

# Transport collectif

## Préparation des horaires

CIV6708

Par Pierre-Léo Bourbonnais

Référence principale: VUCHIC, Vukan R. *Urban Transit: Operations, Planning, and Economics*, 2005

Chapitre 1

POLYTECHNIQUE  
MONTRÉAL





# Table des matières

- Schéma général
- Détermination du service requis
- Graphicage et habillage
- Efficacité des opérations

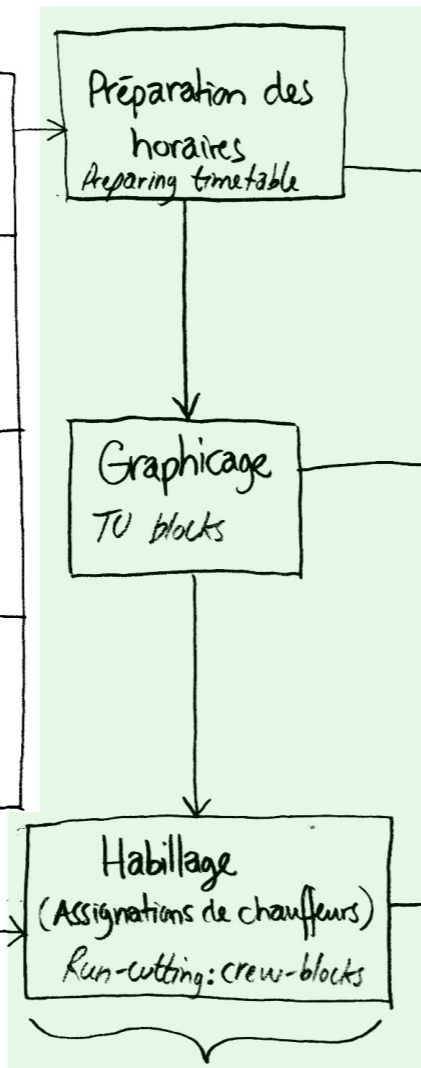
# Schéma général

Planification des horaires  
*Scheduling*

1. Paramètres et données

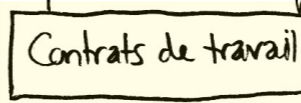
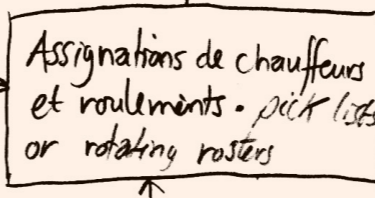
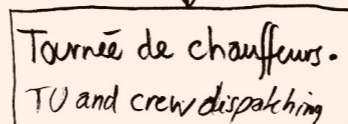
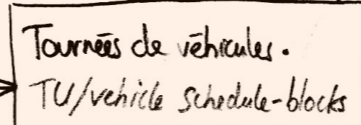
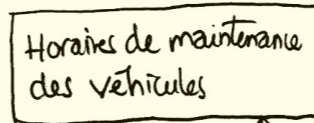
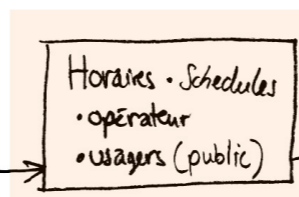
- Lignes
  - Longueur
  - Vitesse / temps de parcours
  - Fiabilité • reliability
- Flux de passagers
  - Volume horaire
  - MLS
- Normes et critères
  - $\alpha_c$  (coefficient d'utilisation de la capacité • load factor)
  - intervalle max  $h_{max}$  • policy headway
- Véhicules / TUs
  - flotte par garage / dépôt
  - Capacités
  - vitesse d'embarquement
  - Unités TC • TU
- Opérations
  - Opérations en terminal
  - Haut le pied
- Règles de travail
  - % de quarts continus et fractionnés • *straight / split runs / shifts*
  - étalement maximal des quarts • *max spread*
  - pauses
  - temps supplémentaire (règles)

2. Génération des horaires  
PROCESSUS

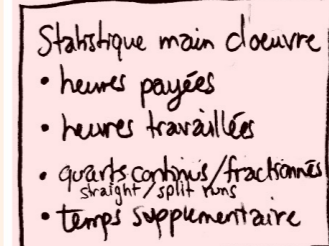
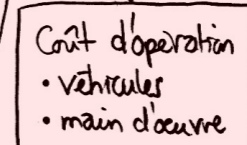
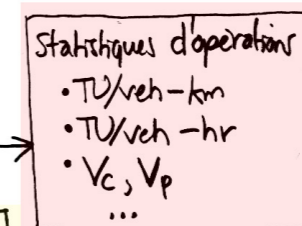


3. Résultats, horaires, performance, etc.

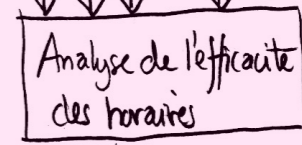
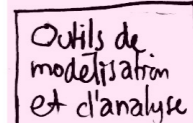
PRODUIT



PERFORMANCE



ANALYSE



processus itératif • feedback loop

# Détermination du service requis

Détermination du service: 2 critères doivent être satisfaits :

- service adéquat selon demande (volume) @ MLS  $\rightarrow P_d$ 
  - $\hookrightarrow$  pente surtout
- service minimal (niveau de service requis à intervalle max)  $h_{max}$ 
  - $\hookrightarrow$  hors pente surtout

$\hookrightarrow$   $h_{max}$  en pratique : 30, 60 min  
 mais ne devrait pas dépasser 15 min! sinon clientèle captive seulement

Coefficient d'utilisation de la capacité  $\alpha_c$

$\uparrow \alpha_c \Rightarrow \downarrow \$ \Rightarrow \downarrow \text{confort}$   
 $\downarrow \alpha_c \Rightarrow \uparrow \$ \Rightarrow \uparrow \text{confort}$

} équilibre à choisir

fig 1.26

Volume  $\sim$  uniforme  $\downarrow \alpha_c$

Volume non-uniforme :  $\uparrow \alpha_c$

Distances  $\uparrow$  (LT) :  $\downarrow \alpha_c \rightarrow + \text{confort}$

Personnes âgées, magasinage, familles, poussettes :  $\downarrow \alpha_c$

Jeunes, étudiants, écoliers :  $\uparrow \alpha_c$ , enthousiasme, mais future clients réguliers!

