

Plan de la Conférence CPIM « flux synchrones au Brésil »

- 1. Flux synchrones – généralités et principes**
 - 1.1. De la Ford T à la Mégane Scénic**
 - 1.2. Définition et contexte d'application**
 - 1.3. Du flux poussé au flux synchrone**
 - 1.4. Les différents flux synchrones**
 - 1.4.1. Le flux synchrone par anticipation**
 - 1.4.2. Le flux synchrone coordonné**
 - 1.4.3. La Production synchrone**
 - 1.4.4. Le Picking synchrone**

- 2. Usine Ayrton-Senna do Brasil : Une « nouvelle race » de flux synchrones**
 - 2.1. L'environnement de l'usine Renault Ayrton-Senna**
 - 2.2. Un modèle logistique précurseur**
 - 2.3. Le plateau synchrone Ayrton-Senna**
 - 2.4. Problèmes posés aux équipementiers synchrones (étude de cas)**

- 3. La réponse d'un équipementier synchrone**
 - 3.1. Les choix fondamentaux**
 - 3.2. Plan de principe**
 - 3.3. Mode de fonctionnement nominal**
 - 3.4. AMDEC flux et mode de fonctionnement dégradé**

- 4. Mettre en place une organisation adaptée**
 - 4.1. Organisation physique**
 - 4.2. Organisation du système de pilotage**
 - 4.3. Organisation humaine**

- 5. Premier bilan**
 - 5.1. De la théorie à la pratique**
 - 5.2. Enjeux et risques**

- 6. Prospective**
 - 6.1. Dans l'automobile et dans d'autres domaines**

* * *

1. Flux synchrones – généralités et principes

Les flux synchrones dont nous allons parler concernent les échanges entre constructeurs automobiles et fournisseurs d'équipements de premier rang.

1.1. De la Ford T à la Mégane Scénic

Henry Ford a été le grand précurseur de la fabrication automobile en série. La Ford T était une réponse « universelle » à la demande du marché automobile émergent.

La production de ce modèle était très intégrée avec des composants uniques et disponibles en quantités au pied des chaînes de montage. Ces pièces étaient produites en flux poussé par la prévision de la demande avec des fabrications par campagne importante en nombre, pour suivre au mieux la célèbre série économique de Wilson. Le terme flux synchrone n'existait pas puisqu'il n'avait pas de raison d'être.

Les effets croisés de la compétition internationale et de l'innovation technologique ont amené les constructeurs à différencier de plus en plus leurs modèles. La Mégane Scénic de Renault en est un exemple concret dont nous verrons quelques aspects dans les pages suivantes.

Parmi les facteurs de différenciation, on citera les propositions d'options (ex : toit ouvrant) et de variantes (ex : motorisation diesel) dont les multiples combinaisons offrent un choix important pour le client. On notera aussi les séries spéciales, introduites par les Japonais, et qui consiste à promouvoir un modèle spécifique issu d'une combinaison originale d'options et de variantes, en nombre limité, et pour un prix souvent attractif.

Au niveau de la production des modèles, les constructeurs se sont, pour la plupart, concentrés sur le métier d'assemblage et achètent les composants auprès des équipementiers. La variété des composants est maintenant très importante et le stockage de l'ensemble des références est parfois impossible au pied des chaînes de montage. On a donc cherché à stocker les sous-ensembles dans des magasins spécialisés et à les faire préparer dans l'ordre de la séquence de montage des véhicules. Le flux synchrone était né !

Dans la recherche perpétuelle de productivité et de diminution des coûts, les constructeurs qui préparaient à l'origine ces séquences synchrones de composants ont confié cette opération à leurs fournisseurs, supprimant au passage de nombreuses tâches sans valeur ajoutée et à l'origine de ruptures de charge.

1.2. Définition et contexte d'application

Le Flux synchrone consiste à livrer un type de composants vers un point de destination précis dans l'ordre de la séquence de commande. Cette livraison se fait dans une plage horaire respectant l'heure d'assemblage du composant et les possibilités de stockage au pied de la chaîne de montage.

Le fournisseur peut-être interne (atelier amont) ou externe (équipementier). Il doit être par contre situé dans un périmètre proche de son client pour rester compatible avec les possibilités de plage de livraison.

Le contexte d'application type est la ligne d'assemblage automobile ou l'arrivée du composant est synchronisée avec le «film de montage» des véhicules. Nous nous placerons dans ce cadre pour cette présentation.

Par analogie, toutes les lignes de montage de produits à variantes / options et à fortes cadences peuvent utiliser les flux synchrones.

Un autre cas de flux synchrones concerne la fabrication et le chargement de produits dans la séquence inverse des livraisons d'une tournée. La séquence de transport joue dans ce cas le rôle du film de programmation de la chaîne automobile

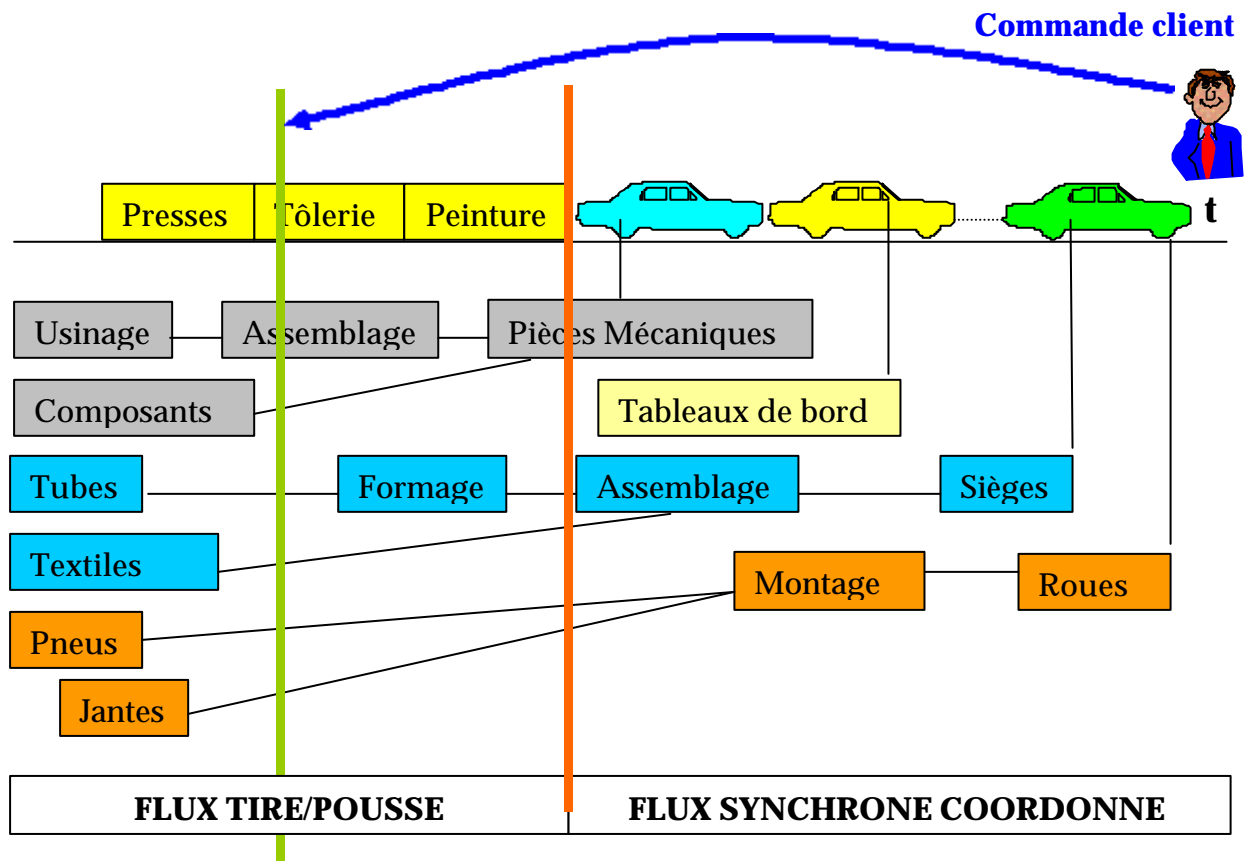
1.3. Du flux poussé au flux synchrone

La plupart des flux (flux d'information et flux physique) mis en œuvre dans le contexte automobile sont :

Flux Poussés : A partir de prévisions de consommation, un calcul des besoins indique les quantités de composants à fabriquer /à commander de façon échéancée.

