

STANDARDS DE PERFORMANCE POUR LES GARES DE TRIAGE :

ÉTUDES DES ÉTATS-UNIS ET DE LA FRANCE

PAR GEORGE B. RAYMOND, JR.



**Independent consulting  
for the railway sector**

**George Raymond**

Railweb GmbH  
Paradiesstrasse 64  
CH-4102 Binningen/Basel  
Switzerland  
+41 61 421 90 89 phone  
+41 79 754 43 67 mobile  
+41 61 423 14 80 fax  
graymond@railweb.ch  
[www.railweb.ch](http://www.railweb.ch)

STANDARDS DE PERFORMANCE POUR LES GARES DE TRIAGE :  
ETUDES DES ETATS-UNIS ET DE LA FRANCE

par George B. RAYMOND, Jr.

Janvier 1984

+++++

Copyright (c) George B. RAYMOND, Jr. 1984


+++++

Résumé en français de Performance Standards for Rail  
Terminals : Case Studies from the U.S. and France, thèse  
présentée par l'auteur pour son Master of Science in  
Transportation au Massachusetts Institute of Technology, Août  
1982.

M. RAYMOND est actuellement employé par la Régie Nationale  
des Usines Renault.

# Abrégé

# de documentation ferroviaire internationale



UIC - AICCF

Octobre 1984 - n° 8

Edition française  
Revue mensuelle

**1000**

CDU 656.212.5(44)(73)

Installation de triage / Rentabilité /  
Recherche scientifique /

RAYMOND, G.B., Jr.

**Standards de performance pour les gares de triage : études  
des Etats-Unis et de la France / Performance standards for rail  
terminals : case studies from the U.S. and France**

(Thèse de Master of science, spécialité transports, Massachu-  
setts Institute of Technology, n° 1, 1982, 288 p., fig., tabl., réf.  
bibl., 30x21, SNCF 62 P 9) fr.

Cette thèse comporte un résumé en français de 72 pages. Après  
avoir défini les buts d'un standard de performance (prédire, dé-

couvrir les problèmes, motiver), l'auteur emploie les données  
des triages de East Deerfield aux Etats-Unis et de Woippy en  
France, pour développer des standards qui s'appliquent à deux  
mesures de l'activité dans un triage : le nombre d'heures d'em-  
ploi des machines de manoeuvre, la durée du traitement des  
wagons.

## Remerciements

L'auteur tient à remercier son directeur de thèse, M. Carl Martland, pour ses conseils patients et avisés ; chaque membre du personnel de la Boston and Maine Corp. et de la SNCF qui l'ont aidé, et en particulier M. Arsène Felten de la Région de Metz de la SNCF ; et toutes les personnes du programme de transports du M.I.T. qui d'une façon ou une autre lui ont apporté leur support. Maryvonne, you know the rest.

## S O M M A I R E

REMERCIEMENTS	2
SOMMAIRE	3
INTRODUCTION	4
I. PRINCIPES	5
A. Le Traitement d'un Wagon dans un Triage	5
B. Principes d'un Standard de Performance	6
C. La Prise en Compte des Conditions d'Exploitation par les Standards	10
D. Les Réactions du Responsable du Triage aux Variations de Volume	11
II. ANALYSE DES DONNEES DES DEUX TRIAGES	14
A. Caractéristiques des Deux Triages Etudiés	14
B. Recherche d'un Standard pour le Séjour Moyen	29
1. Le Standard Linéaire	29
2. Une Méthode Alternative	38
3. La Méthode SNCF	41
C. Recherche d'un Standard pour l'Emploi des Machines	44
III. MISE EN OEUVRE DES STANDARDS	52
A. L'Emploi des Standards dans Budgets et Etats : Principes	52
B. Le Budget	53
C. Les Etats de Performance	61
1. L'Etat Hebdomadaire	62
2. Un Support à l'Etat Hebdomadaire : L'Etat Quotidien	62
CONCLUSION	69
NOTES	72

## I N T R O D U C T I O N

Etant donné que la Direction centrale d'une entreprise ferroviaire ne peut surveiller chaque élément de son réseau en permanence, elle doit déléguer la gestion des gares de triage éloignées aux responsables locaux. Cependant, la Direction doit aussi faire en sorte que la performance du triage soit conforme au budget du réseau, et aux objectifs visant la durée des trajets des wagons entre leurs points d'origine et leurs destinations.

Un des moyens pour la Direction d'obtenir cette conformité est d'établir des standards de performance pour le triage.\* Les buts d'un standard de performance, nous le verrons, sont: de prédire, de découvrir les problèmes, et de motiver. Un standard accomplira ces objectifs dans la mesure (1) où il est simple, et donc peut être le sujet de négociations, et (2) où il prend en considération les contraintes du responsable du triage.

Cet article emploie des données de triages aux Etats-Unis et en France pour le développement de standards qui s'appliquent à deux mesures de l'activité dans un triage : le nombre d'heures d'emploi des machines de manoeuvre, et la durée du traitement des wagons. Ces standards de performance peuvent remplir leurs buts, nous le montrerons, en étant incorporés aux budgets et aux états de performance.

## I. P R I N C I P E S

### A. LE TRAITEMENT D'UN WAGON DANS UN TRIAGE

Nous pouvons diviser le temps qu'un wagon passe au triage en quatre parties :

--La durée du débranchement,  $d$ , c'est à dire le temps entre l'arrivée d'un wagon au triage et la fin de son débranchement.

--L'attente à l'enlèvement,  $e$ , c'est à dire le temps entre la fin du débranchement et le commencement de la formation du prochain train prévu pour le wagon.

--L'attente éventuelle due à une chute en reliquat,  $r$ , c'est à dire le retard éventuel subi par le wagon, une fois débranché, si son train au départ a atteint sa capacité en tonnes ou en longueur, et le wagon doit en conséquence attendre jusqu'au prochain train.

--La durée de la formation,  $f$ , c'est à dire le temps entre le commencement de la formation du train dans lequel est inclus le wagon, et son départ.

Appelons la somme de la durée du débranchement  $d$  et de la formation  $f$ , la durée du traitement du wagon  $t$ . Ce  $t$  est en grande partie sous le contrôle du responsable du triage. Or, la durée du séjour globale  $s$  d'un wagon dans le triage dépend aussi de  $e$  et de  $r$ , dont nous appellerons la somme l'attente  $a$ . Ce découpage du séjour d'un wagon dans un triage est illustré dans la Figure 1.

La valeur moyenne de  $a$ , que nous appellerons  $A$ , dépend de données qui, elles, ne dépendent pas du responsable du triage. L'attente moyenne pour l'enlèvement,  $E$ , dépend de la fréquence d'enlèvement de chaque lot. L'attente moyenne due à une chute éventuelle en reliquat,  $R$ , est déterminée par cette même fréquence, et de plus par les restrictions sur la longueur et le tonnage des trains qui provoquent de telles chutes. Etant donné que tous ces facteurs sont de la responsabilité de ceux qui s'occupent du mouvement des trains de grande ligne, et hors du contrôle du chef du triage, ce dernier doit être tenu responsable uniquement des durées moyennes du débranchement  $D$  et de formation  $F$  -- c'est à dire de la durée moyenne du traitement  $T$  dans le triage.

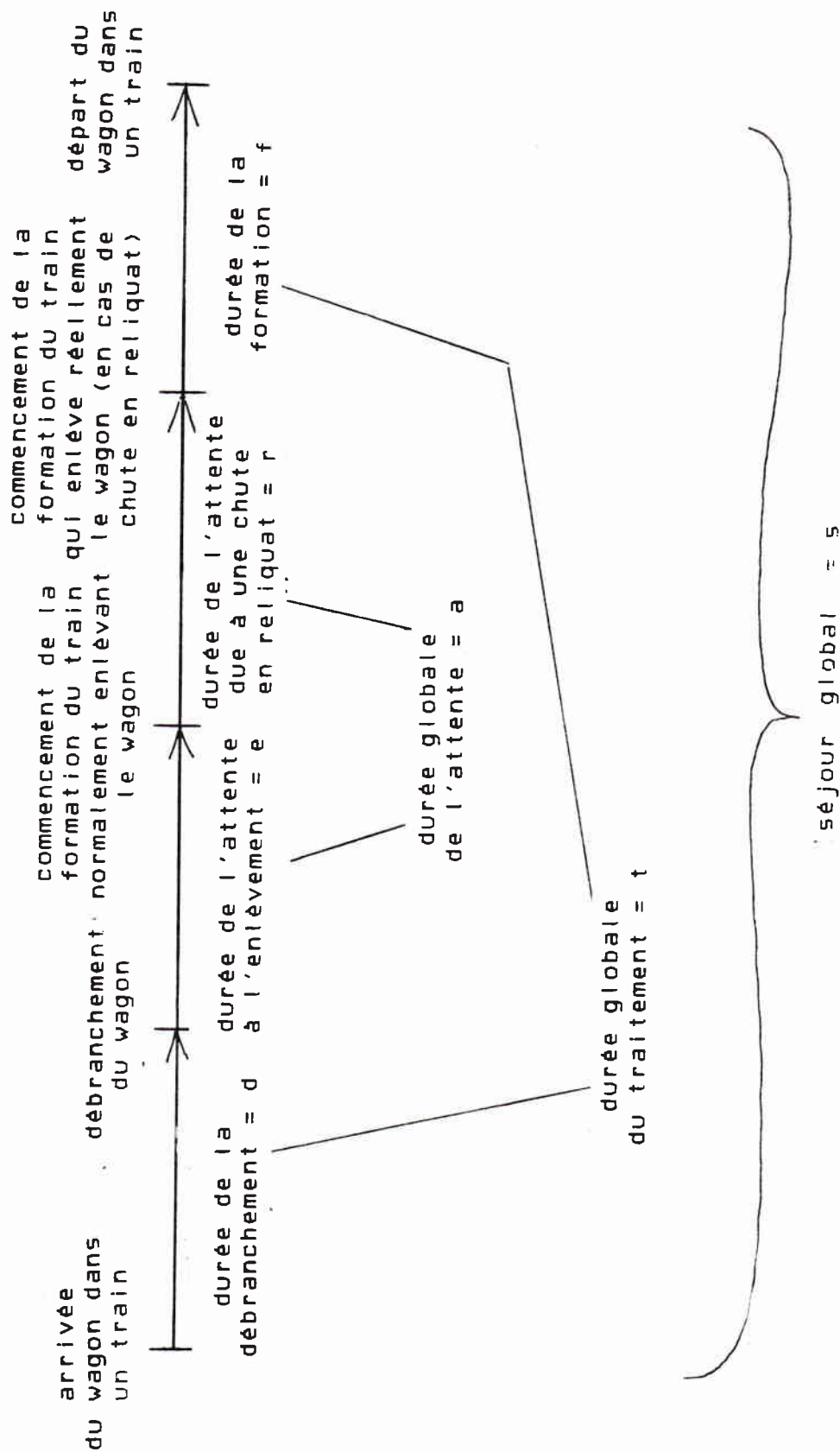
## B. PRINCIPES D'UN STANDARD DE PERFORMANCE

Un standard de performance est utile à la Direction centrale



FIGURE 1

DEFINITION DES QUATRE ELEMENTS DU SEJOUR  
D'UN WAGON DANS UNE GARE DE TRIAGE



1) en tant que moyen de prévoir la performance, ce qui aide la Direction à établir la meilleure relation entre le coût de l'acheminement et sa rapidité.

2) en tant qu'outil d'identification des problèmes. Si la performance est en général conforme au standard, le standard peut indiquer à la Direction le point où elle doit concentrer ses efforts pour une amélioration.

3) en tant que motivation du responsable du triage à maintenir et à améliorer la performance. Cette incitation est créée du fait que le responsable prévoit que la Direction centrale comparera les performances standard et réelle à la fin de chaque semaine ou mois.

Les fonctions de prévision et de motivation sont reliées: un standard parvient à prédire la performance parce qu'il motive le responsable du triage à réaliser la prévision.

Un standard remplira ses trois rôles, et ainsi sollicitera une performance du triage correspondant aux besoins de l'entreprise, dans la mesure (1) où le standard est simple de calcul et de présentation, et (2) où il respecte les contraintes du responsable du triage. Un standard qui est basé sur des calculs simples, et présenté sous une forme simple, peut devenir le sujet de négociations dans lesquelles le responsable du triage communique ses contraintes à la Direction centrale.

Nous regarderons deux conditions d'exploitation pouvant contraindre le responsable : le volume de wagons à l'arrivée, et la fréquence des trains au départ. Le volume à l'arrivée crée une contrainte pour le responsable dans le sens où, plus le volume augmente, moins bonne sera la durée moyenne de traitement T que le responsable peut atteindre avec des moyens donnés. Une seconde contrainte pour le responsable existera si nous ne pouvons pas ventiler notre mesure du séjour moyen S dans ses composants d'attente A et de durée de traitement T. Le responsable n'est pas capable d'influencer A, laquelle sera une fraction inconnue du séjour moyen S qui n'est qu'en partie du ressort du responsable du triage.

--Si un standard prescrit une performance nettement meilleure -- ou pire -- que ce qui est possible pour le responsable du triage, ou

--si la mesure de performance assujettie au standard est en partie seulement du ressort du responsable du triage,

alors le standard ne servira ni à prédire la performance, ni à identifier les problèmes, ni enfin à motiver le responsable.

### C. LA PRISE EN COMPTE DES CONDITIONS D'EXPLOITATION PAR LES STANDARDS

Il faut donc qu'un standard de performance tienne compte des contraintes imposées par la variation des conditions d'exploitation exogènes au triage. Celles-ci comprennent le volume à l'arrivée et la fréquence d'enlèvement des lots. Nous examinerons les trois solutions suivantes :

1) Etablir un standard qui est une fonction mathématique des conditions d'exploitation. Ce sera la forme d'un de nos standards pour l'emploi des machines de manoeuvre.

2) Etablir un standard fixe, mais différent pour chaque jour de la semaine. Il sera satisfaisant dans la mesure où, quelle que soit la variation habituelle des conditions d'exploitation au cours de la semaine, ce cycle hebdomadaire de variation est stable de semaine en semaine. Nous le verrons sous forme de standards pour l'emploi des machines et pour le séjour moyen  $S$ .

3) Trouver une mesure de performance qui ne soit pas affectée par les conditions d'exploitation. Ainsi, nous n'aurons pas à considérer l'effet de la fréquence de l'enlèvement des lots sur  $S$  dans un triage où nous pouvons mesurer en isolation la durée moyenne de traitement  $T$ .

