

### 9.3 Sélection des solutions

Les résultats de la sélection des solutions effectuée suivant la méthode précitée sont repris aux Tableaux 9.3.1 et 9.3.2. En ce qui concerne 9.2.1 (1) Rubriques d'appréciation relatives aux systèmes, toutes les solutions sont excellentes et aucune différence significative ne peut être notée. Aussi, seuls les résultats de l'évaluation de 9.2.1 (2) Rubriques d'évaluation relatives aux solutions, seront mentionnés.

Les résultats de l'évaluation relative au tracé A sont les suivants :

- 1) La solution A-1, qui n'est pas supérieure aux autres en quelques points, fait une intrusion particulièrement grave dans la vie privée des riverains.
- 2) La solution A-2, qui est un peu défavorable du point de vue des coûts de construction et de gestion/exploitation, excelle en les faibles impacts du bruit, sur la jouissance de l'ensoleillement et sur le trafic routier.
- 3) La solution A-3, peu bruyant et faisant peu d'obstacle à l'ensoleillement, est excellente en ces points, mais légèrement défavorable en les coûts de construction et de gestion/exploitation et l'intrusion dans la vie privée.
- 4) La solution A-4, un peu défavorable du point de vue des coûts de construction et de gestion/exploitation, mais supérieure aux autres en les faibles impacts sur la vie privée, du bruit et sur l'ensoleillement.
- 5) La solution A-4', légèrement défavorable en le coût de construction, est particulièrement excellente en les faibles impacts sur l'aspect esthétique urbain, du bruit, sur l'ensoleillement, sur la vie privée et sur le trafic routier.
- 6) La solution A-5, favorable en les coûts de construction et de gestion/exploitation et la communication avec les moyens de transport existants, est largement défavorable en les impacts sur l'aspect esthétique et du bruit.
- 7) La solution A-6, légèrement favorable par rapport aux autres en les coûts de construction et de gestion/exploitation, fait peu d'obstacle à l'ensoleillement et au trafic routier, et assure une bonne communication avec les moyens de transport existants. Elle est particulièrement excellente en ces derniers points.

En conclusion pour le tracé A, ce sont les solutions A-2, A-4, A-4' et A-6 qui excellent.

Les résultats de l'évaluation du tracé B sont les suivants :

- 1) La solution B-1, défavorable en les coûts de construction et de gestion/exploitation, est particulièrement excellente en les faibles impacts sur l'aspect esthétique urbain, du bruit, sur l'ensoleillement, sur la vie privée et sur le trafic routier.
- 2) La solution B-1', qui n'est inférieure aux autres en aucun point, excelle particulièrement en les faibles impacts du bruit, sur l'ensoleillement et sur la vie privée.
- 3) La solution B-2, particulièrement excellente en les faibles impacts du bruit, sur l'ensoleillement, sur la vie privée et sur le trafic routier, le cède largement aux autres en les coûts de construction et de gestion/exploitation.
- 4) La solution B-3, assurant une bonne communication avec les moyens de transport existants et faisant peu d'obstacle à l'ensoleillement et au trafic routier, le cède largement aux autres en le coût de gestion/exploitation.
- 5) La solution B-4, assurant une bonne communication avec les moyens de transport existants et faisant peu d'obstacle à l'ensoleillement et au trafic routier, donne un grand impact sur l'aspect esthétique urbain et le cède largement aux autres en le coût de gestion/exploitation.
- 6) La solution B-5, un peu défavorable en le bruit et l'impact sur l'aspect esthétique urbain, assure une bonne communication avec les moyens de transport existants et fait peu d'obstacle à l'ensoleillement et au trafic routier. Elle est particulièrement favorable en ces points.

En conclusion, les solutions B-1, B-1', B-5 excellent pour le tracé B.

Pour les tracés A et B, les conclusions ci-dessus font retenir, comme dignes d'être soumises à l'évaluation financière et à d'autres études plus poussées, les sept solutions suivantes :

A-2, A-4, A-4', A-6      B-1, B-1', B-5

Tableau 9.3.1 Résultats de sélection relative au tracé A

Rubrique d'évaluation		A-1	A-2	A-3	A-4	A-4'	A-5	A-6
Fiabilité		⊙	⊙	⊙	⊙	⊙	⊙	⊙
Capacité de transport		⊙	⊙	⊙	⊙	⊙	⊙	⊙
Caractéristique technique	① Vitesse commerciale	⊙	⊙	⊙	⊙	⊙	⊙	⊙
	② Pente maximale	⊙	⊙	⊙	⊙	⊙	⊙	⊙
	③ Rayon de courbe minimal	⊙	⊙	⊙	⊙	⊙	⊙	⊙
Confort	① Bruit intérieur	⊙	⊙	⊙	⊙	○	○	⊙
	② Vibration du matériel roulant	⊙	⊙	⊙	⊙	⊙	⊙	⊙
Sécurité		⊙	⊙	⊙	⊙	⊙	⊙	⊙
Maintenabilité	① Rail, etc.	⊙	⊙	⊙	⊙	⊙	⊙	⊙
	② Matériel roulant, etc.	○	○	○	○	⊙	⊙	○
Tenue face au climat et au temps		⊙	⊙	⊙	⊙	⊙	⊙	⊙
Accessibilité	① Population riveraine	⊙	⊙	⊙	⊙	⊙	⊙	⊙
	② Utilisateurs	⊙	⊙	⊙	⊙	⊙	⊙	⊙
Aspect économique	① Coût de construction	○	△	△	△	△	⊙	○
	② Coût gestion et d'exploitation	○	△	△	△	○	⊙	○
Esthétique		○	○	○	○	⊙	▲	○
Environnement	① Bruit	○	⊙	⊙	⊙	⊙	▲	○
	② Ensoleillement	○	⊙	⊙	⊙	⊙	○	⊙
	③ Vie privée	▲	△	△	○	⊙	△	△
Liaison avec les modes de transport existants	① Voie	○	○	○	○	○	⊙	⊙
	② Autobus	○	○	○	○	○	⊙	⊙
Entraves au trafic routier		○	⊙	○	○	⊙	○	⊙
Evaluation			⊙		⊙	⊙		⊙

Légende : ⊙ : Excellent, ○ : Bon, △ : Normal, ▲ : Médiocre

Tableau 9.3.2 Résultats de sélection relative au tracé B

Rubrique d'évaluation		B-1	B-1'	B-2	B-3	B-4	B-5
Fiabilité		⊙	⊙	⊙	⊙	⊙	⊙
Capacité de transport		⊙	⊙	⊙	⊙	⊙	⊙
Caractéristique technique	① Vitesse commerciale	⊙	⊙	⊙	⊙	⊙	⊙
	② Pente maximale	⊙	⊙	⊙	⊙	⊙	⊙
	③ Rayon de courbe minimal	⊙	⊙	⊙	⊙	⊙	⊙
Confort	① Bruit intérieur	⊙	○	⊙	⊙	⊙	○
	② Vibration du matériel roulant	⊙	⊙	⊙	⊙	⊙	⊙
Sécurité		⊙	⊙	⊙	⊙	⊙	⊙
Maintenabilité	① Rail, etc.	⊙	⊙	⊙	⊙	⊙	⊙
	② Matériel roulant, etc.	○	⊙	○	○	○	⊙
Tenue face au climat et au temps		⊙	⊙	⊙	⊙	⊙	⊙
Accessibilité	① Population riveraine	○	○	○	○	○	○
	② Utilisateurs	○	○	○	○	○	○
Aspect économique	① Coût de construction	△	○	△	○	○	⊙
	② Coût gestion et d'exploitation	▲	△	▲	▲	▲	△
Esthétique		⊙	○	○	○	△	△
Environnement	① Bruit	⊙	⊙	⊙	○	○	△
	② Ensoleillement	⊙	⊙	⊙	⊙	⊙	⊙
	③ Vie privée	⊙	⊙	⊙	○	○	○
Liaison avec les modes de transport existants	① Voie	○	○	○	⊙	⊙	⊙
	② Autobus	△	△	△	○	○	○
Entraves au trafic routier		⊙	○	⊙	⊙	⊙	⊙
Evaluation		⊙	⊙				⊙

Légende : ⊙ : Excellent, ○ : Bon, △ : Normal, ▲ : Médiocre

Tableau 9.3.3 Fiabilité

Solution	A							B					
	1	2	3	4	4'	5	6	1	1'	2	3	4	5
Système	Monorail	Monorail	Roues pneumatiques	Roues pneumatiques	Roues métalliques	Roues métalliques	Monorail	Monorail	Roues métalliques	Roues pneumatiques	Monorail	Roues pneumatiques	Roues métalliques
Années de fonctionnement en tant que transport urbain	85	85	30	30	123	123	85	85	123	30	85	30	123
Appréciation	⊙	⊙	⊙	⊙	⊙	⊙	⊙	⊙	⊙	⊙	⊙	⊙	⊙

Nota : Les légendes indiquent ⊙ (plus de 20), ○ (15 à 20), △ (10 à 15), ▲ (moins de 10).

Tableau 9.3.4 Capacité de transport

Solution	A							B					
	1	2	3	4	4'	5	6	1	1'	2	3	4	5
Système	Monorail	Monorail	Roues pneumatiques	Roues pneumatiques	Roues métalliques	Roues métalliques	Monorail	Monorail	Roues métalliques	Roues pneumatiques	Monorail	Roues pneumatiques	Roues métalliques
Demande en transport par heure de pointe [A]	9 420	9 420	9 420	9 420	9 420	9 420	9 420	6 260	6 260	6 260	6 260	6 260	6 260
Capacité de transport par heure de pointe [B]	9 420	9 420	9 420	9 420	9 420	9 420	9 420	6 260	6 260	6 260	6 260	6 260	6 260
A/B	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0
Appréciation	⊙	⊙	⊙	⊙	⊙	⊙	⊙	⊙	⊙	⊙	⊙	⊙	⊙

Nota : Les légendes indiquent

- demande en transport par heure de pointe/capacité de transport par heure de pointe

⊙ (1,0), ○ (1,0 à 1,5), △ (1,5 à 2,0), ▲ (plus de 2,0)

Tableau 9.3.5 Caractéristiques techniques

Solution	A							B					
	1	2	3	4	4'	5	6	1	1'	2	3	4	5
Système	Monorail	Monorail	Roues pneumatiques	Roues pneumatiques	Roues métalliques	Roues métalliques	Monorail	Monorail	Roues métalliques	Roues pneumatiques	Monorail	Roues pneumatiques	Roues métalliques
Vitesse commerciale (km/h)	28,9	28,9	28,4	28,4	28,9	28,6	29,5	27,7	25,7	27,2	27,3	28,8	25,9
Appréciation	⊙	⊙	⊙	⊙	⊙	⊙	⊙	⊙	⊙	⊙	⊙	⊙	⊙
Pente maximale (‰)	40	59	59	57	40	40	40	60	40	60	40	40	40
Appréciation	⊙	⊙	⊙	⊙	⊙	⊙	⊙	⊙	⊙	⊙	⊙	⊙	⊙
Rayon de courbure minimal (m)	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100
Appréciation	⊙	⊙	⊙	⊙	⊙	⊙	⊙	⊙	⊙	⊙	⊙	⊙	⊙

Nota : Les légendes indiquent :

- Vitesse commerciale : ⊙ (plus de 25), ○ (20 à 25), △ (15 à 20), ▲ (moins de 15)  
 Pente maximale : ⊙ (moins de 60), ○ (60 à 70), △ (70 à 80), ▲ (plus de 80)  
 Rayon de courbure minimal : ⊙ (plus de 100), ○ (80 à 100), △ (60 à 80), ▲ (moins de 60)

Tableau 9.3.6 Confort

Solution	A							B					
	1	2	3	4	4'	5	6	1	1'	2	3	4	5
Système	Monorail	Monorail	Roues pneumatiques	Roues pneumatiques	Roues métalliques	Roues métalliques	Monorail	Monorail	Roues métalliques	Roues pneumatiques	Monorail	Roues pneumatiques	Roues métalliques
Niveau de bruit à l'intérieur du matériel roulant (dB)	70	70	70	70	80	80	70	70	80	70	70	70	80
Appréciation	⊙	⊙	⊙	⊙	○	○	⊙	⊙	○	⊙	⊙	⊙	○
Coefficient de confort	1,0	1,0	1,5	1,5	1,5	1,5	1,0	1,0	1,5	1,5	1,0	1,5	1,0
Appréciation	⊙	⊙	⊙	⊙	⊙	⊙	⊙	⊙	⊙	⊙	⊙	⊙	⊙

Nota : Les légendes indiquent

- Niveau de bruit à l'intérieur du matériel roulant : ⊙ (moins de 75), ○ (75 à 80), △ (80 à 85), ▲ (plus de 85)  
 Coefficient de confort : ⊙ (moins de 1,5), ○ (1,5 à 2,0), △ (2,0 à 3,0), ▲ (plus de 3,0)

Tableau 9.3.7 Accessibilité

Solution	A							B					
	1	2	3	4	4'	5	6	1	1'	2	3	4	5
Utilisateurs par jour (en 2005 : 1 000 personnes)	1 700	1 700	1 700	1 700	1 700	1 700	1 700	1 100	1 100	1 100	1 100	1 100	1 100
Appréciation	⊙	⊙	⊙	⊙	⊙	⊙	⊙	○	○	○	○	○	○
Population riveraine (en 2005 : 1 000 personnes)	205	205	205	205	205	205	205	133	133	133	133	133	133
Appréciation	⊙	⊙	⊙	⊙	⊙	⊙	⊙	○	○	○	○	○	○

Nota : Les légendes indiquent

Population riveraine : ⊙(plus de 1 500), ○(1 000 à 1 500), △(500 à 1 000), ▲(moins de 500)

Utilisateurs par jour : ⊙(plus de 200), ○( 100 à 200), △( 50 à 100), ▲(moins de 50)

Tableau 9.3.8 Coûts de construction ainsi que de gestion et d'exploitation

Solution	A							B					
	1	2	3	4	4'	5	6	1	1'	2	3	4	5
Coût de construction (million DH)	1 816	2 041	2 001	2 160	2 215	1 662	1 871	1 817	1 598	1 746	1 508	1 520	1 375
Longueur (km)	15,2	15,2	15,2	15,2	15,2	15,9	15,9	12,7	12,7	12,7	13,2	13,2	13,2
Coût au km (million DH/km)	119	134	132	142	146	105	118	143	126	137	114	115	104
Appréciation	○	△	△	△	△	⊙	○	△	○	△	○	○	⊙
Coût de gestion et d'exploitation (million DH)	51	52	51	52	49	44	52	39	35	39	39	39	35
Coût au voiture kilomètre (1 000 km)	3 442	3 442	3 400	3 400	3 321	3 504	3 636	2 225	2 225	2 318	2 318	2 318	2 281
Coût de gestion et d'exploitation au voiture kilomètre (DH/km)	14,8	15,1	15,1	15,4	14,8	12,7	14,4	17,7	15,9	16,8	16,8	16,8	15,3
Appréciation	○	△	△	△	○	⊙	○	▲	△	▲	▲	▲	△

Nota : 1) Les légendes indiquent

Coût de construction : ⊙(moins de 110), ○(110 à 130), △(130 à 150), ▲(plus de 150)

Coût de gestion et d'exploitation : ⊙(moins de 14), ○(14 à 15), △(15 à 16), ▲(plus de 16)

2) Le coût de gestion et d'exploitation ainsi que le voiture kilomètre sont des valeurs moyennes de 30 ans.

Tableau 9.3.9 Esthétique (Esthétique des ouvrages observés par la perspective)

Solution	A						B						
	1	2	3	4	4'	5	6	1	1'	2	3	4	5
Visibilité ou absence de visibilité	△○○	-○○	-○○	-○○	--○	△○○	△○○	-○○	-○○	-○○	△○○	△○○	△○○
Impression d'oppression	△△○	⊙△○	⊙△○	⊙○○	⊙○○	▲△○	△△○	⊙○○	⊙○○	⊙○○	△○○	△○○	△○○
Effet de grandeur	△△△	⊙△△	⊙▲△	⊙△△	⊙○○	▲▲△	△△△	⊙△△	⊙△△	⊙△△	△△△	▲△△	▲△△
Impression du relief	○○○	-○○	-△△	-△△	--▲	△△△	○○○	-○○	-▲▲	-△△	○○○	△△△	△△△
Impression de discontinuité (champ visuel)	○○○	-○○	-△△	-△△	--▲	△△△	○○○	-○○	-▲▲	-△△	○○○	△△△	△△△
Effet d'harmonie (composition)	△△▲	-△▲	-△▲	-△▲	--○	△△▲	△△▲	-○▲	-△○	-○▲	△○▲	△○▲	△○▲
Impression d'étrangeté (de la population)	△△△	⊙△△	⊙▲△	⊙△△	⊙○○	▲▲△	△△△	⊙△△	⊙△○	⊙△△	△△△	△△△	△△△
Tronçonnement des rues	○△○	⊙△○	⊙▲○	⊙△○	⊙○○	△▲○	○△○	⊙○○	⊙○○	⊙○○	○○○	△○○	△○○
Appréciation globale	13	18	11	15	21	0	13	21	16	17	16	8	8
	○	○	○	○	⊙	▲	○	⊙	○	○	○	△	△

Nota : 1) Les ouvrages ont été appréciés suivant 3 sections : partie centrale, partie du milieu et partie banlieue

2) L'appréciation de chaque rubrique est faite en 4 niveaux ⊙(+ 2), ○(+ 1), △(0), ▲(- 1)

3) Les légendes de l'appréciation globale indiquent ⊙(plus de 21), ○(11 à 20), △(1 à 10), ▲(moins de 0)

Système du monorail

		Tracé A (Secteur central)	Tracé B (Secteur central)	Tracé A (Secteur intermédiaire)	Tracé B (Secteur intermédiaire)	Tracés A et B (Banlieue)
Ouvrages observés/esthétique de l'ensemble	1. Visibilité, absence de visibilité	△ Principalement le long de la voie (vue de près), limites de visibilité réduites	△ Idem gauche	○ Champ de visibilité relativement étendu de vue de près et de moyenne distance	○ Idem gauche	⊙ Champ de visibilité étendu de vue de près, moyenne distance et de loin.
	2. Impression d'oppression	△ Plus que l'impression d'oppression, gêne ressentie du fait d'avoir l'ouvrage au-dessus de la tête	△ Assez forte	△ Idem gauche	○ Assez faible	⊙ Faible
	3. Effet de grandeur	△ Bien que grand, impression de relative légèreté, surtout l'accent est mis sur la hauteur.	△ Idem gauche	△ Idem gauche	△ Idem gauche	△ Idem gauche
	4. Impression du relief	○ Apparence tranchée avec effet de profondeur	○ Idem gauche	○ Idem gauche	○ Idem gauche	○ Idem gauche
	5. Impression de discontinuité (Champ visuel)	○ Il y a quelque changement, mais assez monotone, le mouvement semble dynamique	○ Idem gauche	○ Idem gauche	○ Idem gauche	○ Idem gauche
	6. Effet d'harmonie (composition)	△ Quelques impressions d'harmonie entre l'ouvrage observé et le fond	△ Idem gauche	△ Idem gauche	○ Impression d'harmonie	▲ Sans impression d'harmonie
	7. Impression d'étrangeté (de la population)	△ Impression d'étrangeté assez forte (pas habitué à voir)	△ Idem gauche	△ Idem gauche	△ Idem gauche	△ Idem gauche
	8. Tronçonnement des rues	○ Sectionnement des deux côtés des rues, mais l'impression n'est pas très forte	○ Idem gauche	△ Degré de sectionnement assez fort	○ Degré non fort	⊙ Le fait que l'environnement soit dégagé, l'appréciation porte non seulement sur la partie de la voie mais sur l'ensemble et ceci diminue le degré de sectionnement

Les symboles du tableau (⊙, ○, △, ▲) représentent les points d'évaluation de chaque rubrique (⊙ [+ 2 points] à ▲ [- 1 point]).

