

## RENDEMENT ET EFFICIENCE DU TRANSPORT : UN NOUVEL INDICATEUR DE PERFORMANCE

Eric BALLOT\* & Frédéric FONTANE\*

---

Résumé. - La chaîne logistique est un concept qui propose une vision élargie de la productivité industrielle en incluant dans une même démarche : fournisseur, producteur, prestataire et distributeur. A travers cet article, nous montrerons que l'intégration promue par la chaîne logistique fournit également l'occasion d'analyser et de confronter des pratiques de pilotage. En effet pour cet article, nous partirons d'un indicateur de performance classique des moyens de production — le taux de rendement synthétique— pour montrer les pistes ouvertes par sa transposition du monde industriel au domaine du transport. Après avoir rappelé et caractérisé le taux de rendement synthétique tel qu'il s'applique sur un équipement de production, la même démarche sera appliquée à un moyen de transport. Une méthodologie de calcul adaptée d'un « TRS transport » sera développée et appliquée à un exemple. Nous introduirons ainsi le RST : Rendement Synthétique du Transport.

Mots-clés : Transport, TRS.

### 1. Introduction

A l'heure actuelle, la performance industrielle s'est largement déplacée vers les notions de transversalité et d'intégration associées au concept de chaîne logistique. L'attention se porte donc vers des systèmes de mesure transversaux de la performance d'une chaîne logistique tel que le modèle SCOR, décrit par Lockamy et McCormack [8] ou de nombreux indicateurs de type taux de service résultat d'une collaboration client fournisseur. Cette vague de rationalisation suit

---

\* Maître Assistant, Systèmes de Production et de Logistique, Ecole des Mines de Paris.

et complète celle du juste-à-temps qui mettait l'accent sur l'efficacité de la production, notamment en la mesurant par des indicateurs physiques de performance. Le célèbre ouvrage *The machine that changed the world* de James Womack illustre parfaitement cette approche [16]. C'est l'approche du *lean manufacturing* ou production au plus juste. Il nous semble qu'à l'heure où des modes de pilotage intégrés et efficaces sont recherchés dans la chaîne logistique, cette approche pourrait être utile au domaine du transport et en particulier au transport routier de marchandise. En effet, l'approche lean propose d'utiliser le minimum de ressources (temps, espace, etc.) pour effectuer une opération de production, ici le transport de marchandise. Cette recherche de l'économie de moyens nous semble intéressante dans le contexte de réduction des émissions ou des nuisances associées au transport, à condition de pouvoir la guider par des indicateurs tels que ceux du juste-à-temps.

Pour notre part, nous proposons donc d'examiner la transposition d'un indicateur physique de performance issu du juste-à-temps, le taux de rendement synthétique, à un autre maillon de la chaîne logistique : le transport. Après avoir justifié ce choix, nous développerons ensuite une méthodologie de calcul adaptée à ce nouveau contexte. En effet, si l'analogie entre un moyen de transport et une machine peut être directe, il n'en demeure pas moins de nombreuses questions à examiner pour définir une procédure de calcul. La méthode développée sera ensuite appliquée à un cas et discutée

## **2. Pourquoi transposer un indicateur industriel au transport ?**

### ***2.1 Les enjeux du transport routier***

Le transport et en particulier le transport routier de marchandise est largement dominé par une logique de rentabilité des activités, en particulier dans les petites entreprises de transport qui constituent la grande majorité du secteur [2]. Cette logique, notamment pour accompagner les développements du juste-à-temps et du e-commerce, conduit à une multiplication des fréquences de livraison [1]. Si le transport a pu accompagner, voire contribuer au développement de ces logiques industrielles, certaines limites apparaissent aujourd'hui : importance croissante du coût de transport dans les prix de revient industriels, saturation des infrastructures et nuisances [1, 2]. De plus, il est demandé aux pays signataires de l'accord de Kyoto une réduction de 12,5 % des émissions en 2008 par rapport à 1990 [4]. La grande distribution, y compris aux Etats-Unis, cherche à réduire ses émissions de gaz à effet de serre. Ainsi WAL-MART envisage de réduire de 25 % la consommation de sa flotte de camions [13]. Un effort important doit donc être mené à tous les niveaux : motorisation, carburants, mais aussi organisation du transport où il existe également des marges de manœuvre. En effet, les études statistiques conduites aux niveaux nationaux montrent que le taux de remplissage des camions

est de l'ordre de 50 % en Europe et que près d'un trajet routier sur cinq se fait à vide [5]. Au-delà de la performance économique du transport, les statistiques indiquent donc des enjeux importants. La question est donc de savoir comment ces grands enjeux peuvent se décliner auprès des acteurs de la logistique et du transport pour définir de nouveaux objectifs d'une manière cohérente avec ceux de rentabilité et de service client.