L'exploitation d'un standard exige que la quantité donnée par le standard soit mesurée dans le triage. Si  $T$  est mesuré

isolément du reste de S la seule condition d'exploitation dont nous proposons de tenir compte est le volume de wagons à l'arrivée. Or, si la seule mesure de S est globale, sans ventilation de T, nous devons tenir compte d'une seconde condition d'exploitation en établissant un standard pour le responsable du triage : la fréquence de l'enlèvement des lots, qui influera sur la partie inconnue d'attente moyenne en S.

La fiabilité d'un standard comme prévision de la performance croît en général avec la longueur de la période pendant laquelle on l'utilise pour prévoir la performance. Si un standard parvient à prendre en compte la façon habituelle avec laquelle les conditions d'exploitation varient au jour le jour, sa fiabilité est meilleure sur des périodes courtes que celle d'un standard fixe. Cela veut dire que le standard variable sera un meilleur identificateur des problèmes. De plus, un tel standard créera une pression plus constante pour une meilleure performance, car il suivra de plus près la pression variable des conditions d'exploitation.

#### D. LES REACTIONS DU RESPONSABLE DU TRIAGE AUX VARIATIONS DE VOLUME

Parmi les conditions d'exploitation que ne relèvent pas de l'influence du responsable du triage, l'une est d'évidence : le volume de wagons à l'arrivée. Des variations dans ce

volume peuvent influencer  $T$ , la durée moyenne de traitement de wagons. Pour comprendre ce phénomène, nous devons regarder l'emploi des machines de manoeuvre. Le responsable du triage peut faire travailler une ou plusieurs machines (chacune avec son conducteur, et selon le triage, un complément d'un ou plusieurs autres agents). Supposons qu'au cours des heures de travail prévues, la machine est pleinement utilisée. Selon les motivations et les contraintes du responsable, sa réponse à une croissance du volume de wagons peut être, comme le montre la Figure 2, :

A) soit de tenir constant le nombre d'heures de machine, et de permettre une détérioration de  $T$ ,

B) soit d'augmenter légèrement les heures de machine, tout en permettant une hausse modérée de  $T$ ,

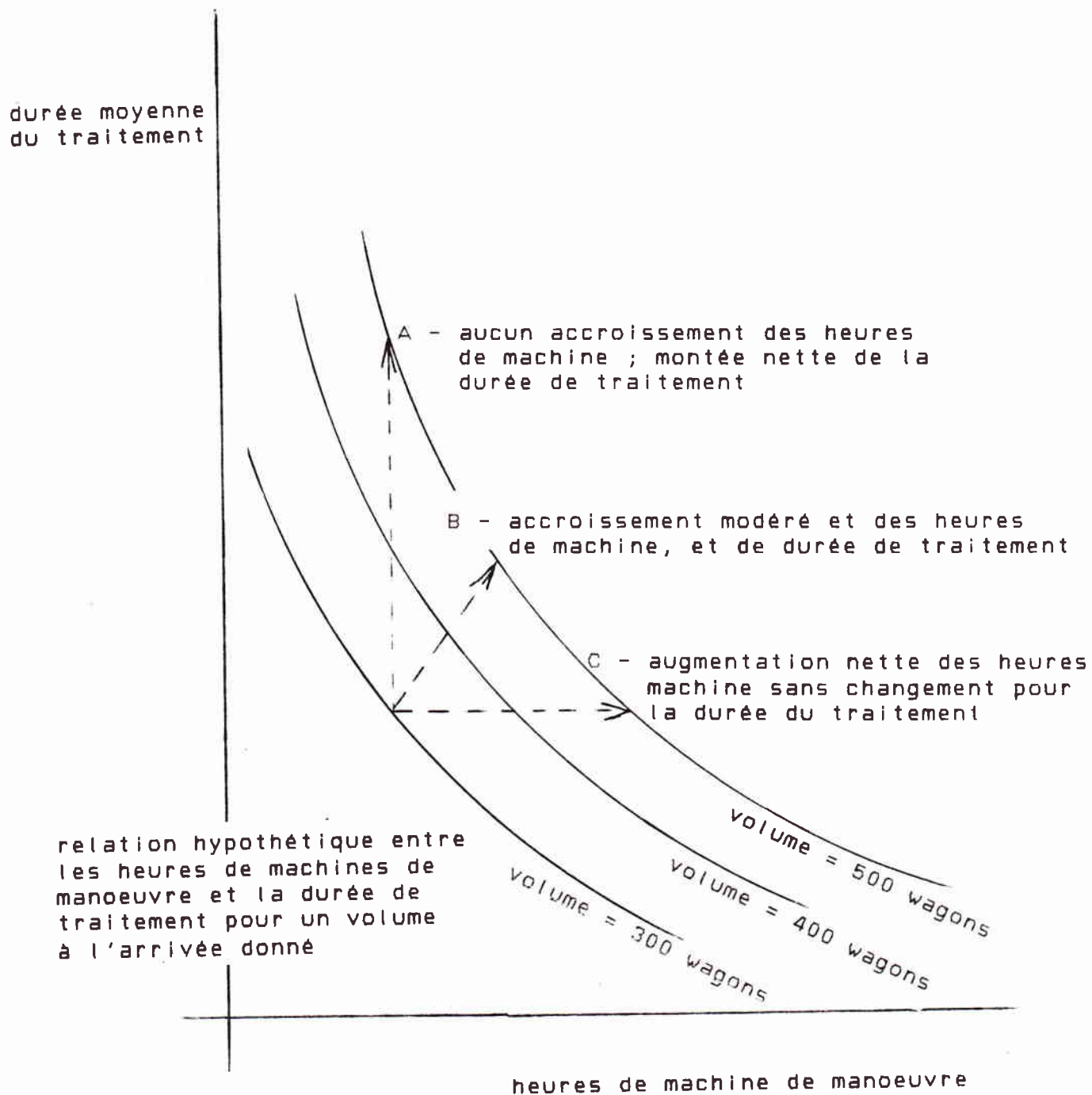
C) soit d'augmenter suffisamment les heures-machines pour garder  $T$  constante.

Bien sûr, si l'utilisation des heures de machines déjà travaillées est loin d'être complète, les conducteurs et autres agents associés avec ces machines feront face à un accroissement même significatif du volume sans augmentation du  $T$ .

Il est évident que  $T$  n'est pas déterminé exclusivement par le nombre de wagons à l'arrivée et le nombre d'heures de

FIGURE 2

FACE A UNE CROISSANCE DANS LE VOLUME DE WAGONS A L'ARRIVEE,  
LA GAMME DE REACTIONS POSSIBLES POUR LE RESPONSABLE DU TRIAGE



machine que le responsable du triage déploie en réponse. Le triage est soumis à des variations dans les heures d'arrivée et de départ des trains, dans la distribution du volume entre eux, dans les conditions météorologiques, et dans les besoins de réparer, remettre sur rail, ou faire partir d'urgence certains wagons. Toutes ces variations peuvent influencer sur la durée du traitement des wagons. Ont aussi une influence sur T, les décisions du responsable du triage quant au déploiement des machines, et quant à l'ordre dans lequel les agents exploitant celles-ci doivent procéder à leurs tâches.

## II. ANALYSE DE DONNEES DE DEUX TRIAGES

### A. CARACTERISTIQUES DES DEUX TRIAGES ETUDIES

Les standards que propose cet article ont été développés en employant des données du triage de East Deerfield, triage principal du réseau ferré de la Boston and Maine Corp., et du triage de Woippy, le plus grand triage de la Société Nationale des Chemins de Fer Français (SNCF). Les triages se trouvent respectivement à l'ouest du Massachusetts, U.S.A., et au nord de la ville de Metz dans l'est de la France. Ces deux triages n'ont pas été choisis pour être représentatifs des réseaux ferrés des deux pays. L'analyse



de ces deux triages n'est destinée qu'à montrer comment les standards proposés par cet article pourraient améliorer la performance de n'importe quel triage.

La Figure 3 présente des statistiques clefs d'exploitation des deux triages. Des exemples des documents à partir desquels les chiffres pour Woippy ont été calculés apparaissent dans les Figures 4 à 9. Une différence critique entre les deux triages est le degré de mécanisation du débranchement. Les appareils de voie sont télé-commandés à Woippy, mais manoeuvrés manuellement à East Deerfield. A Woippy, un ordinateur calcule la durée d'application des freins de voie aux roues de chaque wagon pour ralentir le wagon à la vitesse voulue. A East Deerfield, par contre, un agent emploie le frein manuel de chaque wagon pour limiter sa vitesse en descendant la bosse. Un schéma de l'emplacement des voies dans les deux triages se trouve à la Figure 10.

Les valeurs moyennes de quelques statistiques d'exploitation clefs apparaissent à la Figure 11. Pour les deux gares, nous voyons que le séjour moyen  $S$  diminue nettement avec l'accroissement de la fréquence des trains au départ. Dans le graphique pour East Deerfield de la Figure 12, les jours de volume réduit des dimanche et lundi, apparaissent dans la partie sud-ouest, tandis que le jour de volume élevé, vendredi, apparait dans le nord-est. Nous voyons également dans le graphique pour Woippy de la Figure 12 que le jeudi,

FIGURE 3

CARACTERISTIQUES PRINCIPALES --  
 TRIAGES DE EAST DEERFIELD ET DE WOIPPY

	East Deerfield -----	Woippy -----
<b>caractéristiques physiques</b> -----		
voies de réception	} 8	17
voies de formation		14
voies de débranchement	18	48
freinage des wagons en quittant la bosse	freins à main sur wagon	freins de voie contrôlés par l'informatique
fonctionnement des aiguillages	manuellement à chaque aiguillage	chaque aiguillage contrôlés à distance d'un point central
<b>caractéristiques opérationnelles</b> -----		
wagons à l'arrivée par jour -- moyenne	413	2179
heures de machines de manoeuvre par jour -- moyenne	46*	89
wagons à l'arrivée par heure de machine	9	24
trains au départ par jour -- moyenne	12	70
séjour moyen des wagons (en heures)	20,7	13,7
période pour laquelle statistiques calculées	du 5 mars au 10 juin, 1982	du 1 octobre au 23 décembre, 1981

\* Heures supplémentaires exclues.

REGION DE CE WOIPPY	SITUATION		PERIODE de J - 1 à 5.00												MOIS DE																
	TRANSMISSION		8.20												16.73																
	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	
TEMPERATURE	+13				+2	-3	-4	-6	-2	0	+8	+5	-3	-2	-6	+6	+11	+11	+11	+9	+12	+5	+4	0	+2	+5	+5	+2	+2		
WAGONS RECUS	1713	206	1573	2004	2776	2166	1754	1223	1165	2141	1114	2874	3116	3521	2065	280	1919	2764	3710	3325	2025	1809	2041	2086	2969	2891	2078	145			
WAGONS EXPENSES	2243	471	2573	2805	2927	2841	2640	1493	1316	2331	3090	2054	3190	3166	547	2869	3097	2834	2491	3611	625	1187	1731	2493	2071	2944	2115	505			
WAGONS DEBRANCHEES	2131	1	1791	2179	2062	2153	2824	1170	1624	2832	3011	3206	3155	1	1235	3144	2867	2824	3044	2832	1	1931	2712	2071	2071	2071	2071	2071	2071		
PERIODE SUPPLEMENTAIRE																															
PERIODE REGULIERE																															
SUPPLEMENTAIRE																															
ARRIVES																															
TRAINS REGULIERS PREVIS	60	6	46	91	93	93	93	60	6	46	60	11	41	93	60	416	93	93	93	93	60	6	116	93	93	93	93	60	6		
TRAINS REGULIERS SUPPLIERS	4	5	1	3	5	5	5	5	4	4	3	3	3	3	3	4	4	4	4	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3		
TRAINS FACIS RECUS	3	1	6	8	2	4	3	1	4	4	8	1	24	3	14	3	6	7	6	5	7	13	5	4	9	3	8	8	1		
TRAINS REFUSES	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1		
DEPART																															
TRAINS REGULIERS PREVIS	68	18	47	80	88	87	89	68	18	47	68	18	47	88	87	88	88	87	87	68	18	47	80	88	87	89	68	18			
TRAINS REGULIERS SUPPLIERS	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1		
TRAINS FACIS EXPENSES	8	2	12	7	3	4	4	4	4	10	2	12	15	17	3	4	18	10	9	6	12	1	4	8	10	7	7	1			
DIVERS	103	41	95	215	209	207	253	154	18	121	204	45	211	307	181	161	202	182	204	192	33	127	212	183	194	150	92	14			

FIGURE 4

Triage de woippy - Document Source Pour Statistiques Sommaires

RESEAU CST  
 REGION METZ  
 TRIAGE WOIPPY

↑-----↑  
 I ETAT NO 3 I  
 ↓-----↓

SEMAINE DU V 13 NOVE 1981 AU J 19 NOVE 1981  
 SEJOUR GLOBAL DES WAGONS

JOUR	1	2	3	4	5	6	SEJOUR GLOBAL	
V			39469		3136		12,5	
S		43393		3380			12,8	
D		26003		1124			23,1	
L		25295		970			26,0	
MA		34845		2700			12,9	
ME			50726		3172		9,6	
J			26553		2049		10,0	
TOTAL ME+J+V		T=	96748	ME	9157			
SEJOUR GLOBAL MOYEN (ML A VE) :							T/M =	10,7

