



Transport collectif

Définitions

CIV6708

Par Pierre-Léo Bourbonnais

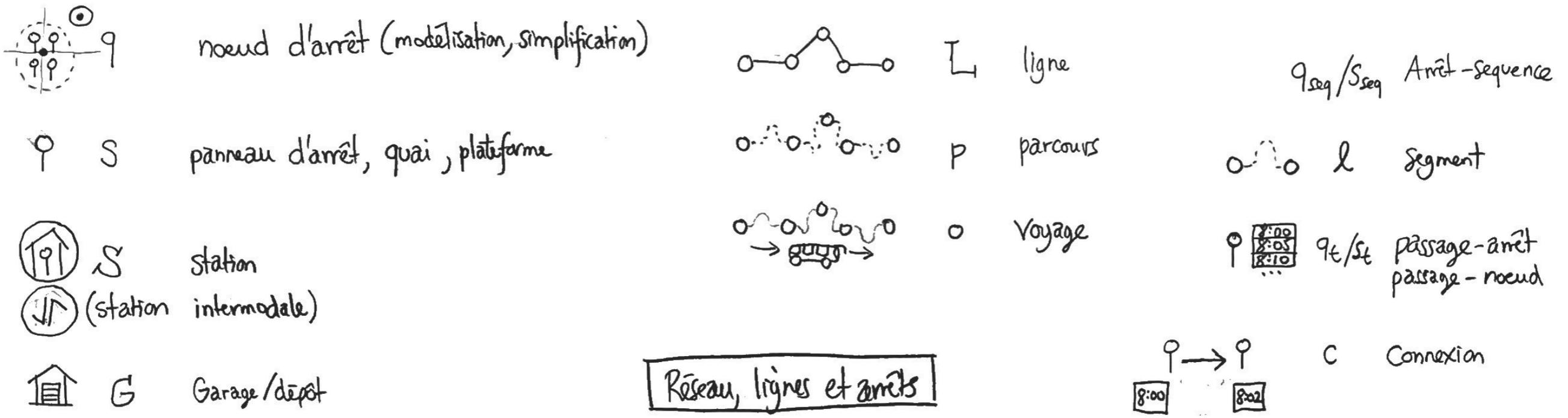
Référence principale: VUCHIC, Vukan R. *Urban Transit: Operations, Planning, and Economics, 2005*

Chapitre 1

Table des matières

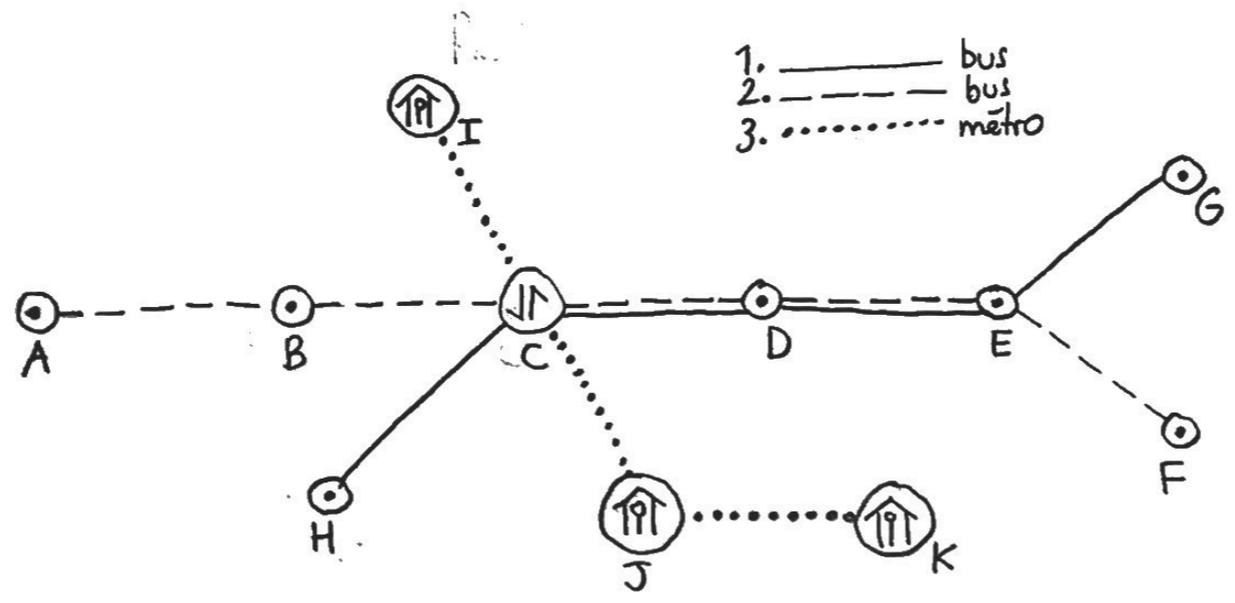
- Schéma général et définitions
- Longueurs de lignes et réseaux
- Priorités de passage
- Véhicules et flottes
- Collecte de données
- Fréquences et intervalles
- Volumes de passagers
- Demande
- Capacités
- Temps de parcours
- Vitesses
- Indicateurs

Schéma général et définitions



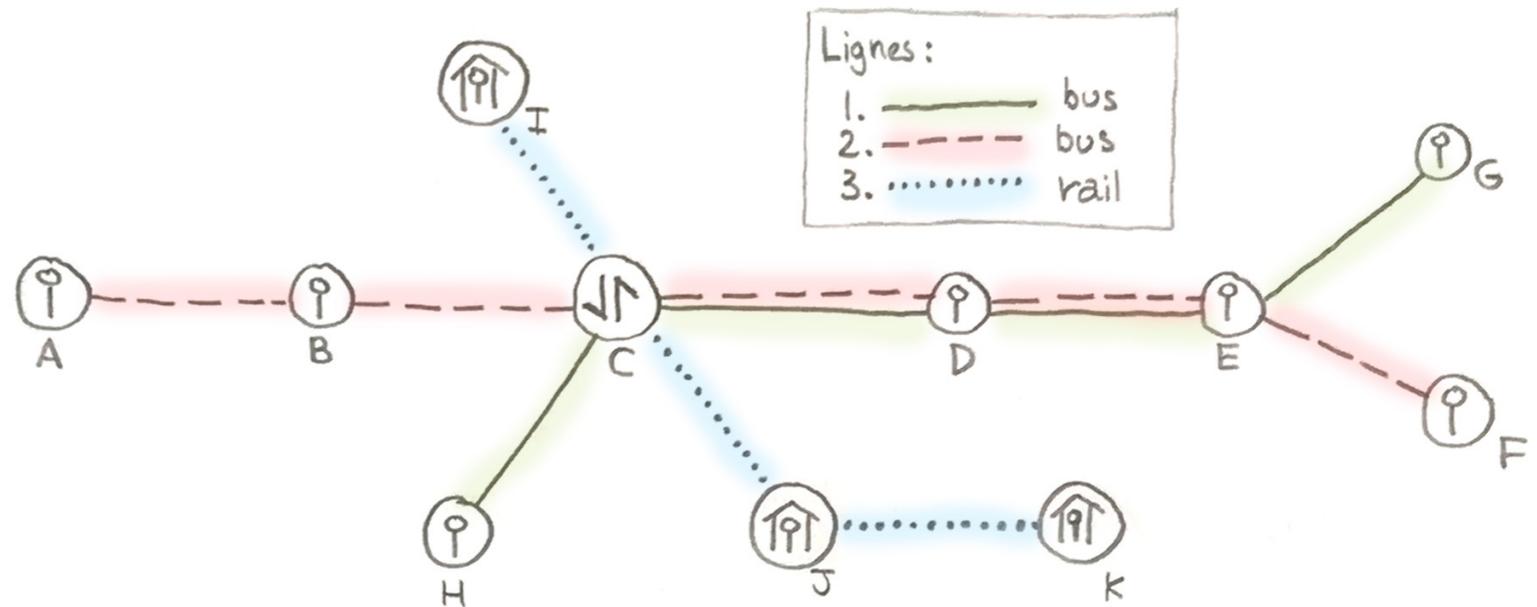
Réseau, lignes et arrêts

q_T/s_T Terminus
 $q'_T, q''_T / s'_T, s''_T$



Terminus: A F G H I K

Longueurs



Distances et longueurs de ligne, réseau, totale

d_L distance/longueur de ligne
 d_e distance/longueur de segment

$$\begin{cases} d_{L1} = d_{e_{HC}} + d_{e_{CD}} + d_{e_{DE}} + d_{e_{EG}} \\ d_{L2} = d_{e_{AB}} + d_{e_{BC}} + d_{e_{CD}} + d_{e_{DE}} + d_{e_{EF}} \\ d_{L3} = d_{e_{IC}} + d_{e_{CJ}} + d_{e_{JK}} \end{cases}$$