Événements spéciaux, sportifs, fêtes :  $\uparrow \alpha_c$

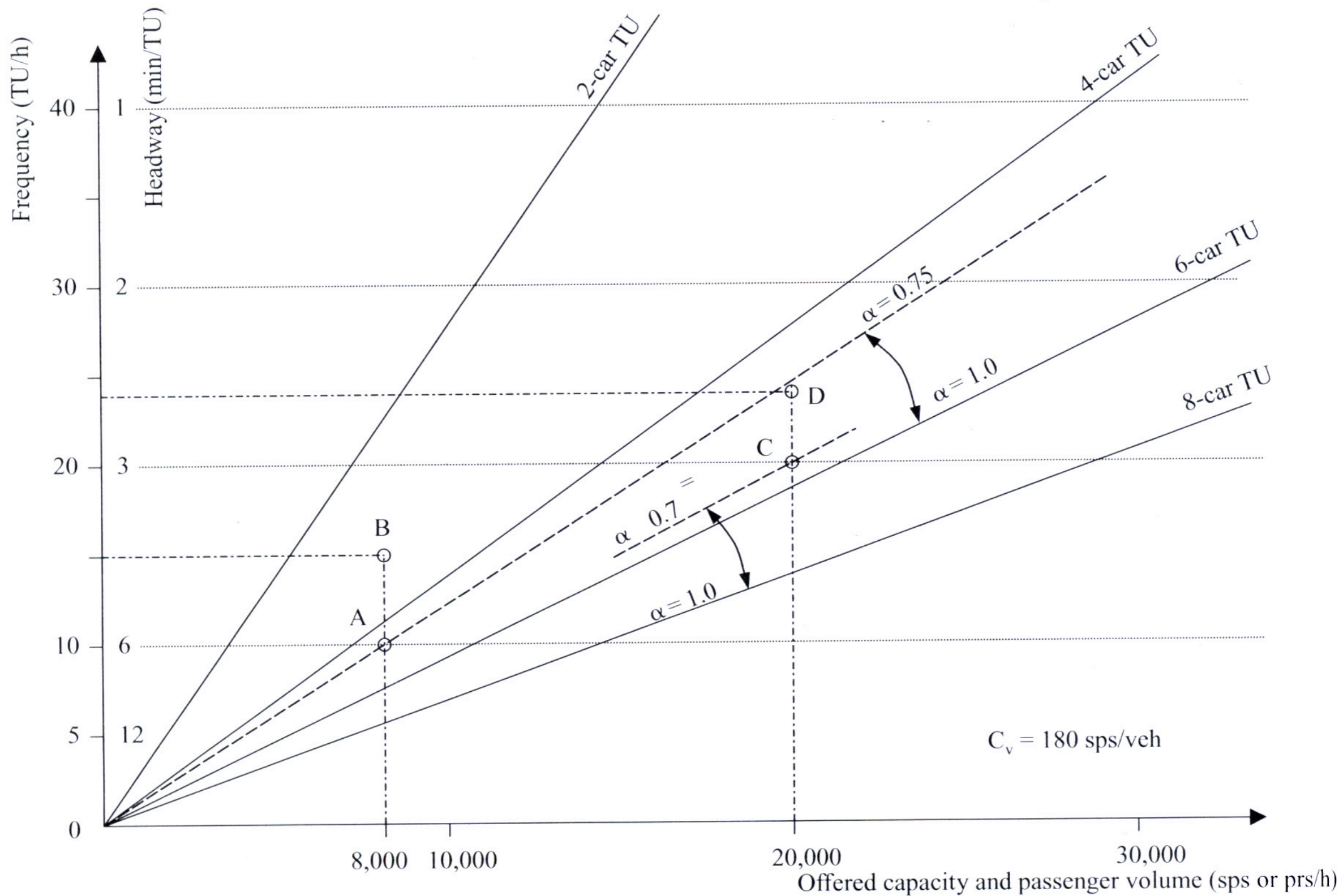
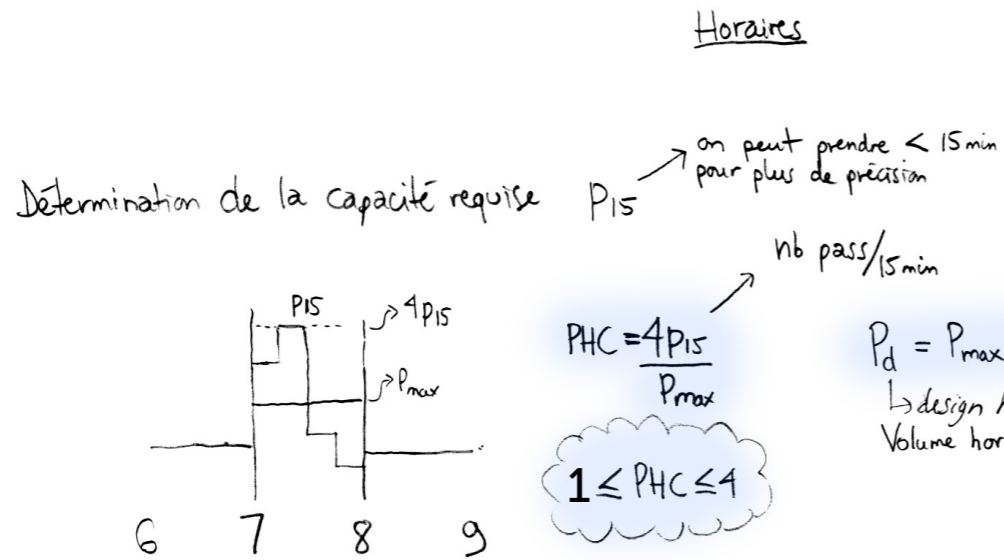


Figure 1.26 Diagram for selection of TU size and headway for different scheduling periods.