Système à roues métalliques ou à roues pneumatiques

		Tracé A (Secteur central)	Tracé B (Secteur central)	Tracé A (Secteur milieu)	Tracé B (Secteur milieu)	Tracés A et B (Banlieue)	Tracé B (Secteur intermédiaire niveau sol)	Tracés A et B (Banlieue niveau sol)
Ouvrages observés/esthétique de l'ensemble	1. Visibilité, absence de visibilité	△ Principalement le long de la voie (de vue de près), Champ de visibilité limité	△ Idem gauche	○ Champ de visibilité relativement étendu, de vue de près et de moyenne distance	○ Idem gauche	⊙ Champ de visibilité étendu de vue de près, moyenne distance et de loin	○ Champ de visibilité étendu de vue de près	○ Idem gauche
	2. Impression d'oppression	▲ Oppression particulièrement forte avec l'impression d'avoir l'ouvrage au-dessus de la tête	△ Forte	△ Idem gauche	○ Assez forte (la largeur de la voie étant grande)	⊙ Faible (présence confuse de terrains d'habitations et de zones vertes)	⊙ Idem gauche	⊙ Idem gauche
	3. Effet de grandeur	▲ Grand et lourd	▲ Idem gauche	▲ Idem gauche	△ Assez faible	△ S'affaiblit	△ Idem gauche	△ Idem gauche
	4. Impression du relief	△ Plat et peu de profondeur	△ Idem gauche	△ Idem gauche	△ Idem gauche	△ Idem gauche	▲ Pas particulièrement	▲ Idem gauche
	5. Impression de discontinuité (champ visuel)	△ Quelques changements de composition de matériaux, mais uniforme et statique	△ Idem gauche	△ Idem gauche	△ Idem gauche	△ Idem gauche	▲ Pas particulièrement	▲ Idem gauche
	6. Effet d'harmonie (composition)	△ Légère impression d'harmonie entre l'ouvrage observé et l'arrière plan	△ Idem gauche	△ Idem gauche	○ Impression d'harmonie	▲ Pas d'impression d'harmonie	△ Légère impression d'harmonie	○ Oui
	7. Impression d'étrangeté (de la population)	▲ Forte impression d'étrangeté	△ Assez forte	▲ Forte	△ Relativement forte	△ Idem gauche	△ Idem gauche	○ Faible
	8. Tronçonnement des rues	△ Sectionnement des deux côtés de la voie, mais les immeubles étant plus haut, le degré de sectionnement est atténué	△ Idem gauche	▲ Fort sectionnement	○ Degré de sectionnement atténué par les ondulations des rues	⊙ Grand dégagement de l'environnement, donc appréciation non seulement de la voie, mais de l'ensemble de la zone et degré de sectionnement atténué	○ Degré de sectionnement atténué par les ondulations des rues	⊙ Grand dégagement de l'environnement, donc appréciation non seulement de la voie, mais de l'ensemble de la zone et degré de sectionnement atténué

Les symboles du tableau (⊙, ○, △, ▲) représentent les points d'évaluation de chaque rubrique (⊙ [+ 2 points] à ▲ [- 1 point])



Tableau 9.3.10 Bruit (Affaiblissement du niveau de puissance sonore avec la distance)

Solution	A							B						
	1	2	3	4	4'	5	6	1	1'	2	3	4	5	
Niveau de puissance (dB)	70	70	70	70	80	80	70	70	80	70	70	70	80	
Niveau de bruit	Centre	42	-	-	-	-	52	42	-	-	-	39	39	45
	Milieu	35	35	35	35	-	45	35	35	45	35	35	35	45
	Banlieue	39	39	39	39	45	45	39	39	45	39	39	39	45
Bruit E x distance	574,1	511,1	511,1	458,6	396,0	730,9	603,5	352,5	427,5	352,5	508,5	508,5	598,5	
Niveau de bruit au km	37,8	33,6	33,6	30,2	26,1	46,0	38,0	27,3	33,1	27,3	37,7	37,7	45,0	
Appréciation	○	⊙	⊙	⊙	●	▲	○	⊙	⊙	⊙	○	○	△	

Nota : 1) Les symboles indiquent ⊙(moins de 35), ○(35 à 40), △(40 à 45), ▲(Plus de 45) respectivement.  
 2) Niveau de bruit = Niveau de puissance - 20 LOG<sub>2</sub> - 8  
 3) Niveau de bruit de la partie souterraine est supposé nul.  
 4) Pour la largeur de chaque section, on utilise la largeur moyenne.

Tableau 9.3.11 Obstacle à l'ensoleillement (Surface d'ombre au mètre)

Solution	A							B						
	1	2	3	4	4'	5	6	1	1'	2	3	4	5	
Largeur de l'ombre à partir du milieu de l'ombre dans le cas d'un rayonnement 45° (m)	11,5	11,5	13,7	13,7	13,4	13,4	11,5	11,5	13,4	13,7	11,5	13,7	13,4	
Largeur de l'ombre occupée par les bâtiments	Partie centrale	1,5	0	0	0	0	3,4	1,5	0	0	0	0	0	
	Partie milieu	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
	Partie banlieue	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
Largeur de l'ombre E x distance (m <sup>2</sup> )	2480	0	0	0	0	2920	1290	0	0	0	0	0	0	
Surface de l'ombre au m (m <sup>2</sup> /m)	0,163	0	0	0	0	0,184	0,081	0	0	0	0	0	0	
Appréciation	○	⊙	⊙	⊙	⊙	○	⊙	⊙	⊙	⊙	⊙	⊙	⊙	

Nota : 1) Les légendes indiquent respectivement ⊙(0 à 0,1), ○(0,1 à 0,2), △(0,2 à 0,3), ▲(Plus de 0,3).  
 2) Un angle de rayonnement de 45° a été supposé.  
 3) Largeur de l'ombre (largeur depuis le centre de la poutre)

Tableau 9.3.12 Vie privée de la population riveraine (Surface d'identification possible au mètre)

Solution	A							B					
	1	2	3	4	4'	5	6	1	1'	2	3	4	5
Largeur des immeubles d'habitation dans les limites de distance d'identification possible (m)	8 630	7 240	7 240	6 920	5 930	7 180	7 180	2 630	3 140	2 630	3 830	3 830	3 830
Surface totale d'identification possible L (m) x H (m)	63 840	45 900	45 900	44 700	28 260	53 920	53 920	8 720	15 200	8 720	27 200	27 200	27 200
Surface d'identification possible au m (m <sup>2</sup> /m)	2,10	1,51	1,51	1,47	0,93	1,70	1,70	0,34	0,59	0,34	1,01	1,01	1,01
Appréciation	▲	△	△	○	●	△	△	◎	◎	◎	○	○	○

Nota : 1) Les légendes indiquent ◎(moins de 1,0), ○(1,0 à 1,5), △(1,5 à 2,0), ▲(plus de 2,0)

2) La distance d'identification possible retenue est de 24,0 m du milieu de la voie jusqu'aux bâtiments. La distance, au delà de la largeur de 24 m, est considérée hors de l'étendue de pénétration de regard. Source Urban Design.

3) Pour les habitations concernées, en ce qui concerne le système aérien, les 1<sup>er</sup> et 2<sup>e</sup> étages sont considérés comme habitation visible, le rez de chaussée est le niveau visible d'un système au niveau du sol. La hauteur d'identification possible est de 8 m pour le système aérien et de 4 m pour le système au niveau du sol.

Tableau 9.3.13 Liaison avec les modes de transport existants

Solution	A							B					
	1	2	3	4	4'	5	6	1	1'	2	3	4	5
Nombre de gares de chemin de fer où les liaisons sont possibles	1	1	1	1	1	2	2	1	1	1	2	2	2
Appréciation	○	○	○	○	○	●	●	○	○	○	●	●	●
Nombre de terminus d'autobus où les liaisons sont possibles	7	7	7	7	7	8	9	3	3	3	6	6	6
Nombre d'arrivées et de départs d'autobus	2 256	2 256	2 256	2 256	2 256	2 957	2 957	1 147	1 147	1 147	2 123	2 123	2 123
Appréciation	○	○	○	○	○	●	●	△	△	△	○	○	○

Nota : Les légendes indiquent

Gare chemin de fer : ◎(plus de 2), ○(1), △(0)

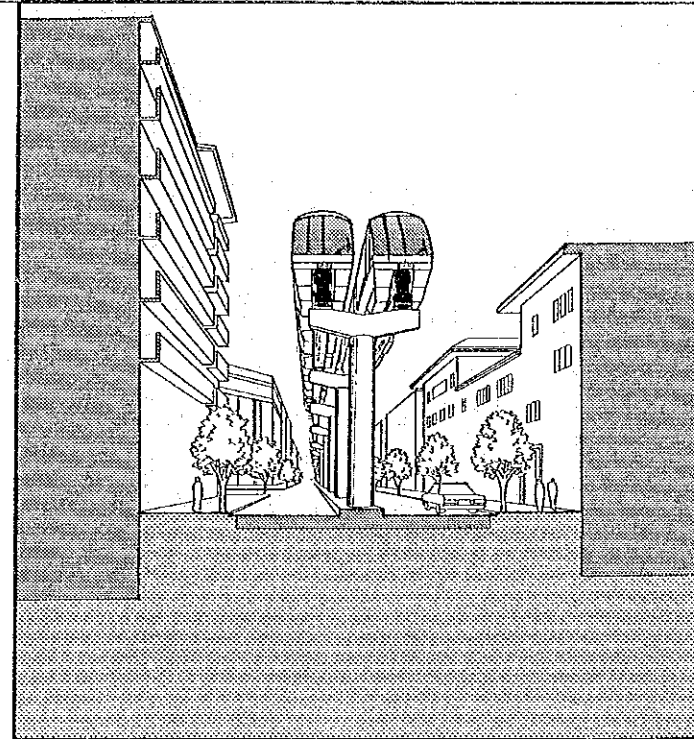
Nombre d'arrivées et de départs d'autobus : ◎(plus de 2 500), ○(1 500 à 2 500), △(500 à 1 500), ▲(moins de 500)

Tableau 9.3.14 Entrave à la circulation routière (degré d'encombrement moyen au km)

Solution	A							B					
	1	2	3	4	4'	5	6	1	1'	2	3	4	5
Longueur (km)	15,2	15,2	15,2	15,2	15,2	15,9	15,9	12,7	12,7	12,7	13,3	13,3	13,3
Degré d'encombrement du secteur $\Sigma$ x longueur du secteur	10,86	10,55	11,01	10,94	10,63	11,56	11,01	8,50	9,47	8,77	9,18	9,32	9,32
Degré d'encombrement moyen au km	0,71	0,69	0,72	0,72	0,70	0,72	0,69	0,67	0,75	0,69	0,69	0,70	0,70
Appréciation	○	⊙	○	○	●	○	⊙	⊙	○	⊙	⊙	⊙	⊙

- Nota: 1) Les symboles représentent ⊙(moins de 0,7), ○(0,7 à 0,8), △(0,8 à 0,9), ▲(plus de 0,9).  
 2) Le degré d'encombrement de secteur indique la valeur de l'affluence aux croisements principaux.  
 3) Le secteur souterrain représente le degré d'encombrement futur du niveau du sol.

**Fig. 9.3.1 Perspective**

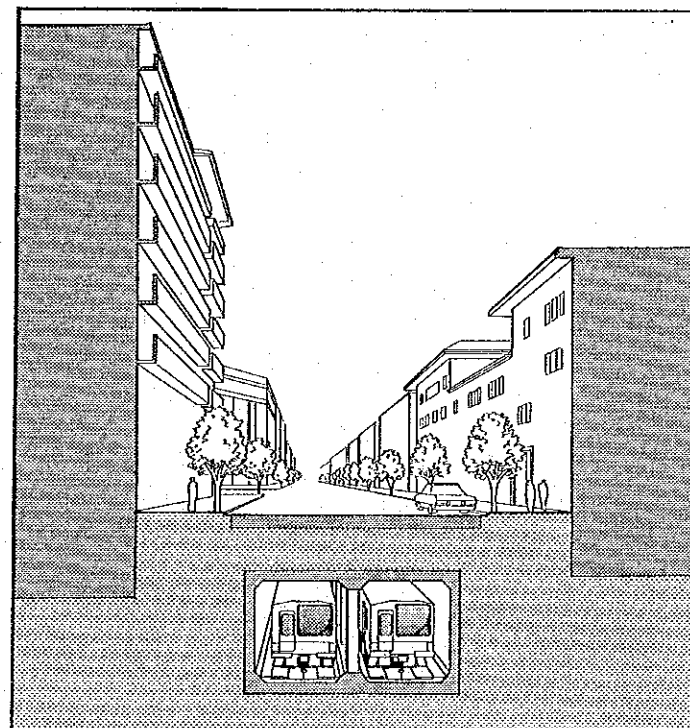


**Boulevard de Paris**

**Monorail**

**Aérien**

**A-1**

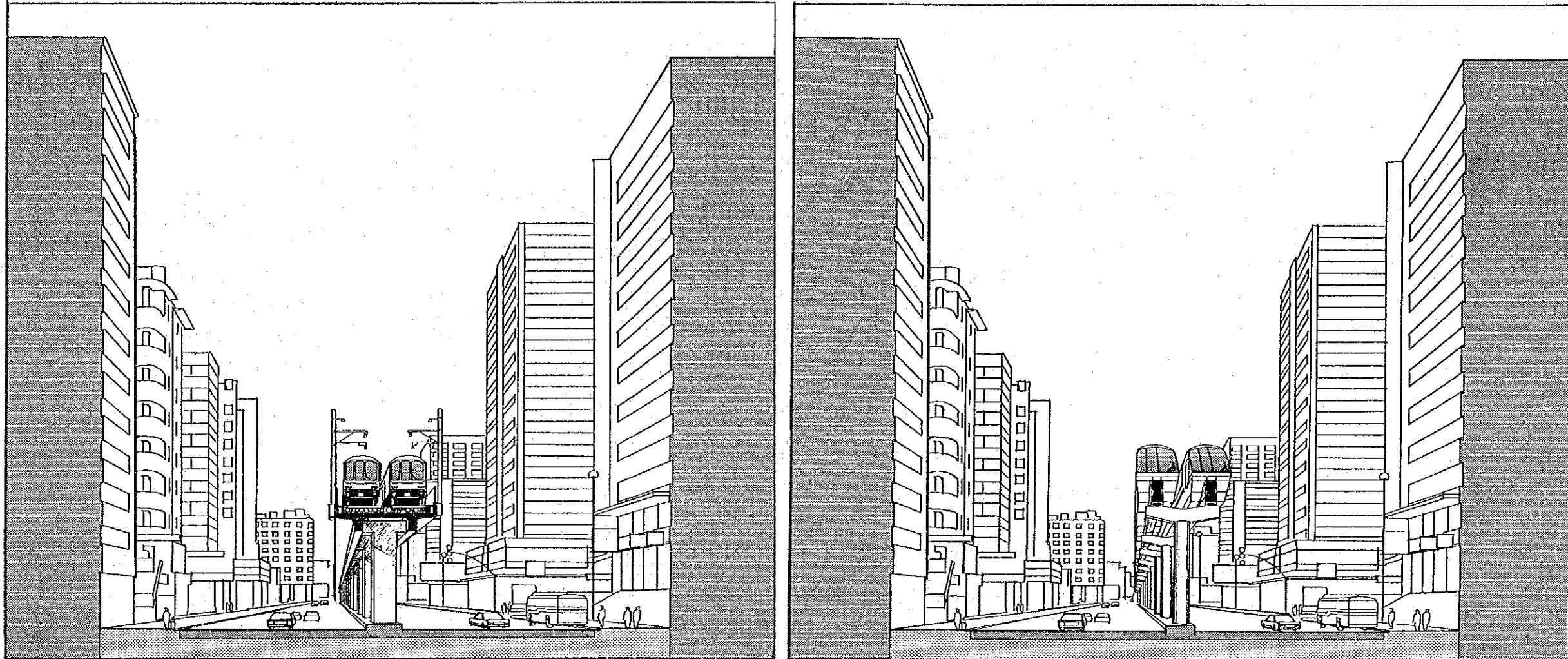


**Roues pneumatiques**

**Souterrain**

**A-3, A-4**

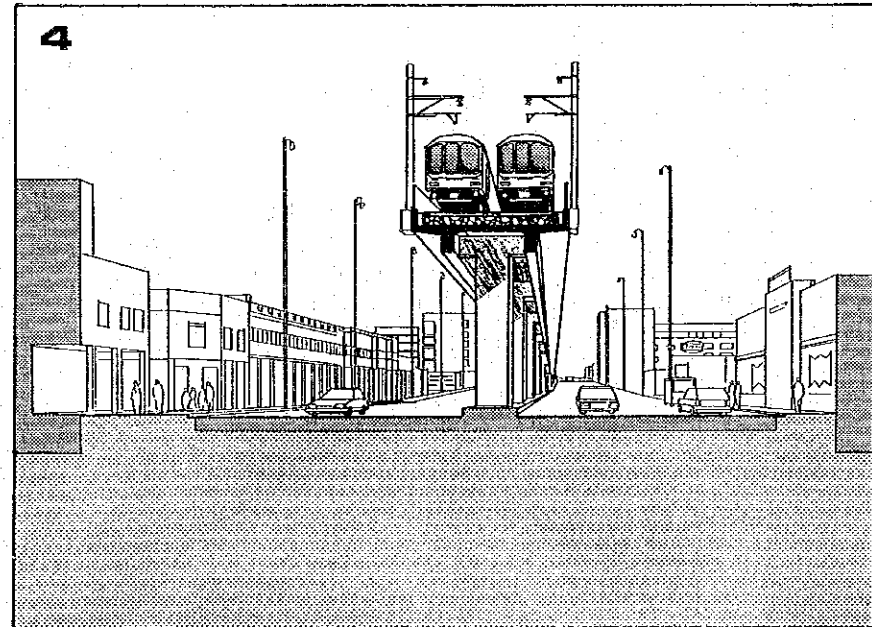
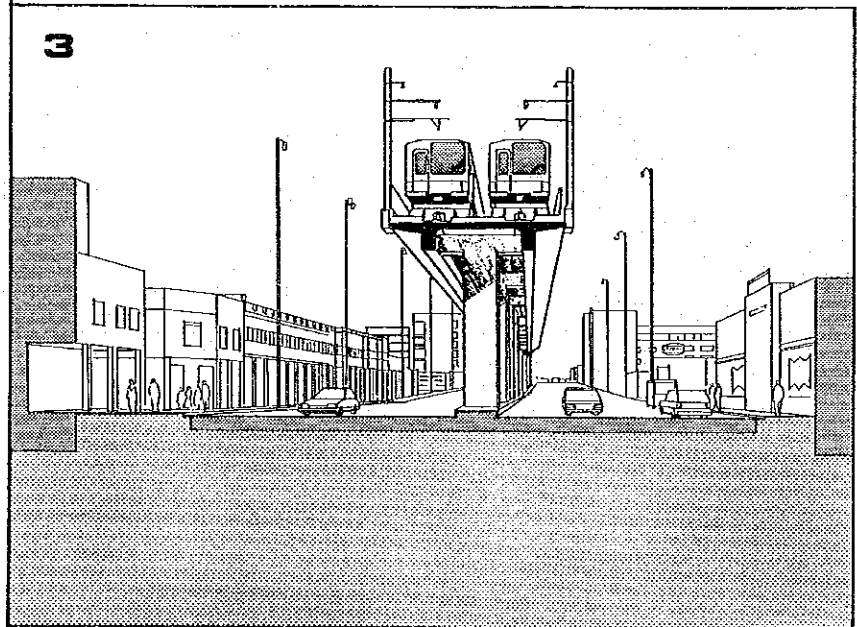
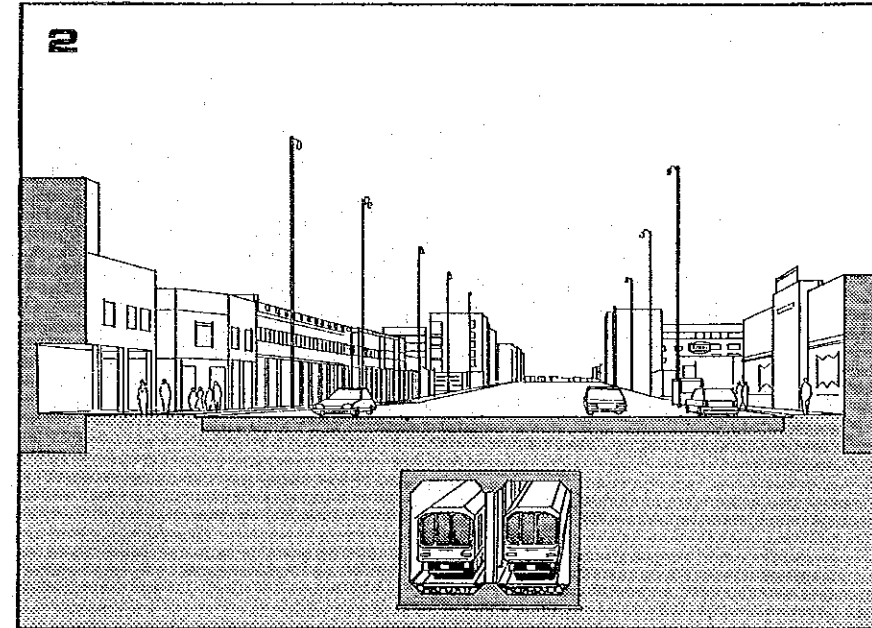
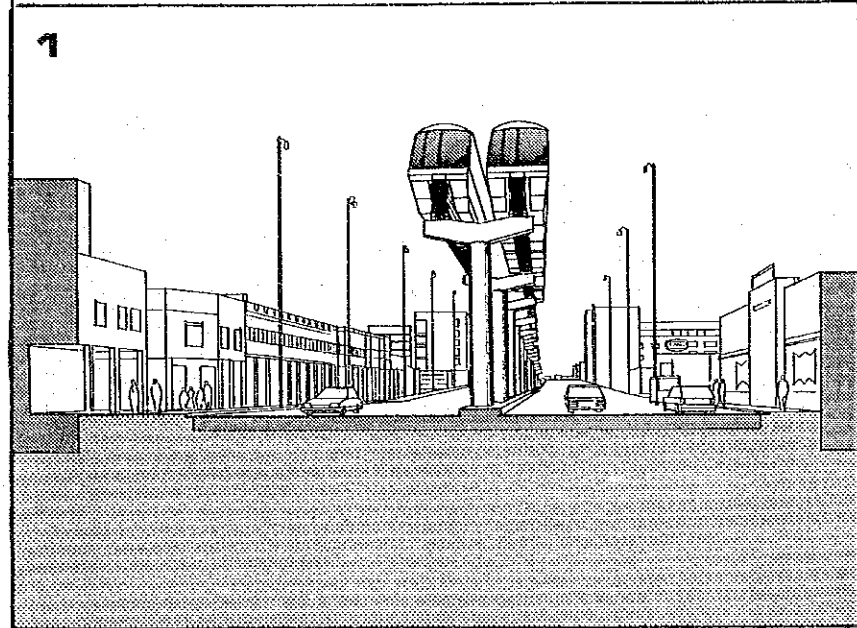
Avenue F. A. R.