D_{net} longueur de réseau = $\sum_{i=1}^{N_0} d_{e_i} = d_{e_{AB}} + d_{e_{BC}} + d_{e_{CD}} + d_{e_{DE}} + d_{e_{EF}} + d_{e_{HC}} + d_{e_{EG}} + d_{e_{IC}} + d_{e_{CJ}} + d_{e_{JK}}$

$D_{L_{TOT}}$ longueur de lignes = $\sum_{i=1}^{N_L} d_{L_i} = d_{L1} + d_{L2} + d_{L3}$

$D_{L_{TOT}} \geq D_{net}$

⚠ Lignes à multiples parcours
 Lignes non symétriques
 Calculé sur le réseau et non à vol d'oiseau

Ambiguïtés lorsque certaines lignes ne sont pas symétriques dans les deux directions (parcours différents)

Ces longueurs se calculent habituellement réseau et non à vol d'oiseau

Priorités de passage • *Right of way ROW*

Catégorie C • 12-20 km/h

- **circulation mixte**
- **voies réservées** optionnelles
 - **signalisation ou lignes** sur la chaussée
- Exemples:
 - tramway sur chaussée partagée • *streetcar*
 - voies réservées pour autobus urbains

Catégorie B • 25 km/h

- **voies séparées physiquement** (barrière, bordure, dénivelé, etc.)
- **en site propre**
- **intersections partagées**
 - **signalisation prioritaire** souvent
- voie réservée aux véhicules à occupation multiple (VOM/HOV) = catégorie B de faible qualité
- Exemples:
 - SLR • *LRT*
 - SRB • *BRT*

Catégorie A • 30-40 km/h et +

- priorité de passage **entièrement contrôlée et exclusive**
 - possibilité de **traverses mais entièrement prioritaires** (trains de banlieue et trains régionaux)
- **en site propre**
- **accès interdit à tout autre véhicule ou personne**
- Exemples:
 - tunnel (métro)
 - aérien (sky train)
 - chemins de fer régionaux
 - monorails, AGT, etc.

Niveau de service, fiabilité, capacité, vitesse

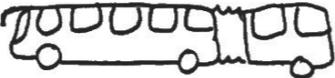


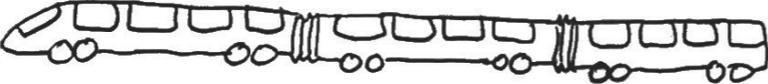
Véhicules et flottes

Unité de transport collectif (Unité TC) • *Transit unit TU*

Unités, véhicules et flottes

 = 1 unité, 1 véhicule $n_y=1$

 = 1 unité, 2 véhicules $n_y=2$

 = 1 unité, 3 véhicules $n_y=3$

u = Unité

y = Véhicule, wagon, remorque, voiture

n_y = nombre de véhicules par unité

 F =  F_s +  F_r +  F_m

Flotte = flotte en service + flotte en réserve + flotte en maintenance

↳ 10 à 25% de F_s

$$\mu_{Fu} = \frac{F_s + F_r}{F}$$

$$\mu_{Fs} = \frac{F_s}{F}$$

$$\mu_{Fr} = \frac{F_r}{F}$$

$$\mu_{Fm} = \frac{F_m}{F}$$

Collecte de données

Types de données et sources

Demande et volumes

Enquêtes Origine-Destination

Enquêtes à bord

Compteurs de passagers (embarquements, débarquement, tourniquets)

Cartes à puce

Paiement comptant, billets unitaires, paiements via téléphone, par cartes de crédit, etc.

Opérations

GPS, accélérations, décélérations, freinages, vitesses, jerk? (confort)

Ouverture/fermeture des portes

Respect des horaires et suivi des arrêts de service

Suivi du personnel (tournées, commentaires des chauffeurs, performance, etc.)

Perception et fraude

Objets/Inventaires

Véhicules (maintenance, odomètre, âge, etc.), arrêts et panneaux, abribus, quais et plateformes, stations, bâtiments, mobilier, rails, voies réservées, etc.

Autres

Enquêtes qualitatives (perception du confort, sécurité, etc.) et marketing

Incidents, sécurité, plaintes, commentaires, panels de discussion, consultations publiques, etc.

Fréquences et intervalles

Intervalle: Temps entre deux passages successifs d'unités TC à un point fixe sur une ligne dans une direction

Fréquence: Nombre de passages d'unités TC par unité de temps à un point fixe sur une ligne dans une direction

Attention aux confusions!

Ex: Le bus passe à une fréquence de 5 minutes

Fréquences et intervalles

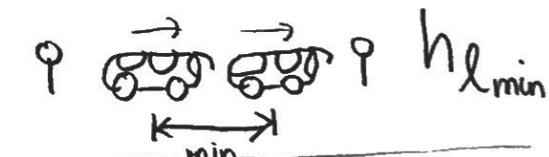
$$f \text{ fréquence} = \frac{n_u}{t} \quad \text{où } t \text{ est en } \underline{\text{heures}}$$

$$h \text{ intervalle} = \frac{t}{n_u} \quad \text{où } t \text{ est en } \underline{\text{minutes}}$$

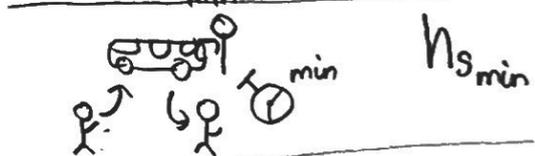
$$f = \frac{60}{h}$$

$n_u =$ nombre d'unités

h_{max} intervalle maximum : contrainte de service minimum, normes



h_{lmin} intervalle minimum selon contrainte de voie



h_{smin} intervalle minimum selon contrainte d'arrêt

$$h_{smin} \gg h_{lmin} \quad (\text{habituellement})$$

$$h_{min} = \max(h_{lmin}, h_{smin})$$

Fréquences et intervalles

Intervalles uniformes: les plus efficaces à opérer et les plus simples pour l'utilisateur (minimise les temps d'attente moyens)

Intervalles cadencés • *clock headways*: préférables: 2, 3, 4, 5, 6, 10, 12, 15, 20, 30 minutes

Simplicité, facile à mémoriser

Volume / Demande

Demande potentielle P_{pot} : Volume de passagers qui existerait si le service et la tarification étaient optimaux.

Demande latente P_{lat} : Demande non desservie ou non satisfaite

Volume/Demande observé(e) P_{obs} : Volume de passagers observé

$$P_{pot} = P_{obs} + P_{lat}$$

Volumes et demande

P Volume

P_{max} Volume maximum horaire : en pointe pendant une heure (direction la plus achalandée)

P_{15} Volume maximum sur 15 minutes : 15 minute de pointe maximale

$$\frac{P_{4 \times 15}}{P_{peak}} = 4 P_{15}$$

$$\gamma_{PHC} = \frac{P_{peak}}{P_{max}} \quad 1.0 \leq \gamma_{PHC} \leq 4.0$$

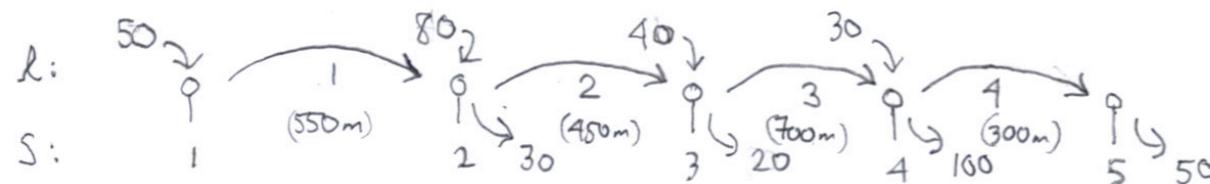
$$P_d \quad \text{Volume de conception} = \gamma_{PHC} P_{max} = P_{peak}$$

$$\gamma_{PHF} = \frac{P_{max}}{P_{peak}} \quad 0.25 \leq \gamma_{PHF} \leq 1.0$$

Volumes de passagers

Volume p: nombre de passagers qui traversent un point fixe dans une direction par unité de temps

Volume p [pass/h]



Embarquements • Boardings $b(k)$ [pass/h]
 Débarquements • Alightings $a(k)$ [pass/h]