## ***2.2 L'organisation et l'évaluation de la performance du transport routier***

De nombreux outils formalisés permettent d'« optimiser » le transport pour le rendre localement plus efficace : modèles de chargement, de tournées simples ou multiples, etc. Cependant, la complexité du métier de chauffeur associée à l'atomisation du secteur limitent la portée de ces outils [7]. Il existe donc un besoin de mesure et de contrôle de la performance effective par rapport à celle prescrite. La revue de la littérature au sujet de l'évaluation du transport montre qu'il existe un foisonnement d'indicateurs [3]. Le taux de remplissage, le taux de foisonnement sont souvent suivis par les chargeurs et les intégrateurs ainsi que les parcours à vide par les transporteurs pour ne citer que les plus courants. Cependant, il faut également constater que les indicateurs sont à la fois partiels (un taux de chargement dit peu de chose sur l'efficacité du transport) et s'attachent plus à l'efficacité (réduction des émissions par tonne/km) qu'à l'efficacité. En effet, si diminuer les rejets de gaz à effet de serre par tonne/kilomètre représente un progrès, cela ne dit rien sur la pertinence des kilomètres parcourus et donc sur l'efficacité du transport.

La démarche proposée ici ne propose pas un nouvel outil d'optimisation ou d'amélioration de l'organisation ou de la rentabilité du transport, mais propose une évaluation holistique de l'efficacité du transport par rapport à un idéal défini par le paradigme du juste-à-temps, c'est-à-dire la réduction des gaspillages.

## ***2.3 Le choix du TRS***

Les indicateurs jouent un rôle essentiel dans la représentation de la performance de toute activité industrielle. Classiquement ils sont caractérisés de nombreuses manières : interne vs externe, économique vs physique, absolu vs relatif, etc. Au-delà des typologies et des discussions sur tel ou tel indicateur, il est intéressant de remarquer que leur choix par les entreprises est toujours le reflet d'une conception de l'entreprise. Les indicateurs de qualité seront ainsi privilégiés par une entreprise qui aura choisi de mettre la qualité au centre de sa stratégie. Ainsi par-delà l'atteinte de tel ou tel niveau sur un indicateur, ce qui va structurer la vision de l'entreprise est bien le choix des indicateurs qui comme tout outil de gestion participe à la structuration de l'action [9].

En production, l'importance des indicateurs de performance fut très remarquée dans les années 1990, notamment comme outil d'accompagnement voire de mise en œuvre des outils du juste-à-temps. Greif qui s'intéresse à ce sujet depuis de nombreuses années [6] note l'importance des indicateurs pour structurer les plans de progrès dans les ateliers et les usines. Les indicateurs de performance associés au juste-à-temps sont remarquables par leur côté très concret et donc proches de l'action de terrain prônée par cette démarche de productivité. Ces éléments nous conduisent à avancer trois arguments pour sélectionner le TRS comme modèle pour un indicateur de la performance du transport :

- ⇒ La décomposition de cette mesure suggère des pistes d'amélioration concrètes [15].
- ⇒ Une deuxième caractéristique importante de ces indicateurs se rapporte à leur caractère global qui structure de nombreux indicateurs dans une même démarche.
- ⇒ Enfin il s'agit d'une approche par rapport à un absolu ou un idéal. En effet, il ne s'agit pas seulement de s'améliorer mais de tendre vers la perfection des zéros : zéro défaut, zéro stock,... [12].

En transport, l'idéal de l'indicateur proposé sera un moyen chargé au maximum de sa capacité et se déplaçant à la vitesse maximale permise sur la route la plus directe. Tous les ralentissements ou arrêts seront donc vu comme des pertes de productivité.