<b>Roues métalliques</b>
<b>Aérien</b>
<b>A-5, B-5</b>

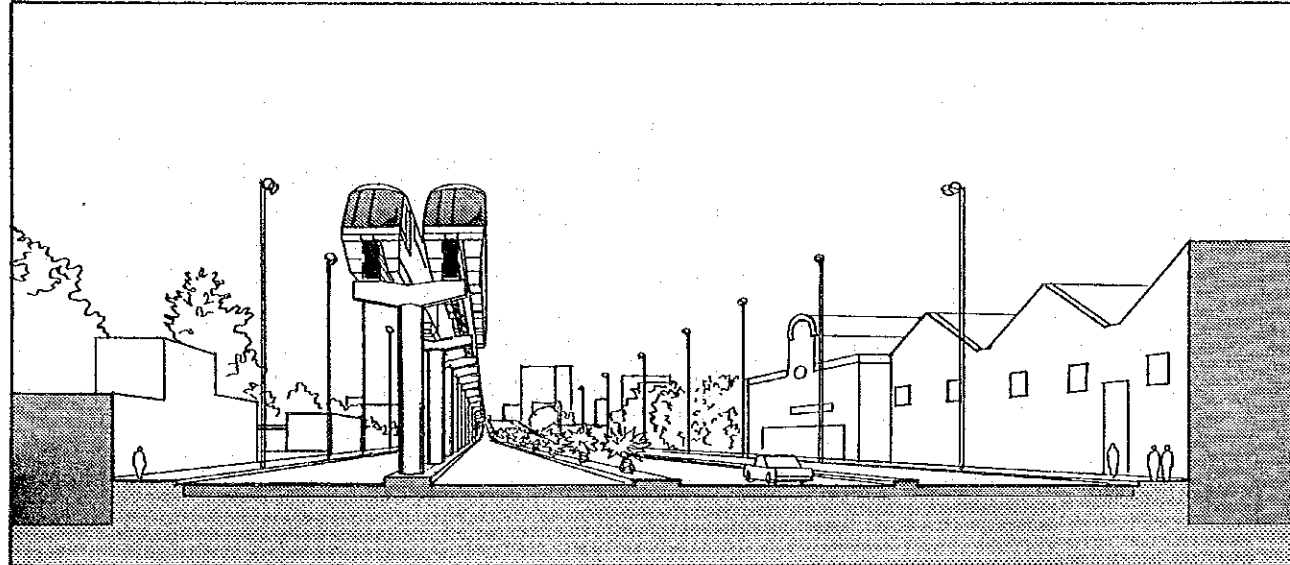
<b>Monorail</b>
<b>Aérien</b>
<b>A-6, B-3</b>

Route de Médiouna



<b>1</b>	Monorail
	Aérien
	A-1, A-2, A-6
<b>2</b>	Roues métalliques
	Souterrain
	A-4'
<b>3</b>	Roues pneumatiques
	Aérien
	A-3, A-4
<b>4</b>	Roues métalliques
	Aérien
	A-5

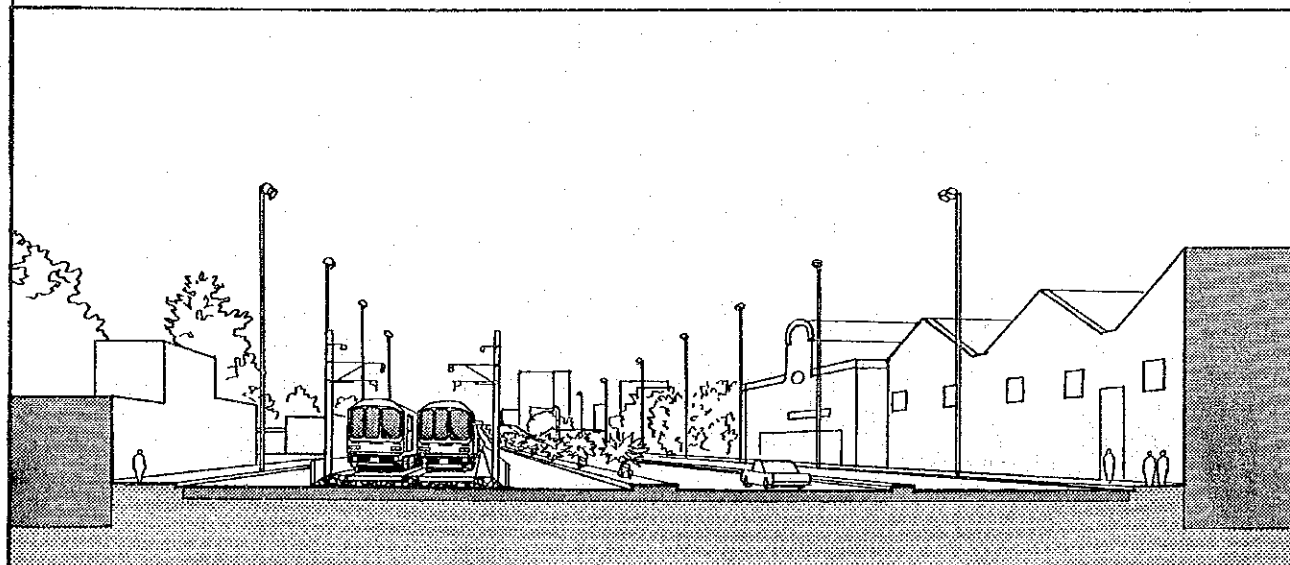
# Route des Ouled Ziane



Monorail

Aérien

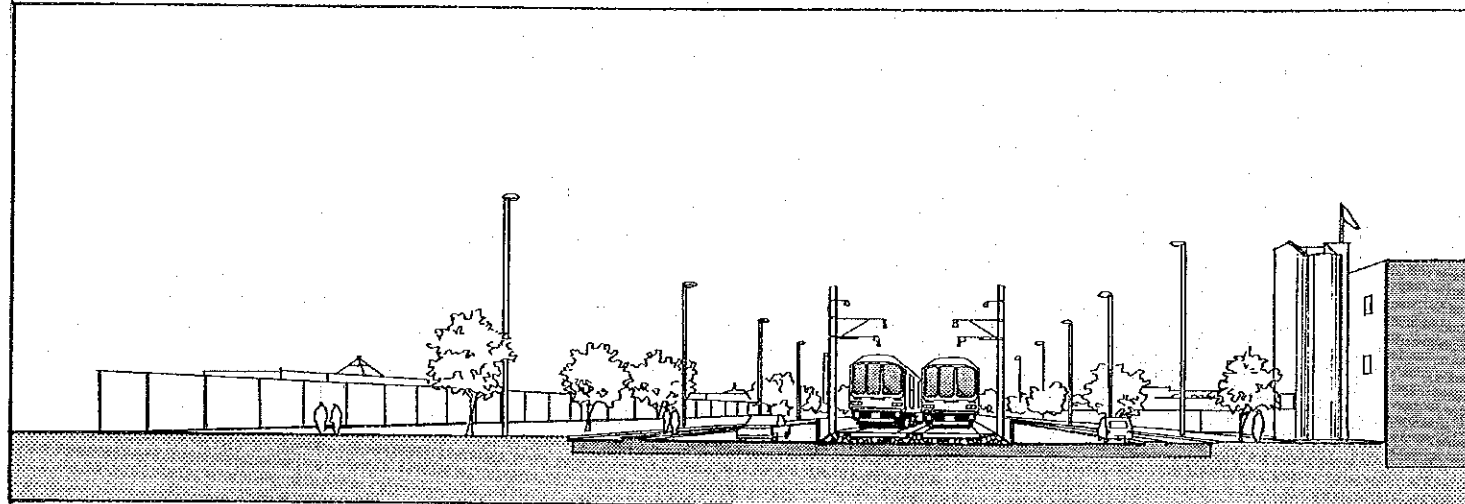
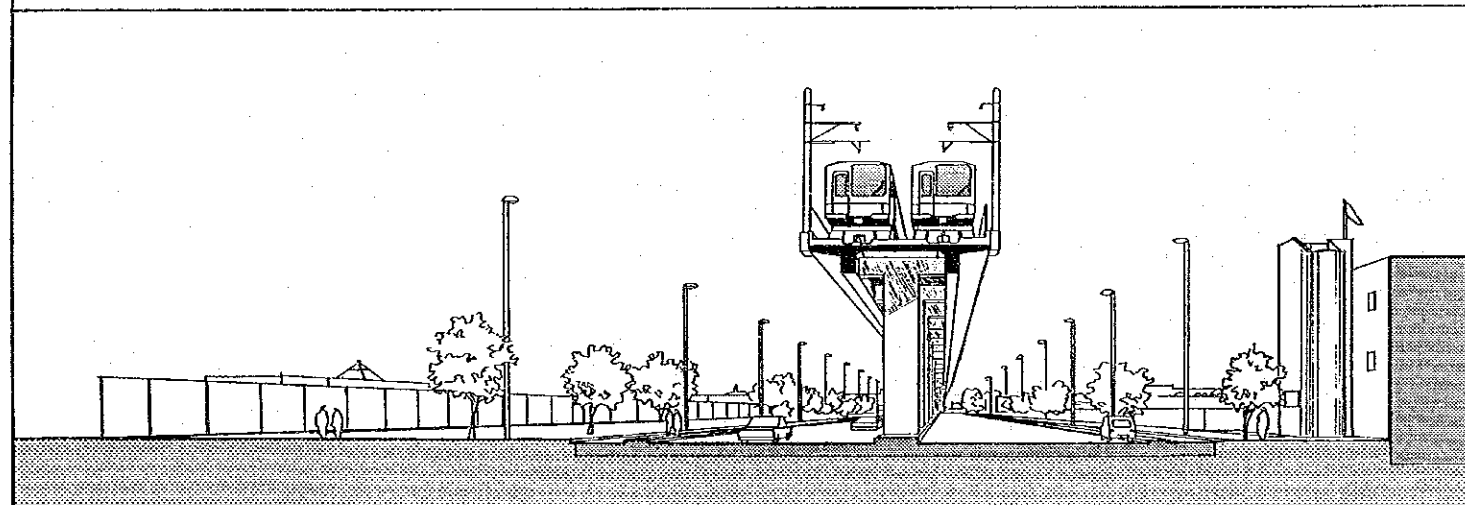
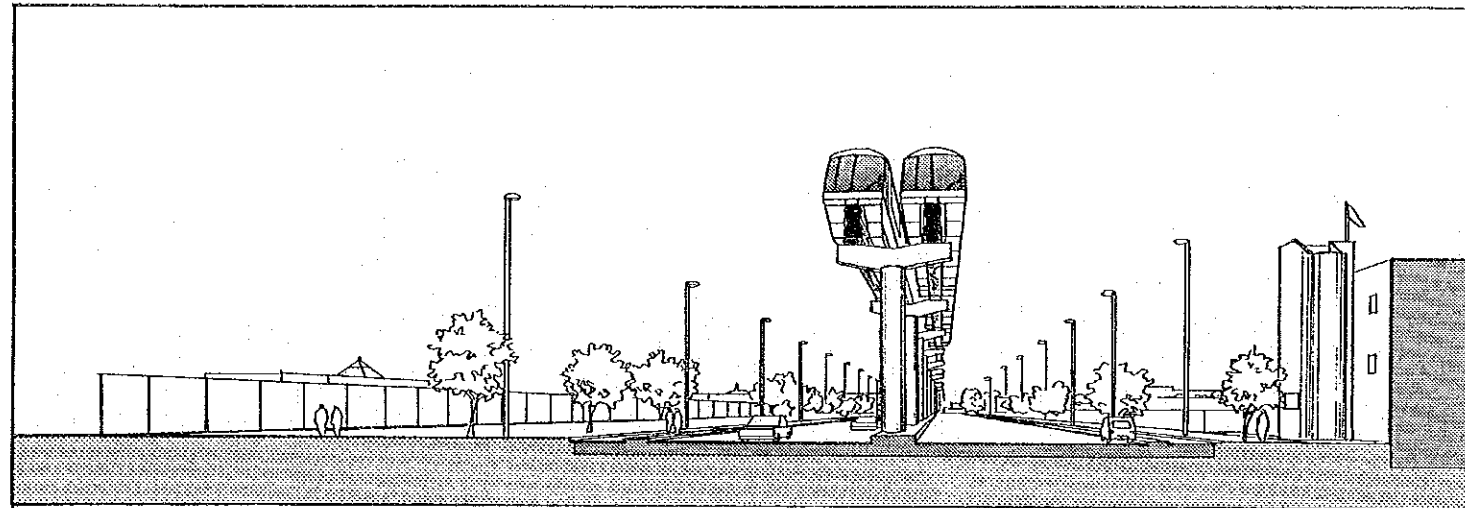
B-1, B-3



Roues métalliques

Au sol

B-1'



**Avenue Driss El Harti**

<b>Monorail</b>
<b>Aérien</b>
<b>A-1, A-2, A-6, B-1, B-3</b>

<b>Roues pneumatiques</b>
<b>Aérien</b>
<b>A-3, A-4, B-2, B-4</b>

<b>Roues métalliques</b>
<b>Au sol</b>
<b>A-4', B-1'</b>



CHAPITRE **10**  
PLAN DE CONSTRUCTION DES SOLUTIONS

## 10. PLAN DE CONSTRUCTION DES SOLUTIONS

Dans le cadre de l'étude détaillée nécessaire au choix de la solution optimale, chacune des 7 solutions sélectionnées au Chapitre 9 fera l'objet du planning relatif au transport et à l'équipement, celui-ci comprenant le génie civil, les stations, l'électricité, le matériel roulant et le garage-atelier, ainsi que du calcul des coûts de construction, ceux de gestion et d'exploitation.

L'étude portera par ailleurs sur le mode de correspondance avec Cité Jemaâ au Tracé "B" et les coûts du Tracé "A" dans le cas de prolongement du passage souterrain jusqu'à Dar Touzani.

### 10.1 Conditions de base du planning de construction

Le planning de construction est mené dans le souci de :

- (1) l'introduction en tous lieux des technologies les plus nouvelles, concrétisée par exemple dans l'équipement comportant un système de contrôle total du trafic.
- (2) la conception de l'équipement réalisable à un coût réduit, évitant dans la mesure du possible le recours à des matériaux coûteux.

Les conditions servant de base au calcul des frais sont les suivantes :

- (1) Les frais de construction comprennent les frais d'ingénierie.
- (2) Ils ne comprennent pas les fonds de réserve.
- (3) Ils ne comprennent pas les droits de douane ni les divers impôts et taxes nationaux.
- (4) Les frais de gestion et d'exploitation ne comprennent pas les impôts et taxes.

## 10.2 Plan de transport

### 10.2.1 Principes régissant le planning de transport

Le nouveau système de transport du Grand Casablanca doit être un moyen de transport en commun rapide satisfaisant l'exigence essentielle d'assurer le transport sûr, régulier et rapide.

Pour permettre le plein fonctionnement du système de transport en un tout organique, le planning s'étend non seulement à la détermination des installations de voie, équipements et matériel roulant, mais encore à l'institution d'un système de sécurité d'exploitation adapté à la ligne considérée, système sur lequel doit se baser le plan de transport.

Ces considérations conduiront à l'élaboration d'un plan d'exploitation des trains bien soigné de façon à répondre à la demande de transport. Pour faire assurer le transport efficace et stable par une ligne à trafic très dense, l'institution d'un système de sécurité moderne sera complétée par celle d'un système de contrôle total du trafic couvrant toute la ligne. Le planning visera en fin de compte au bon fonctionnement à présent et à l'avenir du système de transport du Grand Casablanca qui ne cesse pas de se développer.

Une étude minutieuse harmonisera ces systèmes homme-machine.

### 10.2.2 Détermination de la capacité de transport

La capacité de transport sera déterminée :

- (1) en posant le taux d'utilisation à environ 180 % à la section la plus utilisée aux heures de pointe en vue d'améliorer le rendement de transport.

NOTE : L'utilisation 100 % (places prescrites toutes occupées) correspond au cas où la surface de plancher occupée par usager des places debout serait de 0,35 m<sup>2</sup>.

(2) pour pouvoir faire face à l'accroissement de la demande de transport au delà de l'an 2005.

La capacité de transport étudiée sur la base de la prévision de demande est telle qu'indiquée sur la Fig. 10.2.1. Le Tableau 10.2.1 donne les nombres de trains prévus en rame de 4 voitures aux heures de pointe.