$l: i \rightarrow k \rightarrow n_l = 4$
 $s: i \rightarrow k \rightarrow n_s = 5$

$$P(k) = B(k) - A(k) = \sum_{i=1}^k b(i) - \sum_{i=2}^k a(i)$$

$$P(n_l) = B(n_l) - A(n_l) \quad B(n_s) = A(n_s)$$

$$a(1) = 0$$

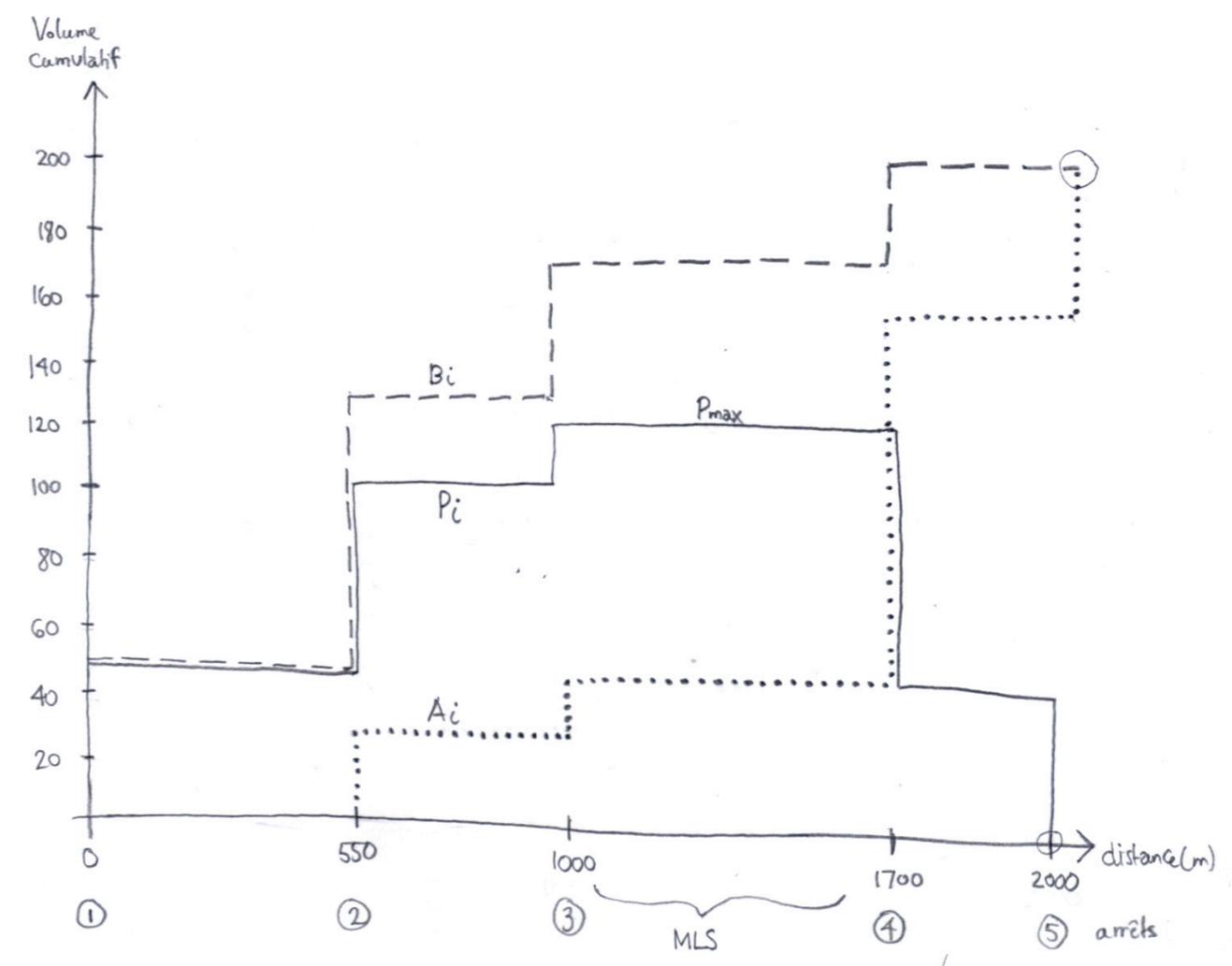
$$b(n_s) = 0$$

$P_{max} @ M/L/S \rightarrow$ détermine la capacité requise (véhicule, fréquence)

\downarrow
 max load sections

Volumes de passagers

| s_i Arrêt i | l_i Segment i | $b(i)$ | $a(i)$ | $p(i)$ | $dist_i(m)$ | pass-km |
|--------------------|----------------------|--------|--------|--------|-------------|---------|
| 1 | 1 | 50 | — | 50 | 550 | 27,5 |
| 2 | 2 | 80 | 30 | 100 | 450 | 45,0 |
| 3 | 3 | 40 | 20 | 120 | 700 | 84,0 |
| 4 | 4 | 30 | 100 | 50 | 300 | 15,0 |
| 5 | | — | 50 | | | |
| Total | | 200 | 200 | | 2000 | 171,5 |



Volumes de passagers

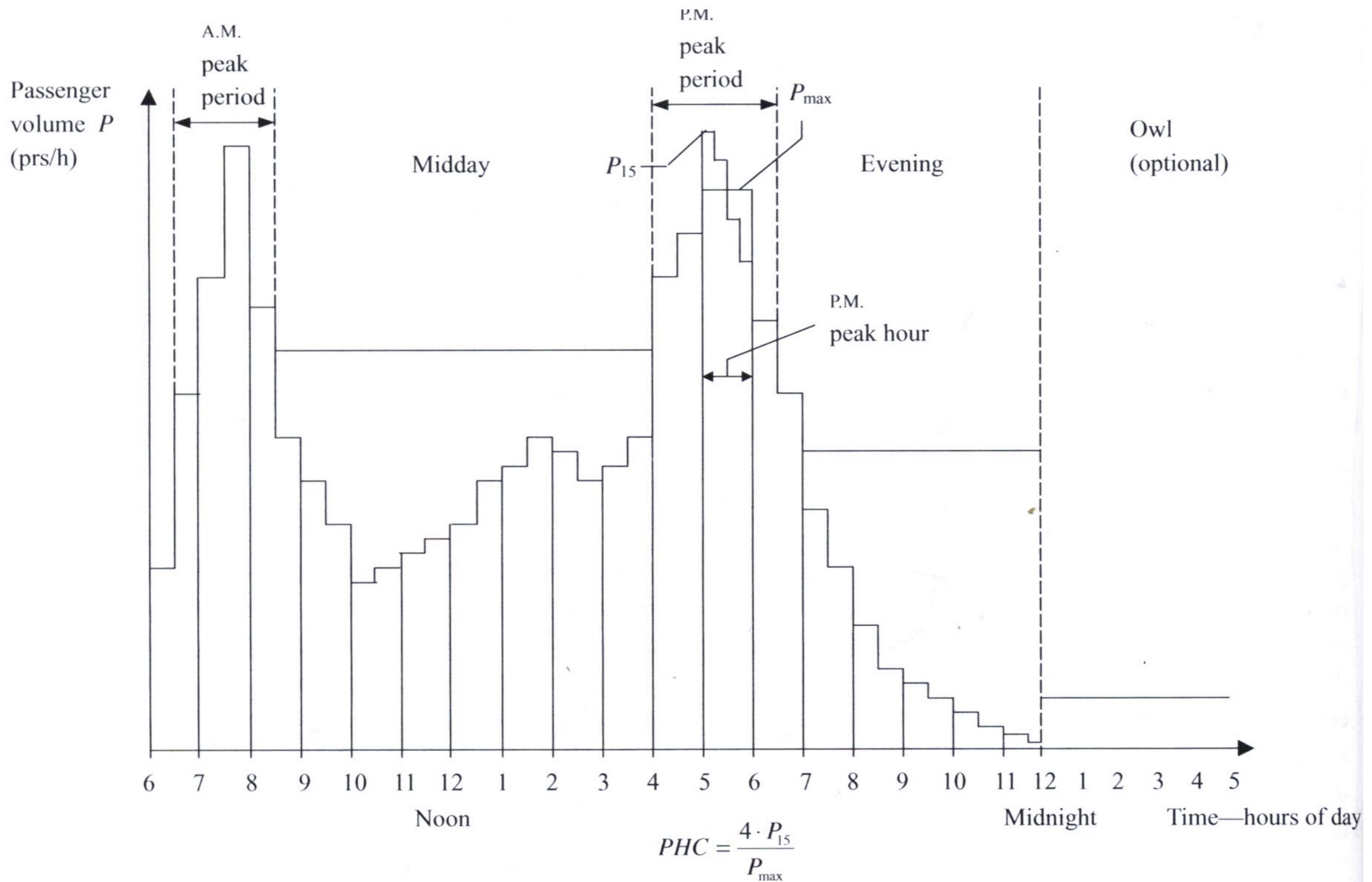


Figure 1.25 Hourly variations of passenger volume on a line and its scheduling periods.

