de chaque poste de montage sur la ligne de RENAULT, sont placés deux chariots synchrones. Ils sont utilisés dans un mode de gestion « two bins », à savoir que le premier chariot est celui dans lequel l'opérateur de RENAULT prélève, dans l'ordre, les modules dont il a besoin ; le second est soit celui qu'il vient de vider, soit le nouveau (plein) que le conducteur du convoi synchrone vient de mettre à sa disposition en même temps qu'il lui a repris le vide.

La situation de synchronisme absolu est celle où le convoi arrive avec le nouveau chariot plein exactement au moment où le monteur consomme le dernier module de son premier chariot. Le monteur libère alors le vide et utilise le second chariot pendant que le conducteur dépose le nouveau chariot plein et repart avec le vide.

Mais deux situations extrêmes peuvent se présenter :

- celle où lorsque le convoi arrive, le monteur n'a pas fini de consommer le premier chariot (ralentissement de la ligne, ou accélération du convoi) ; les bords de ligne étant conçus pour n'accepter physiquement que deux chariots et pas un de plus, le convoi synchrone doit attendre mais, ce faisant, il entrave la circulation dans les allées de l'usine RENAULT et prend du retard pour sa prochaine livraison : situation à éviter !
- celle où, lorsque le convoi arrive, le monteur est déjà en train de consommer le deuxième chariot (accélération de la ligne ou retard du convoi) ; le risque d'arrêt de chaîne est important. La criticité devient maximale à partir du moment où le monteur est en train de consommer le dernier module : situation dangereuse !

Les chariots contenant chacun 12 modules, toutes ces situations peuvent s'évaluer par rapport au disponible en bord de ligne lorsque le convoi arrive. Si ce disponible est de 12, nous sommes en état de synchronisme parfait (ponctualité 100 %), s'il est de 0, nous sommes en situation de rupture (ponctualité 0), s'il est de 24, nous sommes trop en avance (ponctualité 0) ; à chaque valeur intermédiaire nous avons affecté une valeur de ponctualité. Les conducteurs de convoi notent donc, à chaque tournée, sur une feuille type formulaire SPC, la valeur du disponible en bord de ligne. Sur la feuille sont indiquées par des codes couleur, les plages vertes (bon), orange (attention) et rouge (danger).

L'indicateur journalier puis mensuel de ponctualité est calculé à partir des valeurs affectées à chacune des situations possibles en bord de ligne. Notre objectif de ponctualité se

* Les incidents créés par RENAULT (arrêts de ligne, variations de rythme, variations de volumes, erreurs de transmission d'information...) sont également suivis de près pour mieux comprendre les dérèglements éventuels du fonctionnement logistique.

situé à 70 % — sur la base des règles que nous nous sommes fixées — ce qui signifie que nos livraisons synchrones sont toujours en zone verte (disponible en bord de ligne entre 9 et 12), ce qui se traduit par le fait qu'il n'y a jamais d'attente de nos convois et jamais de rupture pour le monteur !

Cet indicateur est très sévère et très exigeant, mais, compte tenu des enjeux, il nous a semblé qu'une approche de type SPC était la plus appropriée, car l'objectif est bien la maîtrise d'un processus complexe par le resserrement progressif de sa plage de tolérance.

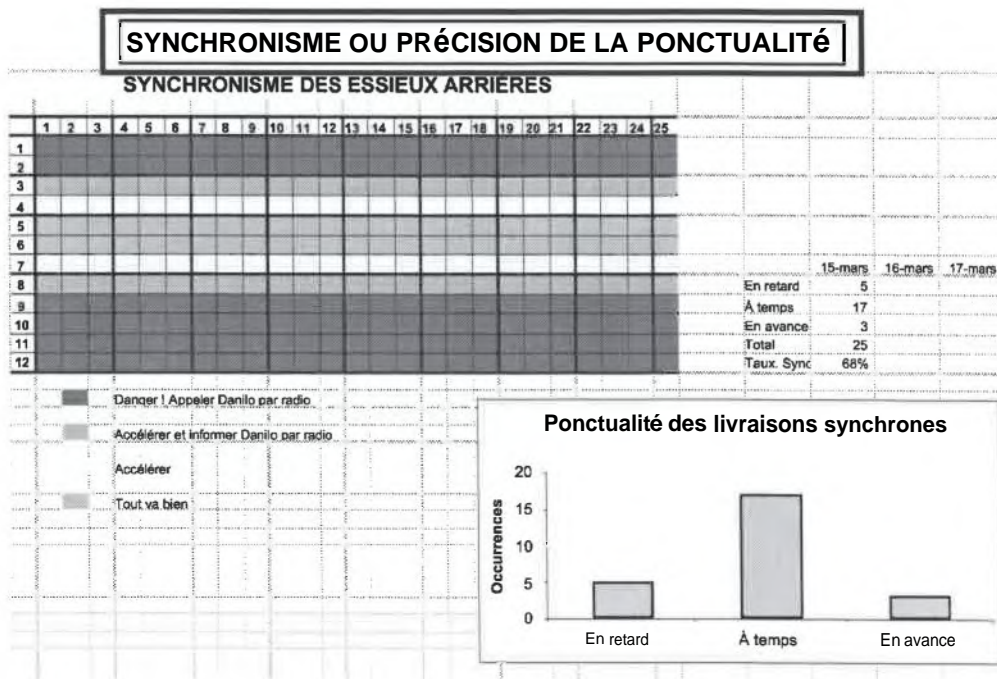


Figure 8 : Indicateur de « synchronisme »

5.2 Les autres indicateurs logistiques

Les autres indicateurs ont été installés sur les boucles internes (production) et amont (approvisionnement). Ont été principalement retenus :

- des indicateurs de ponctualité.
- des indicateurs de niveau de stock et d'en-cours.
- des indicateurs de délai.
- des indicateurs de nombre d'incidents logistiques (non-qualité, avances, retards...).
- un indicateur de niveau d'utilisation des équipements de manutention.