Année	1993	2005	
Tracé A :	12	14	trains/h (par sens)
Tracé B :	8	9	" (par sens)

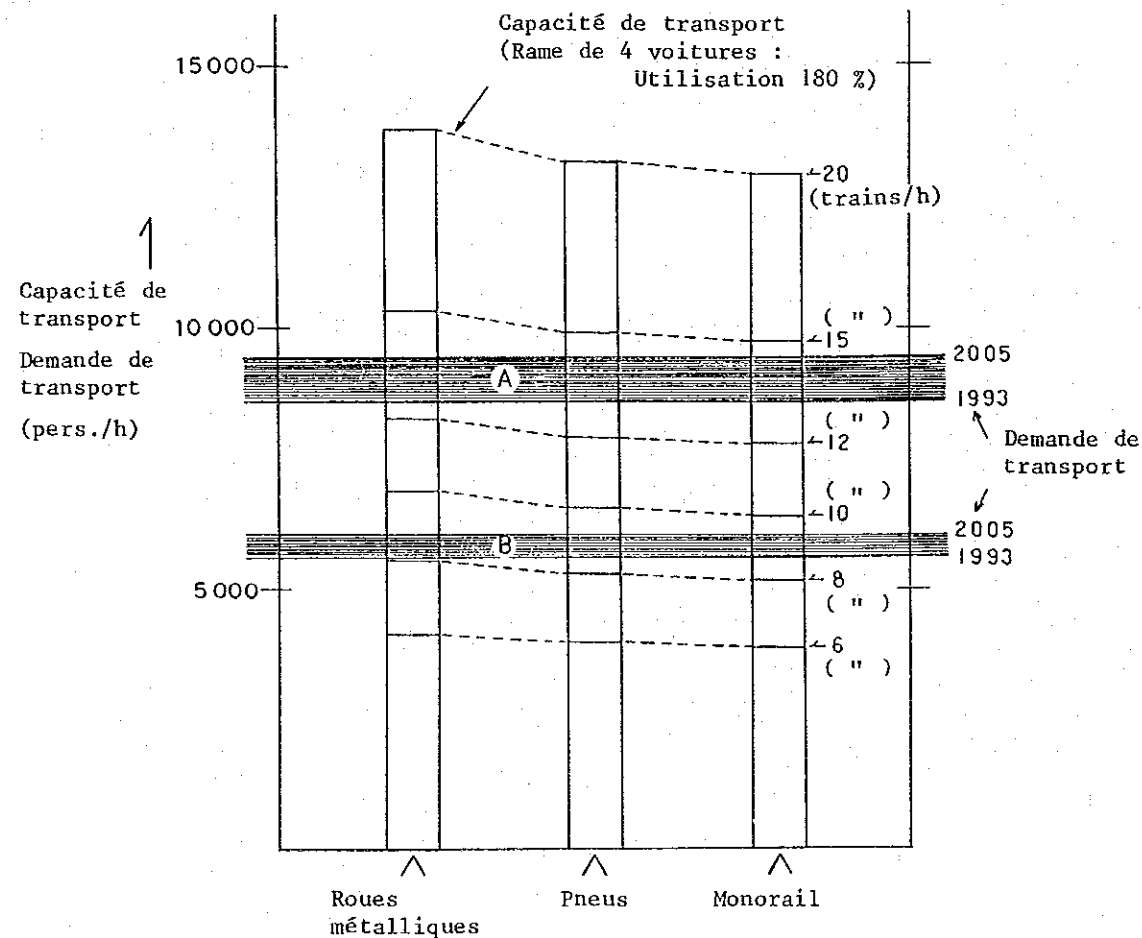


Fig. 10.2.1 Demande et capacité de transport (Utilisation 180 %)

Tableau 10.2.1 Etat de service des trains aux heures de pointe

Solution		A-2	A-4	A-4'	A-6	B-1	B-1'	B-5
Niveau de circulation		Souterrain/Aérien		Souterrain/Au sol/Aérien	Aérien	Souterrain/Aérien	Souterrain/Au sol/Aérien	Aérien
Système		Monorail	Pneus	Roues métalliques	Monorail		Roues métalliques	
1993	Trafic (pers./h)	8 590	8 590	8 590	8 390	5 610	5 610	5 610
	Nbr. de trains (trains/h)	13	13	12	13	8	8	8
	Nbr. de places (pers./h)	4 680	4 784	4 608	4 680	2 880	3 072	3 072
	Taux d'utilisation (%)	184	180	186	184	195	183	183
1995	Trafic (pers./h)	8 890	8 890	8 890	8 890	5 730	5 730	5 730
	Nbr. de trains (trains/h)	13	13	12	13	9	8	8
	Nbr. de places (pers./h)	4 680	4 784	4 608	4 680	3 240	3 072	3 072
	Taux d'utilisation (%)	190	186	193	190	177	187	187
2000	Trafic (pers./h)	9 150	9 150	9 150	9 150	5 900	5 900	5 900
	Nbr. de trains (trains/h)	13	13	13	13	9	8	8
	Nbr. de places (pers./h)	4 680	4 784	4 992	4 680	3 240	3 072	3 072
	Taux d'utilisation (%)	195	191	183	195	182	192	192
2005	Trafic (pers./h)	9 420	9 420	9 420	9 420	6 030	6 030	6 030
	Nbr. de trains (trains/h)	14	14	14	14	9	9	9
	Nbr. de places (pers./h)	5 040	5 152	5 376	5 040	3 240	3 456	3 456
	Taux d'utilisation (%)	187	183	175	187	186	175	175

NOTES : 1. Les heures de pointe sont fixées de 7 à 8 heures du matin.

2. La section la plus utilisée se situe entre les stations nos. 11 et 12 pour le Tracé A et entre les stations nos. 7 et 8 pour le Tracé B.

### 10.2.3 Plan d'exploitation des trains

Le planning d'exploitation des trains présuppose les conditions suivantes :

- 1 - Trafic ----- d'après le Chapitre 5.
  - 2 - Conditions de la ligne :  
Positions des stations, pentes, courbes, etc.  
----- d'après le Chapitre 8.
  - 3 - Performances du matériel roulant :  
Nombre de places, performance de fonctionnement, etc.  
----- d'après le Chapitre 7.
  - 4 - Système de sécurité d'exploitation :  
Système de block, limitation de vitesse, etc.  
---- d'après le paragraphe 10.2.4.
- Toutefois, eu égard aux intempéries, la décélération retenue sera de 0,5 km/h/s moins que la valeur déterminée.

De ces présuppositions partira le calcul du temps de parcours par système de fonctionnement, sur la base de laquelle le plan d'exploitation des trains sera élaboré compte tenu de l'utilisation du matériel roulant.

#### (1) Calcul du temps de parcours

Le temps de parcours standard sera calculé d'après une courbe de marche comme montrée sur la Fig. 10.2.2.

Le Tableau 10.2.2 donne les résultats de l'étude, notamment le temps de parcours par solution. Là, le temps d'arrêt à chaque station a été fixé à une valeur standard de 30 secondes.

### (2) Plan d'exploitation des trains

Le plan d'exploitation des trains assurant la capacité requise de transport est élaboré d'après le nombre de trains à mobiliser, calculé par bande d'heures, et un graphique de marche des trains, établi compte tenu de l'utilisation du matériel roulant.

A la bande de 5 heures du matin qui n'a pratiquement pas de trafic, deux trains, l'un montant et l'autre descendant, sont affectés pour fournir des facilités aux usagers et au personnel roulant.

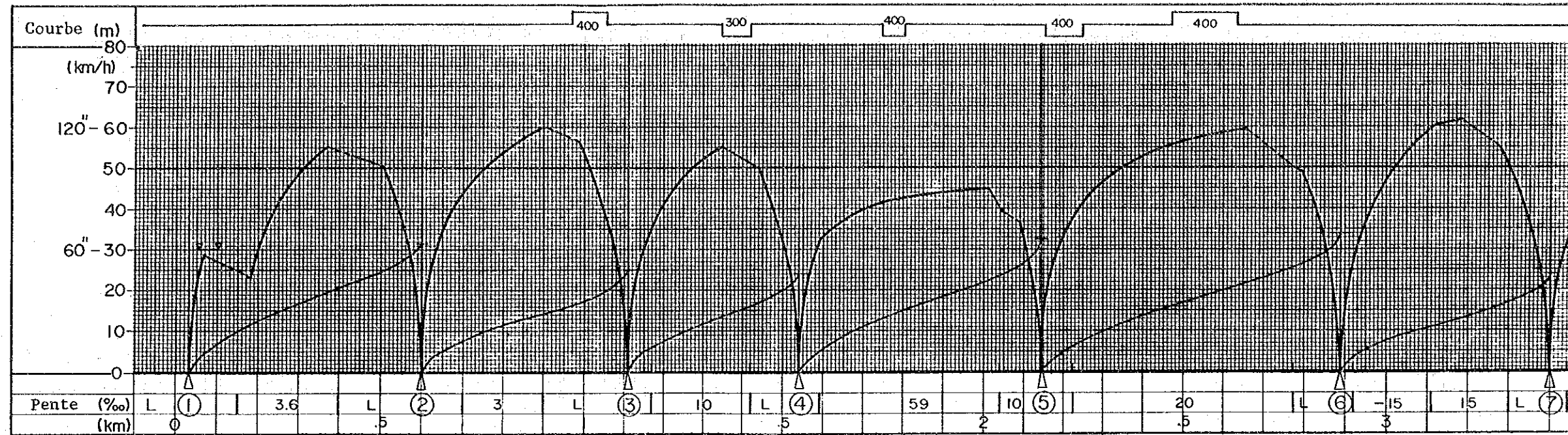
Des exemples du nombre de trains à mettre en service et du graphique de marche des trains sont donnés aux Figs. 10.2.3, 10.2.4 et 10.2.5.

Dans le cadre du planning d'exploitation des trains, il convient d'étudier la disposition des voies notamment aux terminus et la possibilité de laisser l'intervalle de service nécessaire.

Tableau 10.2.2 Temps de parcours par solution

Solution \ Facteurs		Kilomètre exploité (km)	Nbr. de stations	Temps de parcours (minutes : secondes)		Vitesse commerciale en descendant (km/h)
				Descendant	Montant	
A-2	Monorail	14,2	18	29:30	29:00	28,9
A-4	Pneus	14,2	18	30:00	29:30	28,4
A-4'	Roues métalliques	14,2	17	30:00	29:30	28,4
A-6	Monorail	15,0	18	30:30	30:00	29,5
B-1	Monorail	12,0	16	26:00	25:30	27,7
B-1'	Roues métalliques	12,0	17	28:00	27:00	25,7
B-5	Roues métalliques	12,5	17	29:00	28:30	25,9

A-2 Monorail (Train descendant 1)



B-1 Monorail (Train descendant 1)

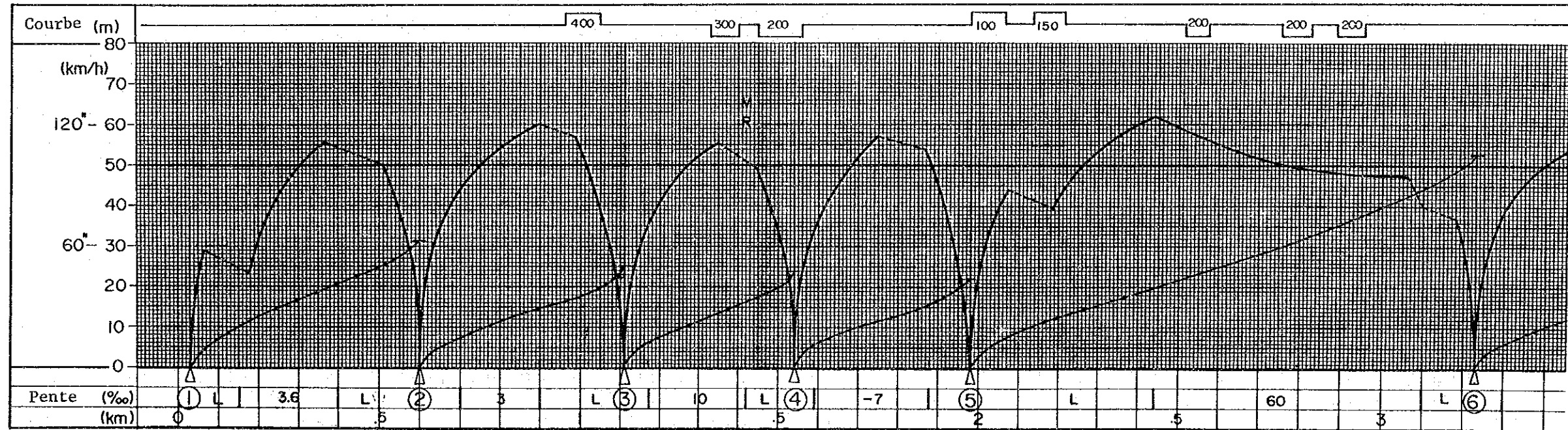
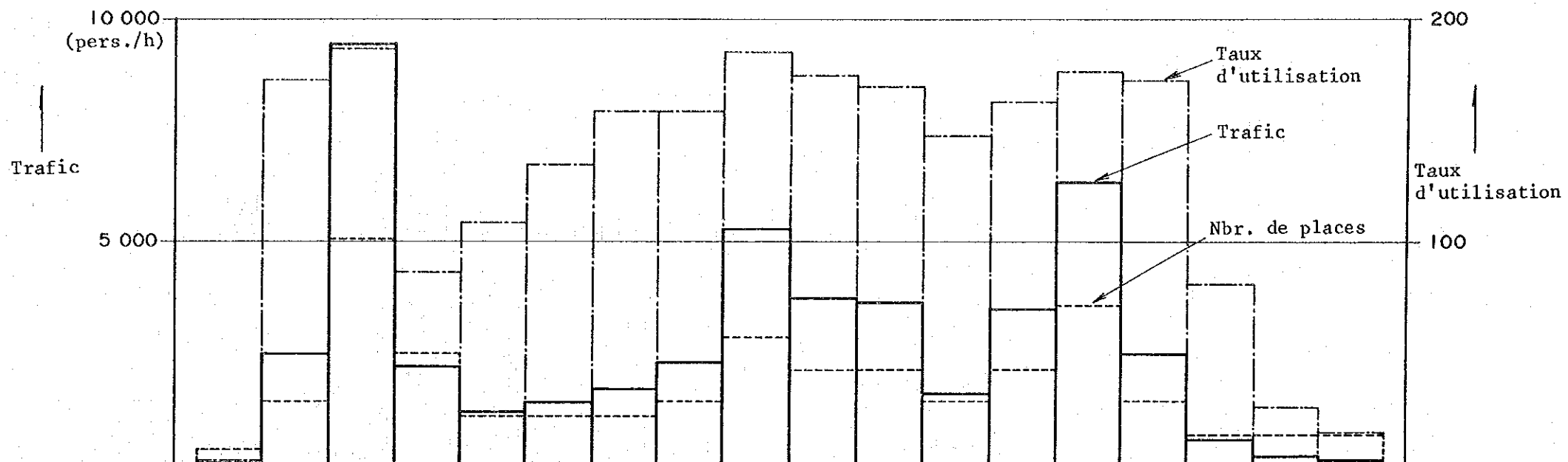


Fig. 10.2.2 Exemple de la courbe de marche



Année	Item	Heure																			
		5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	
1993	A Trafic (pers./h)	0	2 292	8 591	1 993	1 069	1 324	1 547	2 061	4 849	3 441	3 334	1 454	3 146	5 688	2 234	527	164	91	156 (78x2)	
	B Nbr. de trains (trains/h)	1	4	13	6	3	3	3	3	7	5	5	3	5	8	4	2	2	1		
	C Nbr. de places (pers./h)	360	1 440	4 680	2 160	1 080	1 080	1 080	1 080	2 520	1 800	1 800	1 080	1 800	2 880	1 440	720	720	360		
	D Taux d'utilisation (%)	0	159	184	92	99	123	143	191	192	191	185	135	175	198	155	73	23	25		
1995	A	0	2 370	8 893	2 060	1 107	1 371	1 608	2 143	5 031	3 561	3 455	1 508	3 275	5 922	2 326	549	171	95	164 (82x2)	
	B	1	4	13	6	3	3	3	4	8	6	5	3	5	9	4	2	2	1		
	C	360	1 440	4 680	2 160	1 080	1 080	1 080	1 440	2 880	2 160	1 800	1 080	1 800	3 240	1 440	720	720	360		
	D	0	165	190	95	103	127	149	149	175	165	192	140	182	183	162	76	24	26		
2000	A	0	2 429	9 151	2 121	1 145	1 413	1 661	2 220	5 195	3 661	3 562	1 553	3 390	6 147	2 409	569	177	98	166 (83x2)	
	B	1	4	13	6	3	3	3	4	8	6	6	3	5	9	4	2	2	1		
	C	360	1 440	4 680	2 160	1 080	1 080	1 080	1 440	2 880	2 160	2 160	1 080	1 800	3 240	1 440	720	720	360		
	D	0	169	195	98	106	131	154	154	180	169	165	144	188	189	167	79	25	27		
2005	A	0	2 496	9 419	2 181	1 173	1 456	1 716	2 292	5 358	3 770	3 670	1 602	3 511	6 369	2 497	587	184	98	178 (89x2)	
	B	1	4	14	7	3	3	3	4	8	6	6	4	6	10	4	2	2	2		
	C	360	1 440	5 040	2 520	1 080	1 080	1 080	1 440	2 880	2 160	2 160	1 440	2 160	3 600	1 440	720	720	720		
	D	0	173	187	87	109	135	159	159	186	175	170	148	163	177	173	82	26	14		

Fig. 10.2.3 Plan d'exploitation des trains par bande d'heures (Tracé A : Monorail)

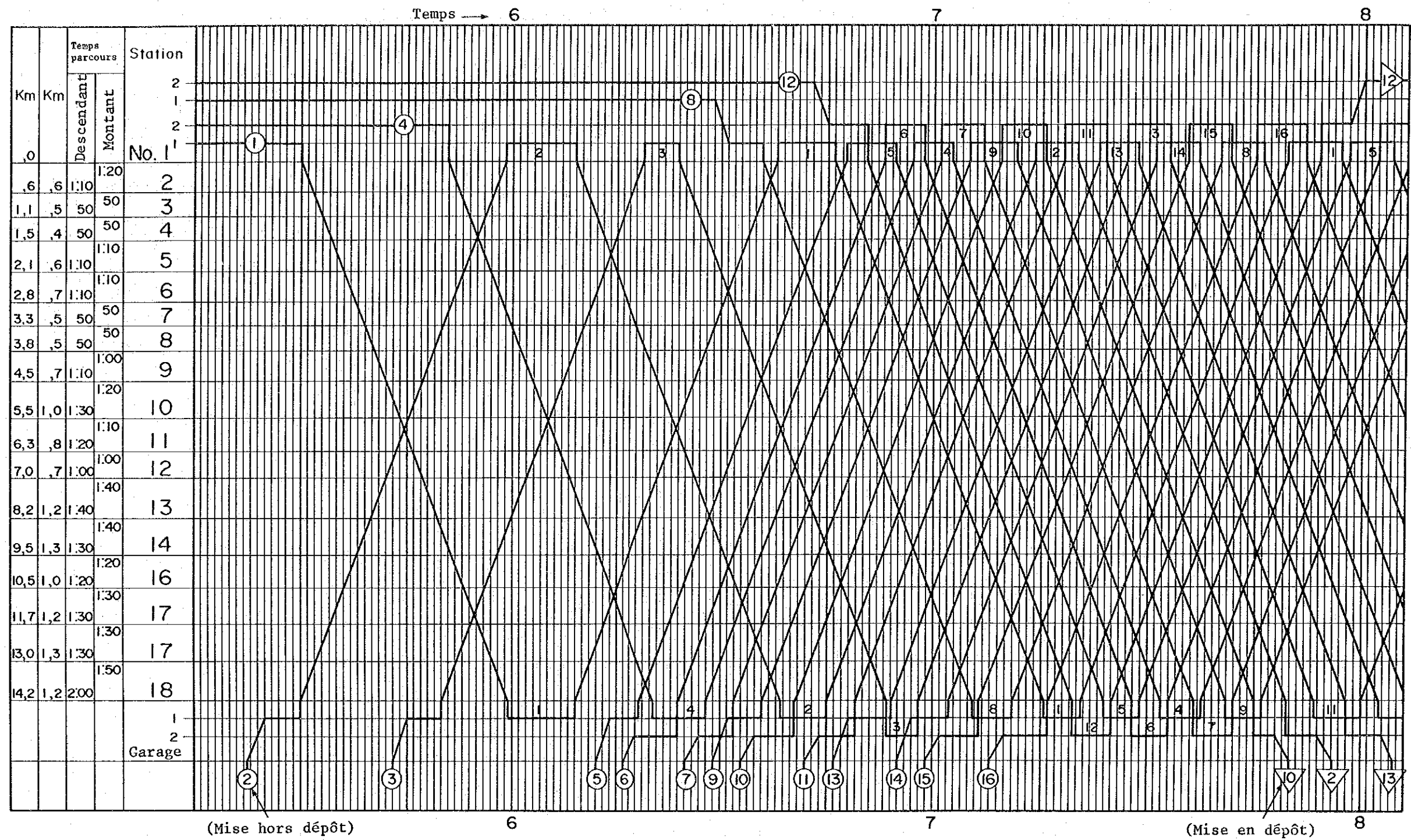


Fig. 10.2.4 Graphique de marche des trains (A-2, Monorail, 2005)