Capacités

Capacités

C capacité d'une ligne, dans une direction, par heure

$$C_L = C_u f_{peak} = \frac{P_d}{\alpha_c} \quad \text{Capacité de ligne}$$

α_c coefficient de confort $\alpha \leq 0.7$ (devrait !)

C_p capacité programmée (pour une période donnée, dans une direction, pas seulement en pointe)

$$\delta_p \text{ coefficient de capacité de ligne} = \frac{C_p}{C_L}$$

$$\alpha_u \text{ coefficient d'utilisation de la capacité} = \frac{\sum_{i=1}^{n_l} P_{li}}{n_l C_L}$$

↳ si on compte seulement les sièges, α_u peut être > 1.0

si on compte toutes les places (debout incluses), $\alpha_u \leq 1.0$ ← standard

$$C_u \text{ capacité d'unité} = \sum_{i=1}^{n_y} C_{y_i}$$

C_y capacité de véhicule

$C_{u, \text{seat}}$ sièges (assis)

$C_{u, \text{stand}}$ debout

↳ 0,20 à 0,25 m²/personne debout
min 0,15 tolérable

Travail et capacité productive

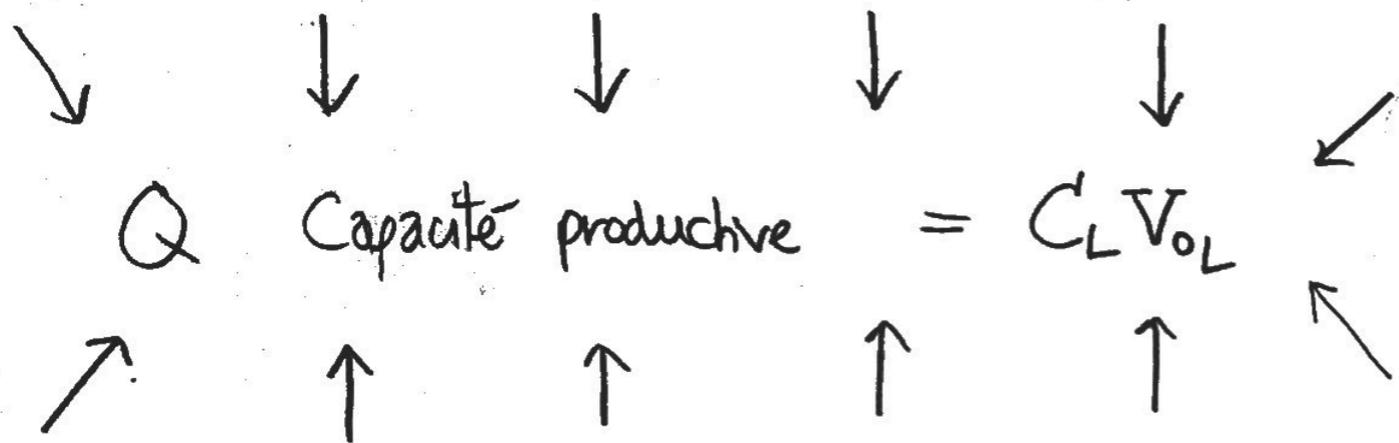
Travail, capacité productive

w_o travail offert = $C_L d_L$

w_u travail utilisé = $\sum_{i=1}^{n_g} P_{xi} d_{xi}$

w_{oc} } cycle complet (aller-retour)
 w_{uc} }

α_w Coefficient d'utilisation du travail = $\frac{w_{uc}}{w_{oc}}$



Q Capacité productive = $C_L V_{oL}$

où V_{oL} : vitesse commerciale sur la ligne

Volumes de passagers et capacité

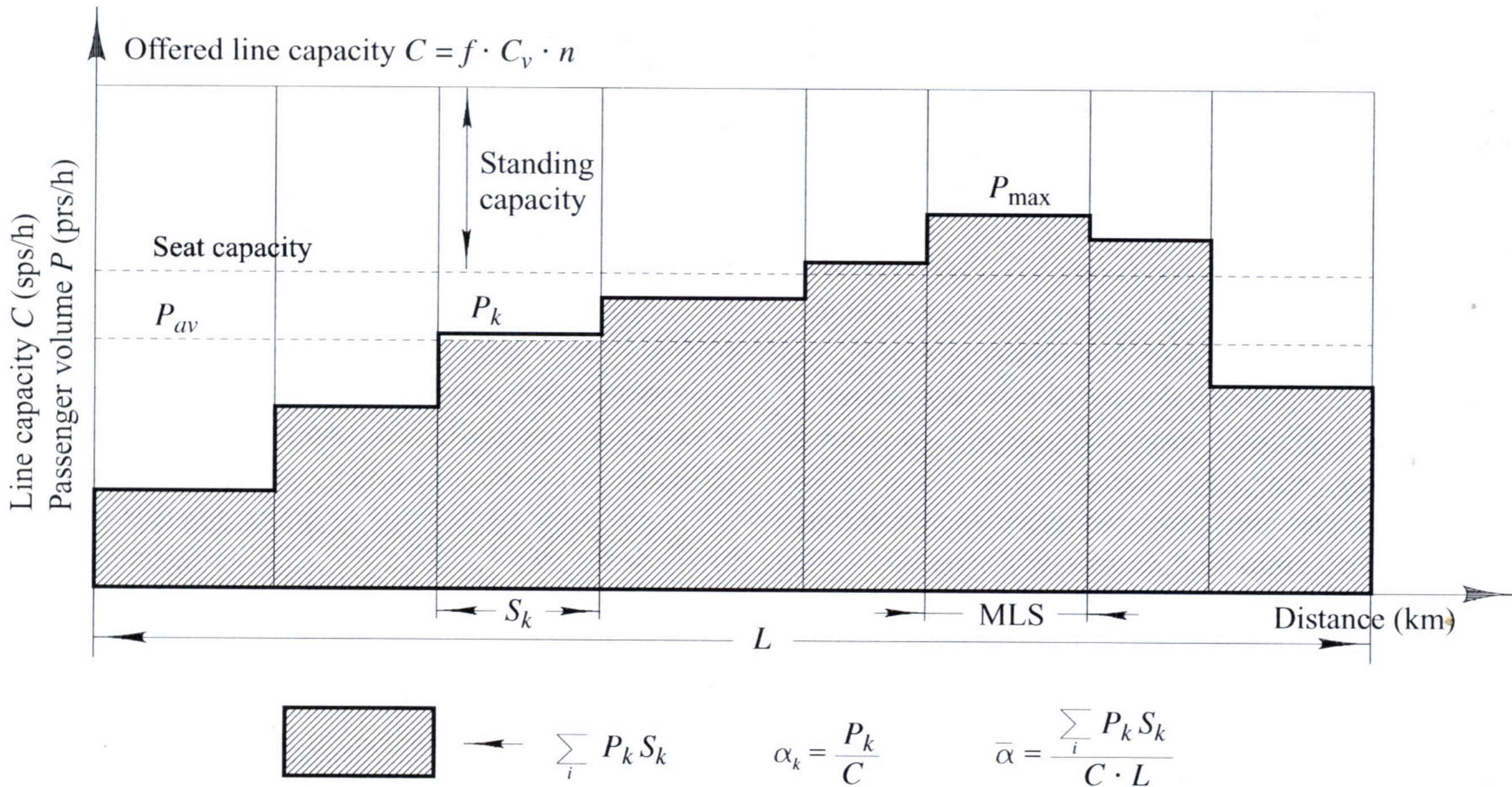


Figure 1.5 Line capacity, passenger volume, and utilization factors.