Flux Tirés : A partir d'une quantité réellement consommée, on reconstitue un ou plusieurs containers permettant de retrouver le niveau du stock initial.

Flux synchrones : On empile, au rythme de la chaîne, les Ordres de fabrication (OF) émis en début tôlerie et /ou les Ordres de réquisition (OR) émis après peinture et on livre les composants dans cet ordre au lieu de réquisition indiqué.



FLUX SYNCHRONE ANTICIPE

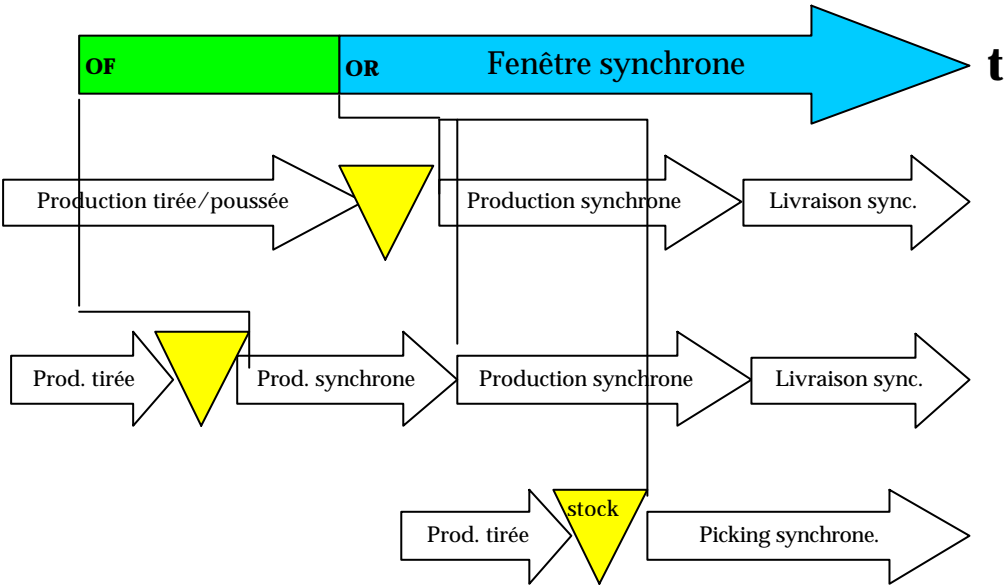
Figure 1

De plus en plus, le calcul des besoins en composants (CBN ou MRP) est utilisé pour donner de la visibilité aux fournisseurs concernant les besoins futurs sur des horizons de 3 à 12 mois.

Les appels de composants se font en flux tirés (kanbans, RECOR...) pour les fournisseurs classiques et en flux synchrones pour les fournisseurs proches produisant des produits sous-ensembles à options/variantes mises en place par le fournisseur. Ces produits sont souvent encombrants (sièges, tableaux de bord, trains arrière...) ce qui justifie ce type de flux.

1.4. Les différents flux synchrones

Le domaine du flux synchrone représenté figure 1 montre qu'il y a deux fenêtres synchrones possibles. Chacune de ces fenêtres peut comporter des opérations de fabrication/d'assemblage et des opérations de préparation des expéditions vers les chaînes de montage.



OF : Ordre de fabrication OR : Ordre de réquisition

Figure 2

1.4.1. Le flux synchrone par anticipation

La fenêtre synchrone par anticipation (cf figure 1) débute avec les opérations de tôlerie effectuée pour le futur véhicule (OF). Ces opérations ont lieu de 5 à 10 hr avant l'entrée du véhicule sur la ligne de montage. La séquence émise est

normalement la séquence finale d'assemblage aux non-conformités détectées en tôlerie et en peinture prêt.

Cette séquence permet d'anticiper le montage de certains composants à délai long comme les moteurs ou les boîtes de vitesse dont la livraison se fait unité de consommation par unité de consommation (UC).

1.4.2. Le flux synchrone coordonné

La fenêtre synchrone coordonnée (cf figure 1) débute après l'opération de peinture (OR). Le fournisseur dispose d'un temps dit de réquisition pour livrer ses composants en bord de chaîne dans la séquence indiquée. Cette séquence est définitive et sans trous.

1.4.3. La Production synchrone

Que l'on soit en flux synchrone coordonné ou en flux synchrone par anticipation, les composants ou sous-ensembles appelés subissent des opérations de production.

Si la **production** est **déclenchée et séquencée par** la réception des **appels synchrones** du client (OF ou OR), la production est appelée **production synchrone**. La préparation de livraison qui suit est forcément synchrone et est souvent effectuée par les opérateurs eux-mêmes.

Si la production synchrone est anticipée à partir des OF, une phase de réalignement de la séquence OF par rapport à la séquence OR est à envisager en fonction de la programmation de la chaîne adoptée par le constructeur et du type de produit fabriqué (ex: produit lié ou non à la couleur du véhicule). Un mini stock de régulation est alors constitué.

1.4.4. Le Picking synchrone

Que l'on soit en flux synchrone coordonné ou en flux synchrone par anticipation, les composants ou sous-ensembles appelés peuvent être fabriqués en flux tirés par rechargement d'un stock tampon. Ce stock tampon, appelé **stock picking**, permet d'alimenter une opération de préparation et d'expédition des composants selon la séquence synchrone du client. Cette opération est le picking synchrone et est généralement effectuée par une équipe différente de celle de production.

2. Usine Ayrton-Senna do Brasil : Une « nouvelle race » de flux synchrone

Avec l'implantation de sa nouvelle usine de Curitiba au Brésil, Renault va plus loin dans l'utilisation des flux synchrones en se faisant livrer directement en bord de chaîne les produits dans la séquence d'assemblage tout en limitant l'en-cours à la

surface d'un pas de travail par des arrivages alternés (méthode two bin back) synchronisés par l'avancement de la ligne de montage.

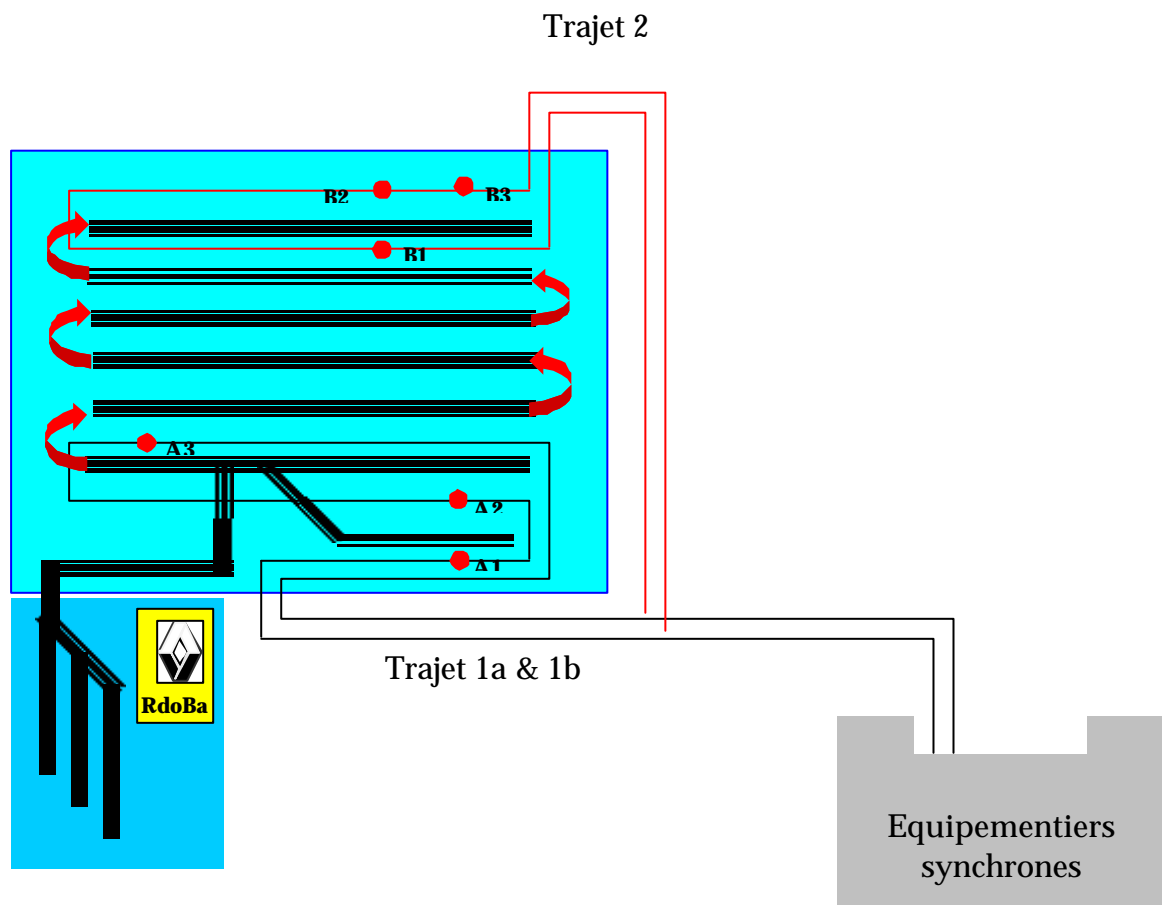
Le support de cette alimentation synchrone se fait par des petits trains constitués d'une motrice et de plusieurs chariots synchrones.