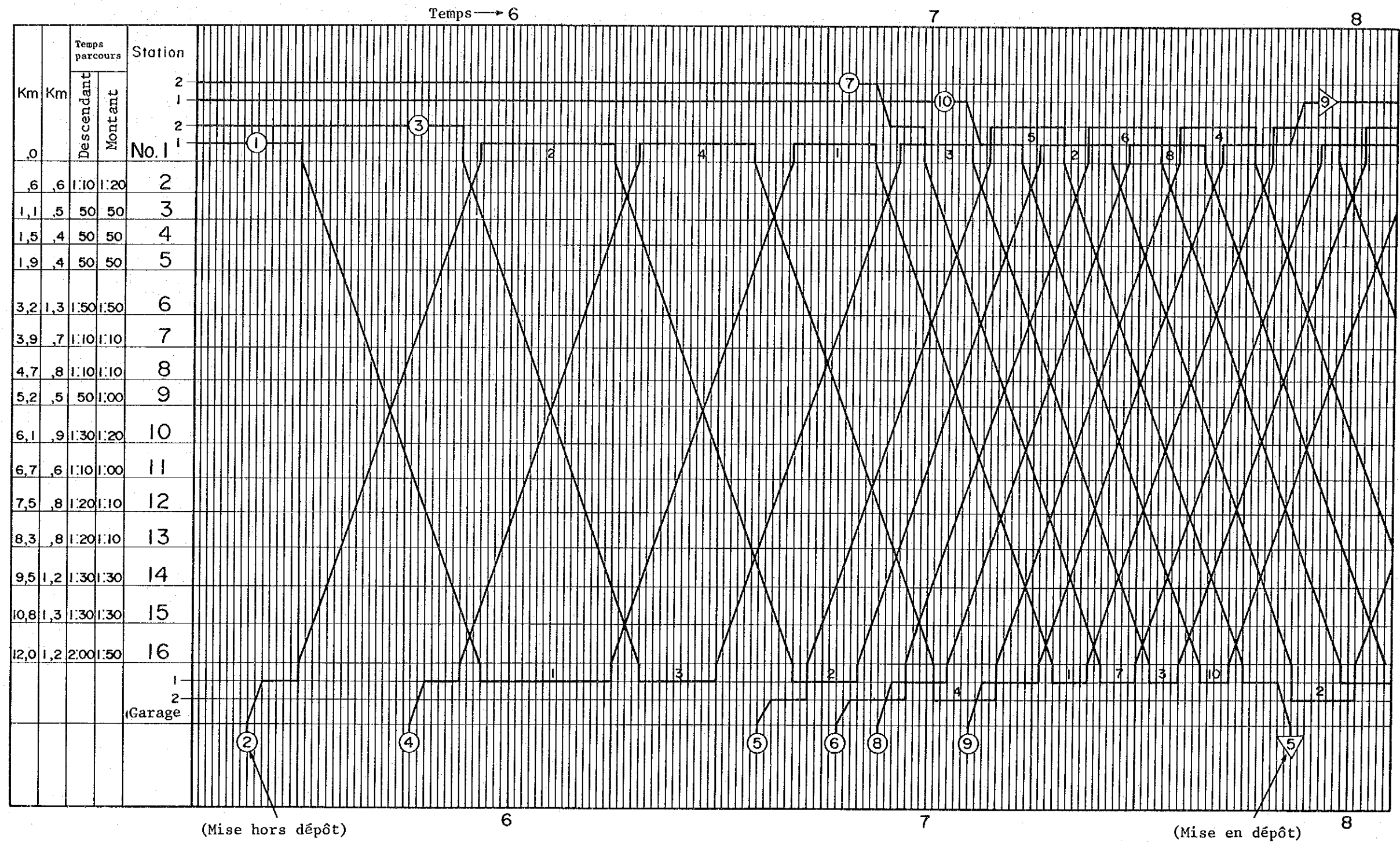


Fig. 10.2.5 Graphique de marche des trains (B-1, Monorail, 2005)



(a) Disposition des voies de station

Comme l'exemple de graphique permet de le constater, les stations de terminus doivent assurer le départ/arrivée simultanée en deux sens. Pour élever le taux d'utilisation du matériel roulant et compte tenu du séjour de celui-ci, la station n° 1 aura la disposition des voies telle que montrée à la Fig. 10.2.6. Une communication sera prévue à la station n° 12 pour faire face au rebroussement à mi-chemin en cas d'urgence.

(b) Intervalle de service minimal

Les trains font la navette entre les terminus, d'où la difficulté de garder l'intervalle de service nécessaire.

L'étude de l'intervalle de rebroussement à la station n° 1 a donné les résultats représentés graphiquement sur la Fig. 10.2.7 qui démontre que le plan laisse une marge suffisante pour recevoir même des trains de 6 voitures au futur et qu'il n'y a donc pas de problème à ce point de vue.

(3) Etude du nombre requis de matériels roulants

Dans le cadre du planning d'exploitation des trains, le nombre requis de matériels roulants est déterminé par le graphique de marche des trains retenu pour les heures de points.

Les résultats de l'étude sont donnés à la Fig. 10.2.8.

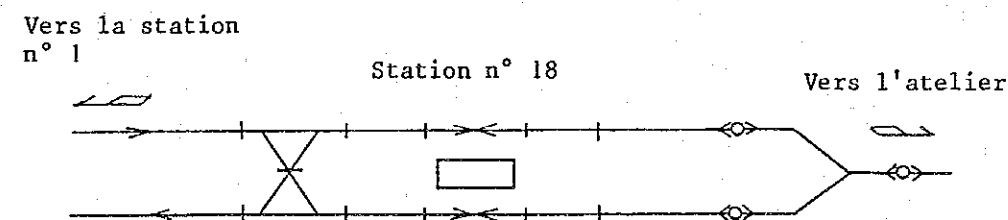
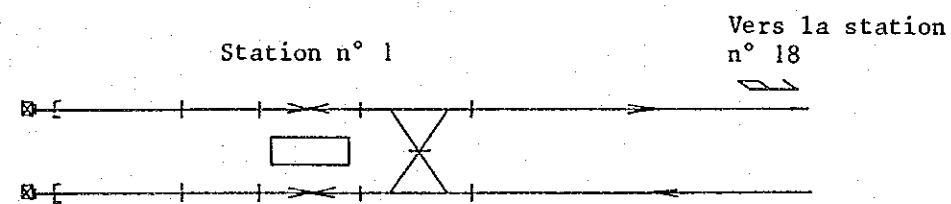
Un convoi (8 matériels) chacun sera mis en réserve d'exploitation et de visite/réparation.

10.2.4 Système de sécurité d'exploitation

Les principes régissant le planning de transport ont conduit au système de sécurité d'exploitation indiqué par type de train au Tableau 10.2.3.

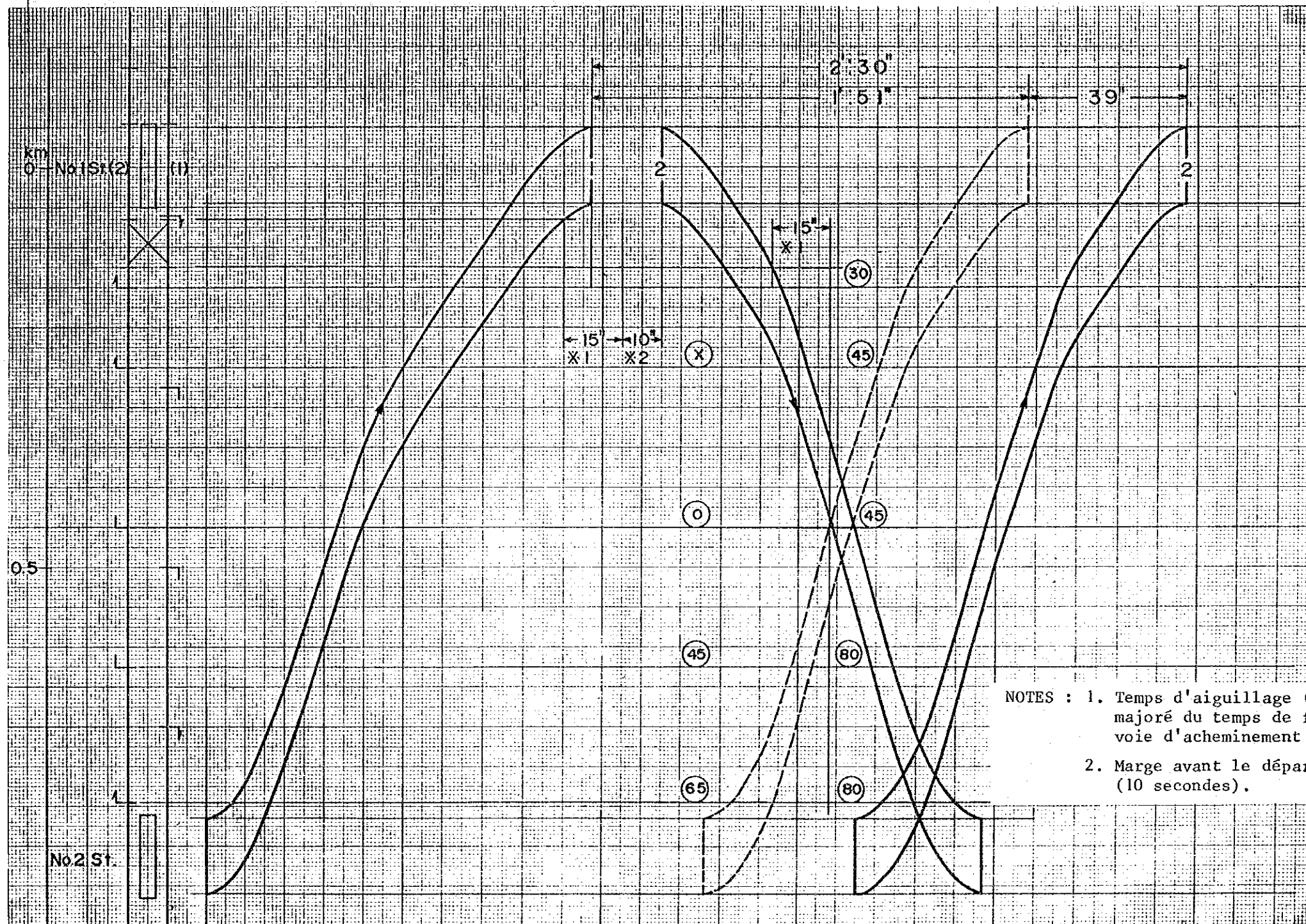
Tableau 10.2.3 Système de sécurité d'exploitation

Type de train / Système constitutif	Roues métalliques	Pneus/Monorail
Bloc	Automatique	"Check-in Check-out"
Signalisation	Au sol	En cabine
Vitesses indiquées par les signaux	80 - 65 - 45 - 30 km/h et arrêt	
Enclenchement	Relais électrique à commande en unités multiples et enclenchement électronique	
Sécurité de marche des trains	ATS (Arrêt automatique des trains)	



Légende ><; Voie de départ/arrivée <-o>; Voie de mise en et hors dépôt

Fig. 10.2.6 Disposition des voies aux stations principales



NOTES : 1. Temps d'aiguillage (10 secondes) majoré du temps de formation de la voie d'acheminement (5 secondes).  
 2. Marge avant le départ des trains (10 secondes).

Fig. 10.2.7 Intervalle de rebroussement à la station n° 1 (A-6, Monorail)

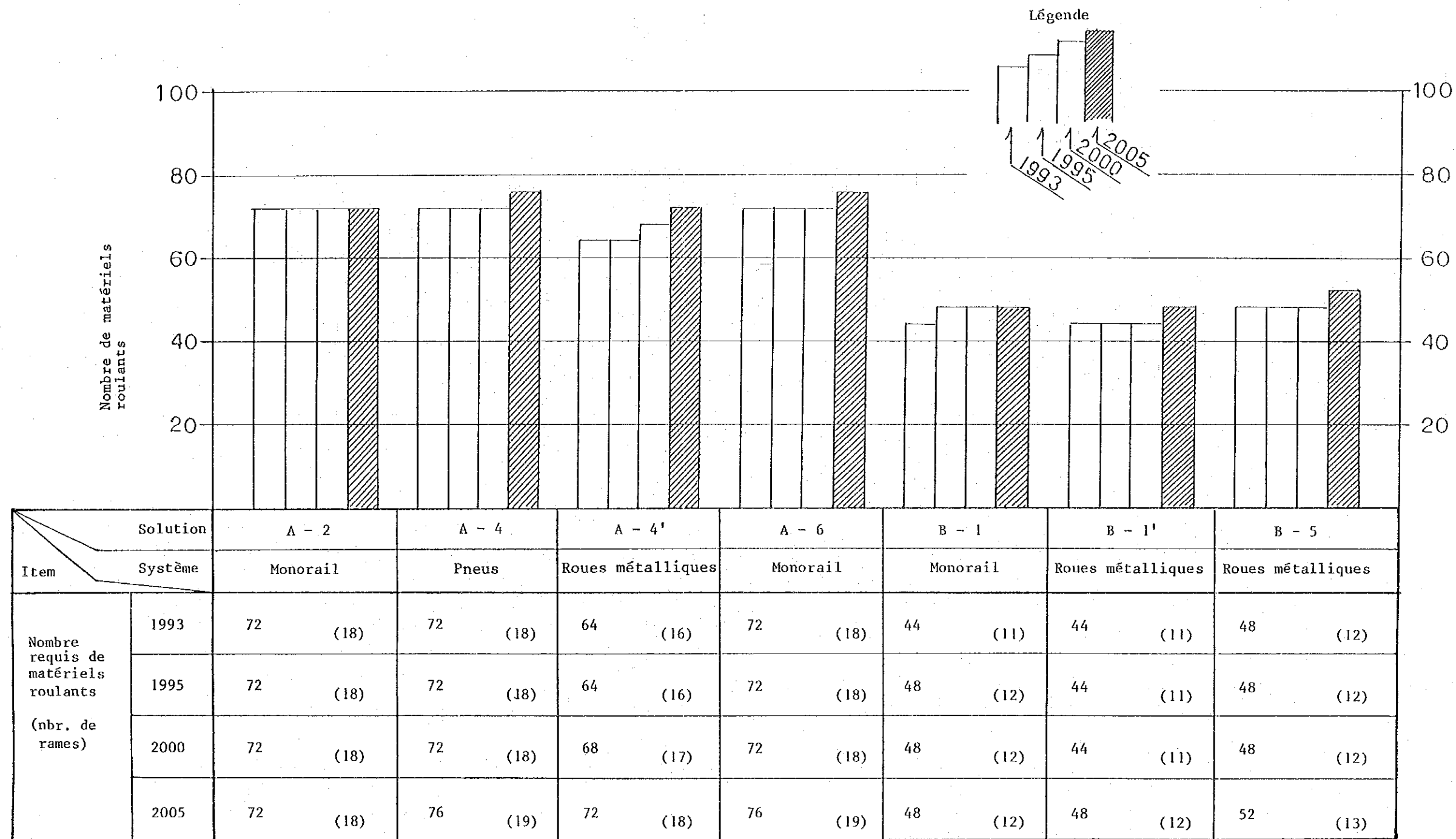


Fig. 10.2.8. Nombre requis de matériels roulants (par solution par année)

## (1) Système de bloc

Les systèmes de bloc peuvent être divisés grosso-modo en les types automatique et non-automatique.

Pour la ligne considérée sera retenu un système de bloc automatique qui offre une meilleure sûreté.

Le système de bloc automatique varie selon le type de train utilisé. Pour le chemin de fer à roues métalliques, le système fonctionnera suivant la détection des trains faite par un rail constituant le circuit de voie.

Le chemin de fer sur pneumatique et le monorail sur poutre seront pourvus d'un système "Check-in Check-out" à bobine bouclée.

### 1) Système de bloc automatique

La ligne de circulation des trains à l'intérieur et à l'extérieur des stations est divisée en cantons munis chacun d'un circuit de voie pour que l'appareil de signalisation placé en tête de canton donne automatiquement des signaux.

### 2) Système "Check-in Check-out"

De même que le susdit, le bloc est assuré automatiquement par les trains eux-mêmes. La différence réside dans la détection de position des trains dont ce système détecte l'entrée/sortie de chaque canton en tête et queue de ce dernier.

Deux types de bobine bouclée de détection des trains sont placés à la limite de deux cantons. Ils détectent l'onde électromagnétique transmise par les trains et vérifient leur entrée et sortie du canton pour donner enfin, par l'intermédiaire du système de signalisation, les indications concernant la circulation des autres trains.

Les cantons comptent "1" par l'entrée d'un train et "0" par la sortie.

Le comptage des trains peut aller jusqu'à "2" pour parer à la circulation sans cantonnement en cas de défaillance.

### 3) Disposition des cantons

Avec tout système de bloc, l'ensemble de la ligne, en dedans et en dehors des stations, est divisé, compte tenu de l'intervalle de service et de l'indication de signaux, en cantons successifs ayant une longueur nécessaire.

## (2) Système de signalisation

Les systèmes de signalisation se divisent grosso-modo en les types au sol et en cabine. Du point de vue du contrôle de vitesse, les signalisations sont soit des voies soit des vitesses.

Le souci du rendement économique a fait choisir la "signalisation au sol et en route" pour le chemin de fer à roues métalliques et la "signalisation en cabine et de la vitesse" pour le chemin de fer sur pneumatique et le monorail sur poutre.

### 1) Signalisation pour le chemin de fer à roues métalliques

Au sol au moyen des signaux suivants :

o Signaux :

Signaux d'entrée, de départ, de bloc, intermédiaire, de manoeuvre, etc.

o Tableaux indicateurs, pancartes, repères, etc. :

Limitation de vitesse, etc.

### 2) Signalisation pour le chemin de fer sur pneumatique et le monorail sur poutre

En cabine, complétée par des signaux au sol pour la circulation en station et autres.

o Signaux en cabine :

Directions d'entrée, de départ et de bloc.

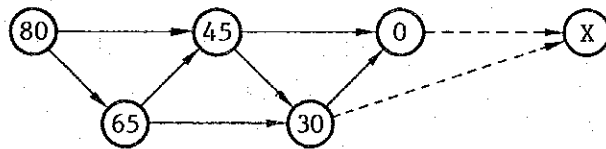
o Signaux, T.I., pancartes et repères au sol :

Signal de manoeuvre et limitation de vitesse.

#### Vitesses indiquées et séries d'indication

Les vitesses indiquées sont déterminées en fonction du système de signalisation utilisé, des performances du matériel roulant et des différentes vitesses limites.

Sans distinction du système de bloc utilisé, soit automatique soit "Check-in Check-out", les vitesses indiquées sont fixées aux valeurs standard de 80 km/h (vitesse maximale), 45 km/h (vitesse intermédiaire) et 0 km/h (arrêt) auxquelles s'ajoutent au besoin les 65 km/h et 30 km/h comme le montre la Fig. 10.2.9.



NOTES : (X) représente le cas des signaux en cabine.