Volumes de passagers

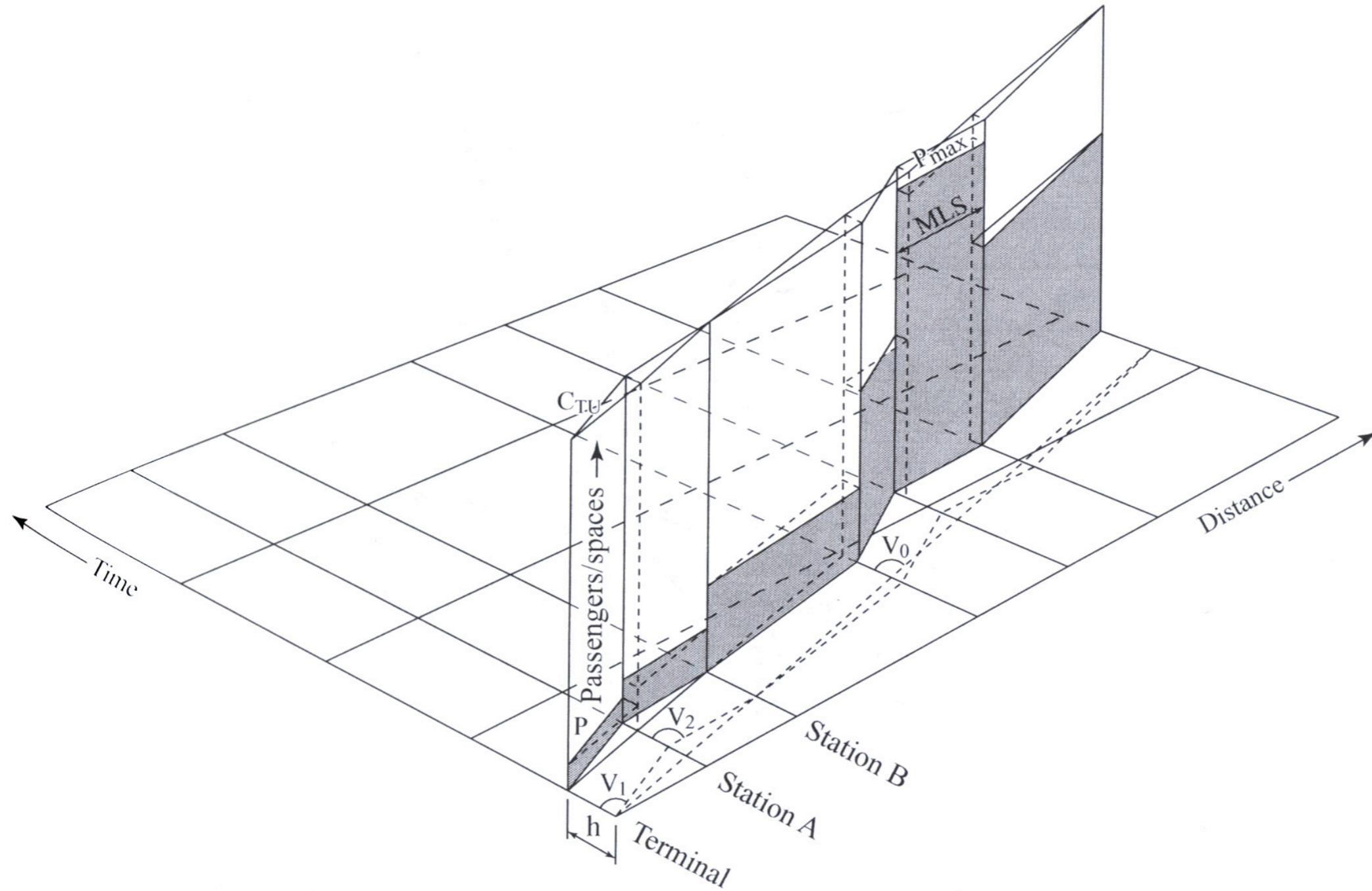


Figure 1.19 Travel of a TU in its passenger load profile along the line.

Volumes de passagers

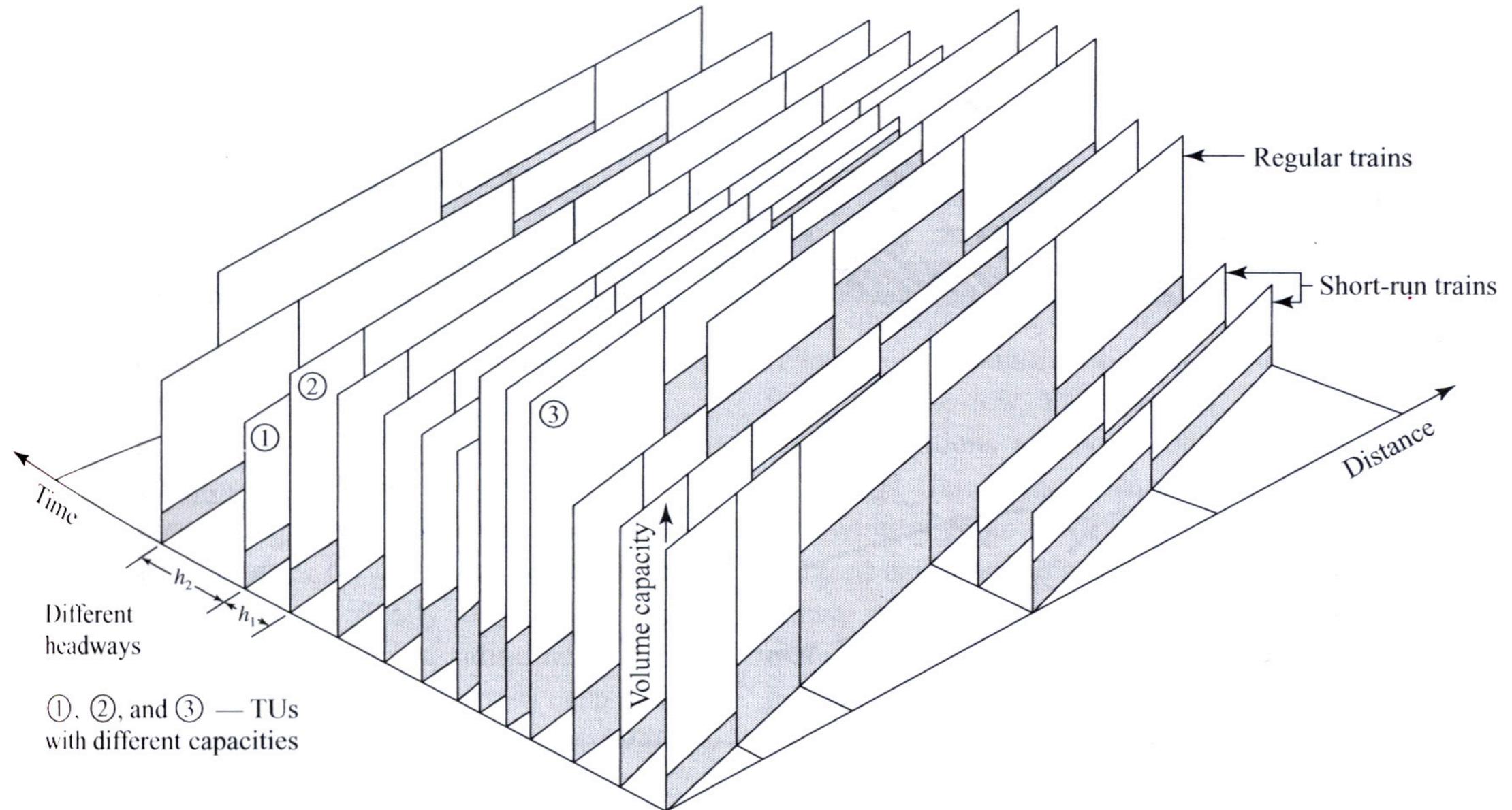


Figure 1.21 Three methods of adjustments of service capacity to passenger volume: variation in headways, TU consists, and length of run.