# Détermination du service requis



Si besoin de ↓ intervalle : 3 choix

- véhicule + capacité
- ajout de voyage(s)
- ↓ h (10min → 6min)

ex:  $P_{max} \rightarrow 10\text{min}$   
 $P_d \rightarrow < 10\text{min}$

↳ vérifier  $\alpha_c = \frac{P_d}{C_L}$   
coefficient d'utilisation de la capacité (load factor)  
pour ratio assis/debout

$$f = \frac{P_d}{\alpha_c \cdot n \cdot C_v} \Rightarrow h = \frac{60 \alpha_c \cdot n \cdot C_v}{P_d}$$

Si  $h \leq 6$  minutes → peu d'effet sur la perception du temps d'attente

$N_{TU}$  Nombre de véhicules requis sur la ligne pour  $P_d$

↳ temps de cycle    ↳ entier supérieur

$$N_{TU} = \left[ \frac{T}{h} \right]^+ = \left[ \frac{fT}{60} \right]^+ \rightarrow \text{fig. 1.27 Vuchic}$$

↳ coefficient de temps en terminal

$$N_{TU} = \frac{120 L}{h \cdot V_c} = \frac{2 L P_d (1 + \gamma)}{\alpha_c \cdot n \cdot C_v \cdot V_c}$$

$$\gamma = \frac{t_t' + t_t''}{T_0' + T_0''}$$

$$\begin{cases} N_{TU} \uparrow \Rightarrow \$ \uparrow \\ \alpha_c \uparrow \Rightarrow \$ \downarrow \\ \gamma \uparrow \Rightarrow \$ \uparrow \end{cases}$$

→ application modejs • sélection des tailles de TU, fréquences / intervalles,  $\alpha_c$  + fig 1.26 et 1.27

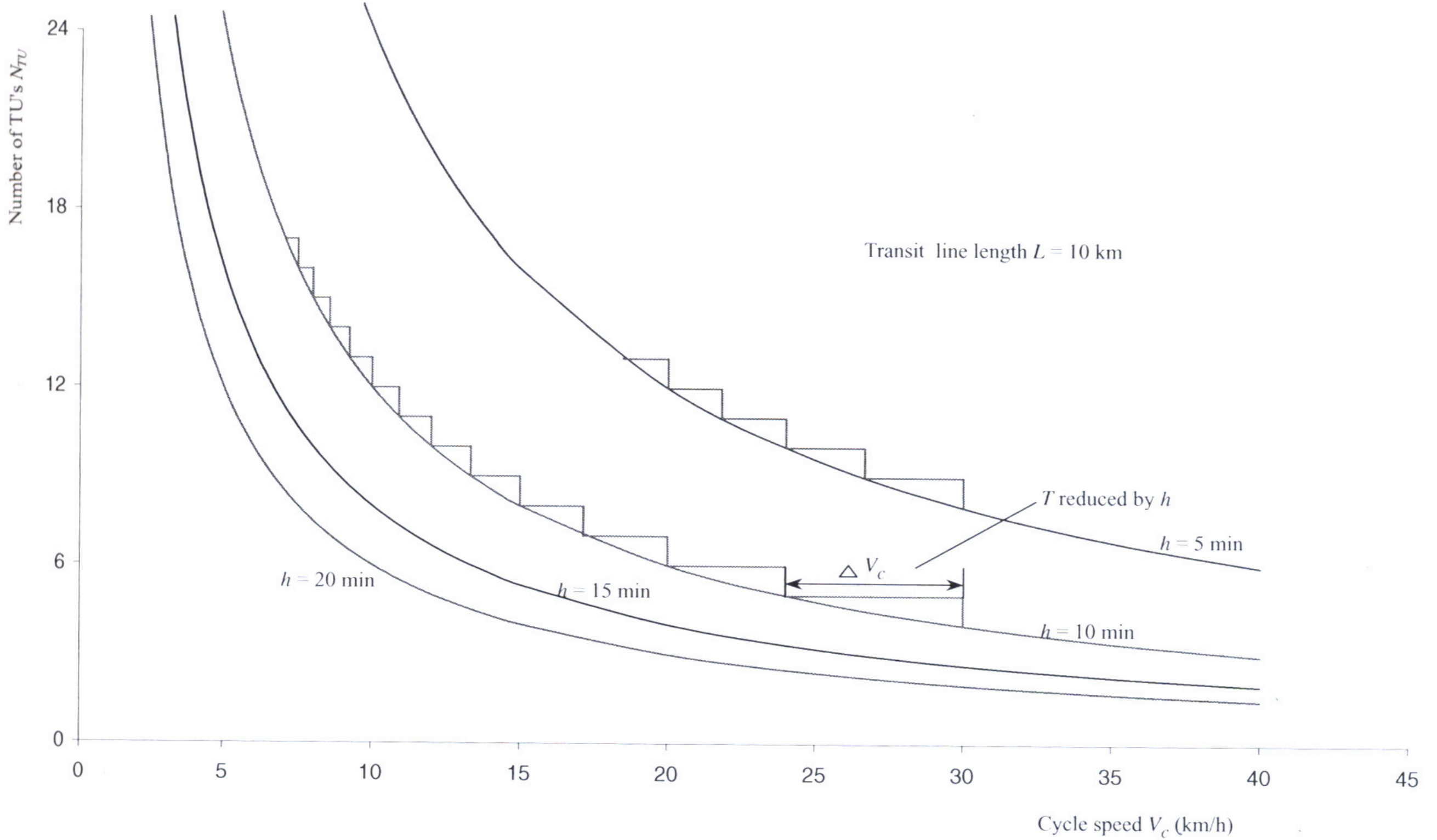


Figure 1.27 Number of TUs on a line as a function of cycle speed and headway.

