

Arc Express

débat public sur le métro de rocade

DOSSIER DES ÉTUDES

Étude

Systemes de transport

(SETEC TPI / XELIS)





AVERTISSEMENT

Les études préalables, dont fait partie le document qui suit, ont été réalisées en 2008-2009 afin d'élaborer le Dossier d'Objectifs et de Caractéristiques Principales présenté au Conseil du STIF en juillet 2009 et qui a servi d'appui à la constitution du dossier de saisine de la Commission nationale du débat-public.

Ces études avaient pour objet premier de valider la faisabilité du projet Arc Express.

Réalisées par différents prestataires du STIF, elles ne portent pas nécessairement la position retenue in fine par le STIF dans le dossier du maître d'ouvrage élaboré pour le débat public, ce dossier étant aussi le fruit d'une maturation des sujets au sein des équipes du STIF, éclairée par ces études mais également le fruit d'échanges avec les partenaires du projet.

Dans ces études préalables, plusieurs éléments ont pu être retenus comme des postulats permettant un chiffrage du projet ou servant de base aux études de trafic. Il en va par exemple du positionnement des stations intermédiaires évoqué dans certains rapports.

Ces choix a priori n'avaient qu'une visée méthodologique. Seules les étapes de concertation à venir permettront de définir les caractéristiques et les tracés précis du projet Arc Express.

Si le STIF décide de poursuivre le projet à l'issue du débat public, de nouvelles études approfondies seront menées en vue de l'enquête publique, puis lors de l'élaboration de l'avant-projet détaillé.

Contenu du dossier des études :

- >> Perspectives de croissance urbaine (IAU) ;
- >> Etudes des enjeux transports et études de trafic (STIF) ;
- >> Etude des points de maillage potentiels (RATP) ;
- >> Etudes des pôles d'échanges SNCF/ Arc Express (SNCF) ;
- >> Etude d'une solution de système de transport en synergie technique avec les réseaux ferrés RATP (RATP) ;
- >> Etudes de systèmes de transport (SETEC TPI / XELIS) ;
- >> Etudes d'insertion de tracés, d'impact sommaire et rédaction du DOCP (SETEC TPI / XELIS / INGEROP) ;
- >> Synthèse et extraits du rapport études exploratoires des modalités de financement du projet Arc Express liées aux retombées économiques du projet s'agissant des aspects « montages contractuels » et « financement du projet » (DS Avocats / SP2000 / Paul Hastings / KPMG / Atis Real / Arcadis) ;

Maître d'Ouvrage

Stif
11 Avenue de Villars
75007 Paris



Rapport intermédiaire

Bureau d'étude mandataire

setec tpi
Tour Gamma D
58, quai de la Rapée
75583 Paris cedex 12
Tél : 01.40.04.59.25
Télécopie : 01.40.04.59.20
E-mail : tpi@tpi.setec.fr

Bureau d'étude co-traitant

xelis
Bâtiment Hautacam H1
12 Avenue du Val de Fontenay
94120 Fontenay-sous-Bois
Tél : 01.58.77.08.65
Télécopie : 01.58.77.18.94
E-mail : martine.tocquer@xelis.fr

Rencontre avec les constructeurs

Echelle (s) :
Sans objet

Date :
16.01.2009

Société :	Affaire :	Emet. :	Type :	Référence : Phase :	Numéro :	Indices : Dif. :	Rev. :
003	23815	S	T		0009	A	