Temps de parcours

Opérations:

t_l temps de segment (temps de parcours inter-arrêt) = $t_a + t_{vp} + t_b$ $\left| = \sqrt{\frac{2(a+b)d_e}{ab}}$
 t_a temps d'accélération
 t_b temps de décélération
 t_{vp} temps à vitesse programmée (entre fin accélération et début décélération)
 si d_e ne permet pas d'atteindre v_p

n_l nombre de segments = $n_q - 1$
 n_q, n_r nombre d'arrêts = $n_l + 1$

Usagers:

t_{e0} temps d'accès à l'origine
 t_{eD} temps d'accès à destination
 t_{tr} temps de transfert (n'inclut pas le temps d'attente)
 t_w temps d'attente
 t_{veh} temps en véhicule
 T_{OD} temps total origine-destination
 $= t_{e0} + t_{eD} + \sum t_{tr} + \sum t_w + \sum t_{veh}$

t_q / t_s temps d'arrêt

t_t temps de battement (t_t' , t_t'')

T_0 temps d'opération = $n_l t_l + n_l t_q$ (on compte le t_q à seulement un terminus. Le second t_q est inclus dans t_t .)
 $\hookrightarrow T_0', T_0''$

$\hookrightarrow n_l$ égaux
 $T_0 = \sum_{i=1}^{n_l} t_{li} + \sum_{i=1}^{n_q-1} t_{qi}$
 $\hookrightarrow n_l / n_q$ non égaux

$\gamma_t = \frac{t_t}{T_0}$
 \hookrightarrow Coefficient de battement

T_c temps de cycle = $T_0' + T_0'' + t_t' + t_t''$
 (temps de remise en disponibilité)

t_d temps haut-le-pied (garage \rightarrow terminus + terminus \rightarrow garage)

T_p temps plateforme = $k T_c + t_d$
 \hookrightarrow nombre de voyages aller-retour } si aucun interlignage

Temps d'attente

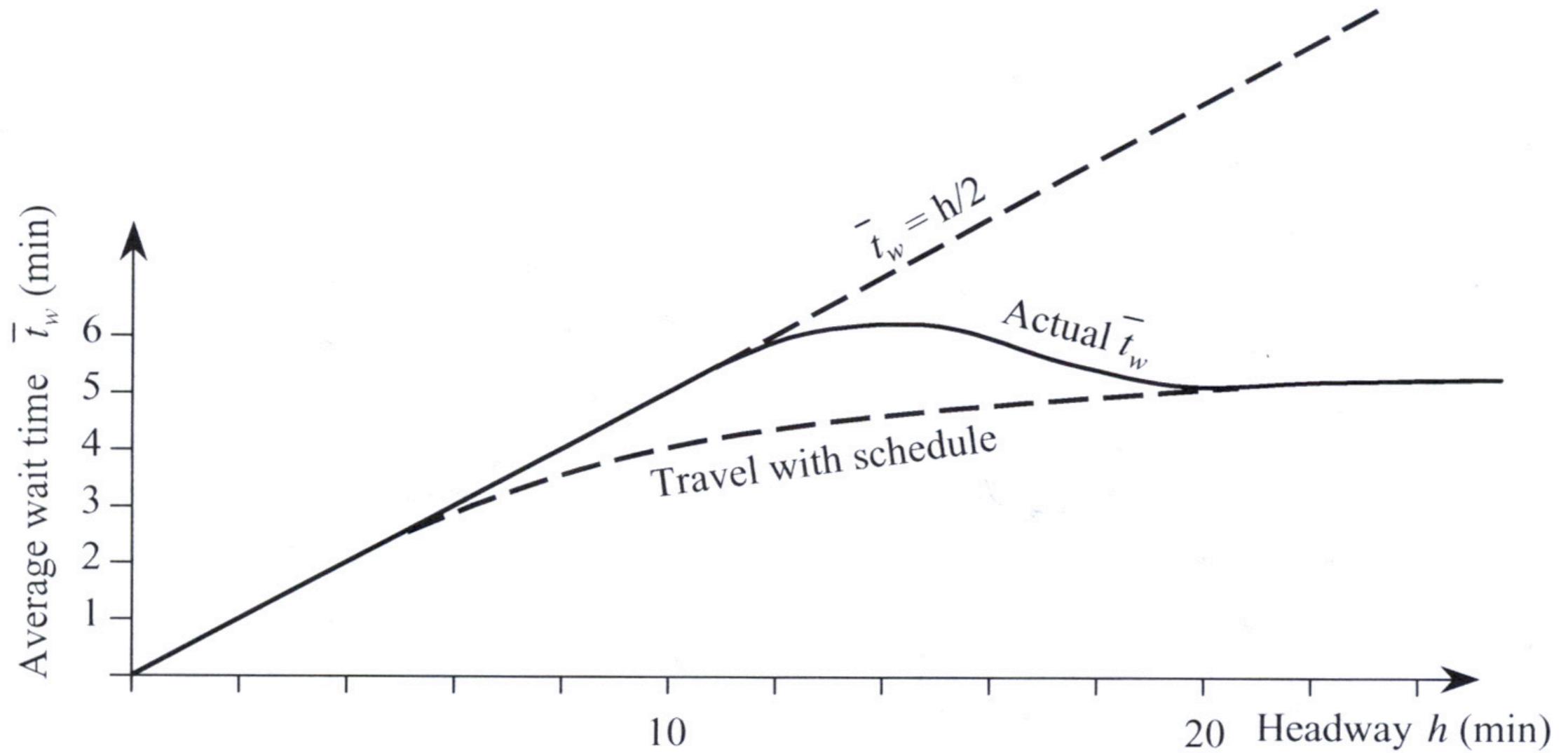


Figure 1.8 Average passenger waiting time as a function of headway.

Vitesses

Vitesses

Opérations

- V_{max} Vitesse maximale de l'unité (à puissance maximale)
- V_d vitesse de conception (contraintes de confort, de tracé, de sécurité)
- V_{reg} vitesse légale
- V_p vitesse programmée (confort, économie, sécurité, efficacité, coût, etc.)

↳ n'incluent pas les arrêts, acc, déc.

↳ $V_p \leq V_{reg} \leq V_{max}$

Usagers

- V_a vitesse d'accès (marche, vélo, voiture...)
- V_o vitesse d'opération
- V_{od} vitesse origine-destination = $\frac{d_{od}}{T_{od}}$

- V_l vitesse inter-arrêt = $\frac{d_l}{\Delta t_l}$
- $V_{\Delta s (\Delta q)}$ vitesse arrêt à arrêt = $\frac{d_l}{\Delta t_l + \Delta t_s}$
- V_{oL} vitesse d'opération de ligne = $\frac{d_L}{T_o}$
 V_o', V_o''

- V_c vitesse de cycle = $\frac{d' + d''}{T_c}$
- V_p vitesse plateforme = $\frac{k(d' + d'')}{T_p}$
↳ nombre de voyages aller-retour