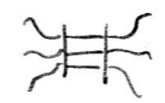
# Graphycage et habillage

## Habillage

Types de graphycques : temps-distance  
 • temps-vitesse  
 • distance-temps  
 • temps-énergie consommée

} analyse des opérations

Temps-distance fig. 1.28 Vuchic  
 Temps temps fig. 1.29 Vuchic  
 ↳ troncs/branches fig. 1.32 Vuchic



Habillage: tâche très complexe → plusieurs contraintes → impossible à optimiser de manière exacte → heuristiques

Quarts de travail habituels de 7.5 → 8h sur étalement ≤ 12h

- ↓  
 Tourneés
- quarts continus
  - quarts fractionnés
  - étalement maximal
  - extras

\$↑ → jours fériés, dimanches, nuit, temps supplémentaire, étalements longs..

Habillage → 1 journée  
 Run-cutting

Roulement → 1 semaine  
 Rotating

Interlignage: utilisation d'un même véhicule sur plusieurs lignes durant la même tournée

Interlining  
 Deadheading

↓  
 inclut HLP entre les lignes

↓  
 même terminal

→ fig 1.35 et tableau 1.6

→ outils de graphycage et d'habillage → modle



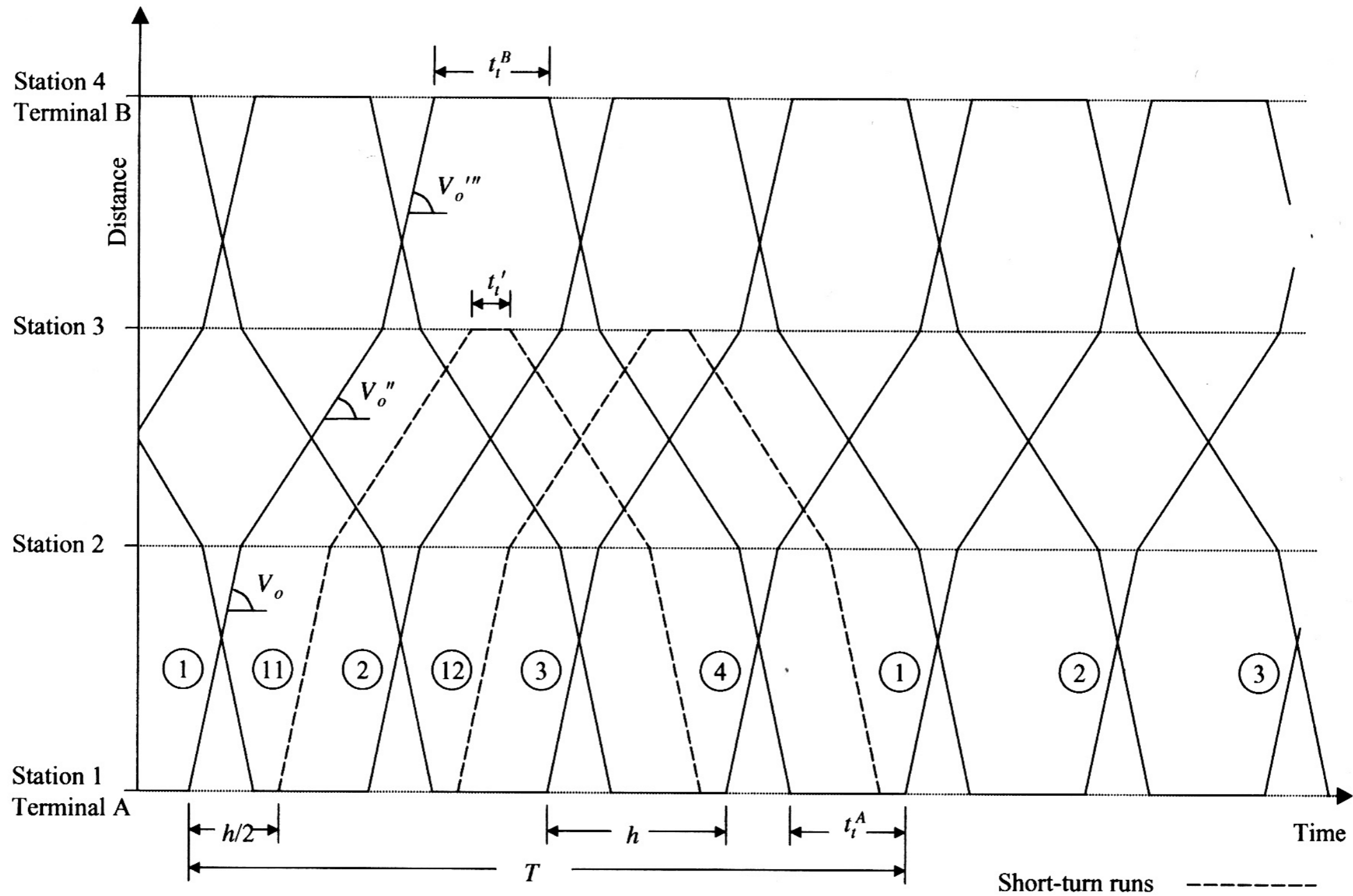


Figure 1.28 Graphical schedule for a transit line with regular and short-turn runs.