Fig. 10.2.9 Vitesses indiquées et séries d'indication

#### (3) Système d'enclenchement

Parmi les différents systèmes d'enclenchement existants, celui retenu est "à commande en unités multiples". Les paramètres décisifs de ce choix sont la fiabilité et la rapidité que doit assurer la ligne à trafic très dense, ainsi que le CTC (commande centralisée) prévu pour cette dernière.

Le système adopté pour les stations est l'"enclenchement à relais électrique à commande en unités multiples", utilisé normalement aux autres lignes principales. Il sera complété par l'"enclenchement

automatique" pour les terminus où l'arrivée et le départ sont effectués alternativement sur les deux voies, à de brefs intervalles aux heures de pointe.

L'"enclenchement électronique" est prévu pour l'atelier dont les éléments spécifiques pris en considération sont le grand nombre de voies, l'utilisation et gestion complexes du matériel roulant, la globalité et la compatibilité avec les différentes mesures de modernisation.

#### (4) Système de sécurité de marche des trains

Les systèmes de bloc, de signalisation et d'enclenchement constituent la base du système de sécurité d'exploitation. La base établie, il est maintenant indispensable de prendre les mesures de protection contre les fausses manoeuvres par le personnel roulant, en particulier par le conducteur chargé directement de la commande des trains, parce qu'elles peuvent entraîner de graves accidents ferroviaires.

Il existe 2 systèmes de protection différents :

ATS (Arrêt automatique des trains) :

commande l'arrêt automatiquement.

ATC (Contrôle automatique des trains) :

commande également le ralentissement.

NOTE : L'ATO (Exploitation automatique des trains) assure, outre les susdits, la commande d'accélération et d'autres fonctions.

L'ATC qui commande automatiquement l'arrêt et le ralentissement concourt avec les systèmes de bloc et de signalisation à la constitution d'un système de sécurité essentiel. Mais il n'est pas forcément nécessaire pour la ligne considérée qui fonctionnera de manière satisfaisante avec un ATS, vu l'autonomie en manoeuvre du personnel roulant.

La ligne sera donc équipée de l'ATS suivant :

#### Système ATS

Les systèmes ATS se divisent en gros en les types à commande par points et continue. Le souci du rendement économique a fait choisir en principe, pour tous les modes de transport : chemin de fer à roue métallique, chemin de fer sur pneumatique, monorail sur poutre, le système suivant :

Commande : par points  
Transmission de données : A induction électromagnétique par bobine bouclée d'accompagnement ou par inducteur électromagnétique au sol.

Collationnement de vitesse : Au sol ou en cabine

Mise sous tension : Permanente

Les fonctions du système sont précisées sur la Fig. 10.2.10.

Système	Fonctionnement	Description des principales fonctions
<p>ATS pour les cantons à bloc automatique</p>		<ul style="list-style-type: none"> <li><input type="radio"/> Commande par points</li> <li><input type="radio"/> Commande par inducteur électromagnétique au sol</li> <li><input type="radio"/> Collationnement de la vitesse effective du train avec la vitesse indiquée (+5 km/h) au cours du passage du train près du signal. (L'éventuel dépassement fait fonctionner immédiatement le frein d'urgence.)</li> <li><input type="radio"/> Au point d'indication de signaux (R), la vitesse à collationner est de 0 km/h pour le signal absolu (signal d'entrée ou de départ) et de 15 km/h pour le signal permissif (signal de bloc).</li> <li><input type="radio"/> L'ATS sur le matériel roulant est mis sous tension en permanence.</li> <li><input type="radio"/> D'éventuelles modifications du système de bloc demandent la manipulation de l'"interrupteur de marche d'urgence".</li> </ul>
<p>ATS pour les cantons à bloc "Check-in Check-out"</p>		<ul style="list-style-type: none"> <li><input type="radio"/> Commande par points</li> <li><input type="radio"/> Commande par bobine bouclée d'accompagnement AF</li> <li><input type="radio"/> Collationnement de la vitesse effective du train avec la vitesse indiquée par signal (+ 5 km/h) pour le canton de passage, au cours du passage des limites de sectionnement. (L'éventuel dépassement fait fonctionner immédiatement le frein d'urgence.)</li> <li><input type="radio"/> Le non-serrage du frein en moins de 5 secondes après la réception du signal (0) fait fonctionner le frein d'urgence.</li> <li><input type="radio"/> La remise en grande vitesse après l'arrêt dans le canton de signal (0) demande l'enfoncement du "bouton de confirmation".</li> <li><input type="radio"/> A la réception du signal (X), le frein d'urgence s'actionne immédiatement.</li> <li><input type="radio"/> La remise en grande vitesse après l'arrêt dans le canton de signal (X) demande la manipulation de l'"interrupteur de marche d'urgence".</li> <li><input type="radio"/> La circulation du matériel roulant dans le garage-atelier (canton sans signal) demande la manipulation du "commutateur ATS".</li> <li><input type="radio"/> L'ATS sur le matériel roulant est mis sous tension en permanence.</li> <li><input type="radio"/> D'éventuelles modifications du système de bloc demandent la manipulation de l'"interrupteur de marche d'urgence".</li> </ul>

Fig. 10.2.10 Système ATS

### 10.2.5 Système intégré de gestion

Une ligne à trafic très dense d'une agglomération doit assurer le transport en toute sûreté et stable notamment aux heures de pointe.

Ce but sera réalisé au moyen d'un système intégré de gestion du transport (TTC) dont le noyau est le système de gestion des opérations.

Les systèmes constitutifs du TTC sont décrits ci-dessous, l'illustration générale en étant donnée à la Fig. 10.2.11.

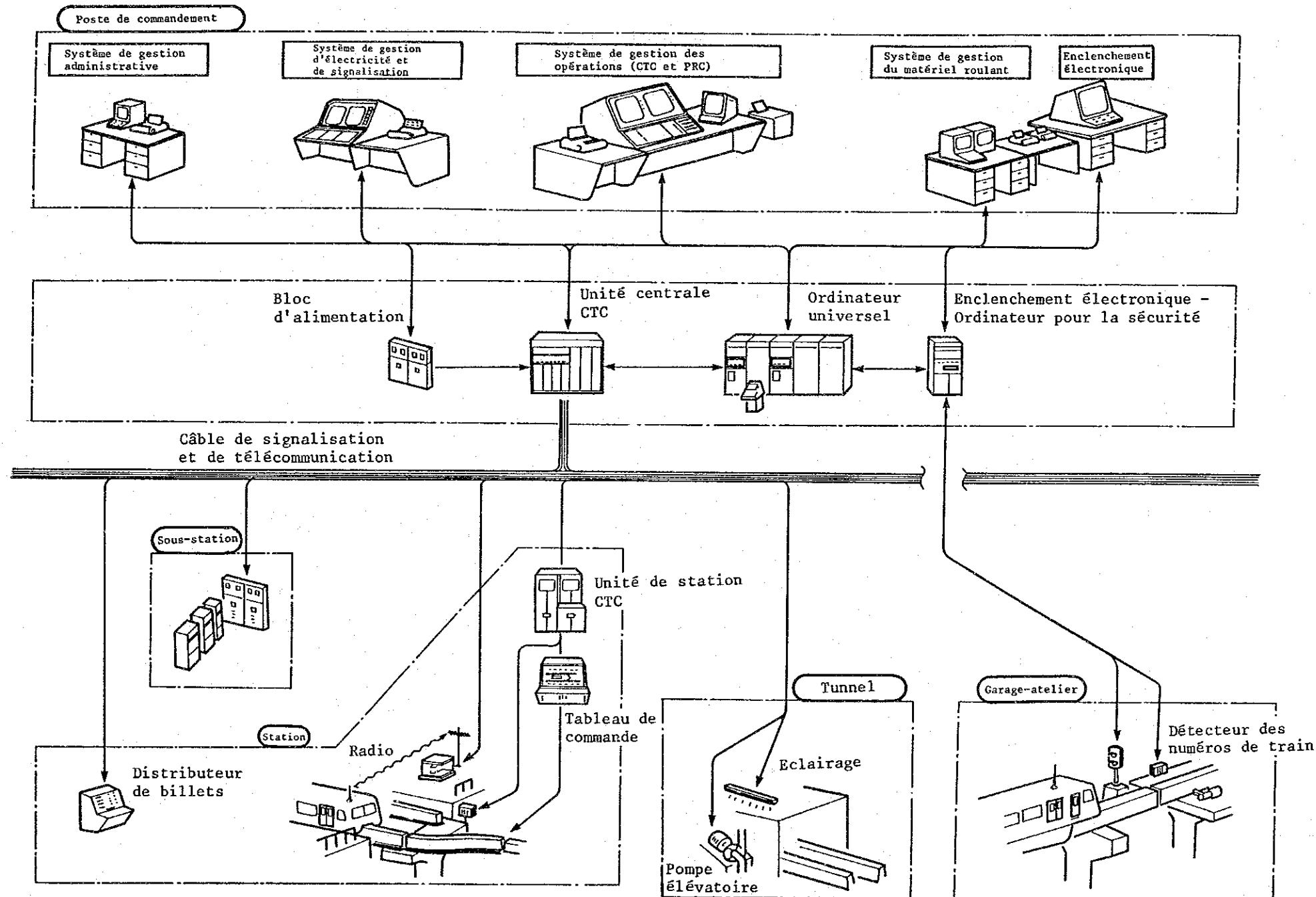


Fig. 10.2.11 Organisation du système intégré de gestion (TTC)



(1) Système de gestion des opérations

Ce système, ayant pour but l'exécution rapide et exacte de la signalisation et de la gestion des opérations, se compose des sous-systèmes suivants :

(a) Système CTC

Le système CTC (Commande centralisée) s'occupe directement de la gestion des trains par l'affichage centralisé au poste de commandement des différentes informations relevées sur l'ensemble de la ligne, comme l'état de circulation des trains, et par la commande centralisée des signaux.

(b) Système PRC

Le système PRC (Commande programmée des voies) prend en charge, pour compléter le CTC, la poursuite des trains, la commande automatique des voies, le jugement sur le bon ordre d'exploitation et le traitement en mémoire des données.

(2) Système de gestion du matériel roulant

Ce système concourt avec l'enclenchement électronique et le PRC à l'exécution rapide et exacte de la gestion complexe du matériel roulant.

(3) Système de gestion d'électricité et de signalisation

Ce système, fondé sur le CTC, surveille la bonne exécution de l'alimentation électrique et de l'indication de signaux, et fait face sans délai aux cas de défaillance et d'entretien.

(4) Système de gestion administrative

Ce système a pour fonction de totaliser et traiter correctement, au moyen des ordinateurs CTC et PRC, les recettes d'exploitation et autres relevés de chaque station.

Tous les résultats de l'étude sur le plan de transport sont récapitulés au Tableau 10.2.4.

Tableau 10.2.4 Plan de transport

Facteurs		Solution	A - 2	A - 4	A - 4'	A - 6	B - 1	B - 1'	B - 5
		Niveau de circulation	Souterrain/Aérien		Souterrain/Au sol/Aérien	Aérien	Souterrain/Aérien	Souterrain/Au sol/Aérien	Aérien
		Système	Monorail	Pneus	Roues métalliques	Monorail	Monorail	Roues métalliques	Roues métalliques
Kilomètre exploité (km) ( ) : Section souterraine			(1,9) + 12,3 14,2	(3,3) + 10,9 14,2	(6,8) + 7,4 14,2	15,0	(2,6) + 9,4 12,0	(3,7) + 8,3 12,0	12,5
Nombre de stations			18	18	17	18	16	17	17
Temps de parcours (minutes : secondes)		Descendant	29:30	30:00	30:00	30:30	26:00	28:00	29:00
		Montant	29:00	29:30	29:30	30:00	25:30	27:00	28:30
Vitesse commerciale (km/h)			28,9	28,4	28,4	29,5	27,7	25,7	25,9
Nombre de trains aux heures de pointe (par sens par heure) (minutes : secondes) Intervalle de service		Année 1993	13 (4:40)	13 (4:40)	12 (5:00)	13 (4:40)	8 (7:30)	8 (7:30)	8 (7:30)
		1995	13 (4:40)	13 (4:40)	12 (5:00)	13 (4:40)	9 (6:40)	8 (7:30)	8 (7:30)
		2000	13 (4:40)	13 (4:40)	13 (4:40)	13 (4:40)	9 (6:40)	8 (7:30)	8 (7:30)
		2005	14 (4:20)	14 (4:20)	14 (4:20)	14 (4:20)	9 (6:40)	9 (6:40)	9 (6:40)
Coefficient d'utilisation aux heures de pointe (%)		1993	184	180	186	184	195	183	183
		1995	190	186	193	190	177	187	187
		2000	195	191	183	195	182	192	192
		2005	187	183	175	187	186	175	175
Nombre total de trains (Total des montants et descendants) par jour		1993	156	156	152	156	124	124	124
		1995	164	158	152	164	126	124	124
		2000	166	164	160	166	126	124	124
		2005	178	178	176	178	128	128	128
Nombre requis de matériels roulants ( ) : Nombre de rames		1993	72 (16 + 2 = 18)	72 (16 + 2 = 18)	64 (14 + 2 = 16)	72 (16 + 2 = 18)	44 (9 + 2 = 11)	44 (9 + 2 = 11)	48 (10 + 2 = 12)
		1995	72 ( " )	72 ( " )	64 ( " )	72 ( " )	48 (10 + 2 = 12)	44 ( " )	48 ( " )
		2000	72 ( " )	72 ( " )	68 (15 + 2 = 17)	72 ( " )	48 ( " )	44 ( " )	48 ( " )
		2005	72 ( " )	76 (17 + 2 = 19)	72 (16 + 2 = 18)	76 (17 + 2 = 19)	48 ( " )	48 (10 + 2 = 12)	52 (11 + 2 = 13)

### 10.3 Plan des installations génie civil

En tenant à l'esprit l'alignement et le gradient de la voie ainsi que les emplacements des stations tels que définis dans les différentes solutions étudiées au chapitre 9, il est essentiel d'en dégager une superstructure idéale, capable de tirer le maximum des fonctions d'un système de transport urbain, tenant compte de : 1 l'aspect économique, 2 le fonctionnel, 3 la facilité d'exécution, 4 les installations relatives 5 l'esthétique urbaine.

#### 10.3.1 Plan des ouvrages principaux de génie civil

Dans les présentes zones d'étude, le choix des types d'ouvrages génie civil a été fixé sur la base de la philosophie exposée ci-après. Par ailleurs, comme ouvrages complémentaires génie civil on pourra considérer le drainage, l'étanchéité à l'eau et des balustrades, entre autres.

- (1) Les systèmes de transport faisant l'objet de l'Etude sont : le chemin de fer à roues métalliques, le chemin de fer sur pneumatiques et le monorail sur poutre.
- (2) La superstructure sera réalisée en béton armé et en béton précontraint, ces deux structures pouvant être approvisionnées et exécutées par les entreprises locales. Quant à l'emploi de la charpente métallique, il sera prohibé en principe, sauf pour les parties spéciales.
- (3) Pour les tronçons surélevés traversant les quartiers de la ville, le choix de la structure est commandé par le souci de minimiser les problèmes de bruit et d'ensoleillement, tout en enlevant l'aspect imposant dans la mesure des possibilités.
- (4) Quant aux points d'intersection avec des artères, la solution retenue est de prévoir une ou deux travées pour le point (superstructure) sous lequel passera la route en question, tout en projetant soigneusement l'emplacement des poteaux pour qu'ils ne posent pas de problèmes ni à la circulation routière, ni aux ouvrages enterrés.
- (5) L'ouvrage de la station aura une structure capable de porter les charges des quais, de la salle des pas perdus (concourse) et d'autres installations de

station. Lorsque la station est installée en dessus d'une route, la liaison devra être assurée au moyen d'escaliers et de passerelles.

- (6) Quant à la structure de fondation, il paraît que les fondations sur pieux ne soient pas nécessaires puisqu'il existerait à une profondeur peu importante, à en croire aux descriptifs du rapport des sondages géotechniques, couches dures de tuf sableux et de schist cristallin, qui doivent servir de couche portante.

Partant des considérations ci-haut énumérées, il a été établi les plans :

Ouvrage surélevé standard (chemin de fer à roues métalliques) Fig. 10.3.1

Ouvrage surélevé standard (chemin de fer sur pneumatiques) Fig. 10.3.2

Ouvrage surélevé standard (monorail sur poutre) Fig. 10.3.3

Ouvrage souterrain standard (chemin de fer à roues métalliques) Fig. 10.3.4

Ouvrage souterrain standard (chemin de fer sur pneumatiques) Fig. 10.3.5

Ouvrage souterrain standard (monorail sur poutre), Fig. 10.3.6

Coupe transversale de l'ouvrage au niveau du sol (chemin de fer à roues métalliques) Fig. 10.3.7

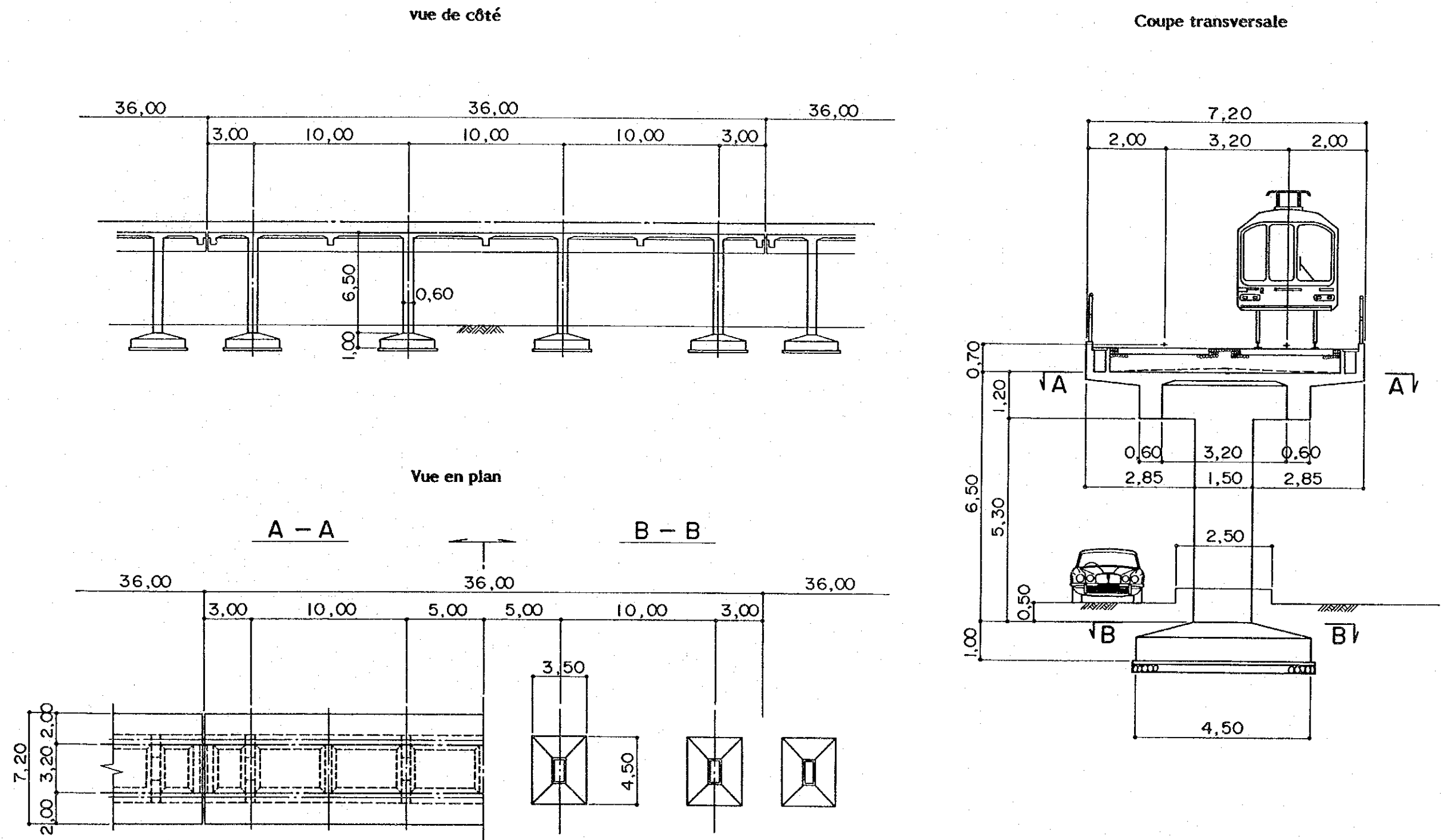


Fig. 10.3.1 Ouvrage surélevé standard (chemin de fer à roues métalliques)