Vitesses et temps de parcours

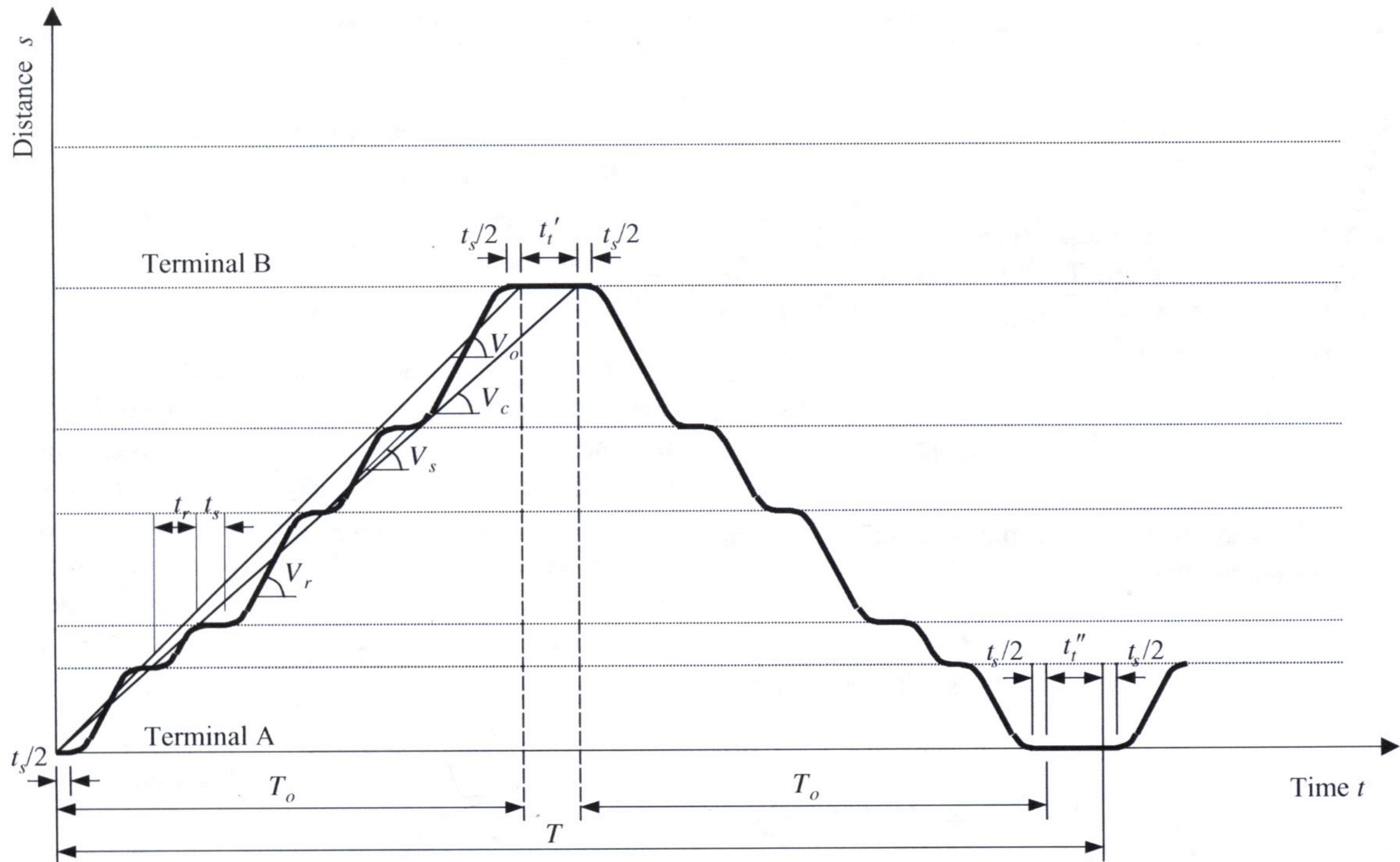


Figure 1.6 Travel times and speeds on a transit line.

Vitesses et temps de parcours

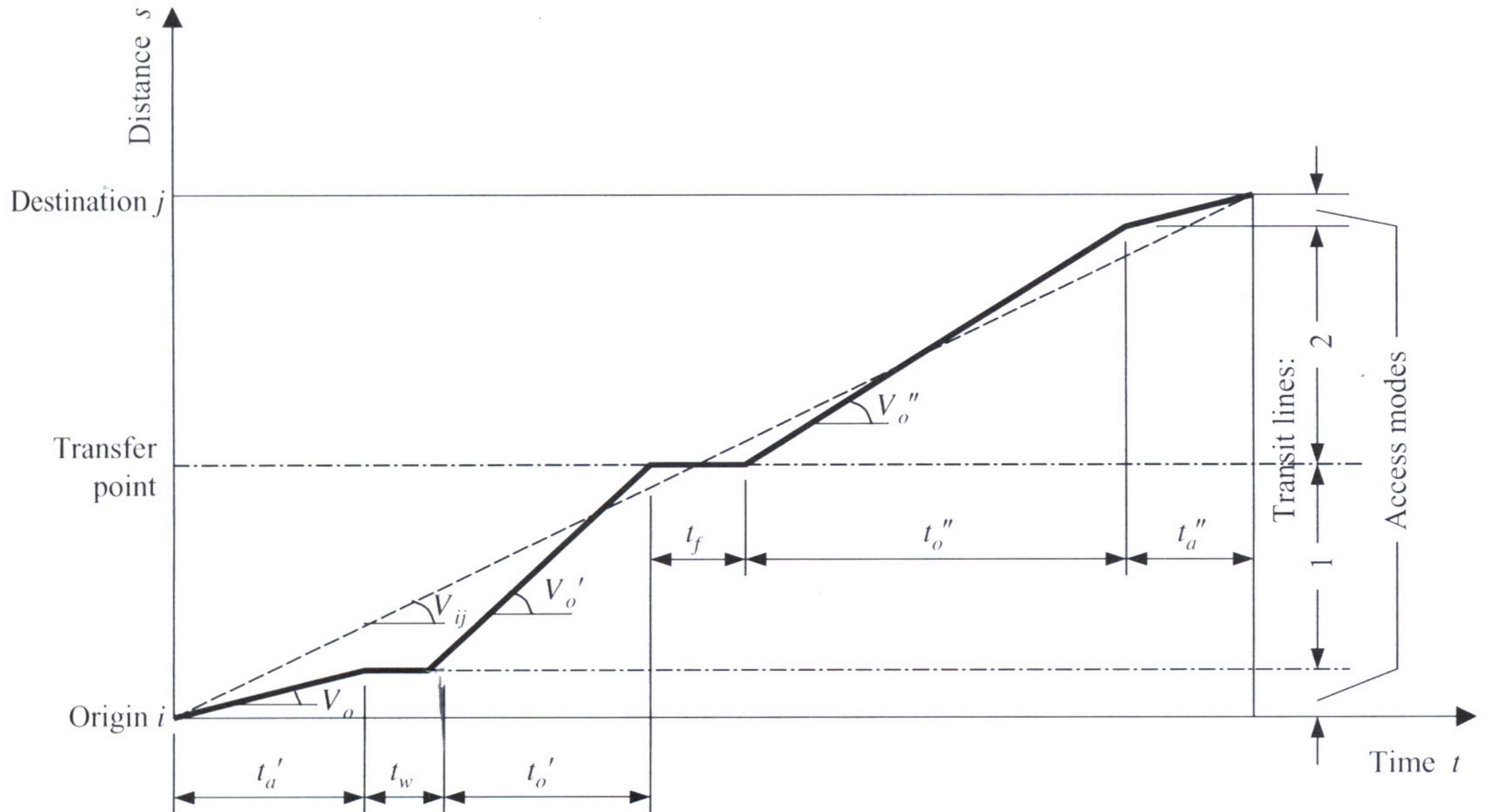
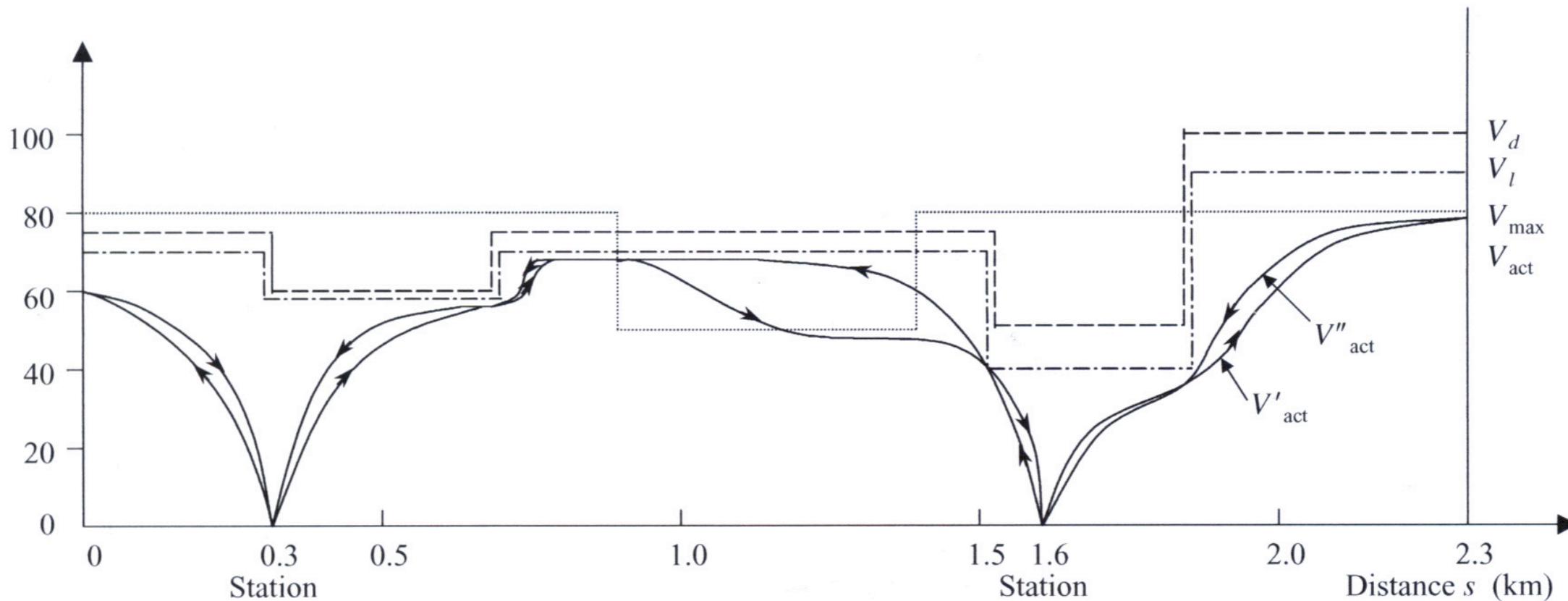


Figure 1.7 Passenger travel times and speeds.