FIGURE 5

Triage de Woippy - Etat Numéro 3

Document Source pour Données sur le Séjour Moyen

FIGURE 6

Triage de Woippy - Etat Numéro 2

- Une Page du Document Source pour Données sur  
l'Heure d'Arrivée des Trains

TERMINUS DE :		WOIPPY										CODE PRO. BLENE		CODE CARTE	REGION	TRIAGE	MILLEAIRE	QUANTIEME	ETAT N° 2 ARRIVEE DES WAGONS	
JOURNEE DU :		02/01/81										1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 11 12 13		C M 2 1 M Z 0 F 1 1		27/5		FEUILLET N° 1		
RA		DESIGNATION		HEURE REELLE D'ARRIVEE		RETARD A L'ARRIVEE		N° DE WAGONS										SERVICE DU 27 SEPT. 1981		
14 15 16 17 18 19 20 21 22 23 24 25 26 27 28 29 30																		MODIFIE LE		
		20	32	50	00	04		34		UCKANGE		001								
		20	31	50	00	35	01	39		HAGONDANGE		025								
		58	79	10	00	24		34		ECOUVIEZ		030								
		62	12	14	00	11		45		BF LE BOURGET		041 et 5e								
		<del>65</del>	<del>10</del>	<del>02</del>						<del>PF SEVRET</del>		<del>032</del>							<i>Supprimé</i>	
		31	16	40	01	02		18		BEHING		106								
		00	72	14	01	20		23		F MONTIGNY ENTRE		120								
		30	30	70	01	42	01	20		THIONVILLE		132								
		65	56	56	01	12		35		IF VILLENEUVE		135								
		45	53	35	01	37		40		GREMBERG		148								
		67	89	33	02	03		49		LF MONT ST MARTIN		209 kg Ven. N° 21/5								
		30	31	13	02	34		47		EBANGE		231								
		67	79	20	02	32		24		MF MULHOUSE		232								
		67	11	12	02	45		30		MF HAUSBERGEN		245								
		67	50	09	02	45		33		UF LUMES		245								
		62	18	50	03	45	04	18		SF SOMAN		301 et Me								
		67	18	52	04	02	02	37		WF ST DIZIER		334 et Me 35 et Me								
		67	11	15	04	05	04	17		VF ST AVITTE		415								





DEBRANCHEMENT		VOIE H.R.		PARTICULARITES DE DEBRANCHEMENT		HLC		FORMATION				ATTELAGES		DEPART		HEURE D'AVIS AU LEMP		PARTICULARITES DE FORMATION		
ORIGINE	TA	GO	MA	AD	MD	DESTINATION	TD	GD	RG	DCM	IRCM	NOM	60	6	VOIE	6	HEURE	6	FORMATION	
SIBELIN	SP 65674	722350	19.04			ST LOUIS	69835	182339	RG	00.1	01.1	14	0120	0125	5	0225			19/0	24/1
VILLENEUV	ZP 65652	681809	19.34			BETTENDORF	44802	191007	RG	00.1	01.1	14	0120	0125	58	0045			28/0	
WOIPPY BV	P 744	192008	19.58																	
SONATH	SP 62179	345314	20.10			REING	30021	193350	RG	01.0	01.0	14	0115	0120	59	0045			08/5	
M.P. METZ	P 702	192062	20.18			LOMES	7067332	172197	RG	01.04	01.04	F1			1	0045			SE DEP MA 30/5	
VOIE 49	REAFES		21.00																	
VOIRIE	20927		21.00																	
JOEUF	30537	191200	21.02			COULAIN	7067108	192666	RG	01.1	01.1	15	0110	0115	10	0210			SE SP	
1872 MARCH	P 718	197047	21.10			COCHEREN BEL	30327	193227	RG	01.5	01.5	16	0110	0115	60	0305			29/0	
SARREBRUE	45666	193000	21.38			MAUSBERGER	7067109	212092	RG	02.0	02.0	F1							MALE LU/MA	
BOUGE	30391	191015	22.07			BLAIVEVILLE	7067103	141335	RG	02.26	02.26								3/0	SE F=12/
BLAIVEVILLE	SP 67720	141135	22.17			EMME	30336	191015	RG	02.5	02.5	14	0250	0255	11	0100			19/0	
VOIRIE	68847	193953	22.34			REING	60834	193953	RG	03.07	03.07	15	0250	0255	2	0115			SE DE SP 5/8	24/1
DUREPOUR	OP 62177	287037	22.39			ST PIERRE	0253423	571240	RG	03.06	03.06	03	010	0105	61	010			19/0	
REING	45538	191643	22.30			MAUSBERGER	7067109	212092	RG	01.30	01.30	14	010	0105	4	0115			SE DE MA 12/0	
REING	700	487047	22.41			VILLENEUV	7261203	601809	RG	03.30	03.30	16	0250	0255	5	0115			0/16.3	24/1

FIGURE 8  
Triage de Woippy - "Compte Rendu Formation"  
Document Source pour Données  
sur les Heures de Formation des Trains



TRIAGE DE WOIPPY										ETAT N°1 : PM DEPART DES WAGONS										FEUILLET N° 1									
JOURNÉE DU : 21/10/81										STOCK : 24 000 (à la veille) 1879										PERIODE DU : 27 SEPT. 1981									
HEURE REELLE DE DEPART										NOMBRE DE WAGONS REMIS PAR LE TRIAGE										MODIFIÉ LE									
TERMI. NUIS	DESIGNATION	HEURE REELLE DE DEPART	RETRARD AU DEPART	DECALAGE	NOTES	WAGONS	MARKING	TONNAGE RÉEL	TONNAGE OFFERT	RELIGIAT	LOT	SHOYA	LOT	SHOYA	LOT	SHOYA	LOT	SHOYA	LOT	SHOYA	WAGONS AUTRES	WAGONS	ANTRES	TRAC	STATION	QUANTITE			
01	671081	010137		X		2732139942500		2500		L027											X	X	X	ST LOUIS	2300				
01	671081	010137		X		385010572500		2500		T602											X	X	X	BETEMBOURG	700m2500				
01	671081	010137		X		687210222000		2000		I624											X	X	X	BERING	2330				
01	671081	010137		X		070801791930		1930		U107											X	X	X	FU LUMES	2000				
01	671081	010137		X		446512882270		2270		0144											X	X	X	FO COMFLANS	106m1200mV				
01	671081	010137		X		253407162030		2030		R629											X	X	X	COCHEREN H.B.L.	137				
01	671081	010137		X		071002001900		1900		B107											X	X	X	BLAINVILLE	220				
01	671081	010137		X		465912872500		2500		E644											X	X	X	EDANGE	253				
01	671081	010137		X		250707070500		500		S419											X	X	X	ST PIERRE des COMES	306				
01	671081	010137		X		517907171740		1740		0603											X	X	X	UEBERHERRH	307				
01	671081	010137		X		125904932000		2000		H112											X	X	X	HAUSBERGEN	206m140				
01	671081	010137		X		4857174961800		1800		Z503											X	X	X	VILLENEUVE	330				
01	671081	010137		X		250450821690		1690		L130											X	X	X	MONT ST MARTIN	354				

FIGURE 9

Triage de woippy - Etat Numéro 1

- Une Page du Document Source pour Données sur

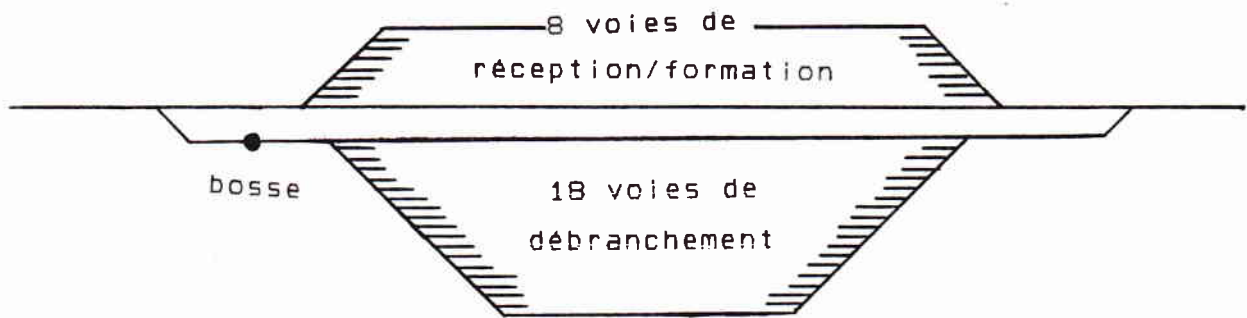
l'Heure de Départ des Trains



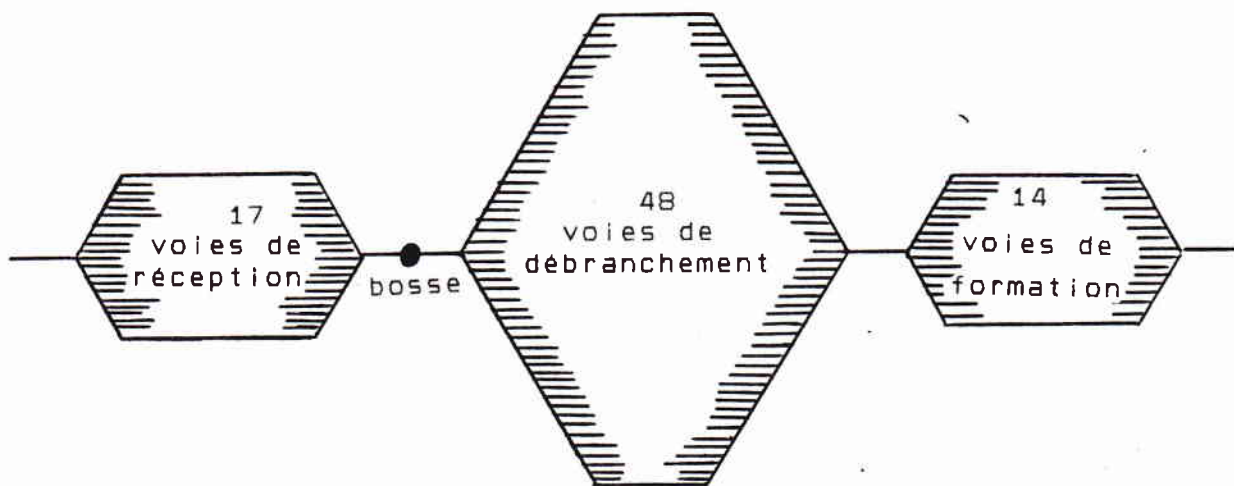
FIGURE 10

Schéma de l'Emplacement des Voies,  
Triages de East Deerfield et Woippy

(sans échelle)



Triage de East Deerfield



Triage de Woippy

FIGURE 11

VALEURS MOYENNES DE CERTAINES MESURES D'ACTIVITE  
A EAST DEERFIELD ET A WOIPPY  
POUR CHAQUE JOUR DE LA SEMAINE

East Deerfield, du 5 mars au 10 juin, 1982

	volume à l'arrivée	heures de machines de manoeuvre (heures sup- plementaires exclues	wagons à l'arrivée par heure de machine	trains au départ	séjour moyen S
vendredi	509	48,8	10	12,9	21,4
samedi	488	48,0	10	10,9	23,8
dimanche	283	40,0	7	10,1	20,5
lundi	277	39,2	7	12,0	18,8
mardi	449	48,0	9	13,9	19,4
mercredi	415	48,8	9	12,2	21,0
jeudi	468	48,8	10	13,4	19,0
total	413	46,4	9	12,2	20,7

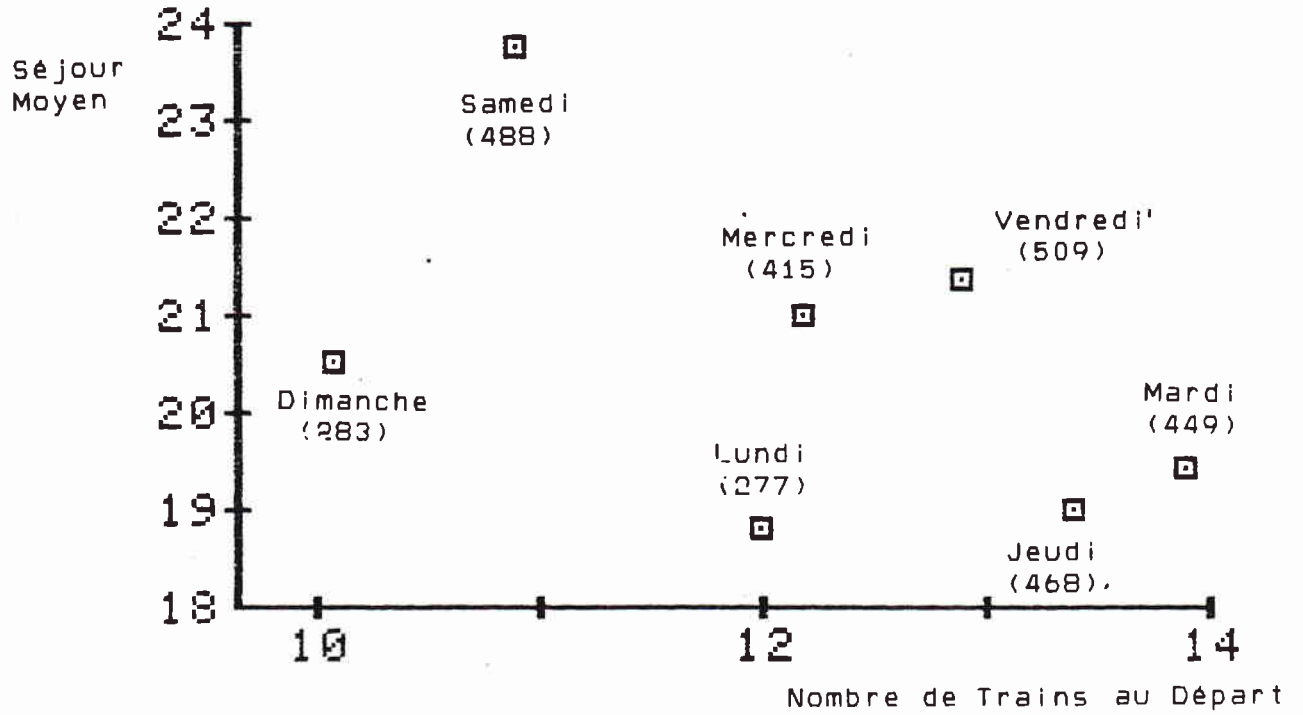
Woippy, du 1 octobre au 23 décembre, 1981

	volume à l'arrivée	heures de machines de manoeuvre	wagons à l'arrivée par heure de machine	trains au départ	séjour moyen S	stock moyen de wagons
vendredi	2830	113	25	91	11,5	1383
samedi	2086	104	20	73	13,2	1384
dimanche	219	37	6	19	24,0	1032
lundi	1807	48	38	49	25,3	878
mardi	2800	107	26	85	11,9	1263
mercredi	2621	107	24	87	11,2	1336
jeudi	2888	108	27	88	12,3	1381
total	2179	89	24	70	13,7	1288