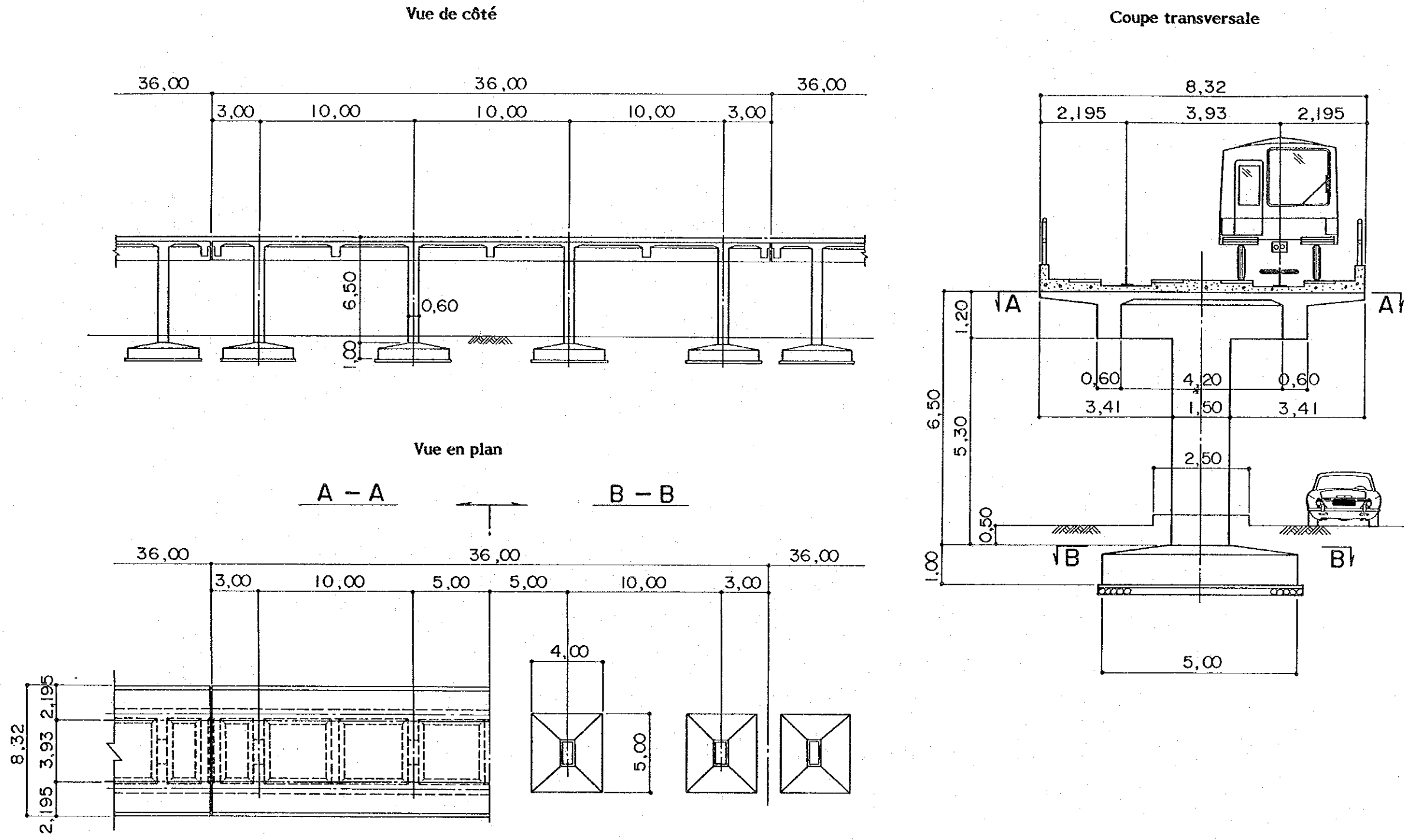


Fig. 10.3.2 Ouvrage surélevé standard (chemin de fer sur pneumatiques)

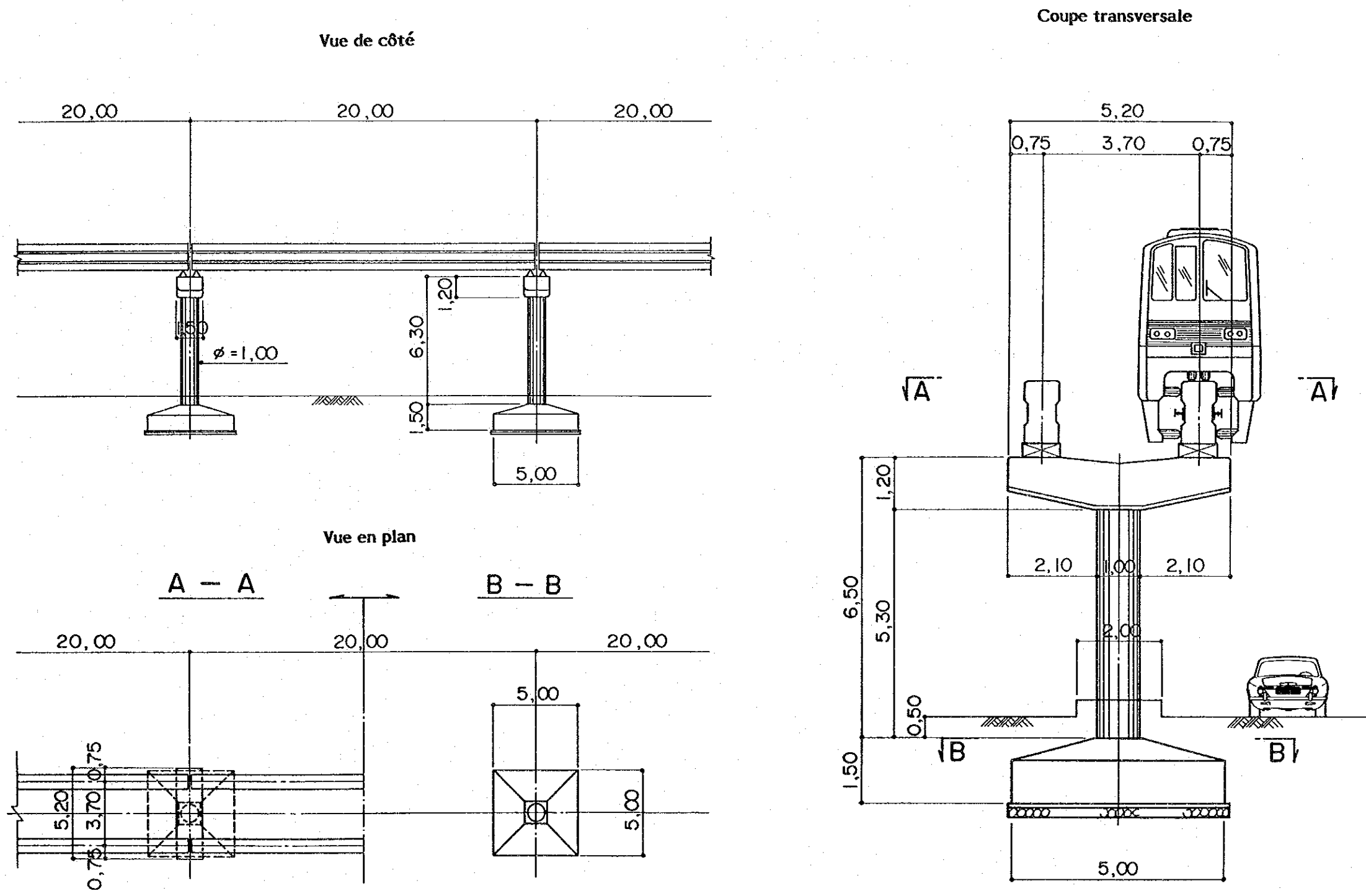


Fig. 10.3.3 Ouvrage surélevé standard (monorail sur poutre)

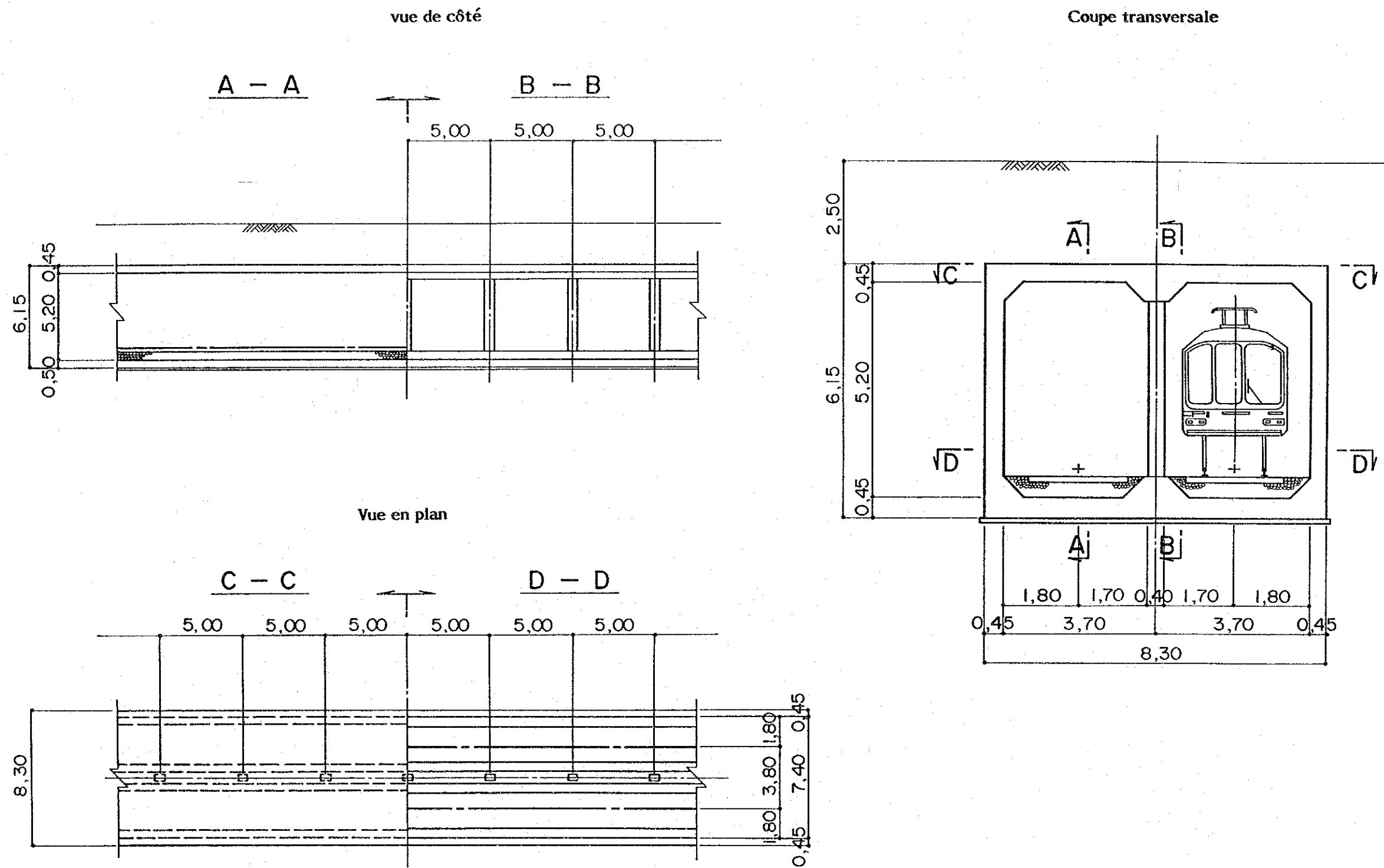


Fig. 10.3.4 Ouvrage souterrain standard (chemin de fer à roues métalliques)

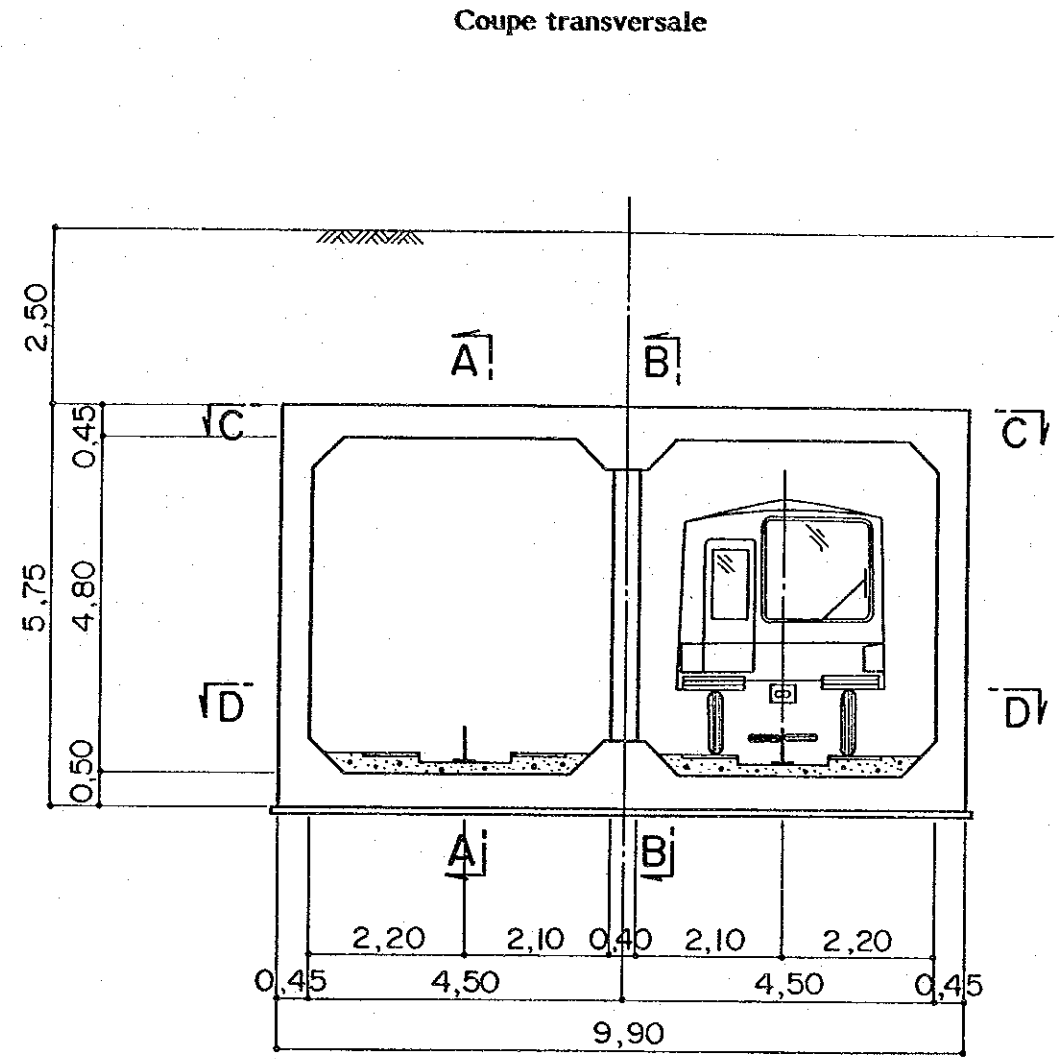
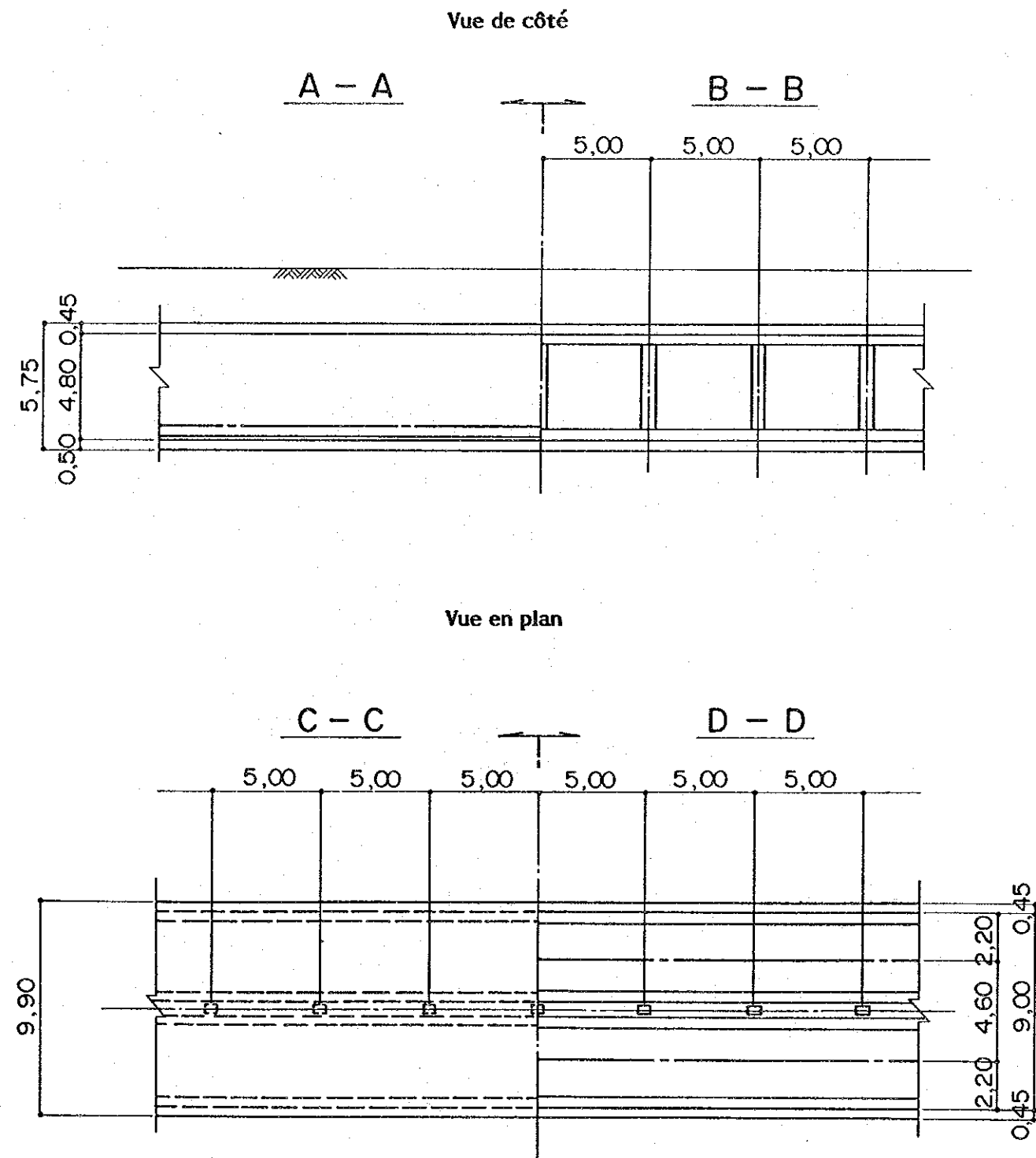


Fig. 10.3.5 Ouvrage souterrain standard (chemin de fer sur pneumatiques)