2.1. L'environnement de l'usine Renault Ayrton-Senna

Ayrton Senna est constitué d'un bâtiment d'assemblage et de montage des véhicules Renault et d'un bâtiment situé à 300 m, partagé par quatre grands équipementiers (Sièges, tableaux de bords; trains avant et arrière; roues; amortisseurs; échappement...).

Chaque fournisseur est autonome en ce qui concerne sa production et ses moyens d'acheminement. Cette autonomie n'a pas empêché une harmonisation des moyens destinés à diminuer les coûts et homogénéiser les modes de fonctionnement

Des chaînes de montage sortiront des Megane Scenic (J64) et des remplaçantes Clio X65) à raison de 20 véhicules par heure à compter de Décembre 1998.



Ai,Bj : Point de dépose des différents éléments
 ≡ : Chaîne de montage Renault Do Brasil

Figure 3

2.2. Un modèle logistique précurseur

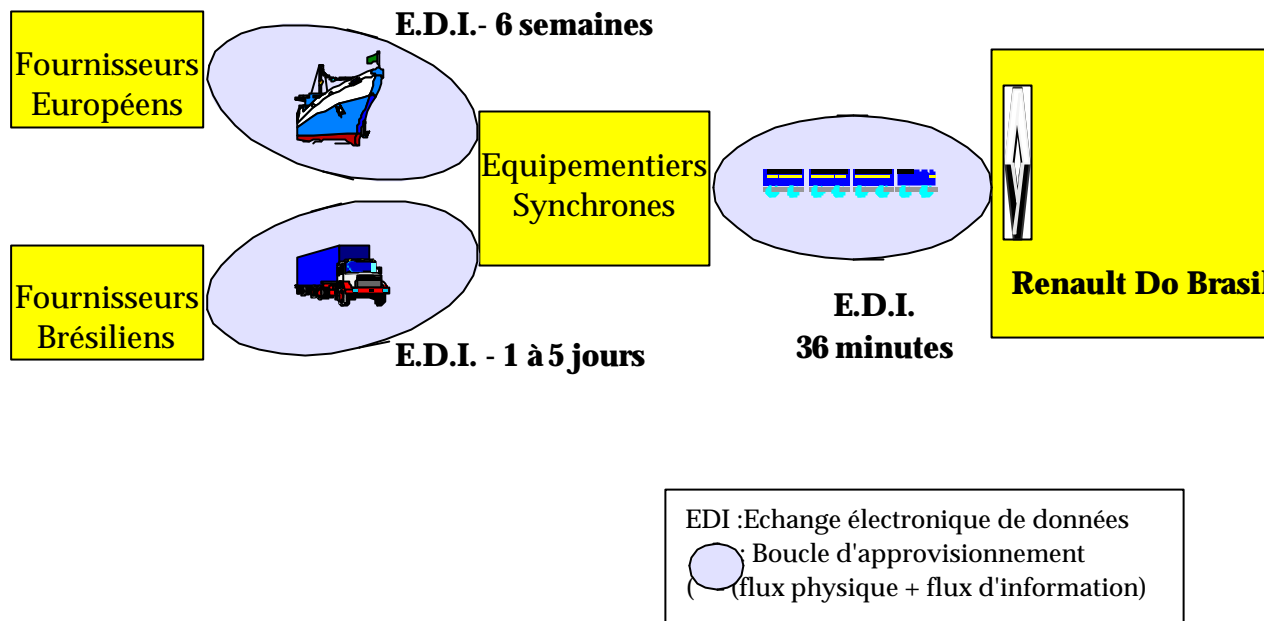


Figure 4

Ce modèle (figure 3) est précurseur des relations futures qui vont lier les différents partenaires de la chaîne logistique de Renault Do Brasil (RdoBa).

Avec une rotation de trains tous les 12 véhicules (36 minutes) par type de sous-ensemble, Renault tend les flux et supprime toutes les opérations de stockage et de manutention. Pour réaliser cette performance, tous les échanges d'informations se font à base d'échanges de données informatiques (EDI) aussi bien pour les appels synchrones que les prévisions à plus long-terme ainsi que la facturation.

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

2.3. Le plateau synchrone Ayrton-Senna

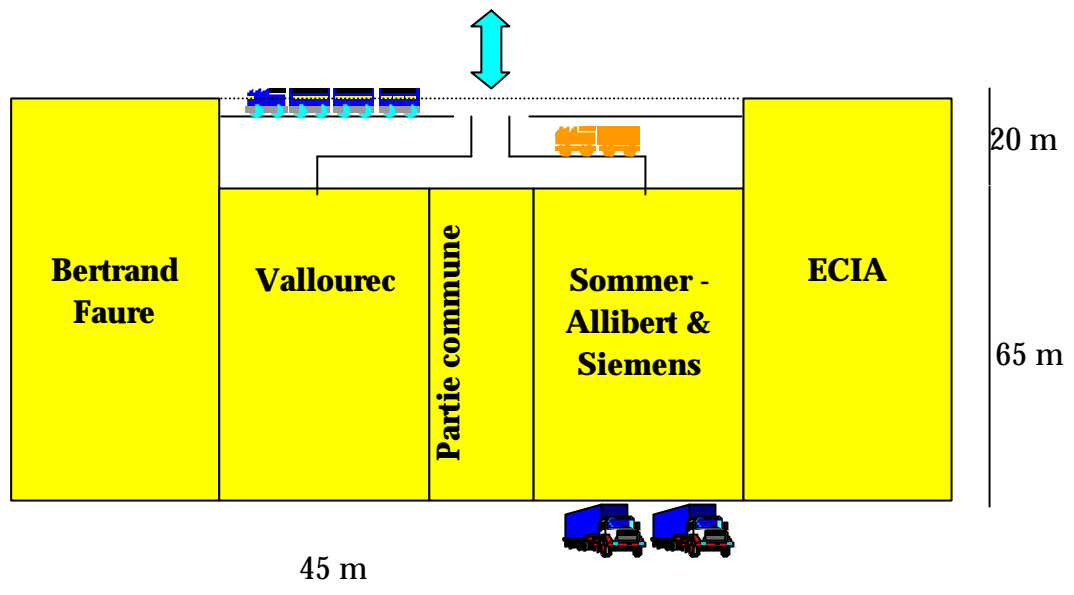


Figure 5

Le plateau synchrone est constitué de quatre zones occupées par les équipementiers choisis par Renault, d'une zone commune (restauration, chargement des batteries, ...) et d'un auvent couvrant toute la largeur du bâtiment.

Chaque fournisseur possède une ou deux motrices en fonction du nombre et de la fréquence des chariots à emmener. Une motrice commune supplémentaire est prévue pour sécuriser les trajets.