### 3. Méthodologie

La méthodologie proposée pour évaluer la performance opérationnelle d'un moyen de transport repose sur la transposition d'un indicateur de productivité développé au Japon par Toyota dans le cadre du juste-à-temps dans les années 1980 : le taux de rendement synthétique. Ce taux indique pour un moyen de production son rendement réel par rapport à son fonctionnement idéal (sans rupture de charge, sans panne, sans problème qualité, etc.). Cette démarche proposée par Nakajima et appliquée dans les usines montre souvent des rendements assez faibles qui ont ouvert des perspectives d'améliorations importantes [11].

Le calcul du taux de rendement synthétique repose sur une décomposition univoque du temps suivant différentes rubriques à définir. En production, les termes de cette décomposition varient suivant les auteurs, mais l'on retrouve l'influence des arrêts de production, des ralentissements et de la non qualité [10]. Ces rubriques ne se retrouvent pas complètement en transport et devront être adaptées. Une première proposition d'adaptation a été formulée par Simons [15] en 2004 mais cette décomposition ne prend pas en compte le fonctionnement réel d'un moyen de transport. En particulier, l'efficacité du transport repose sur un taux de

remplissage moyen pondéré par les kilomètres parcourus. Or ce mode de calcul pose un problème. Si l'on fait un détour avec un chargement, il conduit à considérer que c'est efficace puisque cela augmente le taux de chargement moyen donc le rendement calculé. Les auteurs eux-mêmes reconnaissent cette limite et recommandent d'optimiser les trajets par ailleurs. Dans l'approche que nous proposons ici nous verrons qu'il est possible de calculer un taux d'utilisation par rapport à un idéal, une gamme théorique, et donc de dépasser cette limitation.

## 4. Calcul du Rendement Synthétique du Transport (RST)

Le choix des facteurs de décomposition du rendement doit s'appuyer sur les grandeurs structurantes du métier. A savoir le remplissage de la ressource, la nature des trajets directs ou non, les temps de chargement déchargement, les repos réglementaires, etc.

De la même manière qu'en production un des premiers facteurs de perte de productivité sera le temps où par rapport au temps d'ouverture, le moyen de transport ne sera pas requis par les besoins. Nous appellerons le temps où le moyen est requis pour le transport le temps d'engagement. Pendant ce temps d'engagement du moyen de nombreux arrêts peuvent survenir. Pour distinguer ces arrêts du temps de transport à proprement parler nous définissons un temps de cheminement qui exprime le temps où le moyen se déplace par rapport au temps d'engagement. Ces temps permettent également de définir des taux d'engagement et de cheminement qui seront définis au paragraphe suivant. Enfin, un taux d'utilisation permet de définir lors du déplacement la contribution par rapport au trajet de chaque colis.

### 4.1 Définition du Rendement Synthétique du Transport

Ainsi, le taux de rendement synthétique du transport se définit par :

$$RST = Taux_{Engagement} \cdot Taux_{Cheminement} \cdot Taux_{Utilisation}$$

Examinons les composantes de ce Rendement Synthétique du Transport.

#### 4.1.1 Le taux d'engagement

Le taux d'engagement correspond à une transposition directe de ce que l'on peut trouver en production. Il s'agit d'identifier et de comptabiliser les temps où la ressource ne peut pas être mobilisée. Il s'agit des arrêts programmés de maintenance mais aussi des périodes de sous-activité qui induisent un temps requis inférieur au temps d'ouverture de la ressource.

Le taux d'engagement comprend donc deux facteurs correspondants aux temps d'arrêt pour maintenance d'une part et aux temps d'inactivité pour manque de charge d'autre part.

$$Taux_{engagement} = \frac{Tps_{engagement}}{Tps_{ouverture}} = \frac{Tps_{ouverture} - (Tps_{Arrêts} + Tps_{Inactivité})}{Tps_{ouverture}}$$

#### 4.1.2 Le taux de cheminement

Le taux de cheminement exprime la part du temps engagé consacrée aux déplacements à proprement parler. La différence avec le temps engagé comprendra l'ensemble des temps d'arrêt (hors problèmes de circulation). Le taux de cheminement au delà des aspects de repos réglementaire, dont l'impact sera mesuré, permet de montrer l'importance des temps passés sur les sites des chargeurs ou de leurs clients. Ce facteur est d'importance car objet de conflit entre les transporteurs et leurs clients. Pour plus de précision, il pourrait même être décomposé en temps d'attente et temps de manutention (chargement ou déchargement).