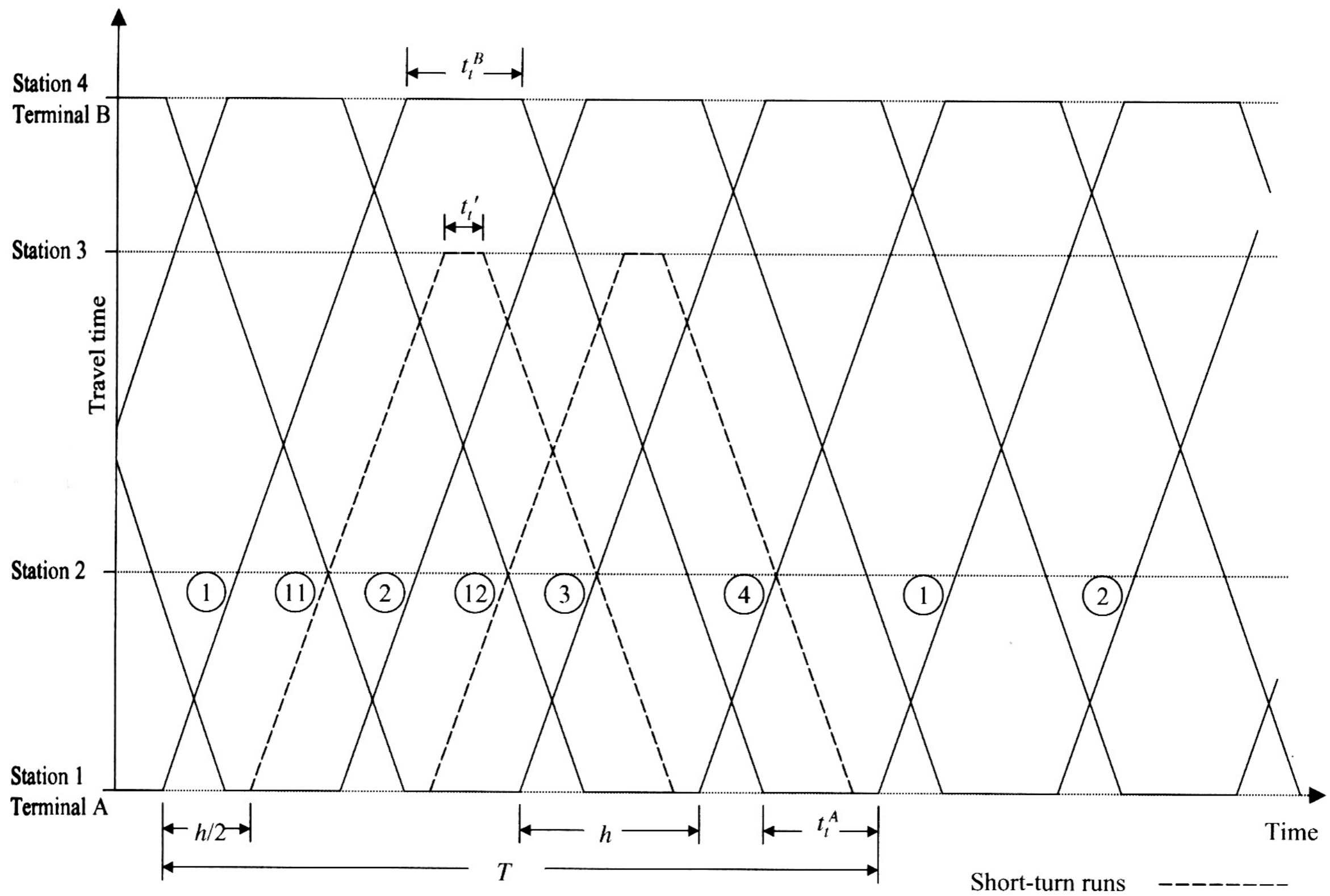


Figure 1.29 Real-time/travel time schedule diagram for the line from 1.28.