2.4. Les problèmes posés aux équipementiers synchrones - étude de cas

Dans ce paragraphe, notre objectif est de balayer l'ensemble des problèmes posés par la mise en œuvre du projet synchrone d'un des équipementiers.

Nous allons scinder parmi les différentes questions abordées :

- Les points qui relèvent du client
- Les points qui résultent de l'organisation interne
- Les points qui pilotent les fournisseurs

• **Problématique synchrone relative au client**

1. La cadence de montage : **20 véhicules par heure**
2. Les proportions du mix de véhicule : **65 % véhicule Scénic - 35 % véhicule Clio**
3. Identification du produit (options, variantes) à livrer sur chaîne de montage :
 - **Élément porteur (EP) droit & gauche du 1/2 train avant - diversité 3 Scenic / 3 Clio**

- **Élément tournant (ET)** droit et gauche - **diversité 6 Clio / 2 Scenic**
 - **Train arrière (TA)** - **diversité 5 Clio / 3 Scenic**
 - **Roues (R)** montées droites et gauches - **diversité 10 Scenic-Clio**
 - **Roues de secours (RS)** - **diversité 3 Scenic-Clio**

4. Point de livraison et trajets : **voir figure 3**

5. Temps de réquisition

- Les EP & ET gauches (A1) - **88 mn** de temps de réquisition
- Les EP & ET droits (A2) - **88 mn** de temps de réquisition
- Les TA (A3) - **110 mn** de temps de réquisition
- Les roues avant et arrière gauches (B1) - **180 mn** de temps de réquisition
- Les roues avant et arrière droites (B2) - **180 mn** de temps de réquisition
- Les roues de secours (B3) - **> 180 mn**

6. Moyens de livraison utilisés

- Petit train composé d'**une motrice** et de **4 chariots synchrones** au maximum
- Poids maxi d'un chariot 800 kg
- Unité de transport - 12 véhicules sauf TA à cause du poids

7. Le pas de travail (surface tampon près du poste de montage)

- Le pas de travail a une dimension de 5m x 2m et peut contenir 2 chariots synchrones

8. Les conditions à remplir pour extraire le produit du moyen de livraison

9. Les commandes de pièces (OR) se font par EDI (pluquo) toutes les 3 minutes

10. Les prévisions de commande se font par DELINS sur un horizon de 12 semaines

11. Chaque livraison par chariot doit comporter une liste de prélèvements et un N° de rotation initialisé tous les jours

- **Problématique synchrone appliquée aux fournisseurs**

1. Quelle convention logistique avec les fournisseurs Brésiliens ?

Délai du circuit d'appel (3 jr) - Appel et prévisions par EDI (delins) - Support EDI (RND) - Fréquence de livraison (jour) - Stock de sécurité (16 hr) - Volume d'appel de chaque référence (voir liste) - Type de conditionnement et lot de transfert - Transport et sécurisation si livraison par le fournisseur

2. Quelle convention logistique avec les fournisseurs Européens ?

Délai du circuit d'appel (7 sem) - Appel et prévisions par EDI (delins) - Support EDI (GALIA) - Fréquence de livraison (sem) - Stock de sécurité (3 sem.) - Volume d'appel

de chaque référence (voir liste) - Type de conditionnement et lot de transfert - Transport et sécurisation jusqu'au prestataire logistique- Incoterms

3. Quelle convention logistique avec les prestataires logistique transport ?
Construction de tournée de ramassage - Sécuriser les trajets - Transfert maritime - Conditionnement maritime - Suivi de l'avancement des matières - Dédouanement - Délais de mise à disposition des produits et sécurisation des délais- Appels et prévisions des transports par EDI (delins)
4. Quelle convention logistique avec les prestataires stockistes ?
Idem fournisseurs locaux - Déconditionnement/reconditionnement bord de chaîne
5. En interne
Organisation des réceptions (planification des quais, déchargement et stockage), gestion des appels fournisseurs, organisation du FIFO, dimensionner les stocks.

- **Problématique synchrone à traiter en interne**

1. Livraison des éléments
Récupération et dispatching des Ordres de réquisition - centralisés ou éclatés
Préparation des OR à partir d'un stock picking ou positionné directement par la production synchrone
Organisation physique de l'espace de préparation (ligne, U, stock picking...)
Gestion des départ et arrivée des trains de livraison synchrone à une ou deux boucles
Procédure dégradée et gestion des retours
2. Production des éléments
Production synchrone coordonnée, synchrone anticipée, sur stock picking en flux tiré ?
Gestion de la traçabilité
Organisation physique des cellules (ligne, U. S..) et bande passante
Communication de la cellule avec les fonctions alimentation et livraison ou production amont
Equilibrage de cellule
Type d'alimentation au poste, détrompeur, management visuel
3. Alimentation de la production
Organisation du stockage (central ou déporté) et de l'alimentation des cellules (opérateur ou préparateur, signaux d'appels...)
Organiser l'espace de circulation (lien cellule-stock...)
Dimensionner (M2 bord de cellule, M2 zones self-service, Main d'oeuvre..)
4. Organisation générale
Quelle organisation humaine, comment progresser... ?
Quel système d'informations et moyens informatiques ?

3. La réponse d'un équipementier synchrone

Le chapitre précédent a listé les principaux points à résoudre par les équipementiers synchrones.

En réponse, l'industriel cherche à mettre sur pied une organisation interne lui permettant de satisfaire les exigences de son client en intégrant les contraintes de ses fournisseurs. Dans le cas présent, Il a procédé par grandes étapes :

- Choix des principes généraux de fonctionnement
- Choix des principes généraux de pilotage du système
- Dimensionnement du projet et plan de principe
- Description du fonctionnement nominal et dégradé (flux physique + pilotage)
- Plan détaillé de référence
- Description du pilotage à moyen et long terme
- Description du système d'informations
- Convention logistique fournisseurs
- Nombreuses autres tâches de détail effectuées en parallèle

Notre objectif n'est pas ici de rentrer dans le détail de chacun de ces chapitres, mais plutôt d'extraire les points touchés par le synchrone, de décrire les réponses apportées et les alternatives possibles.

3.1. Les choix fondamentaux

Principes généraux - Choix de la solution synchrone

Nous avons testé la possibilité de chacune des cellules à fonctionner en synchrone, c'est à dire à respecter une production supérieure à 22 véhicules par heure avec des changements de série défavorables et intégrant différentes hypothèses de variation du mix produit/modèle.

Les résultats obtenus montraient une chute de 27 à 19,5 véhicules par heure pour les pièces TA. Les autres pièces ne posaient pas de problèmes.

La cellule TA n'assurait pas la production synchrone sans actions sur son organisation. Il nous paraissait cependant possible de retravailler la cellule pour atteindre la cadence mini. La production synchrone n'était donc pas impossible

Nous avons ensuite regardé l'impact de la diversité des produits pour la constitution d'un stock picking. L'objet était de vérifier que la diversité initiale (27 références EP/ET/TA pour 2 modèles de véhicules J64 & X65) ne générerait pas un stock picking d'une surface trop importante.

Nous avons utilisé une première approche avec une approche ABC des diversités et un stock tampon de 72, 36 ou 18 minutes de consommation continue pour les 3 catégories A,B et C.

Le résultat nous donnait une surface nette de 80 m² sur la base de rack standard vu par ailleurs. Cette surface était compatible avec les possibilités de l'atelier et la diversité ne justifiait pas à elle seule une production synchrone.

Les 2 solutions étant techniquement envisageables, nous avons mené 4 études complémentaires :

- Une évaluation des risques de mise en place d'une production synchrone
- Une comparaison (+/-) entre production synchrone et picking synchrone
- Une estimation des enjeux d'une production synchrone vis à vis des clients et fournisseurs
- Une analyse des temps de réquisition produits mettant en relief les sécurités

Les résultats de ces études ont fourni de nombreux éléments qualitatifs et quantitatifs qui n'ont jamais exclu la production synchrone. **Le choix de l'équipementier s'est finalement porté sur le picking synchrone pour les cellules EP, ET et TA et sur une production synchrone pour la partie Roues montées**

Choix du Picking synchrone pour :

La maîtrise du niveau de sécurité par le stock

Pour : Dans le cas de **temps de réquisition très court**, le stock picking permet de réguler la sécurité, ce qui permet de palier à un taux de fiabilité moins élevé des équipements et facilite la période de démarrage

Contre : La surface du stock picking s'accroît avec la diversité des produits (sièges) ce qui complique la préparation synchrone. De plus, la production synchrone concentre l'attention sur les problèmes de fond (organisation process, pannes, équilibrage...) à l'origine du manque de fiabilité.