Le taux de cheminement comprend donc trois facteurs correspondants aux temps de repos en route des chauffeurs d'une part et aux temps passés sur les sites de chargement et de déchargement de charge d'autre part.

$$\begin{aligned} Taux_{cheminement} &= \frac{Tps_{cheminement}}{Tps_{engagement}} \\ &= \frac{Tps_{engagement} - (Tps_{repos} + Tps_{charge} + Tps_{décharge})}{Tps_{engagement}} \end{aligned}$$

#### 4.1.3 Le taux d'utilisation

Pour définir le taux d'utilisation, la ressource de transport se distingue des machines traditionnelles de production. En effet, une ressource de transport ne peut pas s'assimiler à une machine dont la capacité est fractionnable entre plusieurs produits car ceux-ci suivent non seulement des gammes différentes mais également interdépendantes, ce que nous détaillerons dans la section suivante. La figure 1 récapitule les termes de la décomposition.

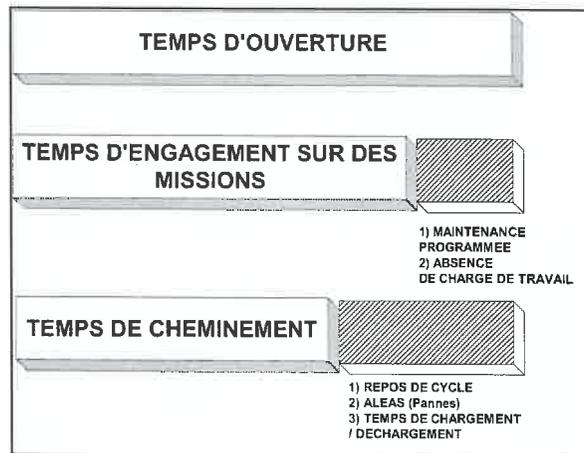


Figure 1 : Décomposition du temps pour le moyen de transport.

## 4.2 Transposition de la notion de gamme

### 4.2.1 Proposition d'analogie

En production, les machines fabriquent le plus souvent un seul type de produit à la fois. Dès lors, il est facile de mesurer d'une part le taux de chargement de la machine, si la capacité est fractionnable, et d'autre part la marche de la machine par rapport à une vitesse ou cadence nominale définie par le bureau des méthodes à partir des opérations à réaliser et des caractéristiques de la machine.

En transport, on propose d'assimiler le moyen de transport à une machine, le produit à un colis et la gamme à un chemin entre une origine et une destination. On doit constater, dans le cas général, qu'un moyen de transport peut contenir plusieurs produits simultanément et que chacun de ces produits suit une gamme spécifique : un trajet correspondant à son couple origine destination. Dans l'idéal, du point de vue d'un colis, la gamme décrit le meilleur trajet suivant un critère défini : le plus court ou le plus rapide par exemple.

Cependant, la véritable gamme qui sera définie sera un compromis du fait d'une optimisation du trajet global que suivra le moyen de transport. Il en résulte potentiellement des gammes sous optimales pour les différents produits sur le moyen. En d'autres termes, l'optimisation globale de la tournée peut conduire à des détours pour certaines parties du chargement.

Illustrons ces notions par l'exemple suivant : un camion chargé en A dont la moitié de la capacité est utilisée par un produit à destination d'un point B et dont l'autre moitié est à destination d'un point C. Lors du cheminement direct de A vers B la moitié de la capacité sera utilisée idéalement par contre l'utilisation de l'autre moitié de la capacité va dépendre de la

situation du point C par rapport au point B. La figure 2 ci-dessous illustre cette situation. Le fait que B soit sur le chemin direct de C serait idéal mais dès lors que ce n'est pas le cas, on comprend que pour la partie de la cargaison à destination de C, le cheminement vers B constitue une marche ralentie alors qu'elle est toujours idéale pour la partie de la cargaison qui sera déchargée en B.