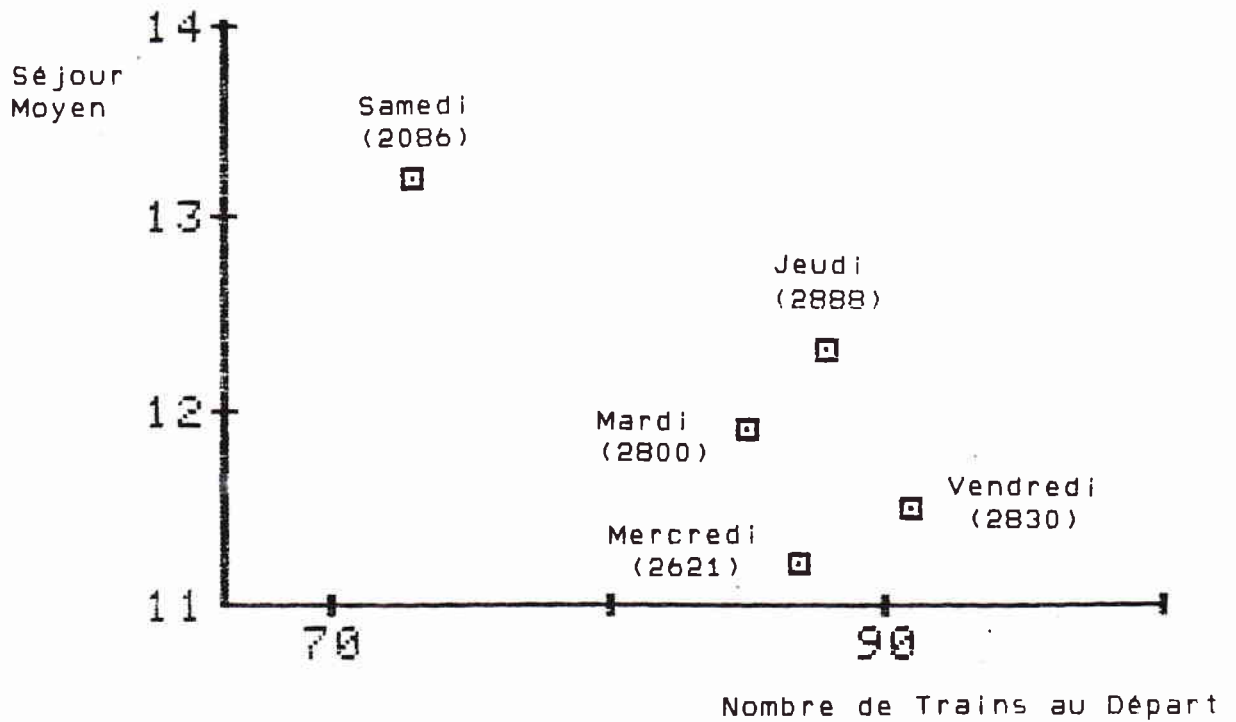
FIGURE 12

TRAINS AU DEPART ET SEJOUR MOYEN, S, DES WAGONS  
 POUR DES VALEURS MOYENNES  
 POUR CERTAINS JOURS DE LA SEMAINE

(EN PARENTHESES : VOLUME MOYEN A L'ARRIVEE)



EAST DEERFIELD



WOIPPY

jour où le volume est le plus élevé (2888), a un séjour moyen S particulièrement haut, tandis que le mercredi, où le volume est plus bas, S est bas également. Ces chiffres laissent croire qu'au cours des journées de volume élevé, la durée moyenne de traitement T est plus longue.

Dans la mesure où le responsable du triage garde le nombre d'heures de machine de manoeuvre à un niveau constant, et permet à T de s'accroître avec le volume, et dans la mesure où S reflète T, nous nous attendrions à ce que S s'accroisse avec le nombre de wagons arrivant par machine-heure. Une telle relation croissante peut être discernée pour les deux triages dans la Figure 13. A East Deerfield, la relation croît dans ses grandes lignes pendant toute la semaine à l'exception de deux jours : le dimanche, quand la fréquence des trains au départ est au plus bas (22,1 trains par jour) et donc l'attente moyenne A élevée ; et le jeudi, quand cette même fréquence est élevée (26,3) et donc que A bas. Quant à Woippy, où nous avons exclu la période du weekend où le triage est figé, nous voyons une nette augmentation sauf le samedi, où la fréquence des trains au départ est beaucoup plus basse dans la Figure 13 que pour les autres jours.

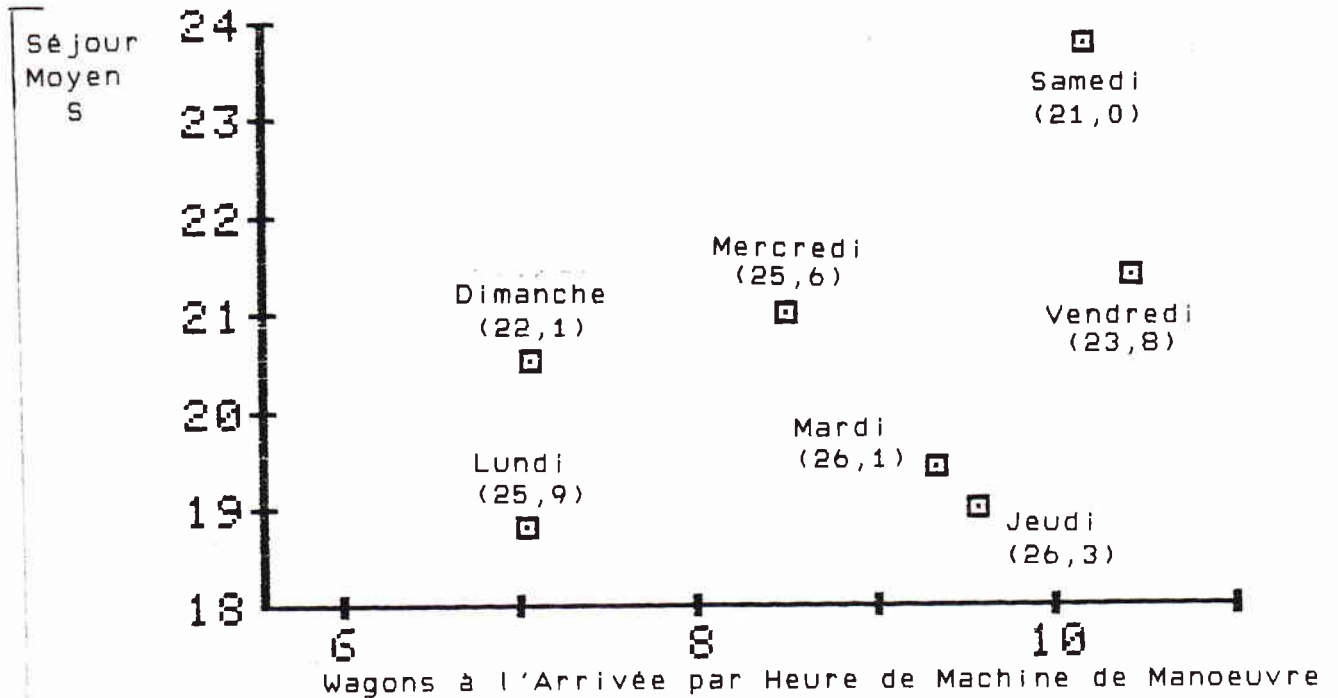
L'hypothèse qui est implicite dans ces observations est que le volume aura un effet sur T, qui est une partie de S. L'absence de ventilation de S dans ses parties T et A rend ambiguë l'analyse statistique de l'effet de volume sur T, car un accroissement de volume a deux effets contradictoires

FIGURE 13

RELATION ENTRE WAGONS PAR MACHINE-HEURE ET SEJOUR MOYEN (S)

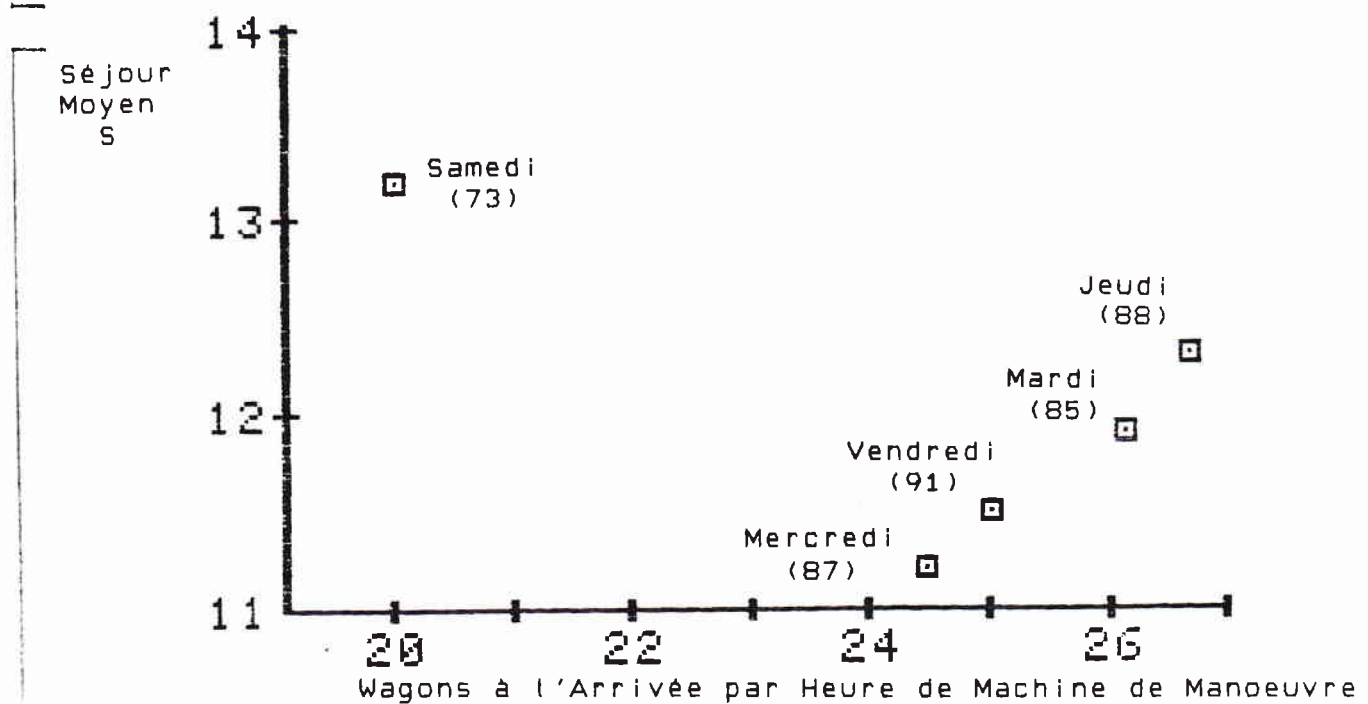
TRIAGES DE EAST DEERFIELD ET WOIPPY

(MOYENNES POUR CHAQUE JOUR DE LA SEMAINE)



EAST DEERFIELD

(Parenthèses : trains au départ, jours J et J + 1.)



WOIPPY

(Parenthèses : trains au départ, jour J.)

sur S : il peut augmenter T, certes, mais peut entraîner aussi une augmentation de la fréquence des trains au départ et donc réduire A.

Il aurait donc été logique de mesurer l'effet de volume sur T seulement. L'auteur manquait de ressources pour faire la saisie informatique des données par chaque train à Woippy pour une période suffisamment longue. La possibilité de faire de telles études serait un des arguments pour l'informatisation de la saisie par la SNCF des informations sur le traitement des trains dans les triages.

A East Deerfield, T et A sont difficiles à ventiler avec précision à cause des phénomènes suivants :

-- le débranchement de certains trains à l'autre extrémité du triage de la bosse;

-- l'ajout des wagons à un train jusqu'au dernier moment avant le départ;

-- le départ de certains trains directement du faisceau de débranchement;

-- le commencement de formation (visite de sécurité, accouplement des tuyaux de frein) de la masse des wagons pour un train avant le débranchement des derniers wagons lui étant destinés;

-- la non-formalisation de la notion de "reliquat".

## B. RECHERCHE D'UN STANDARD POUR LE SEJOUR MOYEN (S)

1. Le Standard Linéaire pour le Séjour Moyen (S). Nous testerons la régression linéaire comme technique pour établir des standards linéaires pour le séjour moyen S et pour l'emploi des machines de manoeuvre. L'avantage d'un tel standard est qu'il est suffisamment simple pour permettre à la Direction centrale de l'ajuster en fonction de ses buts pour l'amélioration de la performance du triage, et de son jugement et expérience. Des justifications théoriques existent pour l'emploi de la régression linéaire afin d'établir une relation entre le séjour moyen et la fréquence des trains au départ. Une approximation de E, l'attente moyenne à l'enlèvement, est donnée par

$$12 / F$$

où F est la fréquence moyenne avec laquelle les lots sont enlevés par les trains au départ. Nous pouvons estimer F par

$$NC / L$$

où

N = le nombre de trains au départ du triage par jour,

C = le nombre de lots enlevés par chaque train,

L = le nombre de lots (dont la destination de chacun est différente) faits par le triage.

En substituant, nous avons,

$$\text{attente à l'enlèvement} = E = 12L / NC$$

et

$$S = T + R + (12L / NC)$$

Maintenant, supposons que nous pouvons déterminer, par la régression linéaire, les coefficients  $b_1$  et  $b_2$  dans l'équation suivante :

$$S = b_1 + b_2 (1 / N).$$

Ainsi  $b_1$  peut alors servir d'estimation de  $T + R$ , et  $b_2 / N$ , d'estimation de  $E$ .

Deux jeux parallèles de modèles de régression du séjour moyen  $S$  ont été estimés pour les deux triages. La Figure 14 résume les caractéristiques des variables employées dans ces modèles. Les dimanche et les lundi ont été omis pour Woippy



FIGURE 14

RESUME DES CARACTERISTIQUES DES VARIABLES EMPLOYEES DANS  
LES MODELES DE REGRESSION

	EAST DEERFIELD	WOIPPY
dates recouvertes	du 5 mars 1982 au 10 juin 1982	du 1 novembre 1981 au 23 décembre 1981
jours de la semaine compris	tous les sept	des mardi aux dimanche
nombre d'observations	97	58
mesure du séjour moyen pendant jour J	séjour réel pour les wagons arrivant jour J	stock moyen pendant jour j / wagons au départ jour j
variable exprimant l'effet de la fréquence des trains au départ	1 / trains au départ, jours J et J + 1	1 / trains au départ, jour J
variable pour nombre d'heures de machines de manoeuvre	nombre de tournées de huit heures (heures supplémentaires exclues)	nombre de heures de machine de manoeuvre (tout inclus)

parce que le débranchement et la formation des trains s'arrêtent au triage pendant 24 heures à compter de 13 heures le dimanche.