En ce qui concerne les approvisionnements, ces indicateurs font partie intégrante des protocoles logistiques installés avec les fournisseurs et avec le prestataire logistique en charge du tronçon Rouen – Curitiba.

5.3 *L'animation du progrès continu*

L'objectif de ce système d'indicateurs est de permettre la montée en performance logistique de VALLOUREC do BRASIL.

Dans un premier temps, le processus le plus « critique », ou du moins le plus directement visible par le client, étant la boucle synchrone, un effort particulier a été fait pour le maîtriser rapidement.

Après une formation et un travail collectif ayant abouti à la rédaction de procédures, les conducteurs de convois, les caristes et les opérateurs « picking » collectent des informations au « fil de l'eau » (disponible bord de ligne, ruptures, incidents, durées...) sur des documents appropriés.

Quotidiennement, le superviseur logistique calcule les indicateurs du jour et anime, sur cette base, une réunion logistique « 5' sur le terrain ».

Chaque semaine et chaque mois au cours d'une réunion logistique globale est examiné l'ensemble des indicateurs (aval, interne et amont) et des actions correctrices sont planifiées.

Cette démarche s'effectue en conformité avec les préconisations de l'EAQL (Démarche Logistique RENAULT) qui, dès le début du projet, a servi de cadre et de référentiel à l'évaluation et à la construction de la performance logistique.

5.4 *Les résultats*

D'une manière globale, ce dispositif logistique et son système de pilotage de la performance ont permis d'atteindre, dès la première production, un niveau de ponctualité très élevé.

L'ambition a été ensuite de confirmer la qualité de ce fonctionnement. VALLOUREC a successivement passé et obtenu l'EAQF (Qualité Fournisseur) niveau « A » en mai 1999 puis l'EAQL (Qualité Logistique) niveau « A » en août 1999 soit huit mois seulement après le démarrage de la production !

Or seuls six fournisseurs de RENAULT au Mercosur (trois au Brésil et trois en Argentine) avaient à ce moment atteint un tel niveau de performance.

En ce qui concerne la suite de la démarche logistique, les objectifs à venir s'organisent autour de :

- L'augmentation de la maîtrise des processus internes et amont — par resserrement des limites de tolérance sur chacune des activités — se traduisant par la réduction progressive des « buffers » de protection. Une attention toute particulière sera portée au mode de pilotage de la boucle de réapprovisionnement des fournisseurs européens.

- la poursuite de la montée en performance des fournisseurs et des sous-traitants dans la prolongation logique de l'esprit de la démarche EAQL. Cela se traduira par la systématisation des protocoles logistiques et surtout par l'animation de démarches de progrès communes avec les fournisseurs (pouvant aller jusqu'à une certification de type EAQL) sur la base des indicateurs définis à ce jour.

6. Conclusion

La logistique, enjeu majeur dans la création et la mise en place de VALLOUREC do BRASIL AUTOPEÇAS, a été l'un des principaux atouts de son succès. Tout au long de la vie du projet et maintenant dans le fonctionnement journalier de VdoBA, elle s'est mise au service du développement et de l'amélioration continue. Elle constitue aujourd'hui l'un des moteurs de la croissance de VdoBA et prend une place tout à fait singulière en jouant un rôle stratégique dans le développement de VALLOUREC dans le secteur automobile.

Par son niveau de performance exemplaire, le site de Curitiba constitue une tête de pont pour la poursuite de la présence de VALLOUREC dans le Mercosur (Brésil, Argentine, Uruguay, Paraguay), confirmée entre autre par la décision du Groupe PEUGEOT-CITROËN qui, à son tour, l'a sélectionné comme fournisseur majeur et synchrone pour l'unité de production en cours d'implantation dans l'État de Rio do Janeiro.

7. Bibliographie

- D.HALL John, H.HADLEY William (1998) An optimizer for the kanban sizing problem – Production and inventory management journal first quarter APICS.
- EDI et Logistique (1994) – Renault.
- Le juste à temps chez PSA (1997) AP/DP/AC/DFA SOGEDAC.
- DUDOUE Claude (1996) - Justification économique d'une démarche de logistique globale en flux tirés - Revue Logistique et Management Vol 4, n°2.
- ALONSO Roque (1997) – Du fournisseur au point d'assemblage sans rupture de charge – Logistique & Management Vol 5, n°1.
- SERPETTE Yves - EDIFACT (1996) pour gérer la production – La gazette de l'entreprise communicante n°21.
- STROVEN Bernard (1996) Guide de l'offre EDI et EDI au Brésil – la gazette de l'entreprise communicante n°21.
- GALLOIS Pierre-Marie (2000) – Global Synchronous Manufacturing – International Conference Proceedings APICS October 2000.
- GALLOIS Pierre-Marie (2000) – Compétitivité et maîtrise du temps, RFGI Vol 19 – Septembre 2000.
- GALLOIS Pierre-Marie & Club Production & Compétitivité (1996), De la pierre à la cathédrale, Éditions Londez.
- Utilisateurs Galia/Odette – Migration à EDIFACT – Présentations Renault, PSA et RVI.