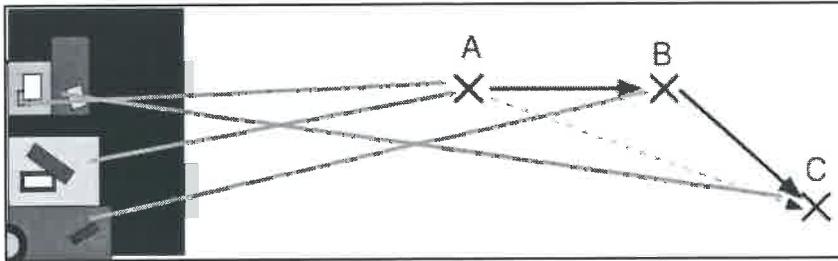


Figure 2 : Dégradation de la performance de livraison de A à C lors de la livraison de A à B.

Toute définition du taux d'utilisation doit donc prendre en compte ce phénomène et pour cela intégrer les temps de trajets optimaux de chaque colis.

#### 4.2.2 Définition du temps gamme : le temps théorique de trajet

Le temps gamme de chaque chargement correspond au temps de parcours d'un trajet idéalement défini pour celui-ci. D'une manière générale, un chargement correspond à l'utilisation d'une fraction de capacité sur un couple origine destination spécifique et peut comprendre un ou plusieurs colis.

Ce trajet doit donc être défini pour chaque chargement pris indépendamment des autres pour définir un temps gamme de référence. Concrètement il sera défini à l'aide d'un logiciel de routage reposant sur un algorithme d'optimisation qui déterminera le trajet le plus court ou le plus rapide. On définit donc pour chaque chargement  $i$  un temps de trajet théorique :  $TpsThéorique\ i$ .

#### 4.2.3 Définition du taux d'utilisation

L'exemple précédent qui correspond à une situation largement répandue dans les transports montre que l'efficacité du transport ne peut s'exprimer que par rapport à un chargement.

La conséquence de cette spécificité s'exprimera par la décomposition de la capacité de la ressource suivant la fraction consommée par chaque chargement. Pour construire, l'indicateur global de l'utilisation de la capacité du moyen de transport, nous utiliserons l'additivité des

fractions de capacité consommées sur chacun des temps gammes idéaux, notés  $Tps_{Théorique}$ . Il en résulte la formule suivante :

$$Taux_{Utilisation} = \frac{1}{Tps_{cheminement}} \sum_{i=1}^n x_i \cdot Tps_{Théorique\ i}$$

où  $x_i$  représente la fraction de capacité de la ressource consommée par le chargement  $i$  d'une période comprenant  $n$  chargements. Cette fraction de capacité dont la somme représente un coefficient de remplissage, si la période correspond à une tournée, peut s'exprimer au choix par rapport au volume ou au poids suivant le type de transport. On retrouve donc pris en compte dans la formule proposée ci avant une intégration dans un cadre plus général du coefficient de remplissage.

$$Cr_T = \sum_{i=1}^n x_{i,T}$$

En analogie avec la production, on notera que si  $n = 1$  et  $x_i = 1$ , on retrouve le rapport entre le temps théorique (le temps gamme) et le temps de réalisation (le temps de cheminement).

#### 4.2.4 Définition du taux de marche

En complément, on peut définir le taux de marche comme le rapport temps théorique ou idéal d'un trajet qui correspond au temps de trajet minimal nécessaire compte tenu de la réglementation de vitesse et des voies accessibles par rapport au temps réellement passé par une ressource sur un couple origine destination (un trajet d'un chargement).

$$Taux_{Marche}^i = \frac{Tps_{Théorique}^i}{Tps_{Réel}^i}$$

Entre la définition du temps de trajet idéal et son exécution il existe de nombreuses sources d'écart. Un premier type d'écart a été signalé précédemment : le détour. Le détour se caractérisera naturellement par un temps de transport supérieur. Cependant, il existe également de nombreux autres aléas dans le transport, congestion, rue momentanément bloquée etc. qui viennent ici aussi expliquer l'écart entre l'idéal et le réalisé.