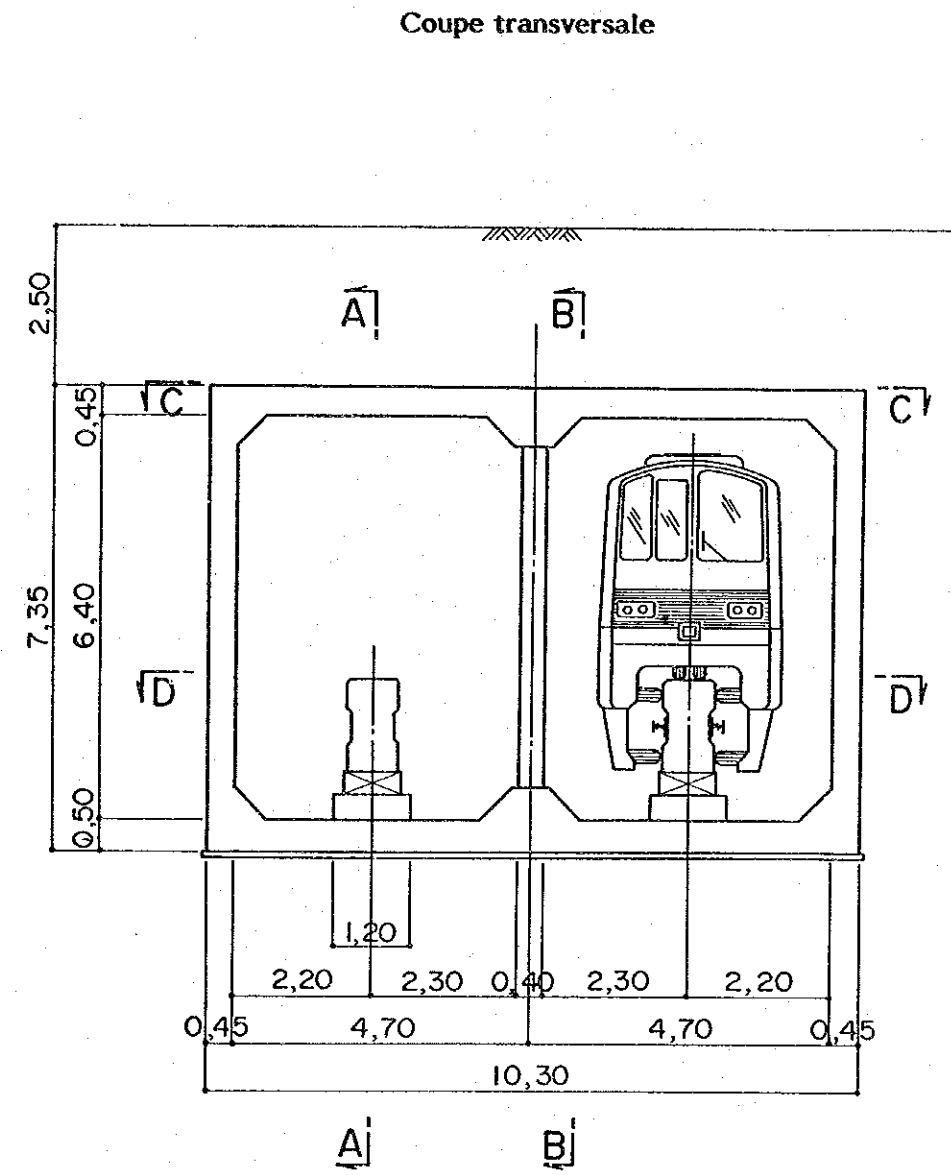
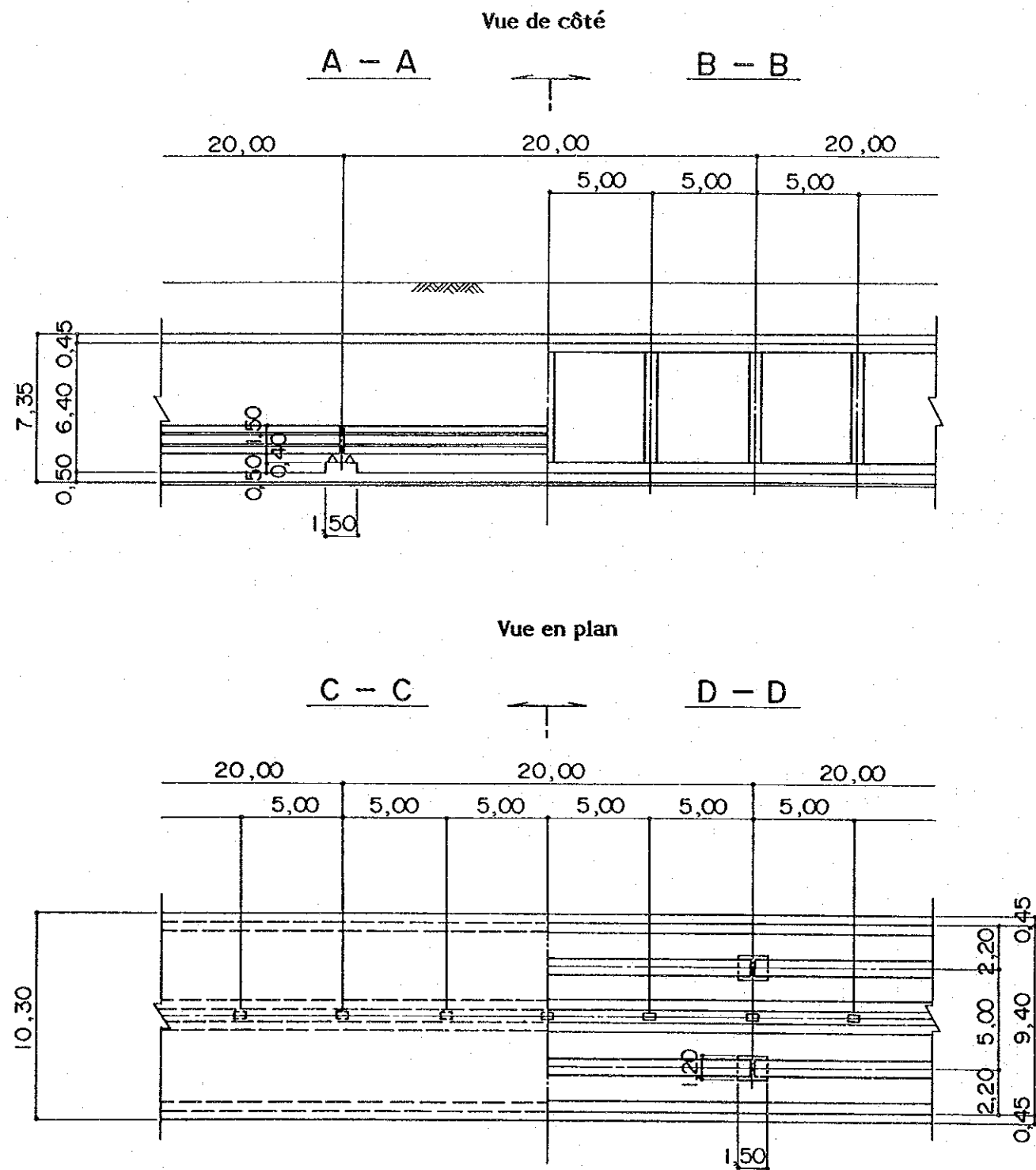


Fig. 10.3.6 Ouvrage souterrain standard (monorail sur poutre)

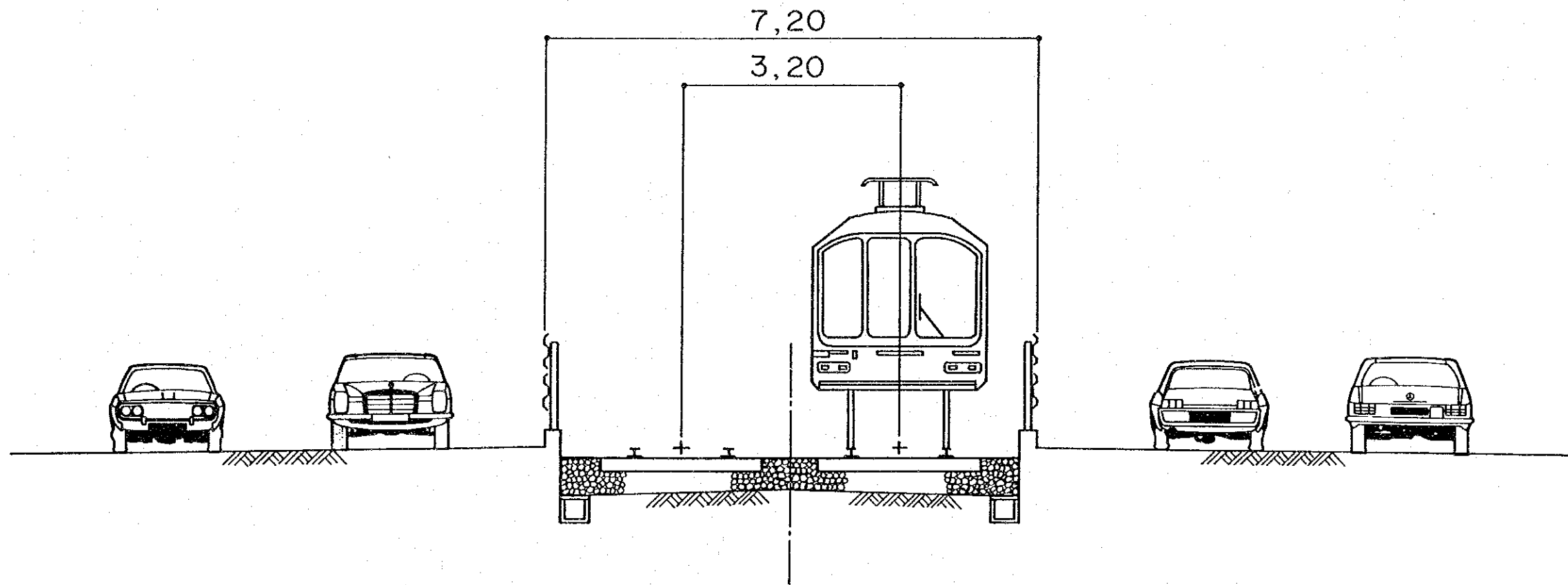


Fig. 10.3.7 Coupe transversale de l'ouvrage au niveau du sol (chemin de fer à roues métalliques)

### 10.3.2 Structure de la voie de roulement

La voie de roulement de chaque système de transport faisant l'objet de la présente étude a la structure suivante :

#### (1) Chemin de fer à roues métalliques

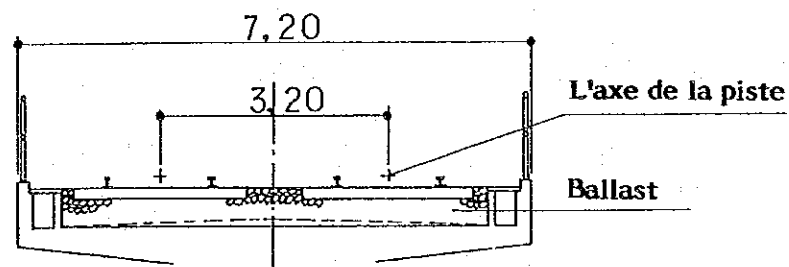


Fig. 10.3.8 Voie de roulement (roues métalliques)

#### (2) Chemin de fer sur pneumatiques

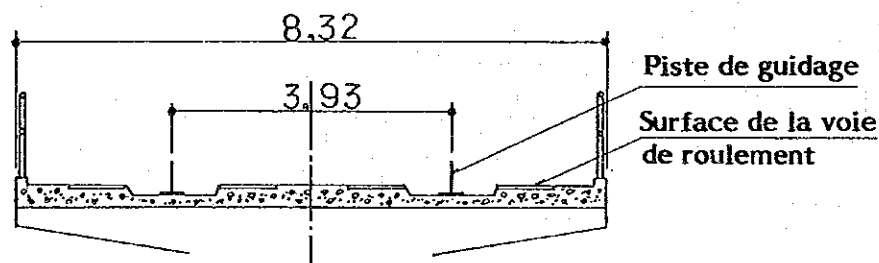


Fig. 10.3.9 Voie de roulement (pneumatiques)

#### (3) Monorail sur poutre

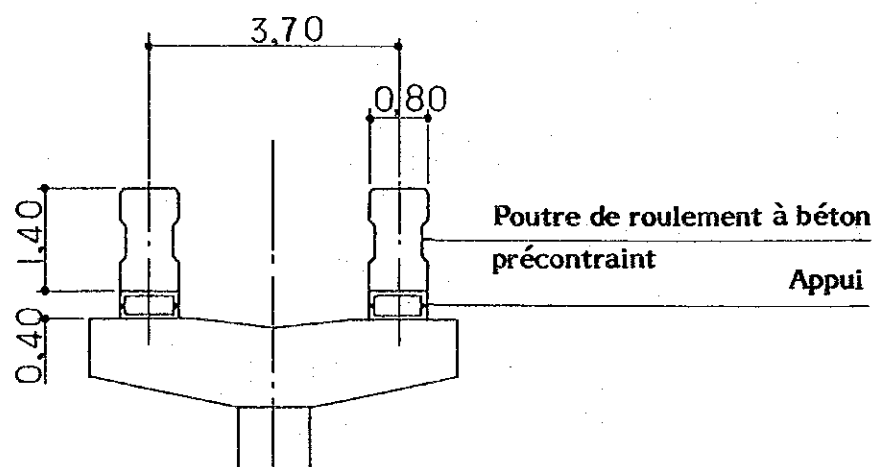


Fig. 10.3.10 Voie de roulement (monorail sur poutre)

### 10.3.3 Normes de conception des ouvrages

Parmi les normes de conception des ouvrages par système définies dans la présente étude, le descriptif suivant en choisit les charges principales

#### (1) Charge statique (commune à tous les systèmes)

La charge au repos représente le poids propre (ou le tare) de l'ouvrage. Voici le poids unitaire de chaque matériau.

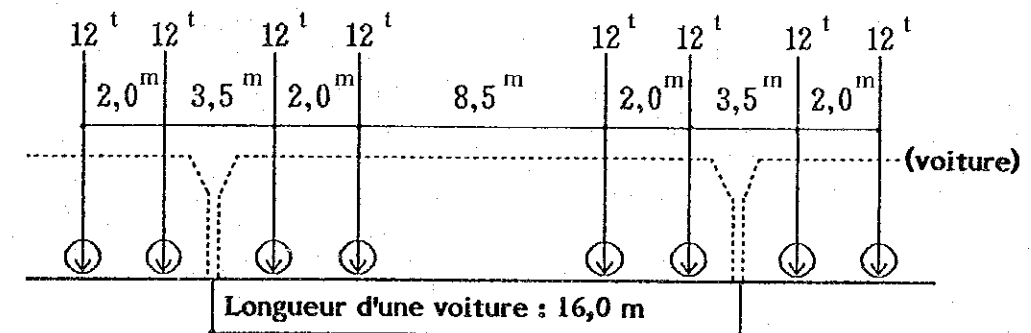
Tableau 10.3.1 Poids unitaire de chaque matériau

Nature du matériau	Poids unitaire (kg/m <sup>3</sup> )	Nature du matériau	Poids unitaire (kg/m <sup>3</sup> )
Acier et fonte d'acier	7 850	Mortier de ciment	2 150
Fonte grise	7 250	Sable, gravier, Pierre concassée, terreau	1 600 à 2 000
Béton armé	2 500	Ballast (gravier ou pierre concassée)	1 900
Béton	2 350		

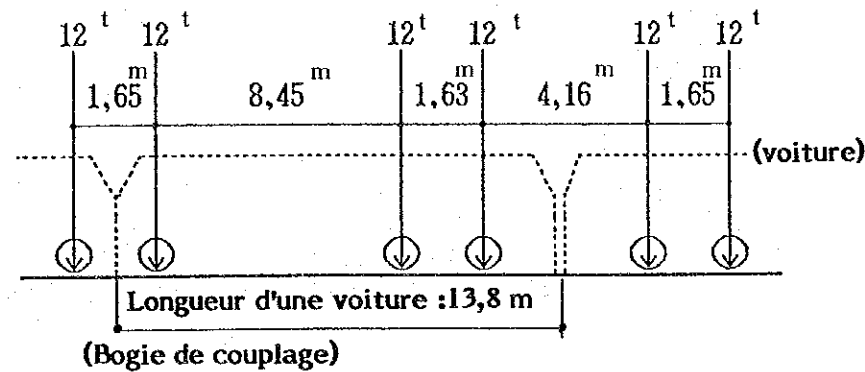
#### (2) Charge de trafic

La charge de trafic est une charge par essieu calculée en ajoutant au poids de la voiture le poids des passagers de pointe, le total étant divisé par le nombre des roues

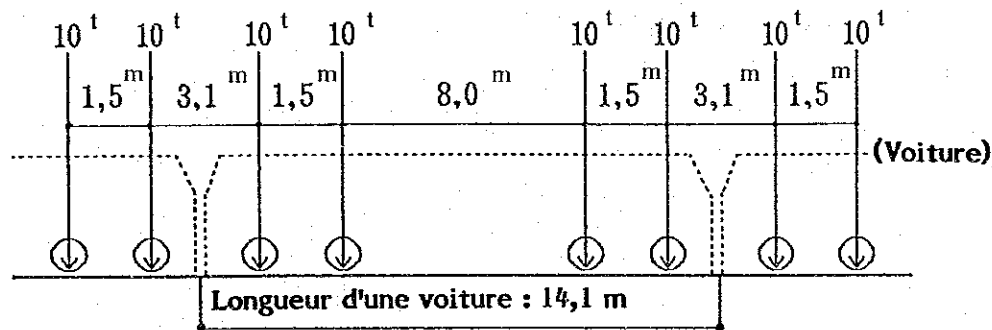
##### 1) Chemin de fer à roues métalliques



2) Chemin de fer sur pneumatiques.



3) Monorail sur poutre



(3) Influence du séisme (commune à tous les systèmes)

La sismicité horizontale calculée selon le " Règlement de Construction Parasismique " appliqué actuellement à tous les gros ouvrages de génie civil dans la ville de Casablanca donne :  $x = 0,1$ .

Nous appliquerons  $x = 0,1$  comme valeur de sismicité à tous les calculs concernant nos ouvrages.

10.3.4 Contraintes admissibles

De principaux matériaux constituant les ouvrages génie civil nous étudierons ci-après notamment l'armature et le béton

En ce qui concerne les contraintes admissibles appliquées à l'armature et au

béton, il en existe certains écarts entre les normes japonaises (Normes de conception des ouvrages ... Civil Engineering Association) et les normes adoptées au Maroc (Conception des ouvrages routiers ... obtenues du Ministère de l'Équipement du Royaume de Maroc), tels que repris à tableau 10.3.2.

Les normes marocaines étant applicables aux ouvrages routiers, les normes japonaises pour les ouvrages ferroviaires seront utilisées.

Tableau 10.3.2 Contraintes admissibles

	Contrainte à la limite de fluage $\sigma_{fl}$	Contrainte de tension admissible $\sigma_{sa}$	Résistance à la compression après 28 jours $\sigma_{28}$	Contrainte de compression admissible $\sigma_{ca}$
	kg/cm <sup>2</sup>	kg/cm <sup>2</sup>	kg/cm <sup>2</sup>	kg/cm <sup>2</sup>
Japon	3 500	2 000	240	90
	4 000	2 200	270	100
Maroc	4 000	2 600	240	120
	4 200	2 680	270	135

10.3.5 Plan d'exécution de génie civil

Les travaux de construction à effectuer dans la zone d'étude exigeraient des investigations approfondies du fait des circulations routières importantes et de l'existence d'ouvrages enterrés. Dès maintenant, on pourra tout de même tracer les grandes lignes suivantes qui orientent ces travaux, visant : ① l'allègement de la circulation routière ; ② L'assurance de la sécurité ; ③ L'élimination des ennuis causés par les travaux (bruit, vibration...) ; ④ La transposition ou le retrait des ouvrages enterrés ; ⑤ La réduction du délai ; ⑥ L'économie du coût, etc...

Le choix d'un mode d'exécution et d'un autre dépend des conditions environnantes du site (position, surface disponible). L'assurance des espaces pour l'exécution des travaux représente la préoccupation centrale pour les présents travaux qui devront être entrepris dans des enceintes routières pour la plupart des cas.