SOMMAIRE

1.	INTRODUCTION	5
2.	ANSALDO BREDA	6
2.1	CARACTERISTIQUES DU MATERIEL ET DES EQUIPEMENTS.....	6
2.2	CARACTERISTIQUES TECHNIQUES PRINCIPALES DU MATERIEL.....	9
2.3	CARACTERISTIQUES PRINCIPALES DES AUTOMATISMES	11
2.4	LES ATELIERS DEPOTS	14
2.5	EXEMPLE DE COPENHAGUE	14
3.	BOMBARDIER	17
3.1	CARACTERISTIQUES DU MATERIEL ET DES EQUIPEMENTS.....	17
3.2	CARACTERISTIQUES TECHNIQUES PRINCIPALES DU MATERIEL.....	19
3.3	CARACTERISTIQUES PRINCIPALES DES AUTOMATISMES	20
3.4	ATELIER DEPOT.....	24
4.	SIEMENS	25
4.1	CARACTERISTIQUES DU MATERIEL ET DES EQUIPEMENTS.....	25
4.2	CARACTERISTIQUES TECHNIQUES PRINCIPALES DU MATERIEL.....	28
4.3	CARACTERISTIQUES PRINCIPALES DES AUTOMATISMES	30
4.4	ATELIERS DEPOTS.....	32
4.5	L'OFFRE FER EN METRO AUTOMATIQUE	35
5.	ALSTOM	38

5.1	CARACTERISTIQUES DU MATERIEL ET DES EQUIPEMENTS.....	38
5.2	CARACTERISTIQUES TECHNIQUES PRINCIPALES DU MATERIEL.....	40
5.3	CARACTERISTIQUES PRINCIPALES DES AUTOMATISMES	41
6.	AUTRES FOURNISSEURS SYSTEMES.....	43
6.1	THALES	43
7.	TABLEAU DE SYNTHESE	44

1. INTRODUCTION

Ce document constitue une synthèse des rencontres avec les constructeurs de matériel roulant, rencontres organisées dans le cadre de l'étude « Arc express – Études de systèmes de transport ». Ce rapport est un document intermédiaire qui sera intégré dans le rapport plus général de la phase 2 de l'étude citée ci-dessus.

Il traite des rencontres qui ont eu lieu entre les constructeurs de matériel roulant de type métro automatique, le STIF, SETEC TPI et XELIS. On ainsi été rencontrés :

- Ansaldo Breda ;
- Bombardier ;
- Siemens ;
- Alstom.

Ces rencontres avaient pour objectif de recueillir des données fiables sur les matériels et équipements disponibles afin de définir des systèmes cibles.

Ces entrevues ont été utilisées pour :

- Soumettre aux constructeurs et fournisseurs un questionnaire adapté (à nos besoins et aux produits qu'ils proposent) ;
- Permettre aux constructeurs et fournisseurs de présenter leurs différents produits ;
- Affiner la collecte de données relatives au matériels et équipements au travers d'une discussion basée sur les réponses au questionnaire et la présentation.

2. ANSALDO BREDA

2.1 CARACTERISTIQUES DU MATERIEL ET DES EQUIPEMENTS

2.1.1 *Matériel roulant proposé*

Ansaldo Breda est la filiale (détenue à 100%) spécialisée dans les matériels roulants de Finmeccanica. Finmeccanica est aussi actionnaire de Ansaldo STS qui traite de la signalisation, des systèmes d'automatisme et des systèmes clé en main.



Ansaldo Breda a développé toute une gamme de systèmes de transport dont le métro automatique. Il a ainsi équipé ou va équiper les métros de Copenhague (Danemark), Brescia, Milan ligne 5, Rome ligne C (Italie) et celui de Thessalonique (Grèce)¹.

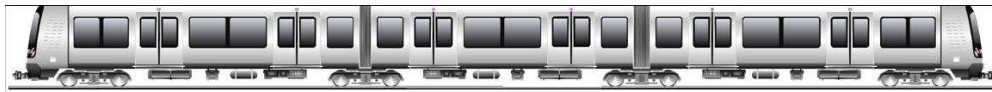
Hormis celui de Rome, les autres métros font partie de la gamme dite des « métros automatiques légers ».

Ce métro automatique léger a une largeur de 2,65m et est en service avec des rames de 39m de longueur (3 voitures - Copenhague, Brescia et Milan) et 50m de long (4 voitures - Thessalonique). Le métro développé pour la ville de Rome a une largeur et une longueur supérieures puisqu'il atteint les 108m de long.