Si l'on souhaite disposer de plus de détails sur la différence entre le temps réel et le temps théorique, il est donc possible de décomposer ce temps en deux facteurs, celui concernant le trajet effectué pour intégrer les détours et celui concernant la vitesse pour intégrer la congestion et les ralentissements.

$$\frac{Tps_{Théorique}^i}{Tps_{Réal}^i} = \frac{D_{Théorique}^i}{D_{réelle}^i} \cdot \frac{V_{Réelle}^i}{V_{Théorique}^i} = Taux_{Détour}^i \cdot Taux_{Vitesse}^i \text{ d'où}$$

$$Tps_{Théorique}^i = Taux_{Détour}^i \cdot Taux_{Vitesse}^i \cdot Tps_{Réal}^i$$

#### 4.2.5 Formulation du Rendement Synthétique de Transport

A partir de la méthodologie définie précédemment, le taux de rendement synthétique de transport peut s'exprimer globalement de la manière suivante :

$$RST = Taux_{engagement} \cdot Taux_{cheminement} \cdot \frac{\sum_{i=1}^n x_i \cdot Tps_{réel}^i \cdot Taux_{Marche}^i}{Tps_{cheminement}}$$

### 4.3 Mesure

Une des difficultés importantes liée à la mise en place du TRS dans les entreprises est la lourdeur de la collecte des données nécessaires (arrêts, micro-arrêts, changements de fabrications, non-qualité, etc.). Dans le cas du rendement synthétique de transport, la situation pourrait paraître encore plus désavantageuse car la collecte des données nécessaires est particulièrement lourde.

En effet, pour moyen de transport, il faut connaître :

1. les heures d'ouverture ;
2. les heures de début et de fin de service ;
3. les heures de début et de fin de pause réglementaire ;
4. les temps d'arrêt pour déchargement ;
5. les temps d'attente ;
6. la capacité.

De plus pour chaque chargement, il faut connaître :

1. la masse ou le volume ;
2. le point de départ (adresse) ;

3. le point d'arrivée ;
4. le temps de transport théorique déterminé par l'optimisation du trajet pris indépendamment des autres ;

Si l'on souhaite aller plus loin dans l'analyse et déterminer le taux de marche par chargement :

5. l'heure de chargement ;
6. l'heure de déchargement ;

Enfin, pour identifier précisément la part du ralentissement et des détours :

7. kilométrages parcourus ;
8. enregistrement des vitesses.

Cette liste montre l'importance de l'effort de collecte nécessaire pour construire cet indicateur. Cependant cet effort peut être aujourd'hui largement réduit grâce aux outils de type PDA qui permettent en liaison avec des outils de lecture de codes à barres (voire de RFID), les systèmes de navigation et les bases de données de construire cet indicateur avec un effort supplémentaire très faible pour le chauffeur.

#### ***4.4 Exploitation des mesures***

Les mesures sont réalisées sur une période de temps à choisir en fonction de l'activité. En effet, un indicateur de ce type peut avoir un sens sur une journée pour des tournées de livraison urbaines, mais la semaine voire le mois seront sans doute nécessaires pour le transport ferroviaire de marchandises où les délais sont plus longs.

L'indicateur RST est défini par moyen de transport. Cependant si l'on fait l'hypothèse que chacun d'eux est indépendant des autres alors il devient possible pour une société de transport de calculer un RST global pour son parc de véhicules en faisant la moyenne des rendements individuels. À la différence de la production où il existe souvent une interdépendance marquée entre les moyens de production (production en ligne), il paraît ici raisonnable de faire ici l'hypothèse d'indépendance.

Cette hypothèse pourrait également être utilisée pour définir des échantillons et des statistiques à un niveau sectoriel ou national et ainsi fournir une vision de l'évolution du transport.

## 5. Exemple de mise en œuvre

L'exemple suivant repose sur des données fictives mais qui s'inspirent d'une situation industrielle réelle.

Il s'agit du transport par fer de minéraux en vrac. Ce transport est effectué pour les clients chargeurs par un opérateur ferroviaire et une société de location de wagons. L'objectif de cette dernière est d'utiliser au mieux son capital c'est-à-dire maximiser l'utilisation de ses rames de wagons sur des trajets à plein et naturellement de minimiser les trajets à vide et les périodes d'attente des rames de wagons. La table 1 ci-après décrit pour une semaine l'emploi du temps d'une rame de 22 wagons.