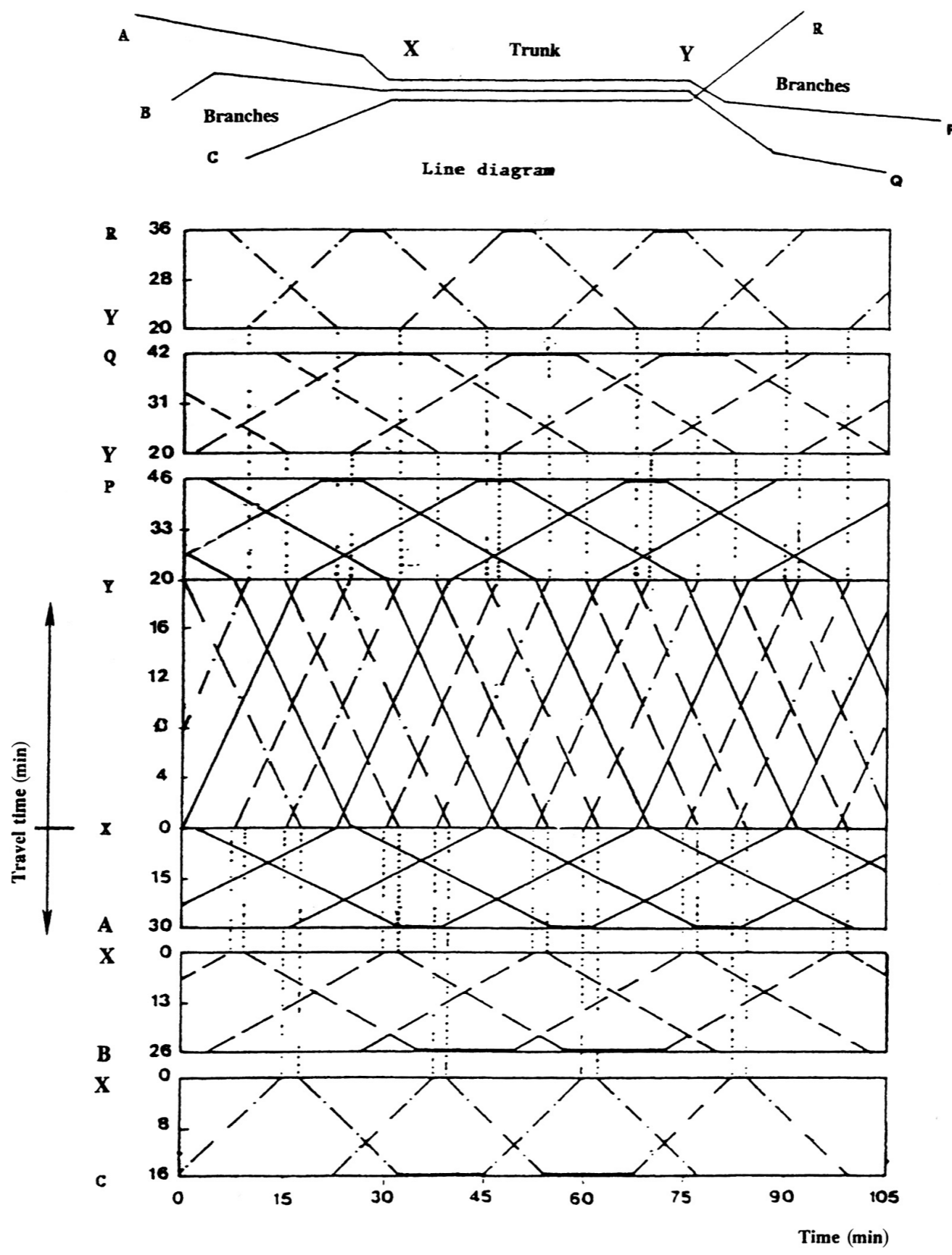


Figure 1.32 A graphical schedule for diametrical lines with a joint trunk.

**Table 1.5** Examples of scheduling computations

Step	Item	Symbol	Dimension	Source, Eq. ( )	Cases				
					a Bus-peak	b Bus-base	c RT-peak	d RT-base	
1	Line length	$L$	km	given	8	8	12	12	
	Vehicle capacity	$C_v$	sps/veh	given	45	45	840	280	
	Max. passenger volume	$P$	prs/h	given	980	160	10,000	1500	
	Operating time	$T_o$	min	given	40	30	24	24	
	Load factor	$\alpha$	prs/sp	given	1.1	0.9	0.8	0.6	
	Policy headway	$h_p$	min/TU	given	5	12	5	10	
	Terminal time coefficient	$\gamma, (t_t)$	-, (min)	given	0.18	0.15	(6)	(6)	
2	Headway	$h$	min/TU	(1.44)	3	15	4	6	
	Min ( $h, h_p$ )	$h$	min/TU		3	12	4	6	
	Frequency	$f$	TU/h	(1.45)	20	5	15	10	
	Actual load factor	$\alpha$	prs/sp	(1.45)	1.09	0.71	0.79	0.54	
3	Approx. cycle time	$T'$	min	(1.46)	95	69	62	62	
	Fleet size	$N$	veh	(1.47)	35	6	16 × 6	11 × 2	
4	Cycle time	$T$	min	(1.48)	96	72	64	66	
	Terminal time	$t_t$	min	(1.52)	8	6	8	9	
5	Cycle speed	$V_c$	km/h	(1.50)	10.0	13.3	22.5	21.8	
	<i>Summary data:</i>								
		$h$		min/TU		3	12	4	6
		$\alpha$		prs/sp		1.09	0.71	0.79	0.54
		$N$		veh		32	6	96	22
		$T$		min		96	72	64	66
	$V_c$		km/h		10	13.3	22.5	21.8	



# Efficacité des opérations

## Efficacité des opérations

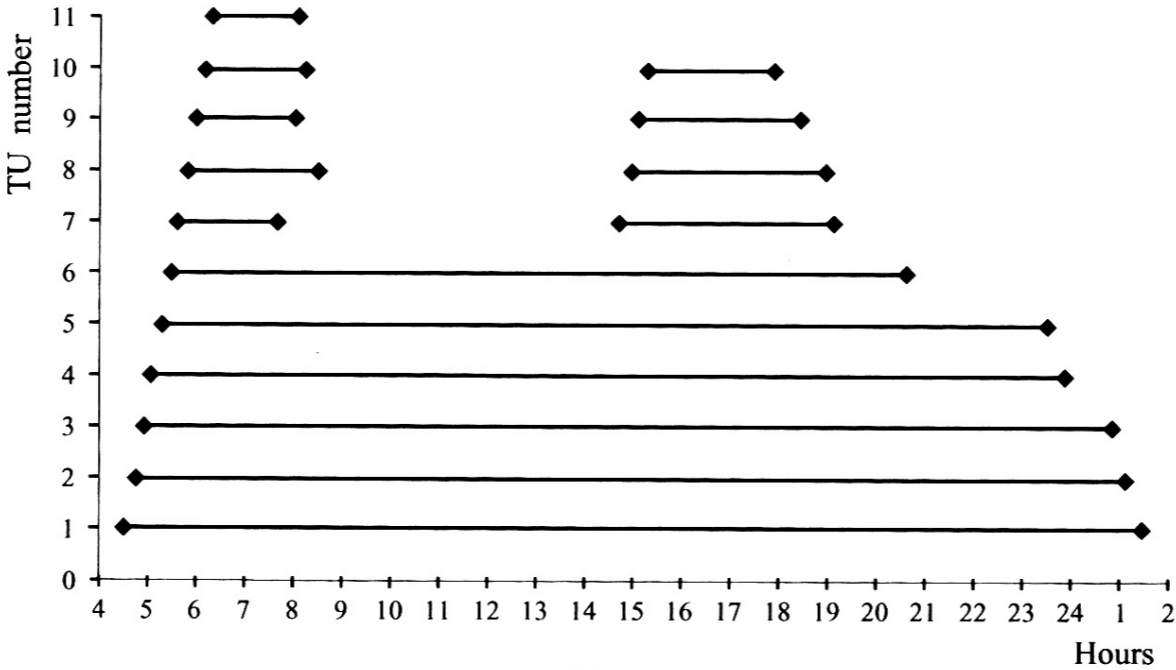
Coefficient d'efficacité de terminal  $\eta_t = \frac{T_0' + T_0''}{T} = \frac{V_c}{V_0} \rightarrow \text{fig. 1.36}$