Une conception de cellules indépendantes du chargement des chariots

Pour : Dans ce cas précis, les chariots synchrones EP/ET Droit et Gauche sont alimentés par 3 mini-cellules (EP J64/ EP X65/ ET mixte) délivrant les pièces droites et gauches. La conception mixant 3 cellules et 2 chariots impliquait de nombreux croisements de flux.

La conception de **cellule par ligne de produit** est favorisée

Contre : Il faut concevoir des cellules à bande passante plus large et spécialisée par chariot

Une organisation du travail plus simple évitant de mélanger les problèmes de production et les problèmes de préparation synchrone

Pour : l'opérateur de cellule gère trois activités (Lancement, Production, Préparation synchrone) qui implique un bon niveau de polycompétence, de polyvalence et de vigilance. Le picking **spécialise et simplifie les tâches** avec d'une part (lancement, production, stockage) et d'autre part (lancement, déstockage et préparation). Dans ce cas, la préparation est délicate et pouvait englober plusieurs cas :

- mélange de modèles (J64, X65), de type de pièces (ET, EP), de cotés (pièces droites & gauches)
- décalage de séquence entre les types de pièces (véhicule i pour ET et i+k pour EP), entre les chariots (alternance des chariots)

Contre : Le picking augmente le nombre d'activités élémentaires (6 vs 3) et complexifie la gestion (traçabilité, stock, un pilotage kanban, un pilotage synchrone)

La possibilité de laisser fonctionner la cellule au rythme de ses produits et pas au rythme de la chaîne

Pour : Si les changements de série sont complexes ou longs. Si les différents types de pièces ont des cadences hétérogènes. Si les **cellules** sont **difficiles à équilibrer** ou que le personnel se déplace entre plusieurs mini-cellules. Si la **constitution des chariots** est **compliquée** (pièces mixées ET/EP et droite/gauche éclatées) avec une hypothèse de **décalage de séquence** au niveau des pièces (EP véh. 6 à 18 - ET véh. 8 à 20) et/ou des **chariots alternatifs** (EP/ET gauche véh 6 à 18; EP/ET droit véh. 12 à 24)

Contre : La production synchrone oblige à équilibrer les cellules sur la cadence du client. Les flux piloteront la conception de la cellule et les moyens techniques. De nombreux chantiers Hoshin montrent les gains possibles dans ce domaine

Choix de la production synchrone

Eviter de stocker

Pour : Dans le cas de **temps de réquisition normaux ou longs**, on règle la sécurité par plusieurs véhicules préparés d'avance et on gère une file d'attente au niveau de la cellule. Ceci est d'autant plus important que le composant est volumineux. De plus dans notre cas, les cellules roues disposent de 4 machines dont une de secours et l'on peut augmenter la capacité très rapidement

Contre : Si la cellule est trop compliquée à concevoir ou que le risque d'erreur de constitution ou de placement du produit sur chariot par l'opérateur est trop grand

Principes généraux - Système de pilotage

La partie court terme nous laissait assez peu d'alternative. Les ordres de réquisition sont transmis par EDI toutes les 3 minutes. Le problème principal se situait au niveau de la conception des cellules avec un picking centralisé autour d'un convoi et alimenté par les 3 cellules ou un picking spécialisé par type de chariot.

La **solution retenue** fut **un picking spécialisé par type de chariot** (EP/ET et TA). L'implantation des cellules s'est donc faite en fonction des 2 stocks picking

Pour la cellule roue, le choix se situait au niveau du kitting des composants à destination des 3 mini-cellules (roues gauches, roues droites et roue de secours) desservant chacune un chariot (autre choix de base)

La **solution retenue** fut une **préparation centralisée** pour éviter les risques d'erreur et favoriser un kitting par lot de 5 pneus et jantes.

Pour le pilotage moyen et long terme, l'éloignement des fournisseurs européens et un stockage sur une plateforme logistique nous imposait un **calcul des besoins MRP simplifié** avec injection des stocks de la plateforme et des prévisions de RdoBa éventuellement extrapolées et retouchées pour donner un horizon de plusieurs mois aux fournisseurs.

Dimensionnement du projet - Stockage composants et surface bord de cellule

Une préoccupation supplémentaire était d'estimer si plus de 100 composants de base étaient capables d'alimenter les cellules pendant un temps suffisant (1/2 poste). Nous avons utilisé une classification des composants par classes d'emballages (1 M3, 0.5 M3, 0.25 M3, autres). Après calcul, il paraît **possible d'avoir une autonomie de 1/2 poste** pour une surface au sol inférieure à 400 M2. Il ressortait aussi que la convergence des approvisionnements en certains points posait des problèmes nécessitant de revoir la conception de certaines cellules

Surface Magasin Déporté	Surface Magasin Roues	nb col.	Surface Magasin Déporté	Surface Magasin Roues	nb col.
467,4	503,5	192	836,2	1000,3	290

Figure 6

Au niveau du stockage composants, les dernières simulations nous donnaient en M2 les résultats ci-dessus en fonction de la sécurisation choisie (16 hr et 32 hr - 4 hr pour la plate-forme logistique - livraisons journalières pour les fournisseurs locaux). Avec 130 m de développé, le magasin déporté avec un palettier sur 4 niveaux nous permettrait d'aller jusqu'à 650 M2 (ce qui nous laisserait 130 M2 pour le stock en libre service situé au niveau 0). La deuxième hypothèse de stockage est donc trop forte. De plus, l'attention doit se porter sur le nombre de colonnes demandées. 192 est un chiffre important et va nécessiter de stocker plusieurs références à petit volume dans la même colonne.

Les **contraintes** au niveau du **stockage des composants** sont donc **fortes** en M2 et capacité de rangement. Il est donc nécessaire de fiabiliser les transports (par des tournées régulières) pour assurer une sécurité d'une seule journée.