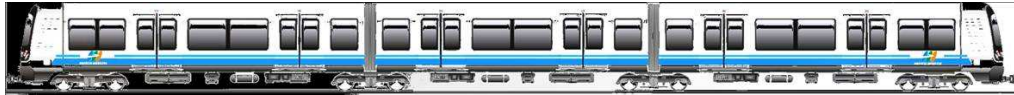
Le tableau ci-dessous donne les principales caractéristiques des métros automatiques d'Ansaldo Breda.

	Copenhague	Brescia	Milan	Thessalonique	Rome
Longueur	39m	39m	39m	50m	108,3m
Nbre de voitures/rame	3	3	3	4	6
Largeur	2,65m	2,65m	2,65m	2,65m	2,85m
Hauteur	3,4m	3,775m	3,70m	3,85m	3,64m
Poids	54,6t	58t	-	77t	188t
Vitesse max	80 km/h	80 km/h	-	80 km/h	90 km/h
Puissance	630 kW	630 kW	-	840 kW	
Accélération	1,2 m/s ²	1,1 m/s ²	1,0 m/s ²	1,1 m/s ²	1,0 m/s ²
Décélération de service	1,2 m/s ²	1,2 m/s ²	1,1 m/s ²	1,2 m/s ²	1,1 m/s ²
Rayon mini	50m	50m	50m	50m	90m
Hauteur plancher	850mm	850mm	850mm	1000mm	1125mm

¹ Le métro de Copenhague est en circulation depuis 2002. Les métros de Brescia, Thessalonique, Milan et Rome sont en travaux avec une mise en service prévue pour, respectivement, 2012, 2012, 2011 et 2011/2013.



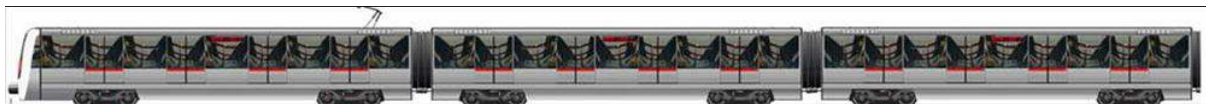
métro de Copenhague



métro de Brescia



métro de Thessalonique



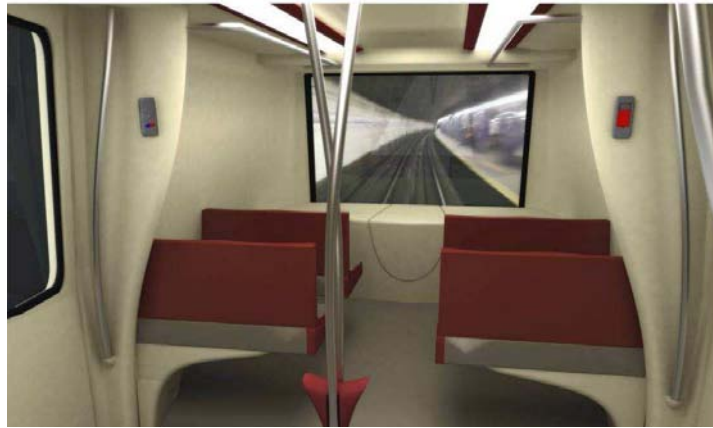
métro de Rome

La structure des caisses est réalisée en aluminium et la majorité des équipements sont montés sous les caisses. La conception de la rame autorise la circulation entre chaque voiture par de larges passages qui permettent aussi d'augmenter la capacité de la rame. Les sièges et les mains-courantes sont fixés sur les côtés ce qui simplifie le nettoyage.



Aménagement intérieur du métro de Copenhague.





Aménagement intérieur du métro de Rome

Des zones internes assez larges permettent d'accueillir des fauteuils roulants, des vélos, etc. La rame peut être climatisée.