La Figure 15 montre les coefficients de corrélation entre le volume, le nombre de machine-heures, et le nombre de trains au départ. La moyenne, le maximum, le minimum, et la déviation standard de ces trois variables, ainsi que ceux du séjour moyen S, apparaissent dans la Figure 16.

La Figure 17 présente des modèles de régression pour les deux triages ; dans ces modèles, la variable des trains au départ est la seule variable indépendante. Ces modèles nous donnent des estimations de la durée totale moyenne du traitement et de l'attente du reliquat (T + R), ainsi que l'attente moyenne à l'enlèvement E. L'estimation de (T + R) à East Deerfield est de 4,8 heures, et pour l'attente à l'enlèvement E, 15,5 heures. Ces estimations peuvent être comparées avec leur somme théorique, le séjour moyen S mesuré directement, de 20,7 heures.

Pour Woippy, ces estimations sont de 1,9 heures pour (T + R) et de 9,8 heures pour E, tandis que S mesuré directement est de 11,8 heures. Malheureusement, dans les modèles de la Figure 17, les statistiques "t" associées avec les estimations de la somme T + R (2,5 et 1,1 respectivement) ne sont pas suffisamment élevées pour nous permettre de les employer comme bases pour des standards.

FIGURE 15

COEFFICIENTS DE CORRELATION ENTRE VOLUME,  
HEURES DE MACHINES DE MANOEUVRE, ET TRAINS AU DEPART

	EAST DEERFIELD	WOIPPY
volume à l'arrivée & heures de machine	0,609	0,408
volume à l'arrivée & trains au départ *	0,074	0,800
heures de machines & trains au départ *	0,019	0,389
* période pendant laquelle trains au départ pris en compte	Jours J et J + 1	Jour J

FIGURE 16

STATISTIQUES RESUMEES DES VARIABLES

	EAST DEERFIELD -----	WOIPPY -----
VOLUME A L'ARRIVEE		
Moyen	413	2678
Maximum	643	3235
Minimum	178	1602
Déviati on Standard	116	400
HEURES DE MACHINE DE MANOEUVRE		
Moyen	46,0	110,1
Maximum	56	125
Minimum	32	99
Déviati on Standard	4,4	5,8
TRAINS AU DEPART		
Moyen	12,2	86,4
Maximum	17	104
Minimum	3	56
Déviati on Standard	2,2	9,5
SEJOUR MOYEN (S)		
Moyen	20,7	11,8
Maximum	40	24,9
Minimum	12	9,2
Déviati on Standard	3,8	2,1

FIGURE 17

MODELES DE REGRESSION POUR LE SEJOUR MOYEN  
 COMME FONCTION DE LA FREQUENCE DES TRAINS A L'ARRIVEE,  
 TRIAGES DE EAST DEERFIELD ET WOIPPY

(Statistiques "t" en parenthèses.)

EAST DEERFIELD

$$\text{Séjour moyen, jour J} = 4,837 + 379 \left( \frac{1}{\text{trains au départ, jours J et J + 1}} \right)$$

(2,5)      (8,3)

$$R^2 \text{ corrigé} = 0,413$$

WOIPPY

$$\text{Séjour moyen, jour J} = 1,892 + 846 \left( \frac{1}{\text{trains au départ, jour J}} \right)$$

(1,1)      (5,6)

$$R^2 \text{ corrigé} = 0,349$$

Par contre, les statistiques "t" pour les estimations de E (8,3 et 5,8 pour les deux triages) permettent à ces dernières d'être employées comme standards pour A avec beaucoup plus de crédit. Une façon d'employer cette estimation de A serait de la soustraire de la valeur du séjour moyen S, tel qu'il est mesuré directement, pour obtenir une mesure de (T + R). Cet emploi du modèle linéaire serait intéressant pour un triage comme East Deerfield, où les moyens n'existent pas pour rassembler des données sur l'heure de débranchement et de commencement de formation de chaque train. A Woippy, où ces données sont déjà saisies sur papier et seraient facilement traitées par l'informatique, nous proposons la mesure plus directe de T exposée ci-dessous.

La Figure 18 montre les résultats de tentatives d'inclure dans le modèle pour le séjour moyen S, en plus des effets de la fréquence des trains au départ, les effets du nombre de machine-heures travaillées, et du volume de wagons à l'arrivée. A Woippy, la forte corrélation (0,800) entre le volume à l'arrivée et la fréquence de trains au départ a empêché l'inclusion de ces deux variables dans le même modèle de régression. A Woippy, le nombre de wagons à l'arrivée par machine-heure a aussi manifesté un effet significatif, comme montre sa statistique "t" de 2,4.

Ces résultats apportent des preuves que, face à

FIGURE 18

MODELES DE REGRESSION POUR LE SEJOUR MOYEN

A) COMME FONCTION DU VOLUME A L'ARRIVEE ET DU NOMBRE DE TRAINS AU DEPART :

(Statistiques "t" en parenthèses.)

EAST DEERFIELD

$$\text{séjour moyen,} = 3,5 + 0,3 \frac{\text{volume à l'arrivée,}}{\text{trains au départ,}} + 383 \left( \frac{1}{\text{jours J et J + 1}} \right)$$

(1,5) (1,1) jour J (8,4)

2  
R corrigé = 0,415

WOIPPY

(Régression impossible à cause de la grande corrélation (0,800) entre le volume à l'arrivée et le nombre de trains au départ.)

B) COMME FONCTION DES VOLUME PAR HEURE DE MACHINE ET DES TRAINS AU DEPART :

(Statistiques "t" en parenthèses.)

EAST DEERFIELD

$$\text{Séjour moyen,} = 4,1 + 0,068 \left( \frac{\text{wagons à l'arrivée par heure de machine,}}{\text{jour J}} \right) + 381 \left( \frac{1}{\text{trains au départ,}} \right)$$

(1,7) (0,5) (8,3) jour J jour J et J + 1

2  
R corrigé = 0,408

WOIPPY

$$\text{Séjour moyen,} = -7,7 + 0,222 \left( \frac{\text{wagons à l'arrivée par heure de machine,}}{\text{jour J}} \right) + 1203 \left( \frac{1}{\text{trains au départ,}} \right)$$

(-1,8) (2,4) (5,8) jour J jour J

2  
R corrigé = 0,399

l'accroissement du volume, les responsables de nos deux triages tendent à augmenter les heures de machine, mais insuffisamment pour empêcher l'accroissement de T. C'est à dire, qu'en regardant la Figure 2, le comportement de ces responsables est indiqué par la flèche B, et non pas par les flèches extrêmes (A ou C). La politique des deux triages est de freiner l'augmentation de T par un accroissement du nombre d'heures de machine, comme la corrélation entre volume et heures-machine de 0,609 et de 0,408 le montre. Or dans les modèles linéaires du séjour moyen S, nous voyons que l'augmentation des wagons à l'arrivée par heure de machine semble entraîner un plus long séjour moyen S.

2. Une Méthode Alternative Pour Etablir des Standards pour le Séjour Moyen (S). Une méthode alternative permet de mesurer et d'établir des standards pour A et T. Les résultats sont des mesures plus précises et détaillées que celles résultant du modèle linéaire, particulièrement pour T, notre souci principal. Notons d'abord qu'une façon parfaitement précise de mesurer T et A serait de faire rentrer dans un système informatique les cinq informations listées dans la Figure 19.

Nous proposons une méthode pour estimer T et A qui est moins gourmande en volume d'informations à traiter: nous proposons de tenir compte des informations dans la Figure 20. Les wagons ne sont plus pris en compte isolément. Cette méthode permet de réduire sensiblement le volume de données à faire



FIGURE 19

INFORMATIONS NECESSAIRES POUR DETERMINER  
AVEC UNE PRECISION TOTALE  
L'ATTENTE (a) ET LA DUREE DE TRAITEMENT (t)  
POUR CHAQUE WAGON

RAPPEL :

$$t = d + f$$

$$a = e + r$$

L'heure :

- |  |   |  |
|--|---|--|
| 1) d'arrivée du wagon  | } | = d = durée de débranchement                         |
| 2) de son débranchement  |   | = e = attente à l'enlèvement                         |
| 3) du commencement de la formation du train qui doit en principe enlever le wagon  | } | = r = attente due à une chute éventuelle en reliquat |
| 4) du commencement de la formation du train qui a réellement enlevé le wagon (ce qui différerait de (3) au cas où il serait tombé en reliquat) |   | = f = durée de formation                             |
| 5) de son départ du triage   |   |  |

FIGURE 20

INFORMATIONS NECESSAIRES POUR ESTIMER  
L'ATTENTE (A) ET LA DUREE DE TRAITEMENT (T) MOYENNES  
POUR CHAQUE TRAIN

RAPPEL :

$$T = D + F$$

$$A = E + R$$

POUR CHAQUE TRAIN : L'heure

- |   |   |   |
|---|---|---|
| 1) d'arrivée du train<br>à l'arrivée                        | } | = approx. de D =<br>durée moyenne<br>de débranchement<br>pour wagons du train |
| 2) de la fin de son<br>débranchement                        |   |   |
| 3) du commencement de<br>la formation<br>du train au départ | } | = approx. de E =<br>attente moyenne<br>à l'enlèvement                         |
| 4) du départ du train                                       |   |   |

ET POUR CHAQUE LOT :

- |  |  |
|--|--|
| 5) le nombre d'enlèvements<br>par jour (N).  | Approximation de E, l'attente<br>moyenne à l'enlèvement par lot<br>= $12 / N$ .  |
| 6) le nombre de wagons<br>tombés en reliquat | Approximation de R, l'attente<br>moyenne due à une chute en<br>reliquat =<br><br>$(24 / N) \times$<br>(nombre wagons<br>tombés en reliquat /<br>nombre wagons<br>partis du triage) |

rentrer dans le système informatique.

Les données disponibles au triage de Woippy ont permis d'estimer T et A par ces méthodes. Le calcul des approximations pour E et R, les deux composants de A, apparaît, pour le mercredi, 7 octobre 1981, dans la Figure 21. En premier lieu, considérons E. Le nombre N d'enlèvements pour chaque lot est le nombre qui a réellement été effectué ce mercredi-là. Notre estimation de E pour les wagons qui partaient dans chaque lot est de  $12/N$ . Les wagons-heures dues à cette attente est, pour chaque lot, l'attente moyenne multipliée par le nombre de wagons enlevés. En bas de la Figure 21, nous voyons qu'en divisant le total des 13.100 wagons-heures par les 2881 wagons enlevés, nous avons une estimation de E de 4,55 heures.

Tournons-nous maintenant vers R, l'attente moyenne en reliquat. Une estimation de R comme fonction de la fréquence N d'enlèvement de lots est  $24/N$ . A l'extrémité droite du bas de la Figure 21, nous voyons que le total des 2059 wagons-heures tombées en reliquat, divisé par le nombre total de wagons, 2881, partis du triage, produit une estimation de R de 0,71 heures.

3. La Méthode SNCF pour Mesurer le Séjour Moyen S. La SNCF utilise la formule suivante pour faire une approximation de S dans un triage pendant une journée:

FIGURE 21

TRIAGE DE WOIPPY - CALCUL DE L'ATTENTE MOYENNE (A)  
(DONT L'ATTENTE DUE A LA FREQUENCE DES ENLEVEMENTS (E),  
ET CELLE DUE AU WAGONS EN RELIQUAT (R))

LE 7 OCTOBRE 1981

LOT	ENLEVE- MENTS	ATTENTE MOYENNE (E)	WAGONS ENLEVES	WAGON- HEURES DUES A L'ATTENTE	WAGONS EN RELIQUAT	ATTENTE MOYENNE (R)	WAGON- HEURES DUES AUX RELIQUATS
A0	3	4.0	108	432	9	8.0	72
A3	2	6.0	57	342	6	12.0	72
B1	5	2.4	177	425	3	4.8	14
C1	4	3.0	141	423	25	6.0	150
D6	3	4.0	106	424	0	8.0	0
E6	3	4.0	107	428	8	8.0	64
F0	2	6.0	76	456	12	12.0	144
F6	2	6.0	38	228	0	12.0	0
G0	4	3.0	78	234	0	6.0	0
G5	2	6.0	63	378	0	12.0	0
H1	3	4.0	60	240	0	8.0	0
I6	3	4.0	74	296	0	8.0	0
J6	3	4.0	25	100	0	8.0	0
K6	2	6.0	54	324	0	12.0	0
L1	3	4.0	128	512	3	8.0	24
M5	2	6.0	67	402	0	12.0	0
N6	1	12.0	33	396	0	24.0	0
N7	1	12.0	12	144	0	24.0	0
O1	9	1.3	347	463	19	2.7	51
P5	3	4.0	86	344	23	8.0	184
Q1	3	4.0	80	320	0	8.0	0
Q2	2	6.0	65	390	9	12.0	108
Q6	1	12.0	46	552	0	24.0	0
R6	1	12.0	28	336	0	24.0	0
S2	3	4.0	107	428	0	8.0	0
S3	2	6.0	74	444	0	12.0	0
S4	3	4.0	103	412	42	8.0	336
S5	2	6.0	61	366	11	12.0	132
S6	3	4.0	65	260	0	8.0	0
T0	2	6.0	34	204	0	12.0	0
T2	2	6.0	88	528	1	12.0	12
T6	2	6.0	35	210	0	12.0	0
U1	3	4.0	110	440	6	8.0	48
U6	1	12.0	12	144	0	24.0	0
V6	1	12.0	2	24	0	24.0	0
W1	1	12.0	39	468	8	24.0	192
W6	1	12.0	1	12	0	24.0	0
W8	1	12.0	2	24	0	24.0	0
Y6	1	12.0	1	12	0	24.0	0
Z5	2	6.0	91	546	38	12.0	456
TOTAL			2881	13110			2059
WAGONS (TOTAL)				2881			2881
HEURES (MOYENNE)				4.5507			0.7147

$$\sum_{i=1}^{24} W_i$$

$$S = \frac{\text{-----}}{D}$$

Dans cette approximation,

$W_i$  = le nombre de wagons présents dans le triage à "i" heures, et

$D$  = le nombre de wagons partis du triage au cours de la journée.