Vitesses et parcours



| | | | | | | |
|---------|-----|-----|-----|-----|------|--|
| i (%) | 0.0 | | 5.0 | | 0.0 | |
| R (m) | 900 | 600 | | 300 | 2000 | |

i — gradient; R — horizontal curve radius

Different types of speed given in km/h

| | | | | | | | | | |
|-----------|----|----|----|----|-----|----|----|----|----|
| V_{max} | 80 | | 50 | | 80 | | | | |
| V_d | 75 | 60 | 75 | 50 | 100 | | | | |
| V_l | 70 | 60 | 70 | 40 | 90 | | | | |
| V_{act} | 70 | 60 | 60 | 70 | 70 | 50 | 40 | 40 | 80 |

Figure 1.9 An illustration of relationships among vehicle and alignment speeds on a transit line.

Temps de parcours usager

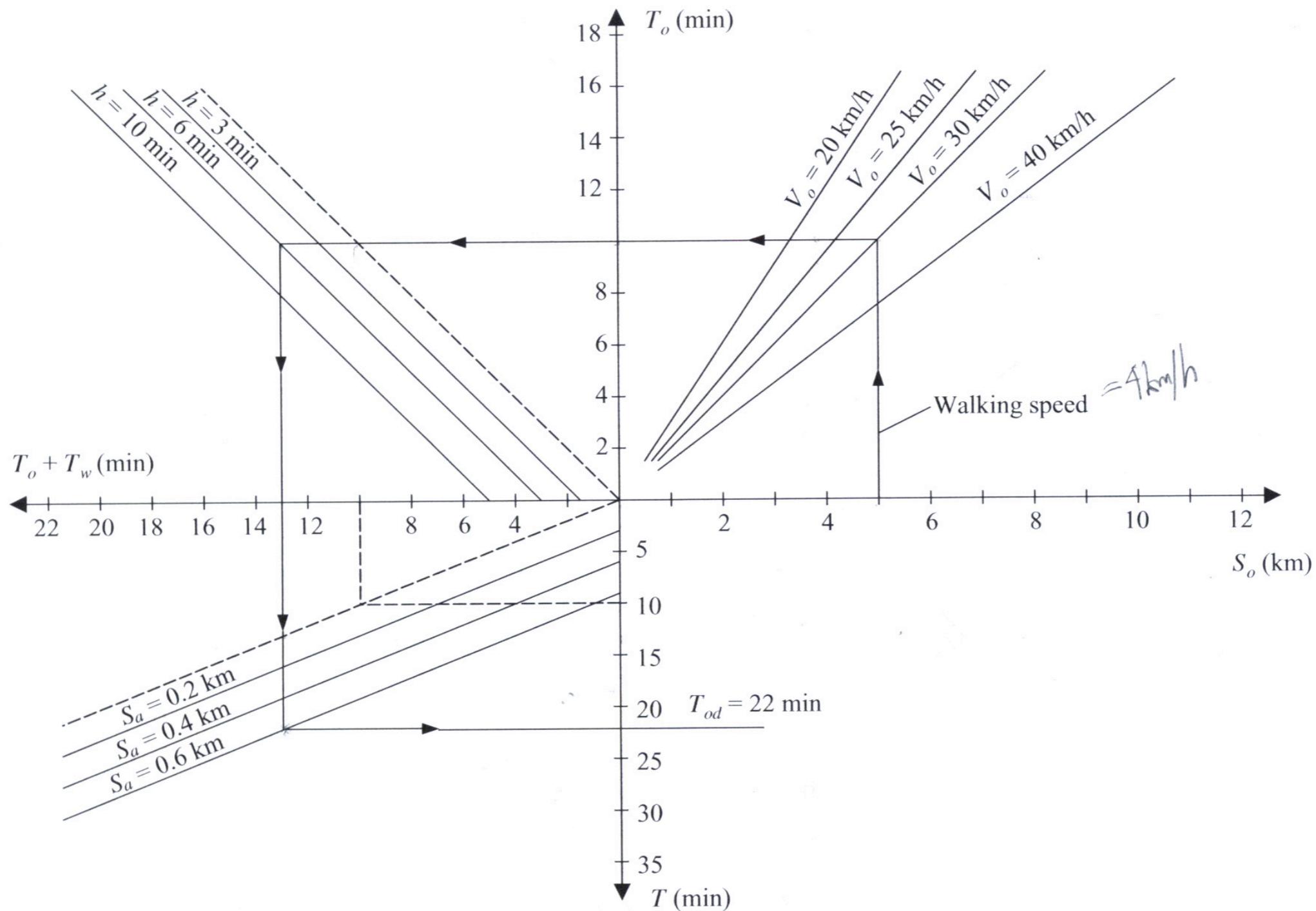


Figure 1.10 Diagram for computation of passenger origin-destination travel time by transit.

Indicateurs

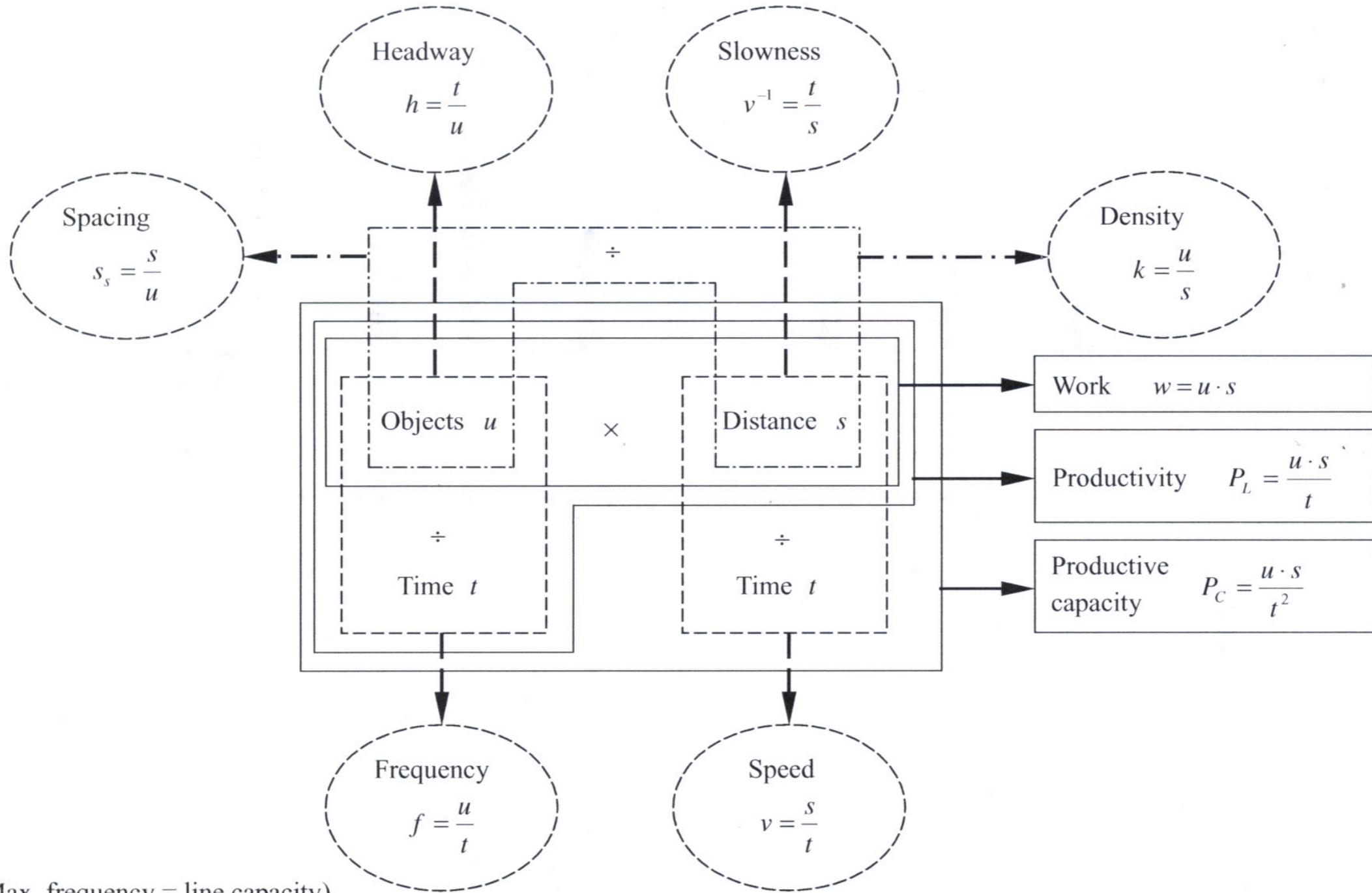


Figure 1.4 Basic transit system operating elements and performance measures.