Jour	Activité
Lundi	1. Chargement 2. 12h00 : fin de chargement 3. Attente motrice 4. 17h00 : départ
Mardi	1. Trajet à plein
Mercredi	1. 5h00 : arrivée et déchargement (8 heures de retard) 2. 15h00 : fin de déchargement 3. Attente affectation
Jeudi	1. Attente 2. 17h00 affectation 3. Attente motrice
Vendredi	1. Attente motrice 2. 04h00 départ 3. Trajet à vide 4. 24h00 : arrivée (2 heures de retard)
Samedi	1. Attente chargement 2. 05h00 chargement 3. 12h00 fin de chargement 4. 13h00 : départ
Dimanche	1. Trajet à 80% de la charge 2. 11h00 : arrivée (4 heures de retard) 3. Attente déchargement

Table 1 : Activités d'une rame sur une semaine.

Les opérations se déroulant 24h/24h, le temps d'ouverture sur la semaine est donc de 168h. Pour déterminer le temps d'engagement, il faut retrancher au temps d'ouverture les opérations de maintenance et l'absence de charge. Dans le cas de cet exemple, on a uniquement 26h d'attente de commande entre vendredi et samedi. Le temps d'engagement est donc de 142h.

$$Taux_{engagement} = \frac{168 - (0 + 26)}{168} = 0,85$$

Pour déterminer le temps de cheminement, il faut maintenant retrancher les temps de chargement/déchargement et les attentes liées aux chargements où à l'attente de la motrice. On a 12h le dimanche, 10h le mercredi, 12h le samedi et 13h le dimanche, soit 45h pour les opérations de chargement / déchargement et 5h le dimanche, 11h de jeudi à vendredi et 1h le samedi, soit 17h d'attente de traction. Le temps de cheminement est donc de 80h.

$$Taux_{cheminement} = \frac{142 - (45 + 17)}{142} = 0,56$$

Pour déterminer le taux d'utilisation nous considérerons que les horaires définis par l'opérateur représentent les temps théoriques car il s'agit de traces directes. Le taux d'utilisation prendra donc en compte les impacts des trois chargements et des retards. Ainsi la première rotation a duré 36h pour un temps théorique de  $36 - 8 = 28$ h et un chargement utilisant toute la capacité  $x_1 = 1$ . La deuxième rotation a duré 20h alors qu'il était prévu qu'elle dure 2h de moins, soit un temps théorique de 18h. Le trajet étant à vide  $x_2 = 0$ . Enfin la troisième rotation dure 22 heures au lieu des 18 prévues et en utilisant 80% de la capacité, soit  $x_3 = 0,8$ .

$$Taux_{Utilisation} = \frac{1}{80} \cdot (1 \cdot 28 + 0 \cdot 18 + 0,8 \cdot 18) = 0,53$$

Il en résulte un rendement synthétique de transport de :

$$RST = 0,85 \cdot 0,56 \cdot 0,53 = 0,25$$

Le résultat obtenu 25 % de rendement synthétique est faible mais usuel dans ce type d'opération. Ce résultat suggère non seulement une réflexion sur une meilleure utilisation du parc de wagons à travers la réduction des trajets à vide mais également une réflexion sur opérations de chargement et de déchargement pour améliorer le temps de cheminement. Ce dernier point pouvant donner lieu à des marges de manœuvre plus importantes que le premier lié à des flux intrinsèquement déséquilibrés.

En complément, les trois taux de marche peuvent être calculés et expriment la qualité de la prestation de l'opérateur. Soit  $\{0,77 ; 0,9 ; 0,81\}$ .

La décomposition fine du taux de marche en fonction des taux de détour et de vitesse n'est pas directement accessible au gestionnaire du parc de wagon. Cependant, si cette même démarche était appliquée par l'opérateur ferroviaire, il serait en mesure d'analyser les pertes de productivité de ses opérations de traction des rames.