Cette estimation est susceptible de deux sources de distorsion. En premier lieu, en tant que mesure de  $S$  pour les wagons au départ au cours du jour  $j$ , elle ne tient pas compte du temps que ceux-ci ont pu passer dans le triage au cours du jour  $j - 1$ . Elle est également influencée par la présence à la fin du jour  $j$  de wagons qui ne quitteront le triage qu'au cours du jour  $j + 1$ .

Cependant, au cours d'une semaine, l'effet de la distorsion de ces sources sera beaucoup plus réduite, car la masse des wagons-heures enregistrées dans le triage au cours de la semaine sera celle des wagons qui sont effectivement arrivés et partis au cours de la semaine. Nous pouvons donc considérer que l'estimation de la SNCF de  $S$  de 12,25 heures pour les huit jours du 1er au 8 octobre, 1981, est très précise.

La précision de nos estimations de T et A peut donc être vérifiée en les comparant à leur somme, c'est à dire S, tel qu'il est mesuré par la SNCF. La Figure 22 présente une telle comparaison. Pour une journée donnée, la somme de T et A diffère jusqu'à 1,5 heures de la mesure SNCF du séjour moyen, en partie sans doute à cause des distorsions décrites ci-dessus. Or, les chiffres sont semblables pour l'ensemble des huit jours (12,08 heures contre 12,25 heures).

Ayant développé des standards pour le mouvement des wagons à East Deerfield et à Woippy, étudions maintenant les standards possibles pour l'emploi des machines.

#### C. RECHERCHE D'UN STANDARD POUR L'EMPLOI DES MACHINES

Le standard pour l'emploi des machines de manoeuvre que nous allons recommander est un compromis qui évite les insuffisances de deux solutions extrêmes: le standard fixe et le standard "par wagon." Si les machines de manoeuvre sont bien utilisées, et si le responsable du triage est soumis à un standard, même informel, pour T, alors, au fur et à mesure que le volume s'accroît, un standard fixe pour l'emploi des machines sera inefficace, car il ne tiendra pas compte du changement dans la contrainte imposée par le volume à l'arrivée.

FIGURE 22

TRIAGE DE WOIPPY -- COMPOSANTS DU SEJOUR MOYEN

DUREE MOYENNE DE : DEBRANCHEMENT (D),  
FORMATION (F), ATTENTE DUE A LA FREQUENCE DES ENLEVEMENTS (E),  
ATTENTE DUE AU RELIQUATS (R), ET SEJOUR MOYENNE GLOBALE (S)

LE 1 AU 8 OCTOBRE COMPRIS, 1981

	JEU 1	VEN 2	SAM 3	DIM 4 ET LUN 5	MAR 6	MER 7	JEU 8	MOYENNE
volume au départ (0 heures à 0 heures)	2885	2584	2515	1899	2586	3013	2997	2640
heures de machine	113	113	101	83	107	113	113	106
durée moyenne de débranchement, D	2,22	2,96	2,60	2,08	2,39	1,98	1,89	2,29
durée moyenne de formation, F	3,26	3,70	3,32	4,14	3,10	4,04	3,45	3,56
attente moyenne à l'enlèvement, E	4,88	4,50	5,05	14,53	5,09	4,55	4,52	5,76
attente moyenne due à une chute en reliquat, R	0,29	0,35	0,41	0,61	0,79	0,71	0,19	0,47
SEJOUR MOYEN (S) TOTAL :								
réal (somme des plus hauts)	10,65	11,51	11,39	21,35	11,38	11,29	10,05	12,08
réal (comme mesuré directement)	10,84	11,91	13,17	20,01	12,39	10,69	9,64	12,25

Une solution à cette situation serait d'établir un standard que l'on présenterait comme un rapport de machine-heures (ou une mesure semblable) par wagon. Mais ce standard n'est pas totalement satisfaisant, car un élément fixe significatif est présent dans le nombre de wagons-heures qui seront nécessaires sur une grande gamme de volumes possibles. Cet élément fixe est présent parce que (1) une réduction du volume apparaît généralement plus comme un nombre réduit de wagons par train que comme un nombre réduit de trains, et parce que (2) le temps nécessaire à une machine pour débrancher ou former un train ne diminue pas en proportion d'une réduction de la longueur du train.

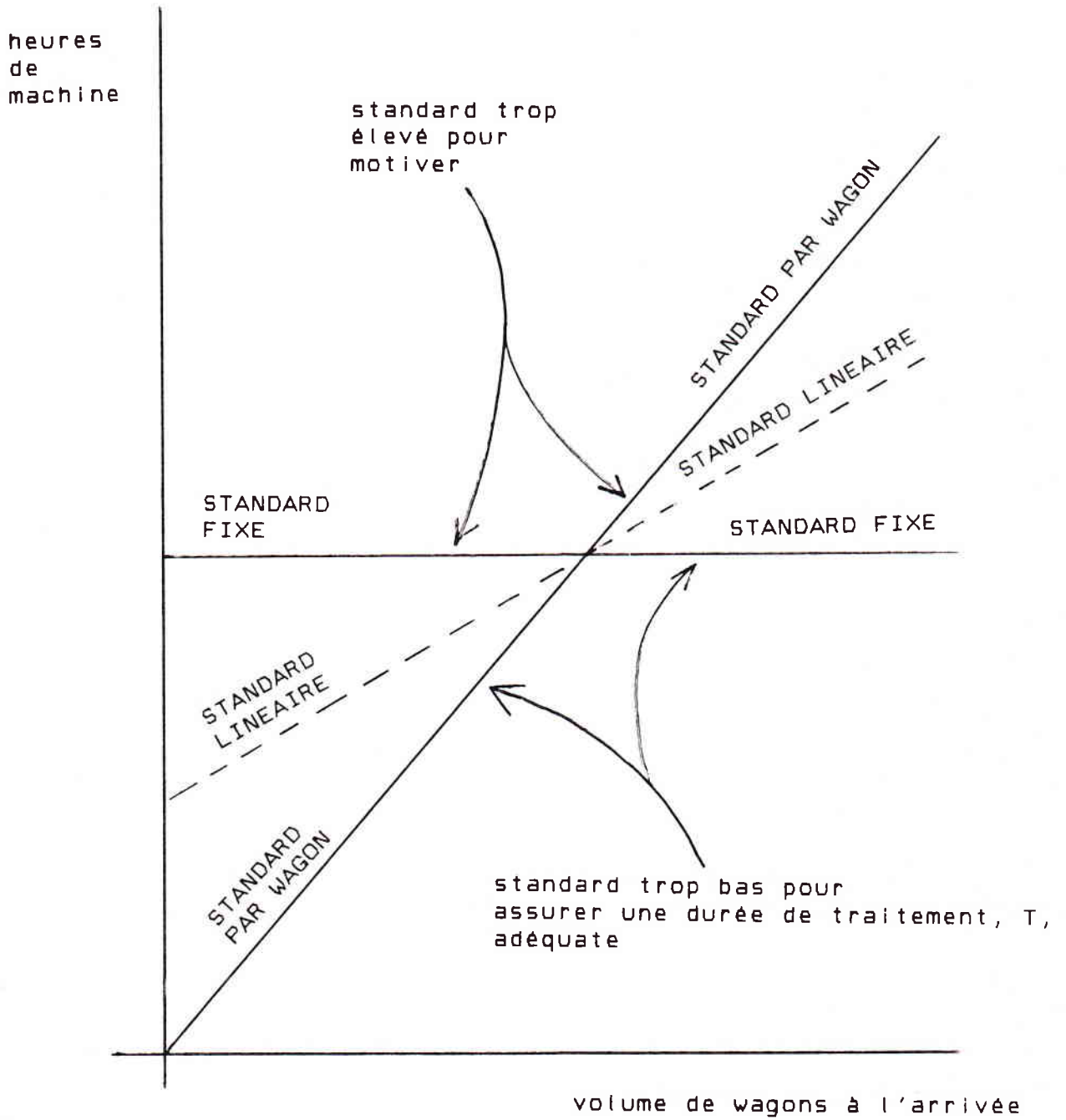
Si le but du responsable du triage est de maintenir constant  $T$  et maintenir fort l'emploi des machines, alors un standard qui est soit fixe, soit proportionnel, prescrira sur certaines fourchettes de volume, soit des heures de machines plus nombreuses que nécessaire, soit trop peu.

Un compromis entre ces deux positions est celui que nous proposons: un standard pour les heures de machine qui est une fonction linéaire du volume à l'arrivée. La Figure 23 illustre ce compromis. Le standard linéaire prescrit constamment un nombre d'heures de machine qui permet au triage de faire face aux fluctuations dans le volume à l'arrivée tout en évitant des excès soit en machines-heures, soit en durée de traitement  $T$ . Nous examinerons un standard



FIGURE 23

LE STANDARD LINEAIRE POUR LES HEURES DE MACHINES,  
ET SA SUPERIORITE SUR DES STANDARDS FIXES OU PAR WAGON



volume-variable pour l'emploi des machines qui sera basé sur une analyse par régression de l'effet du volume total de wagons à l'arrivée sur les heures de machines pour chaque jour. Ce standard est un exemple des standards qui varient avec les conditions d'exploitation dont nous avons parlé.

Revenant à la Figure 15, nous voyons la corrélation positive aux deux triages entre le volume de wagons arrivant et les machines-heures. Mais cette corrélation est plus basse pour Woippy (0,408, contre 0,609 pour East Deerfield). Ceci indique soit que les responsables de Woippy ont moins de liberté pour ajuster l'emploi des machines au volume, soit que le nombre habituel de machine-heures est suffisamment haut pour faire face, sans être augmenté, à tous les niveaux de volume usuels.

Cette conclusion est confirmée dans la Figure 24, qui présente des modèles de régression pour l'emploi des machines de manoeuvre où la variable indépendante est le volume à l'arrivée. La Figure 25 présente les données et les lignes de régression sous forme de graphique. La proportion de la variation des machines-heures à Woippy que l'on peut expliquer par la variation du volume est négligeable (la statistique R-carré égale 0,152). Nous avons donc cru plus raisonnable de recommander comme standard pour l'emploi des machines à Woippy l'horaire SNCF existant pour le triage, qui est reproduit dans la Figure 26. Pour East Deerfield, par contre, nous avons adopté le modèle de l'emploi des

FIGURE 24

MODELES DE REGRESSION  
 POUR LE NOMBRE D'HEURES DE MACHINE DE MANOEUVRE  
 EN FONCTION DU VOLUME DE WAGONS A L'ARRIVEE

TRIAGES DE EAST DEERFIELD ET WOIPPY

(Statistiques "t" en parenthèses.)

EAST DEERFIELD

$$\text{heures de machine,} = 36,4 + 0,02328 \left( \begin{array}{c} \text{volume à} \\ \text{l'arrivée,} \\ \text{jour J} \end{array} \right)$$

(27,4)                      (7,5)

$$R^2 \text{ corrigé} = 0,364$$

WOIPPY

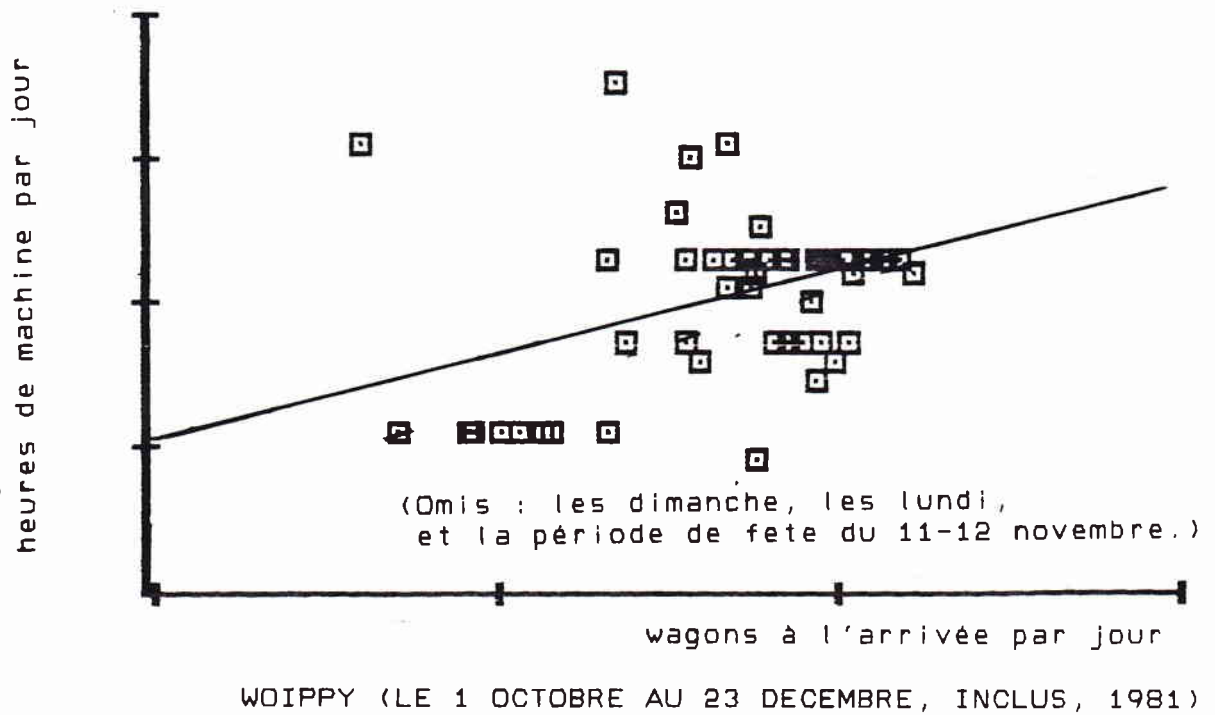
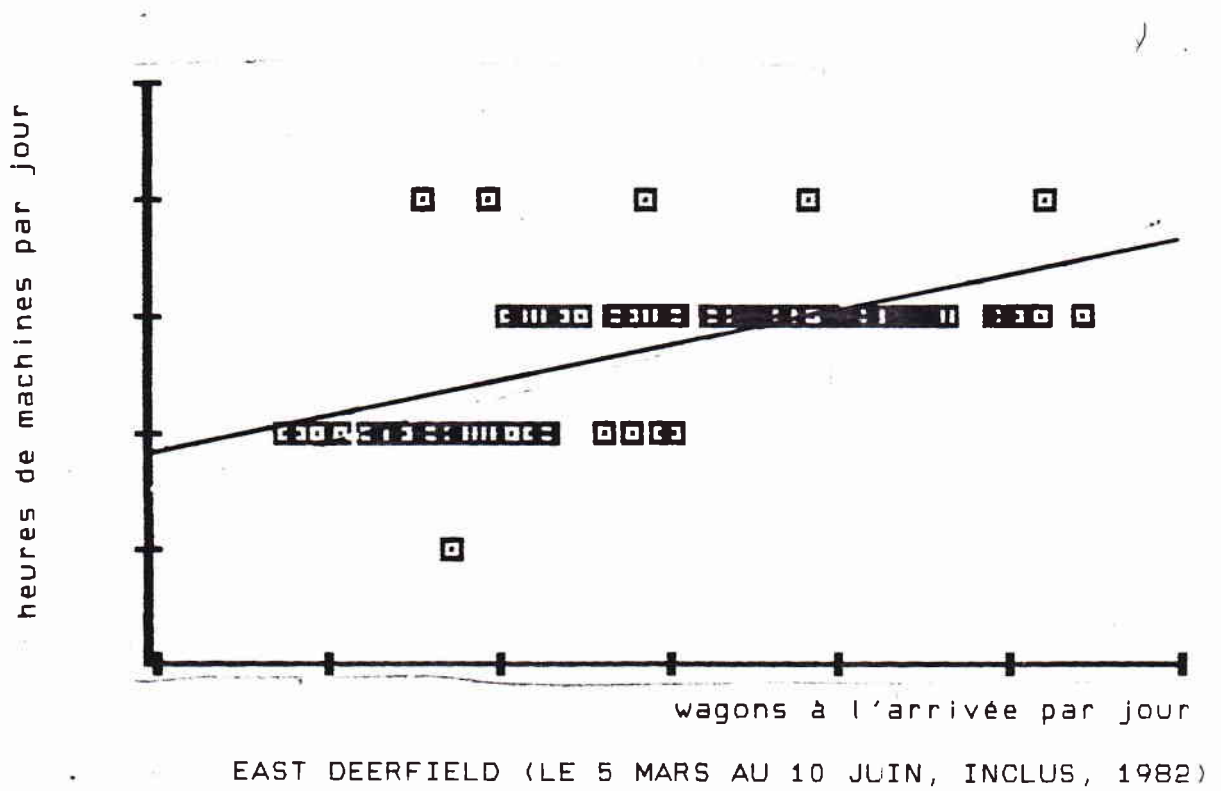
$$\text{heures de machine,} = 94,3 + 0,00588 \left( \begin{array}{c} \text{volume à} \\ \text{l'arrivée,} \\ \text{jour J} \end{array} \right)$$