3.2. Plan de principe

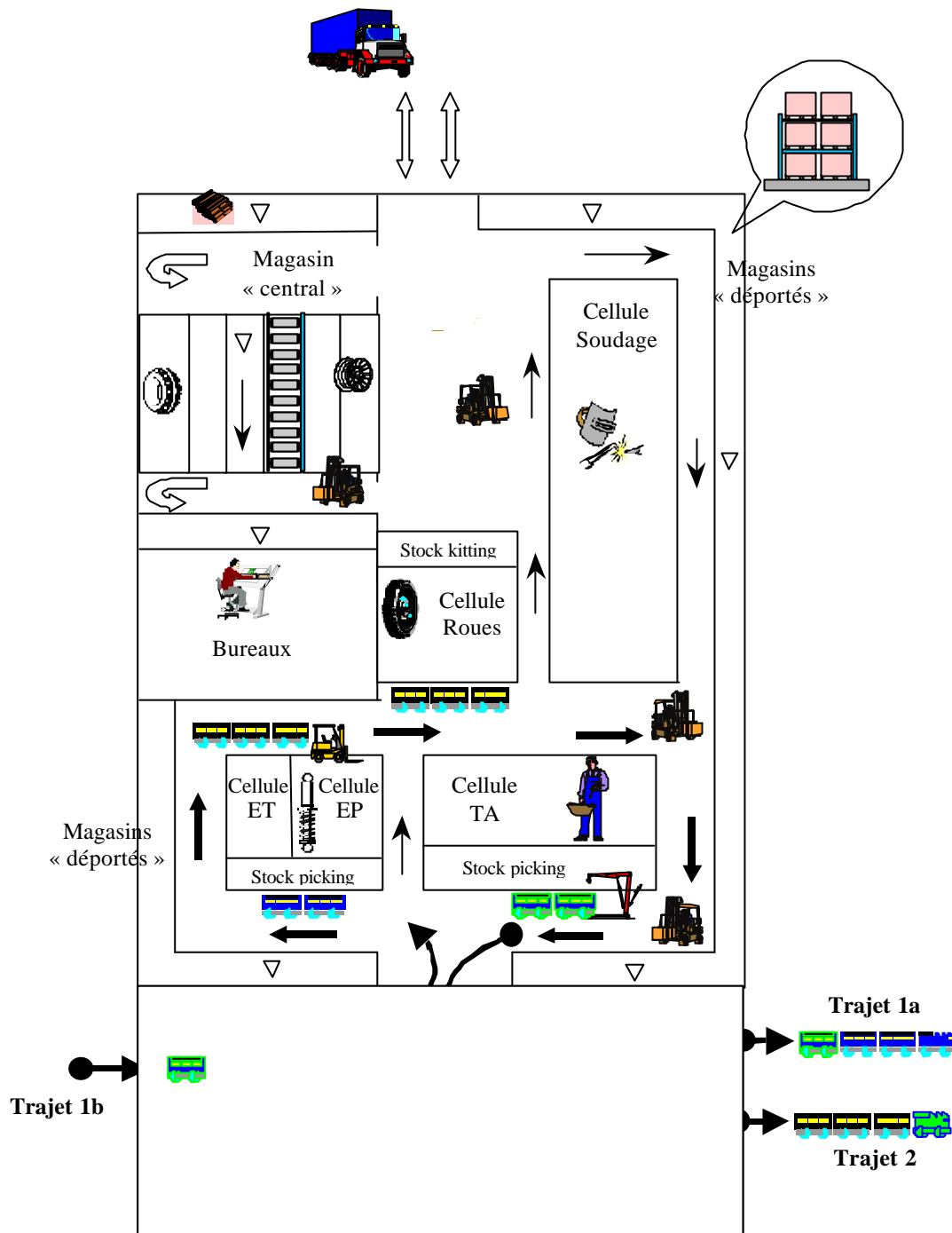


Figure 7

Le plan de principe de la figure 7 schématise l'ensemble des flux physiques :

- La boucle de livraison externe (trajet 1a, 1b et 2)
- La boucle de constitution interne des 2 convois
- Les cellules de production (ET, EP, TA, Roues et soudage)
- Les zones de stock (magasin central, déporté, kitting, picking)
- Les 2 quais de réception fournisseur
- Les allées de circulation (clark et convois)

3.3. Modes de fonctionnement nominaux

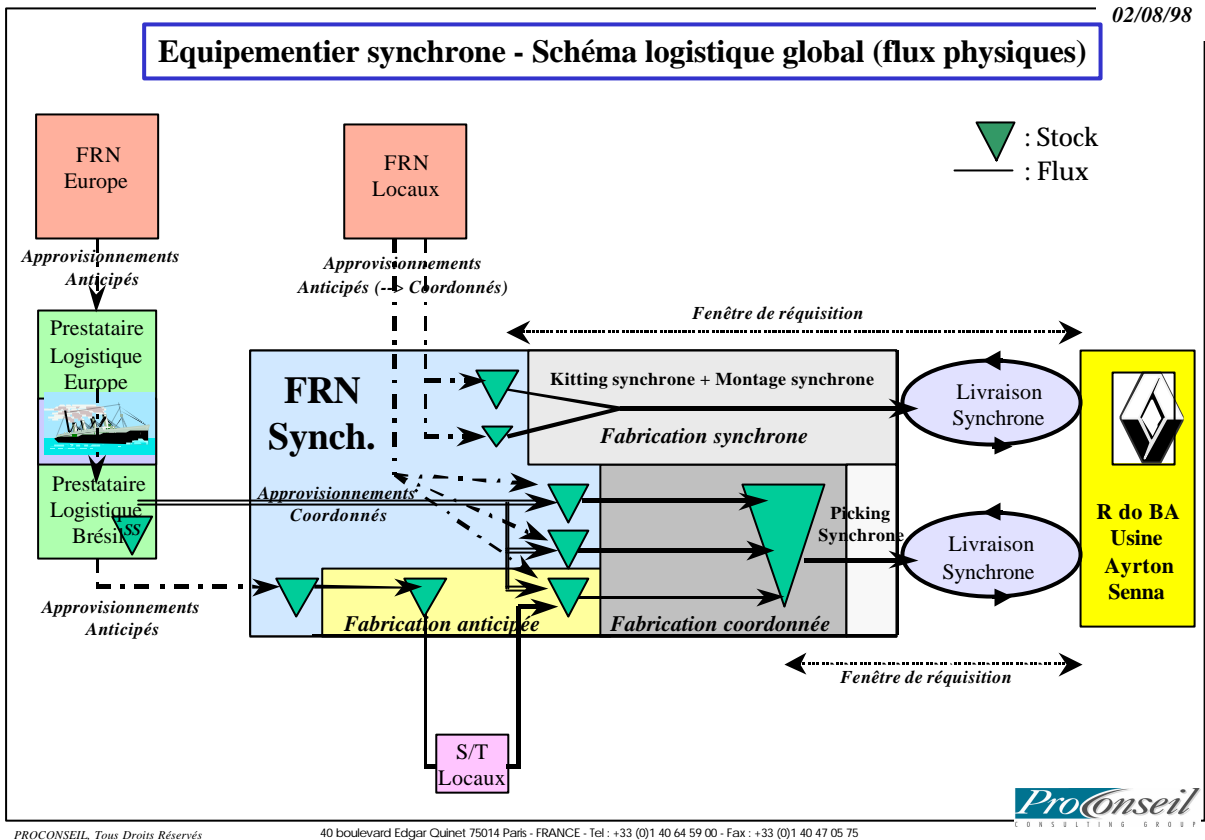


Figure 8

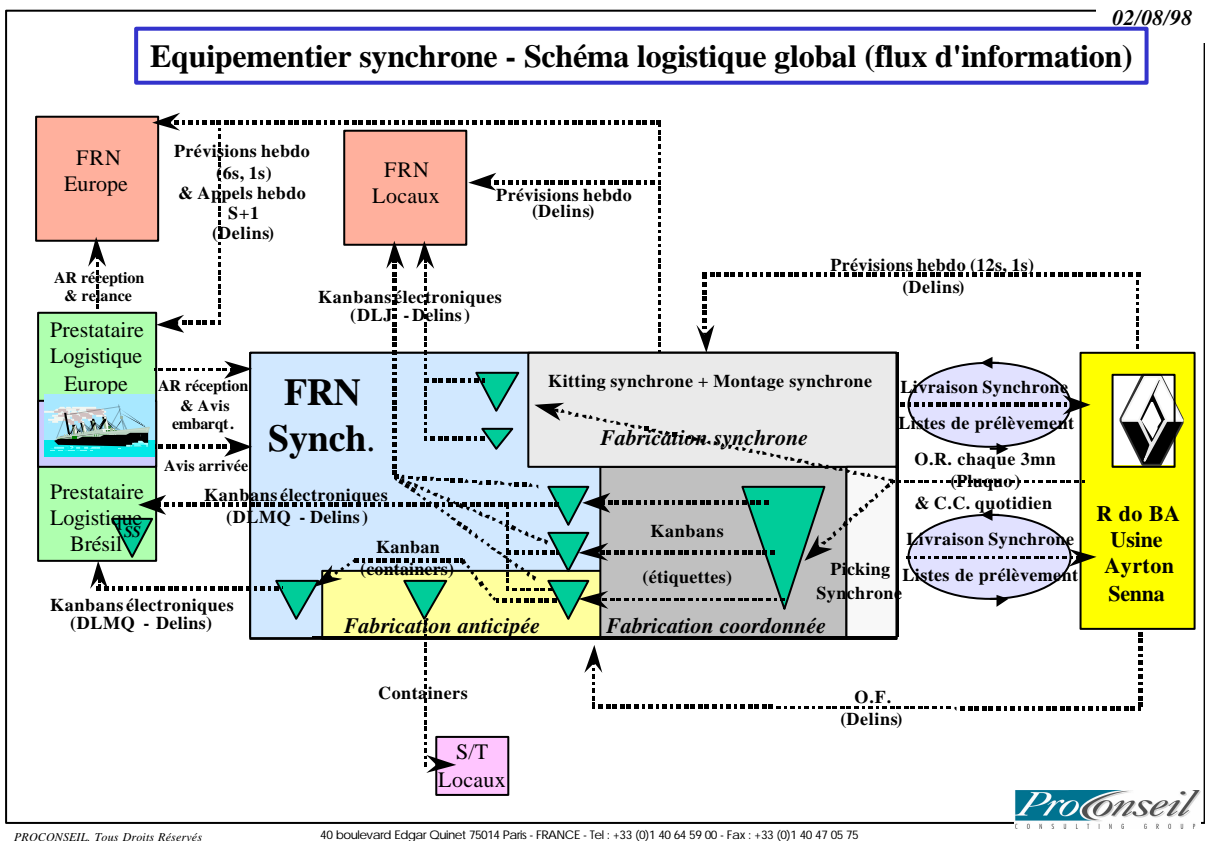


Figure 9

Les figures 7,8 et 9 reprennent l'essentiel des modes de fonctionnement qui décrivent dans le détail toutes les activités internes :