$T_0' + T_0'' + t_t' + t_t''$

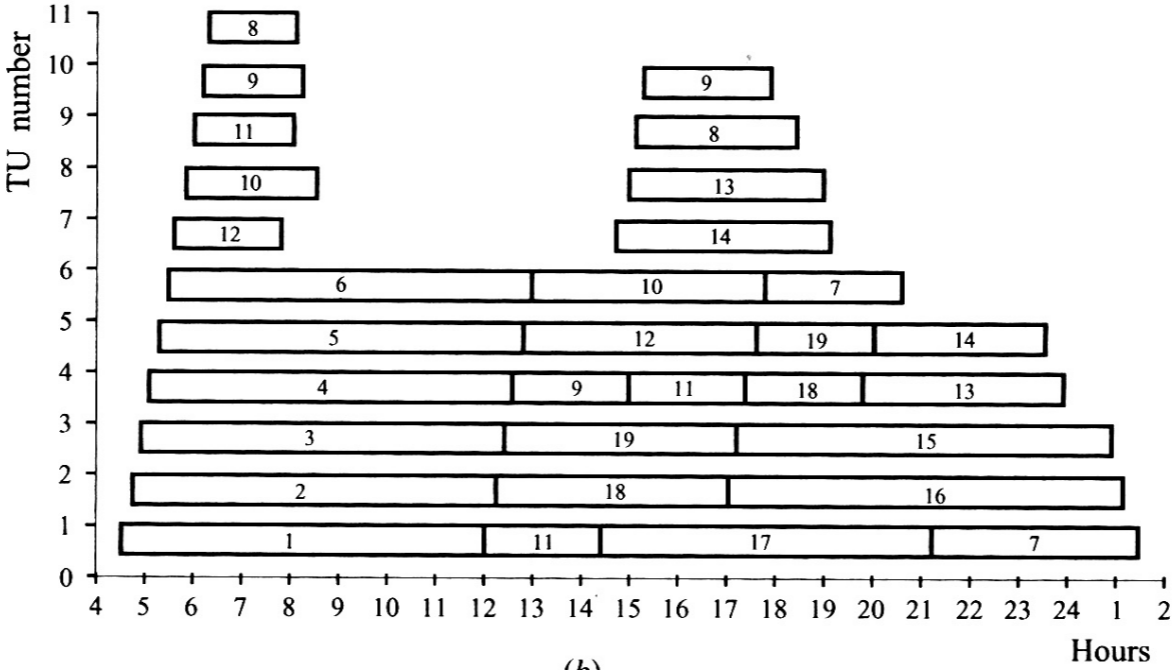
Coefficient d'efficacité de présence  $\eta_a = \frac{t_r}{t_p}$   
*• attendance*  
 $t_r \rightarrow$  heures rapportées, travaillées  
 $t_p \rightarrow$  heures payées  
 (vacances, maladie, absences)

Coefficient d'efficacité d'habillage  $\eta_s = \frac{t_l}{t_r}$   
*• run-cutting scheduling*  
 $t_l \rightarrow$  heures sur la ligne  
 $t_r \rightarrow$  heures rapportées, travaillées  
 (pauses, préparation, haut le pied)

Coefficient d'efficacité globale  $\eta = \eta_a \eta_s \eta_t$



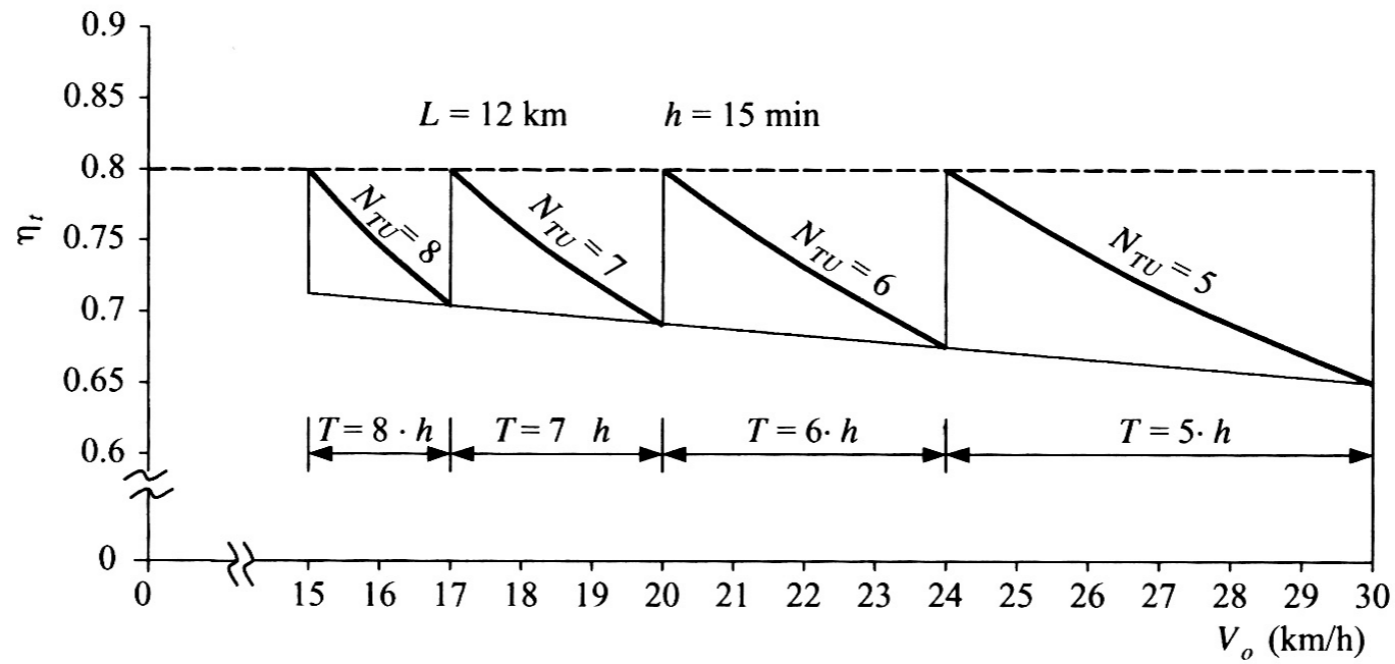
(a)