(19,8)                      (3,4)

$$R^2 \text{ corrigé} = 0,152$$

FIGURE 25

VOLUME A L'ARRIVEE ET HEURES DE MACHINE DE MANOEUVRE, PLUS LIGNE ETABLIE PAR REGRESSION, TRIAGES DE EAST DEERFIELD ET WOIPPY



S.N.C.F.  
Région METZ  
C.E. de WOIPPY

DT 2/3 TRIAGE de WOIPPY

FIGURE 26

PROGRAMME D'UTILISATION DES ENGIN MOTEURS DE MANOEUVRES

Pièce 3.20 (NG TR3 B6 N° 4)  
Service au .27-SEP.1981...

ET DE LOCOTRACTEURS

A.03

CHANTIERS - ENGIN	JOURS	0h00	5h00	13h00	21h00	24h00
<u>DEBRANCHEMENT 1</u> AIA - AIA 62000 RADIO-TELECOMMANDE	TLJ Sf DF LLF Les DF Les LLF			13h00 13h00 13h00		
<u>DEBRANCHEMENT 2</u> AIA - AIA 62000 RADIO-TELECOMMANDE	Hu Mardi au <i>Je/LLF</i> Vendredi Hu Mercredi au <i>Je/LLF</i> Samedi		5h00	13h00		
<u>FORMATION 1</u> AIA - AIA 62000 RADIO	TLJ Sf DF LLF Les DF Les LLF			13h00 13h00		
<u>FORMATION 2</u> AIA - AIA 62000 RADIO	TLJ Sf DF LLF Les DF Les LLF		5h00			
<u>LOCOTRACTEUR</u> Y 7133 RADIO	TLJ Sf DF LLF Les DF Les LLF			13h00		
<u>LOCAL 1 (BV)</u> BB 63500	TLJ Sf SA DF		5h00	11h30	15h22	19h48

machines dans la Figure 24 en raison de sa statistique "t" pour volume. Cette statistique indique une relation significative entre volume et heures de machines de manoeuvre.

### III. M I S E   E N   O E U V R E   D E S   S T A N D A R D S

Les standards que nous venons de décrire pour le traitement des wagons et l'emploi des machines peuvent être mis en place au moyen (1) des budgets volume-variable qui, au commencement d'un mois ou semaine, juxtaposent les niveaux souhaités de coût et de rapidité de service, et (2) des rapports de performance quotidiens et hebdomadaires qui juxtaposent les performances standard et réel à la fin du mois ou semaine.

#### A. L'EMPLOI DES STANDARDS DANS BUDGETS ET ETATS: PRINCIPES

Un standard peut être présenté soit en termes de mesures physiques de la performance du triage, soit en termes de coût. Etant donné que les mesures physiques sont indépendantes des niveaux variables des prix, elles peuvent être la base de standards qui n'ont pas à être changés d'année en année. Par contre, pour mettre en relief la

relation entre la performance du triage et la performance financière du réseau (y compris les coûts et les revenus), la performance physique du triage doit être traduite en coût.

Rappelons les trois buts que nous avons fixés pour un standard -- moyen de prévision, indicateur de problèmes, et motivateur. Dans le budget, un standard de performance apparaît dans son rôle de moyen de prévision. Dans l'état de performance, le standard sert d'indicateur de problèmes. Le budget et l'état sont tous les deux des véhicules de la motivation : le budget informe le responsable du triage de ce qu'il doit accomplir, et la production d'un état hebdomadaire le motive à respecter ce standard.

## B. LE BUDGET

Les standards que nous avons proposés sont tous sous forme de mesures physiques de l'activité au triage. Ils peuvent devenir la base d'un budget qui spécifie, pour une période à venir, ce qui devrait être la performance financière globale du triage. Ce budget peut être d'ailleurs fonction du niveau en partie imprévisible du volume de wagons à l'arrivée. Dans ce cas-là, le budget peut présenter non seulement un chiffre, mais une gamme de chiffres, dont chacun correspond à un volume hebdomadaire de wagons différent.

En plus des coûts d'exploitation, tels que ceux de la main d'oeuvre et de l'énergie, le budget doit considérer le coût de l'investissement des wagons. L'établissement d'un coût horaire par wagon permet au responsable du triage de trouver un équilibre entre le coût des wagons et les autres coûts, en particulier ceux de l'exploitation des machines de manoeuvre. Le coût des wagons qui passent à travers un triage peut être estimé par le produit

- du séjour moyen,
- du volume de wagons traités, et
- du coût horaire par wagon.

Pour Woippy, nous proposons un budget qui varie en fonction du volume de wagons à l'arrivée. Ce budget reflète le fait que, même si le séjour moyen  $S$  reste inchangé, le coût global des wagons s'accroîtra en fonction du volume de wagons traités par le triage. Cette source de variabilité est présente dans le budget proposé pour East Deerfield, mais une autre l'est aussi: le standard volume-variable pour l'utilisation des machines.

En coopération avec des responsables du triage et du siège de la Boston and Maine Corp., l'auteur a développé un budget volume-variable et un état hebdomadaire de performance pour East Deerfield. La première page du budget volume-variable apparaît dans la Figure 27. A partir du standard pour l'emploi des machines de manoeuvre de la Figure 24, un



FIGURE 27

BUDGET HEBDOMADAIRE VOLUME-VARIABLE  
 POUR EAST DEERFIELD,  
 PREMIERE DE DEUX PAGES

POINT DE REFERENCE INITIAL.....4,55

CHANGEMENT DANS NOMBRE D'EQUIPES A ETRE TRAVAILLEES (JOUR J) PAR  
 WAGON A L'ARRIVEE (JOUR J).....0,00291

EQUIPES PAR JOUR : MINIMUM           2  
 EQUIPES PAR JOUR : MAXIMUM        9

	VEN	SAM	DIM	LUN	MAR	MER	JEU
FRACTION DU VOLUME HEBDOMADAIRE	0,176	0,169	0,098	0,096	0,155	0,144	0,162

VOLUME DE WAGONS A L'ARRIVEE POUR LA SEMAINE	VEN	SAM	DIM	LUN	MAR	MER	JEU	EQUIPES POUR LA SEMAINE
1600	5	5	5	5	5	5	5	35
2000	6	6	5	5	5	5	5	37
2400	6	6	5	5	6	6	6	40
2800	6	6	5	5	6	6	6	40
3200	6	6	5	5	6	6	6	40
3600	6	6	6	6	6	6	6	42
4000	7	7	6	6	6	6	6	44

programme informatique, exploité sur un micro-ordinateur, calcule un budget pour chacun d'un certain nombre de niveaux de volume de wagons à l'arrivée.

Chaque standard a été donné dans la Figure 24 en machine-heures; il a été divisé par huit pour produire un standard pour le nombre de tournées de huit heures, ou "équipes," à effectuer. Les deux coefficients du standard apparaissent dans la Figure 27 comme le "point de commencement" et le "changement dans le nombre d'équipes à mettre en place (au jour j) par wagon à l'arrivée (au jour j)." A partir de ces coefficients, le programme calcule le nombre d'équipes pour chaque niveau de volume hebdomadaire, et pour chaque jour de la semaine. Le résultat exprime les nombres d'équipes montrés dans la Figure 27. En fonction de ces nombres d'équipes, le programme calcule ensuite le coût en main d'oeuvre et en énergie des machines de manoeuvre, ainsi que le coût des wagons, et les présente sur la seconde page du budget pour East Deerfield, qui apparaît dans la Figure 28.

A East Deerfield, la mise en place des moyens pour la récolte permanente des données nécessaires à un standard pour T -- les données listées dans la Figure 20 -- ferait accroître sensiblement les coûts du personnel et de la manipulation des données. L'auteur a donc recommandé pour East Deerfield un standard fixe pour S fondé sur le S réel pour chacun des sept jours de la semaine pendant une période

FIGURE 28

BUDGET HEBDOMADAIRE VOLUME-VARIABLE  
POUR EAST DEERFIELD  
DEUXIEME DE DEUX PAGÉS

COUT DU MAIN D'OEUVRE SUR LES MACHINES DE MANOEUVRE :

8 HEURES NORMALES, EQUIPE DE QUATRE.....\$349,00  
8 HEURES NORMALES, EQUIPE DE TROIS.....\$265,82

FRACTION DES SOMMES CI-DESSUS DANS BUDGET POUR COUTS SUPPLEMENTAIRES :

HEURES SUPPLEMENTAIRES.....0,04  
PAIEMENTS SPECIFIQUES A CERTAINES TACHES.....0,17

COUT PAR AGENT SUPPLEMENTAIRE PAR TRANCHE DE HUIT HEURES...\$83,18

GAZOIL  
GALLONS PAR EQUIPE (8 HEURES).....68  
COUT PAR GALLON.....\$1,15  
COUT HORAIRE DES WAGONS.....\$0,47

BUDGET POUR LA SEMAINE, FIXE D'AVANCE :

VOLUME A L'ARRIVEE	SEJOUR MOYEN STANDARD	EQUIPES DE 3	EQUIPES SUPPLEMENTAIRES	AGENTS	GAZOL	COUT DU MAIN-D'OEUVRE SUR LES MACHINES	COUT DES WAGONS	MAINTENANCE AUTRE QUE MACHINES	AUTRES COUTS	TOTAL GLOBAL
1600	20,7	35	5	21	2737	16024	15566	19481	7183	60991
2000	20,7	37	5	21	2893	16868	19458	19481	7183	65844
2400	20,7	40	5	21	3128	18135	23350	19481	7183	71277
2800	20,7	40	5	21	3128	18135	27241	19481	7183	75168
3200	20,7	40	5	21	3128	18135	31133	19481	7183	79060
3600	20,7	42	5	21	3284	18980	35024	19481	7183	83953
4000	20,7	44	5	21	3441	19824	38916	19481	7183	88845

au cours du printemps 1982. Ce standard nous permet de tenir compte de la façon par laquelle les conditions d'exploitation influent sur S pendant chaque jour de la semaine sans nous obliger à expliciter leurs effets.

Un budget volume-variable pour Woippy est proposé à la Figure 29. Il est analogue au budget pour East Deerfield que nous avons présenté aux Figures 27 et 28. Le coût par machine et le coût par wagon-heure ont été communiqués à l'auteur par la SNCF. Le nombre total des machines-heures à faire travailler est emprunté à l'horaire des machines que nous avons vu à la Figure 26. Des standards pour les durées moyennes du traitement et de l'attente à Woippy ont été choisis par l'auteur sur la base de la performance réelle de ce triage pendant la première semaine d'Octobre 1981, tel que ce fonctionnement est reflété à la Figure 22.

A Woippy, à la différence du budget pour East Deerfield, seul le budget pour le coût des wagons est variable, et non pas celui pour le coût des machines. Le coût total de traitement pour lequel le chef du triage est responsable, comprend uniquement le coût des wagons au cours de leur traitement (le coût de T), et non pas pendant l'attente à l'enlèvement (le coût de A). Un budget volume-variable pour le coût des wagons pendant A se trouve à la Figure 29 (en bas à droite). Le respect de ce budget serait de la responsabilité de celui qui gère le mouvement des trains en ligne.