- Livraison synchrone (dépose 1a,1b, 2 - constitution des convois EP/ET/TA et Roues)
- Picking synchrone (ET, EP, TA)
- Fabrication synchrone (kitting synchrone, montage et mise sur chariot)
- Fabrication coordonnée (fabrication EP/ET/TA - alimentation bord de cellule - stockage))
- Fabrication anticipée (soudage et sous-traitance TA - alimentation bord de cellule - stockage)
- Soutien logistique interne (réappro cellule, libre service, éjection des vides)
- Fournisseur Europe (regroupement, transit, stockage prestataire, appel et réception des matières)
- Fournisseurs locaux (appel et réception des matières)

Les points remarquables concernant le flux synchrone sont :

La séparation des boucles de constitution et de livraison des chariots synchrones, ce qui permet de désynchroniser les 2 activités et de minimiser les temps morts de l'activité.

Le montage des roues qui utilise des repères de couleurs du kitting à la livraison en passant par la traçabilité ce qui permet un fonctionnement sécurisé sans étiquettes suiveuses

Au niveau des cellules EP/ET/TA, il est nécessaire de sérialiser les pièces pour la traçabilité ultérieure

L'organisation difficile de la logistique support assurant la réception, la mise en stock, la mise en libre service, l'alimentation directe et les boucles de constitution avec un choix entre spécialisation et polyvalence.

3.4. AMDEC flux et mode de fonctionnement dégradé

L'amélioration des modes de défaillances par l'étude de leurs effets et de leurs criticités (AMDEC) est essentielle dans un projet synchrone.

- Elle permet d'auditer le mode de fonctionnement nominal et de l'enrichir pour améliorer sa robustesse
- Elle permet de servir de canevas à l'écriture des modes dégradés qui touchent tous les domaines de l'étude

Au niveau de la livraison synchrone, l'AMDEC oblige les partenaires à définir toutes les règles et moyens à mettre en oeuvre pour améliorer les modes nominaux et déclencher les procédures dégradées dans de bonnes conditions

Au niveau général, cette démarche permet de sécuriser l'ensemble des parties aval, interne et amont (fournisseurs)

Au niveau des **points remarquables pour le flux synchrone**, il est à noter que le poste de responsable des flux chez l'équipementier est primordial car il représente une

véritable tour de contrôle chargée de prendre des actions rapides et réfléchies dans le cas d'incident.

4. La mise en place d'une organisation adaptée

La réussite d'un projet synchrone passe par une conception minutieuse de l'organisation et la nécessité de consacrer une énergie importante à la décrire et à l'anticiper. Nous avons en effet pu voir que nombre de choix résultent d'itérations qui surviennent au fur et à mesure de l'avancée du projet.

4.1. Organisation physique

L'organisation physique est généralement pensée en fonction des produits, des marchés ou des processus d'élaboration.

Dans le cadre du flux synchrone, l'organisation doit être pensée avant tout en fonction du service final apporté au client et de l'optimisation des flux autour de ce service.

La conception des cellules intègre :

- 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
- Le gestion visuelle
- Des machines qui intègrent les contraintes de tous les points précédents

Le compromis entre ces différents points amène la plupart du temps des cellules orientées flux avec des caractéristiques d'en-cours, de surface et de capacité tout à fait remarquables.

L'organisation physique de l'ensemble va consister à articuler ces cellules avec l'alimentation en composants et l'évacuation des pièces terminées vers le picking ou les chariots synchrones. Il faut aussi intégrer toute la partie voies de circulation et la proximité du stock picking.

L'examen de ces différents points se fait toujours en considérant les critères :

- Minimiser les déplacements entre cellules et stock ou picking ou chariot
- Eviter tous les croisements de flux

Un second aspect de l'organisation physique touche toute la partie signalisation et intégration du management visuel qu'il faut étudier avec soin (cf système de pilotage et personnel).

Un troisième aspect important concerne l'organisation des trajets et la conception des chariots synchrones.

Il s'agit là de tirer partie de toute l'ingéniosité dont nous sommes capables en stockant le maximum de pièces dans un minimum de volume en intégrant les notions de :

- Pièces gauches- pièces droites
- Plusieurs variétés pour une même pièce
- Plusieurs modèles de véhicules
- Plusieurs types de pièces mixées
- Poka-yoké
- Minimiser le poids total
- Base tournante ou astuces pour faciliter le chargement des pièces.

En ce qui concerne les trajets, la constitution des convois et leur enchaînement, il s'agit de bien étudier les compromis entre conception des chariots et scénarios de trajets. N'oublions pas que la nature et la fréquence conditionnent de nombreux paramètres.

Les autres points sont plus classiques avec la conception des allées de circulation , des moyens de stockage, des quais de déchargements...

4.2. Organisation du système de pilotage

Dans ce type d'organisation, le volume et la diversité des informations à traiter obligent à penser le pilotage en terme de vitesse de décodage de signaux et de facilité d'association, ce qui minimise les risques d'erreur. Les codes couleur et formes associées permettent souvent d'associer les codes articles, les composants sur options/variantes, les étiquettes de traçabilité, les containers, les emplacements de stockage, les cartes kanban ou l'OR synchrone, les listes de composition des chariots, les positions de réglage machine... D'autres moyens visuels comme des signaux lumineux de couleur et des emplacements signalisés vides ou pleins sont autant d'autres signaux immédiats.

Ce type d'artifice intègre le pilotage au niveau du physique et soulage la gestion administrative inutile. En contrepartie, la bonne efficacité de ce management visuel nécessite des ateliers à visibilité accrue où les techniques 5S sont appliquées.

L'organisation synchrone est en communication permanente avec ses clients et ses fournisseurs. L'utilisation des techniques EDI est donc omniprésente et permet de raccourcir les délais en absorbant des volumes importants d'information. L'évolution de l'industrie automobile européenne qui passe de GALIA / ODETTE à EDIFACT augmente la palette des possibilités, notamment vis à vis du monde du transport.

Le besoin de systèmes de gestion de production plus complets qu'aujourd'hui se fait sentir. Les progiciels répondant à ces besoins sont très rares car on oscille entre des systèmes EDI de gestion d'entrepôt et les grands systèmes intégrés dont 75% des fonctions sont inutiles. Il est donc souvent nécessaire de coupler un système EDI avec une gestion

de production "light" permettant un calcul des besoins, une gestion de stock par code-barre, une gestion des appels fournisseurs, des réceptions et des données techniques simplifiées. L'essentiel de l'information transitant par EDI, ces systèmes n'ont que faire des multiples écrans de saisie et d'aide à la décision des grands systèmes intégrés

Au delà des outils, la nécessité de piloter à moyen et long terme se fait aujourd'hui sentir. Les équipementiers de rang 1 ne souhaitent plus faire le tampon entre des constructeurs qui n'ont plus de stocks chez eux et des fournisseurs ou équipementiers de rang 2 dont ils sont obligés de compenser l'éloignement et le manque de fiabilité. Ils sont donc amenés à donner une visibilité maximale à leurs fournisseurs et à resserrer la gestion court-terme en gérant des tournées, en systématisant la gestion par UM/UC et les transferts EDI.