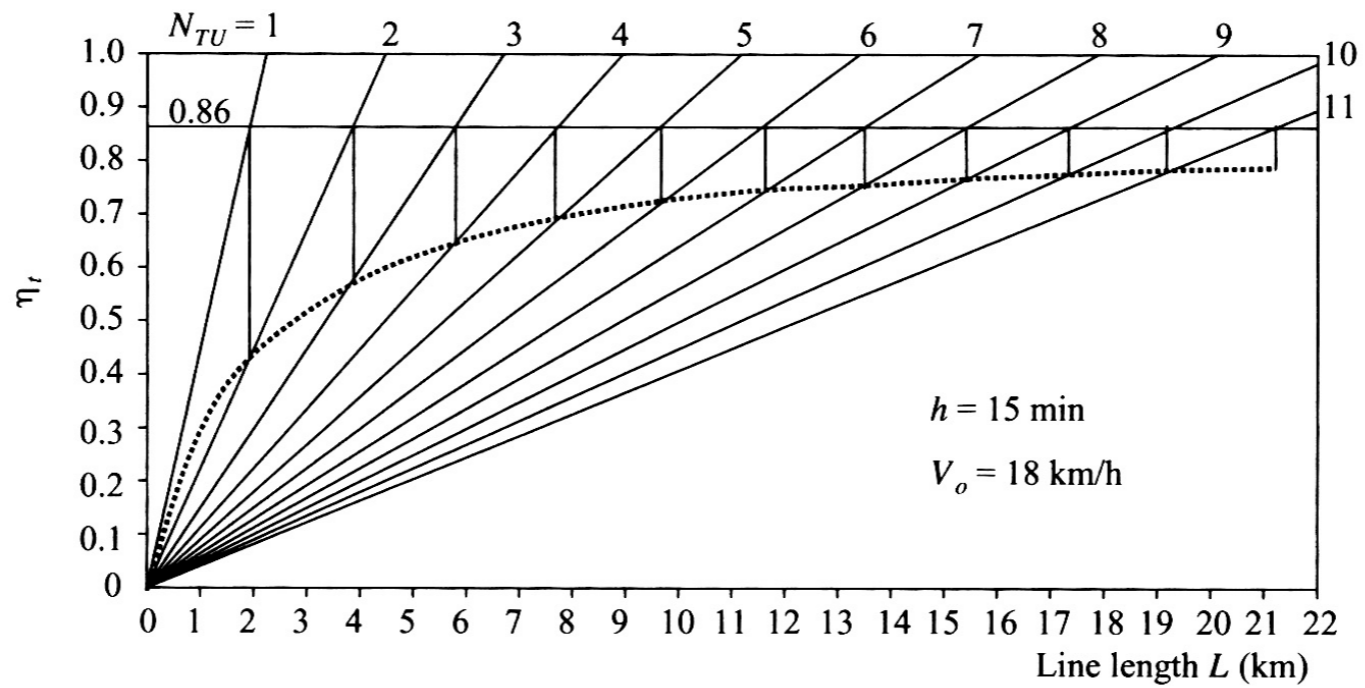
(b)

Figure 1.35 Diagram of duty hours and run-cuts: (a) a typical diagram of duty hours; (b) run assignments for duty hours from (a). (Source: Lehner, 1978.)





(a)



(b)

**Figure 1.36** Schedule efficiency coefficient  $\eta_t$  as a function of operating speed  $V_o$  and line length  $L$ : (a)  $\eta_t$  as a function of  $V_o$  for given  $h$  and  $L$ ; (b)  $\eta_t$  as a function of  $L$  for given  $h$  and  $V_o$ . (Source: Lehner, 1978.)

**Table 1.6** Summary of runs from the diagrams in Figure 1.35

<i>Run</i>	<i>Duration (min)</i>	<i>Gaps (min)</i>	<i>Work Length (min)</i>	<i>Breaks (min)</i>	<i>Total Work Spread (min)</i>
1	450	—	450		450
2	450	—	450		450
3	450	—	450	—	450
4	450	—	450		450
5	450	—	450	—	450
6	450	—	450	—	450
7	168 + 255 = 423	—	423	39	462
8	108 + 198 = 306	—	306	228	534
9	120 + 144 + 156 = 420	24	444	246	690
10	162 + 288 = 450	—	450	252	702
11	122 + 144 + 144 = 410	36	446	220	666
12	132 + 288 = 420	—	420	282	702
13	240 + 246 = 486	—	486	48	534
14	264 + 210 = 474	—	474	48	522
15	462	—	462		462
16	486	—	486		486
17	411	—	411		411
18	288 + 144 = 432	—	456	—	456
19	288 + 144 = 432	—	456	—	456
<b>Totals</b>	<b>8312</b>	<b>108</b>	<b>8420</b>	<b>1363</b>	<b>9783</b>

Characteristic elements:

1. Longest, shortest, and average work durations: 486, 411, and 443 minutes, respectively.
2. Longest, shortest, and average spread: 702, 411, and 515 minutes, respectively.