FIGURE 29

PROJET DU BUDGET VOLUME-VARIABLE,  
TRIAGE DE WOIPPY

COUT DE MACHINE DE MANOEUVRE PAR HEURE.....	220,04	FRANCS
HEURES DE MACHINE A TRAVAILLER.....	631	HEURES
COUT PAR WAGON-HEURE.....	1,229	FRANCS
DUREE MOYENNE STANDARD DE TRAITEMENT.....	6,0	HEURES
DUREE MOYENNE STANDARD DE L'ATTENTE.....	6,5	HEURES

POUR LA SEMAINE :

VOLUME AU DEPART	COUT DES MACHINES (FRANCS)	COUT DES WAGONS (FRANCS)	COUT TOTAL DU TRAITEMEN (FRANCS)	COUT DES WAGONS PENDANT L'ATTENTE (FRANCS)
13000	138845	95862	234707	103851
14000	138845	103236	242081	111839
15000	138845	110610	249455	119828
16000	138845	117984	256829	127816
17000	138845	125358	264203	135805
18000	138845	132732	271577	143793
19000	138845	140106	278951	151782

L'horaire des machines de Woippy peut être utilisé comme standard pour l'emploi des machines. Implicitement, cet horaire, vu dans la Figure 26, est le standard fixe pour chacun des sept jours de la semaine. Ce standard est analogue à celui pour le séjour moyen S pour East Deerfield; il est condition-variable dans le sens qu'il est fixé d'avance pour correspondre au cycle moyen d'exploitation que le triage manifeste au cours d'une semaine; or, une fois établi, ce standard ne varie pas avec les conditions d'exploitation effectives d'une semaine donnée. Ceci reflète l'impossibilité pour les responsables de Woippy de modifier sensiblement l'horaire de machines qui est établi au commencement de la période de quatre ou huit mois pendant laquelle un "service" (horaire national SNCF) est en place. Par contre, à East Deerfield, où le chef du triage peut plus facilement modifier l'intensité de l'emploi des machines en réponse aux variations effectives du volume, l'auteur a recommandé le standard volume-variable donné par le modèle de régression de la Figure 24.

Pour résumer, le standard pour l'emploi des machines est volume-variable pour East Deerfield mais fixe pour chaque jour de la semaine à Woippy. A East Deerfield, le standard pour le séjour moyen S est fixe, mais diffère selon le jour de la semaine, tandis qu'à Woippy, le standard pour la durée moyenne de traitement T ne varie pas du tout.

Tournons-nous maintenant du budget vers l'état hebdomadaire de performance.

### C. LES ETATS DE PERFORMANCE

L'état hebdomadaire de performance que nous proposons pour East Deerfield et Woippy ressemblent aux budgets volume-variables que nous proposons pour ces deux triages. Or, au lieu de servir, comme le font les budgets volume-variables, de véhicules pour préciser d'avance ce que la performance doit être pour un nombre de niveaux possibles de volume, l'état hebdomadaire fait la récapitulation du volume réel de la semaine passée et juxtapose la performance réelle avec ce qu'elle aurait dû être, étant donné ce volume.

Différents responsables situés à différents niveaux de l'organisation, ont besoin de données à différents niveaux de précision. Les états hebdomadaires que nous proposons apportent un degré de détails intermédiaire entre la plus grande précision généralement recherchée par le responsable du triage, et la moins grande précision souvent désirée par la Direction.\*\* La performance réelle du triage et le standard correspondant doivent être facilement résumés par quelques chiffres que la Direction et le responsable du triage peuvent utiliser pour détecter des problèmes. La

présentation d'un tel résumé est un des buts des états hebdomadaires de performance que nous proposons pour les deux triages.

1. L'Etat Hebdomadaire. La première page de l'état hebdomadaire pour East Deerfield (Figure 30) montre la performance physique pour la semaine, et la juxtapose avec des standards. La seconde page de l'état (Figure 31) montre les coûts réels de la semaine et les juxtapose avec le budget. L'état hebdomadaire de deux pages pour Woippy dans les Figures 32 et 33 ressemble à celui pour East Deerfield des Figures 30 et 31. Les différences sont analogues à celles que nous avons déjà vues dans les budgets volume-variable pour les deux triages.

2. Un Support à l'Etat Hebdomadaire: L'Etat Quotidien. Un support pour les états hebdomadaires pour Woippy serait apporté par les états quotidiens sur le traitement des wagons que nous proposons pour Woippy. L'Etat des Trains à l'Arrivée à la Figure 34 isolerait sur une feuille de papier des données critiques pour chaque train qui apparaissent actuellement sous une forme moins accessible dans deux états séparés et plus détaillés. Il résume des données de base sur chaque train qui apparaissent dans ces états SNCF existants, et donne le temps moyen entre l'arrivée d'un train et la fin de son débranchement. Un Etat des Trains au Départ analogue, est montré à la Figure 35.

Une façon utile de présenter un sommaire de l'attente au



FIGURE 30

ETAT HEBDOMADIAIRES DE DEPENSES,  
 TRIAGE DE EAST DEERFIELD  
 (PREMIERE DE DEUX PAGES)

SEPT JOURS TERMINEES LE 24 JUIN 1982

FORMULE PRESCRITE DE PERFORMANCE :

POINT DE REFERENCE INITIAL.....4,55  
 CHANGEMENT DANS LE NOMBRE D'EQUIPES A  
 TRAVAILLER PAR WAGON A L'ARRIVEE.....0,00291

EQUIPES MINIMALES PAR JOUR.....2  
 EQUIPES MAXIMALES PAR JOUR.....9

	VEN	SAM	DIM	LUN	MAR	MER	JEU	SEMAINE
	18	19	20	21	22	23	24	
	JUIN	JUIN	JUIN	JUIN	JUIN	JUIN	JUIN	
VOLUME A L'ARRIVEE...	500	554	306	345	424	444	502	3075
TRAINS AU DEPART.....	16	10	10	14	14	14	11	89

SEJOUR MOYEN :

--STANDARD.....	21,4	23,8	20,5	18,8	19,4	21,0	19,0	21
--REEL.....	20,0	21,9	18,6	15,6	16,3	20,0	17,8	19

EQUIPES :

--BUDGET.....	6	6	5	6	6	6	6	41
--REEL.....	6	6	5	5	6	6	6	40

FIGURE 31

ETAT HEBDOMADAIRE DE DEPENSES,  
 TRIAGE DE EAST DEERFIELD  
 (DEUXIEME DE DEUX PAGES)

SEPT JOURS TERMINE LE 24 JUIN 1982

COUT DE LA MAIN-D'OEUVRE POUR MACHINES DE MANOUVRE :

HORAIRE NORMAL : COUT POUR UNE EQUIPE DE QUATRE HOMMES.....\$349,00  
 HORAIRE NORMAL : COUT POUR UNE EQUIPE DE TROIS HOMMES.....\$265,82

FRACTION DE CES COUTS DANS BUDGET POUR COUT SUPPLEMENTAIRE...

HEURES SUPPLEMENTAIRES..... 0,04  
 TACHES PARTICULIERES..... 0,17

COUT POUR HUIT HEURES D'UN HOMME SUPPLEMENTAIRE.....\$ 83,18

GAZOIL :

GALLONS PAR EQUIPE.....68  
 COUT PAR GALLON.....\$1,15

COUT MOYEN D'UN WAGON PAR HEURE.....\$0,47

DE L'ETAT DE PAIE POUR CETTE SEMAINE :

PAIE TOTALE AUX EQUIPES DES MACHINES.....\$16.283  
 PAIE TOTALE GLOBALE POUR TRIAGE.....\$33.608

	SEJOUR COUT MOYEN DES WAGONS (5)		EQUIPES				AGENTS SUPPLEMENTAIRES		GAZOLLS DE GAZOIL	COUT DU GAZOIL	AUTRES COUTS	TOTAL GLOBALE	
			---	---	---	---	---	---					
BUDGET	-	21	\$29954	41	36	5	21	\$18924	\$19481	2788	\$3206	\$7183	\$78748
REEL	-	19	\$27328	40	38	2	20	\$16283	\$17317	3196	\$3675	\$7183	\$71787
DIFFERENCE	-	-2	-\$2626	-1	2	-3	-1	-\$2641	-\$2641	408	\$469	0	-\$6962
POURCENT	-	-9	-9	-2	6	-60	-5	-14	-14	15	15	0	-9

FIGURE 32

TRIAGE DE WOIPPY :

PROJET D'UN ETAT DE PERFORMANCE HEBDOMADAIRE  
(PREMIERE DE DEUX PAGES)

SEPT JOURS TERMINEES LE 8 NOVEMBRE 1981

	VEN 2.11	SAM 3.11	DIM 4.11 ET LUN 5.11	MAR 6.11	MER 7.11	JEU 8.11	SEMAINE
volume au départ (0 heures à 0 heures)....	2584	2515	1899	2586	3013	2997	15594
heures de machine							
--prévues.....	113	101	84	107	113	113	631
--réelles.....	113	101	83	107	113	113	630
durée moyenne de débranchement, D							
--standard.....	2,50	2,50	2,50	2,50	2,50	2,50	2,50
--réelle.....	2,96	2,60	2,08	2,39	1,98	1,89	2,31
durée moyenne de formation, F							
--standard.....	3,50	3,50	3,50	3,50	3,50	3,50	3,50
--réelle.....	3,70	3,32	4,14	3,10	4,04	3,45	3,61
durée moyenne totale de traitement, T							
--standard.....	6,00	6,00	6,00	6,00	6,00	6,00	6,00
--réelle.....	6,66	5,93	6,21	5,49	6,02	5,34	5,92
attente moyenne à l'enlèvement, E							
--réelle.....	4,50	5,05	14,53	5,09	4,55	4,52	5,92
attente moyenne due à une chute en reliquat, R							
--réelle.....	0,35	0,41	0,61	0,79	0,71	0,19	0,50
SEJOUR MOYEN (S) TOTAL							
réel (somme des plus hauts)	11,51	11,39	21,35	11,38	11,29	10,05	12,34
réel (comme mesuré directement)	11,91	13,17	20,01	12,39	10,69	9,64	12,51

FIGURE 33

PROJECT D'UN ETAT HEBDOMADAIRE  
 POUR LE TRIAGE DE WOIPPY  
 (DEUXIEME DE DEUX PAGES)

PROJET D'UN ETAT HEBDOMADAIRE POUR LE TRIAGE DE WOIPPY  
 (DEUXIEME DE DEUX PAGES)

SEPT JOURS TERMINES LE 8 NOVEMBRE 1981

COUT ACTUEL MOYEN POUR :

WAGON-HEURE.....1,229 FRANCS  
 MACHINE-HEURES.....220,04 FRANCS

VOLUME AU DEPART POUR CETTE SEMAINE.....15594

	DUREE MOYENNE DE	COUT DES WAGONS PENDANT TRAITE- MENT (T)	HEURES DE MA- CHINE (FRANCS)	COUT DES MA- CHINE (FRANCS)	COUT TOTAL DU TRAITE- MENT (FRANCS)	ATTENTE MOYENNE (A)	COUT DES WAGONS PENDANT ATTENTE (FRANCS)
BUDGET	6,00	114.990	631	138.845	253.835		
REEL	5,92	113.397	630	138.588	251.985	6,43	123.137
DIFFERENCE	0	-1.593	-1	-257	-1.850		
POURCENT DIFFERENCE	-1	-1	0	0	-1		





trilage au cours d'une journée serait de créer un état quotidien dont le format serait identique à celui que nous avons examiné tout à l'heure à la Figure 21. Cet état donne les composants de l'attente moyenne pour chaque jour, y compris R, l'attente moyenne due à une chute en reliquat. Il montre aussi l'attente moyenne totale pour chaque lot au départ et pour le triage globalement. Cet état complète donc les états proposés sur les trains à l'arrivée et au départ, lesquels montrent la durée moyenne de traitement pour chaque train et pour le triage.

Les états quotidiens des durées de traitement et des attentes que nous venons de décrire pourraient être résumés dans un état hebdomadaire de performance ayant le format montré aux Figures 32 et 33. Les chiffres résumés d'un tel état aideraient le responsable du triage à savoir où regarder dans les données plus détaillées, quand il recherche davantage de précisions sur un problème qu'il a détecté dans l'état hebdomadaire.

#### C O N C L U S I O N

Un standard de performance peut permettre à la Direction d'un réseau ferroviaire de déléguer la gestion d'une gare de triage à des responsables locaux, tout en s'assurant que la performance du triage suit les objectifs du réseau en ce qui concerne le budget global et la durée d'acheminement des

wagons. Ce standard doit être suffisamment simple pour être le sujet d'une négociation entre la Direction et le triage. Dans cette négociation, la Direction communique ses besoins, et le responsable du triage, ses contraintes. Le standard qui en résulte doit respecter ces contraintes.

La Direction doit ensuite publier un document qui présente ce standard. Pour la Direction, le standard sert alors de prévision de la contribution du triage à la performance du réseau quant au coût et à la qualité du service (c'est à dire la durée d'acheminement des wagons entre leur origine et leur destination) pendant les semaines ou mois à venir. De plus, le document communique au responsable du triage la façon selon laquelle le triage doit fonctionner pour contribuer de façon satisfaisante aux besoins du réseau. Une autre sorte de document, l'état de performance, doit apparaître après chaque période, et doit comparer (a) la performance réelle pendant la période à (b) celle prescrite avant la période par le standard. Le fait que la Direction va examiner ce rapport motive le responsable à faire fonctionner le triage comme prévu par le standard. L'état permet également à la Direction de détecter des problèmes éventuels à un des triages du réseau.

Dans un triage, les contraintes auxquelles le responsable est assujéti comprennent (1) le volume de wagons à l'arrivée, et (2) le nombre et la distribution dans le temps, des trains à l'arrivée et au départ. Ces deux



contraintes sont pratiquement hors de l'influence du responsable du triage. De plus, elles varient d'une façon largement imprévisible. Des standards prenant en compte les conditions d'exploitation qui contraignent le responsable local peuvent être établis pour l'emploi des machines et pour le mouvement des wagons dans le triage. Ces standards peuvent tenir compte de ces conditions d'exploitation soit en variant avec elles (un exemple est le standard pour l'emploi des machines à East Deerfield), soit en variant avec le cycle moyen d'exploitation au cours des sept jours de la semaine (les standards pour le séjour moyen à East Deerfield et pour l'emploi des machines à Woippy), soit, enfin, en se référant à une mesure d'activité que n'est pas influencée par les conditions d'exploitation (le standard pour la durée de traitement à Woippy). Le choix entre ces solutions dépendra (1) de la façon avec laquelle la mesure de performance est influencée par ces conditions d'exploitation, (2) de la mesure où le standard est simple, et donc peut être le sujet de négociations, et (3) du coût de l'établissement et de l'emploi du standard, surtout en ce qui concerne le rassemblement et l'accès aux données.

N O T E S

\* Voir Steven C. Rothberg et autres, The Design of a Management Control System for Railroad Freight Terminals, et William L. Ferguson, Improving Railroad Terminal Control Systems: A Case Study of Southern Railway's Brosnan Yard, tomes 27 et 28, respectivement, des MIT Studies in Railroad Operations and Economics. Avril 1980.

\*\* Conversation avec C. D. Martland.