4.3. Organisation humaine

Dans un fonctionnement synchrone la totalité des processus doit être particulièrement robuste, y compris en ce qui concerne 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. Le paradoxe est donc la mise en place d'un cadre très précis et d'une autonomie importante.

Les composantes suivantes de l'organisation humaine doivent donc être mises en place :

- Définition très précise des fonctions
- Définition exhaustive des modes de fonctionnement nominaux
- Définition des modes dégradés de fonctionnement
- Connaissance de l'entreprise et de son mode de fonctionnement
- Connaissance du produit

Ces thèmes doivent être compris et assimilés par l'ensemble du personnel de la société y compris les opérateurs. L'appropriation du matériel d'information à leur disposition impose la participation à son élaboration.

Les moyens de mise en œuvre vont de la capitalisation du savoir-faire au poste de travail, à la gestion visuelle, en passant par la formation.

La capitalisation du savoir-faire au poste de travail consiste à mettre en place une cellule qui permette aux opérateurs de rédiger des gammes de fonctionnement visuelles. Avec une assistance méthodologique ils sont capables de définir, dans le cadre établi, le mode de fonctionnement qui convient et sa représentation. Leur participation en amont garanti une propension forte à respecter le mode opératoire ainsi mis en place, et son évolution dans le temps.

La gestion visuelle au sens plus large du terme est aussi une voie puissante d'expression des règles de travail. Les démarches 5S, ordre, rangement, propreté, implication, sont tout particulièrement indispensables dans le cadre de tel projet. La visualisation physique d'une règle de fonctionnement engage à son respect et son

maintien. C'est un moyen sûr de noter les dérives d'un système. La mise en place de détrompeurs à toutes les étapes de l'approvisionnement, de l'assemblage du produit, de son contrôle et sa livraison sont autant d'éléments qui faciliteront le travail et la prise de décision de chaque employé.

La formation enfin doit prendre en compte la compréhension globale de l'environnement, qu'il s'agisse du produit ou du processus de fabrication ou de pilotage. La première exclusion c'est la non compréhension. La formation sera d'autant plus efficace que les acteurs seront placés en situation proche de celle qu'ils auront à vivre dans la réalité.

Ces aspects sont ceux que l'on peut retrouver dans un système plus classique de pilotage. Ils sont ici indispensables. Il en est d'autres.

La polyvalence est particulièrement cruciale. Elle doit être gérée afin de garantir en permanence la fabrication et la livraison des produits. Chaque employé doit être capable au minimum de tenir le poste amont et le poste aval. La polyvalence doit être 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 doivent être à l'écoute du fonctionnement ici plus qu'ailleurs. La détection au plus tôt du dysfonctionnement peut éviter la rupture quelques étapes ou heures plus tard. Le chauffeur du train est à ce titre un exemple particulièrement éloquent. Non seulement cette personne doit véhiculer les produits depuis le sous-traitant jusqu'à la ligne de montage mais il doit aussi être attentif à tout ce qui se passe chez le client. Il pourra ainsi avant que les effets soient perceptibles physiquement alerter le sous-traitant de telle ou telle modification. Les hommes doivent être autant de capteurs intelligents. Cela passe forcément par une bonne connaissance du mode nominal de fonctionnement mais aussi par une véritable culture du détail. C'est le rôle de l'encadrement que de mettre en œuvre cette culture. Le 5S, là encore peut être un moyen d'y arriver.

5. Premier bilan

5.1. De la théorie à la pratique

Le fonctionnement en flux synchrone est en théorie très proche du summum de ce que la gestion de production peut offrir pour un environnement type sous-traitant / constructeur automobile. Il offre une flexibilité et une réactivité maximum au client, en donnant au sous-traitant les moyens de les mettre en œuvre.

Dans de très nombreux exemples de gestion industrielle, la théorie est fort éloignée de la mise en œuvre opérationnelle. Le système décrit sur le papier paraît séduisant, mais son fonctionnement demande un paramétrage trop poussé, un entretien trop lourd, ou un investissement trop conséquent... Jusqu'à récemment, les systèmes informatiques de gestion par les contraintes sont un exemple fameux.

Ce n'est pas le cas pour le fonctionnement synchrone. Car pour fonctionner correctement le flux synchrone ne peut souffrir aucune imperfection. Le système mis en

place ne peut pas être évolutif et se rôder au cours du temps. Il doit être bon du premier coup, dès le démarrage. Sa mise en œuvre demande donc des études et des investissements souvent plus poussés que pour un mode de pilotage plus classique. C'est sa faiblesse. Il est plus coûteux à installer. Mais c'est aussi sa force. Car il fonctionne dès le début à l'optimum.

5.2. Enjeux et risques

Des enjeux d'un tel mode de pilotage il en est qui sont intrinsèques au système et d'autres préalables à son fonctionnement. Comme nous l'avons écrit dans le paragraphe précédent une des forces de l'organisation synchrone réside dans le poids des contraintes qui imposent un niveau de performance élevé.

Ainsi les enjeux intrinsèques au mode synchrone sont entre autres :

- La simplification du flux d'information entre le client et son sous-traitant
- La réduction du personnel liée à la programmation des équipements
- La suppression des effets de pompages entre le client et son fournisseur
- La transparence du système
- Une manutention client / fournisseur faible
- La gestion optimum des surfaces de stockage

Les autres sont tout aussi importantes au niveau du résultat, mais sont plutôt imposés par le choix synchrone :

- 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)

Un tel projet n'est pas dénué de risques. Les risques sont d'abord ceux de ne pas satisfaire le client. Les cycles de fabrication, de livraison et les délais de réquisition doivent être en bonne adéquation pour permettre une réponse synchrone efficace.

Les risques sont ensuite financiers au sens où une telle organisation demande un sur-dimensionnement de plusieurs aspects. Sur-dimensionnement de l'outil industriel pour répondre aux cadences instantanées du constructeur automobile, sur-dimensionnement du parc machines pour continuer à produire malgré une panne d'équipement, sur-dimensionnement de l'organisation humaine en intégrant une main d'œuvre qualifiée pour permettre la compréhension du système et sa gestion opérationnelle, et sur-dimensionnement enfin au niveau de l'étude de mise en place qui doit prévoir dans le détail et de façon exhaustive les processus nominaux, leurs modes dégradés et les réponses à ces dysfonctionnements potentiels.

6. Prospective

6.1. Dans l'automobile et dans d'autres domaines

Le cas présenté préfigure de la complexité des unités synchrones. La première étape consistait à les rapprocher du lieu de consommation. Ces unités étaient "légères" avec un fonctionnement synchrone à réquisition longue et un pilotage simplifié.

Avec cette expérience du Brésil, on voit qu'avec une structure du même type, on gère des fournisseurs à l'export, plusieurs modes de pilotage et des temps de réquisition courts. La maîtrise de la logistique industrielle et de la gestion électronique des données sont les deux facteurs clés de succès émergents de ce type d'activité.

Ford Espagne et son DAD (Direct Automatic Delivery) a lui aussi indiqué la tendance en amenant directement les composants sur ses chaînes de montage à l'aide d'un convoyeur.

Dans le marché automobile, lorsque la diversité de références sous-ensembles livrées par le sous-traitant est telle qu'une mise en stock est difficile (pièces encombrantes) ou coûteuse (pièces chères), ou encore risquée (obsolescence), l'organisation synchrone est une réponse séduisante. Il faut pour cela la condition minimum, somme des cycles de fabrication et de livraison inférieure au délai de réquisition sécurisé.

L'organisation synchrone ne peut pas ne pas se répandre de plus en plus. Elle touche déjà un certain nombre de sous-traitants automobiles de rang un mais pourrait aussi, à terme, avec le développement de système d'information de plus en plus intégré, se mettre en place entre le fournisseur de rang un et celui de rang deux.

En France, les constructeurs automobiles ont été précurseurs sur un certain nombre d'approches industrielles. Il pourrait en être de même en la matière dans d'autres domaines.

Si les conditions décrites ci-dessus sont remplies et si les volumes sont suffisants, l'organisation synchrone peut être une réponse à étudier. DELL, le »fabricant« d'ordinateur est sur cette voie. L'évolution des systèmes d'informations permet aujourd'hui cette gestion.

* * *