## 6. Conclusion

A travers cette approche nous ne prétendons pas nous substituer aux nombreux outils de pilotage ou d'optimisation du transport mais fournir un moyen complémentaire d'évaluation concrète de sa performance globale à partir de l'utilisation de chaque ressource. Cette évaluation de l'utilisation des ressources vient compléter et donner un point de vue contradictoire à l'évaluation économique en contribuant à la fois au service des clients et à la diminution des coûts de transport.

S'il est trop tôt pour donner des valeurs de rendements synthétiques de transport, qui dépendront d'ailleurs à la fois des modes (route, fer, etc.) et des secteurs (prestation dédiée, intégrateur, messagerie, transport à la demande...). Par contre, il est déjà possible de donner quelques valeurs typiques de RST. Dans le fret ferroviaire, on peut estimer des RST de l'ordre de 20 %. Pour le transport routier, on peut estimer des RST de l'ordre de 20 % à 60 %. Le domaine qui a certainement les meilleurs résultats est certainement celui du fret aérien, avec des ratios qui peuvent atteindre 70 % sur de courtes périodes.

A un niveau plus global, on pourrait escompter qu'une meilleure utilisation des moyens limite leur progression en volume. Cependant, des travaux de recherche restent nécessaires pour mettre en œuvre cette mesure et évaluer l'importance des marges d'action dont les transporteurs pourraient ainsi bénéficier, ainsi que les moyens de les actionner. Il est fort probable que de nombreuses innovations et réorganisations lourdes seront nécessaires dans le chargement et l'organisation des trajets pour arriver à des rendements de l'ordre de 80% sur l'ensemble des moyens de transport.

Il reste cependant des travaux à effectuer pour que cette proposition de mesure puisse être mise en œuvre sans pénaliser l'activité par la lourdeur de la collecte des données et des traitements nécessaires.

## 7. Bibliographie

- [1] Ballot E. & Molet H. 2003 « Définition d'unités d'œuvre cohérentes pour évaluer le transport capillaire à délai court et garanti ». *Revue Française de Gestion Industrielle*, Vol. 22, No. 4.
- [2] Baxter I., 2006 Taking a green lead. *Motor Transport*, September.
- [3] Chow, G., Heaver, TD. & Henrikson, LE. 1994 "Logistic performance: definition and measurement". *International Journal of Physical Distribution and Logistics Management*, Vol. 24, No. 1.
- [4] DEFRA European Union Ratifies Kyoto Protocol, DEFRA.

- [5] Donneslaar, K., Kokke, K. & Alessie, M. 1998 "Performance measurement in the transport and distribution sector". *International Journal of Physical Distribution and Logistics Management*, Vol. 28, No. 6.
- [6] Greif, M. 1989, *The Visual Factory*, Productivity Press, New York, CT.
- [7] Hokey, M., 2002, "Truck Driver Shortage Revisited", *Transportation Journal*, Winter 2002, Vol. 42 Issue 2, p5-16, 12p.
- [8] Lockamy, A. & McCormack, k. 2004. "Linking SCOR planning practices to supply chain performance An exploratory study". *International Journal of Operations and Production Management*, 24(12): 1192.
- [9] Moison, J.-C. 1997. *Du mode d'existence des outils de gestion*: Seli Arslan.
- [10] Monden, Y. 1983. *Toyota Production System*, Norcross, Industrial Engineering and Management Press.
- [11] Nakajima, S. 1988. *Introduction to TPM*, Productivity Press, Cambridge M.A.
- [12] Ohno, T. *Toyota Production System: Beyond Large-Scale Production*, Portland, Ore.: Productivity Press, 1988. (Originally published in Tokyo, Japan, by Diamond, Inc., in 1978.)
- [13] Selko, A. 2007. "Wal-Mart's Trucks Go Green", *Industry Week*, March 26.
- [14] Shirose, K. 1996. *TPM New Implementation Program in Fabrication & Assembly Industries*, JIPM, Japan Institute of Plant Maintenance.
- [15] Simons D., Mason R. & Gardner B. 2004. "Overall Vehicule Effectiveness". *International Journal of Logistics: Research and Applications* Vol. 7, No. 2.
- [16] Womack, J. P., Roos, D., & Jones, D. 1995. *The machine that changed the world*: Scribner Book Company.