Métro de Rome

Chaque véhicule de la rame est équipé de 2 portes louvoyantes coulissantes de 1,60m de largeur (soit 6 portes par côté sur le matériel de 39m, 8 portes pour le matériel de 50m) pour le métro automatique léger et de 4 portes de 1,30m par véhicule pour le métro lourd de Rome (soit 24 portes par côté).

Le pupitre de commande d'urgence quant à lui est caché.



2.1.2 Capacité des véhicules

La capacité des rames a été fournie par le constructeur.

	Copenhague	Brescia	Milan	Thessalonique	Rome
Capacité totale de la rame	318	307	311	479	884
Nbre de sièges	72	72	72	110	200
Nbre de personnes debout (4p/m²)	246	235	239	365	680
Places UFR	2	2	2	4	4
Fréquence	90s	90s	90s	90s	90s
Capacité du système (pphpd)	12.720	12.360	12.520	19.000	34.880

La capacité maximale du métro de Brescia est de 17.000 ppphd.

2.1.3 Contraintes sur le tracé en plan et le profil

Ansaldo Breda annonce un rayon minimal en plan de :

- 50m pour le matériel léger et 90m pour le métro lourd en atelier,
- 100 à 120m en fonction du dévers et de la limitation de vitesse pour les voies en exploitation.

Dans la mesure du possible, il est préférable de retenir une valeur supérieure à 250m qui, selon le dévers, peut limiter la vitesse à 70 km/h. Pour les rayons supérieurs à 300 m, il n'y a pas de limitation de vitesse (80 km/h).

Pour information, le rayon minimum sur les lignes de métro de Copenhague est de 190m.

La pente maximale admissible est fixée à 6%. Le rayon de raccordement en profil en long est généralement supérieur à 1800m (1000m à Copenhague qui suit les recommandations du BOStrab – normes allemandes). Exceptionnellement, ce rayon peut descendre à 800m.

2.2 CARACTERISTIQUES TECHNIQUES PRINCIPALES DU MATERIEL

2.2.1 Type de pose de voie

Le matériel roulant développé par Ansaldo Breda est ferroviaire. La pose de voie est classique (écartement des rails de 1,435m) et n'est pas figée à un constructeur.

2.2.2 Alimentation électrique

Le métro automatique léger (Copenhague, Brescia, Milan et Thessalonique) est alimenté en 750Vcc par un 3^{ème} rail.

Le métro de Rome, qui fait plus partie des métros lourds, est alimenté en 1500Vcc par une caténaire.

A titre d'information, la consommation des trains de Copenhague (trains de 3 voitures) est la suivante :

- consommation moyenne (dépôt compris) : 3,5 kWh/km,
- consommation en ligne (hors dépôt) : 3,3 kWh/km.

L'énergie maximale demandée par le matériel roulant dans l'hypothèse d'une charge maximale et d'une accélération maximale, est de 1750 A pour le matériel automatique léger et de 3050 A pour le matériel lourd.

2.2.3 *Evolutivité de la composition de la rame*

Il est relativement aisé de coupler deux rames. La circulation entre les deux rames n'est cependant pas possible.

Un nouveau véhicule peut aussi être connecté à une rame existante mais cette opération est plus lourde à réaliser et nécessite le passage de la rame en atelier.

2.2.4 *Accélération / freinage*

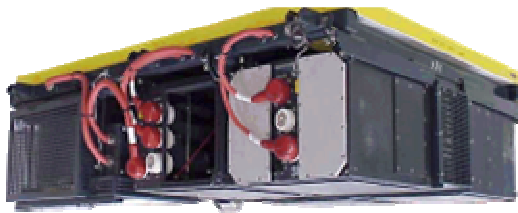
L'accélération des différents matériels est de l'ordre de 1 à 1,1 m/s². La décélération est limitée à 1,1 – 1,2 m/s² pour des raisons de confort. Il est en effet possible d'atteindre des valeurs de 1,5 m/s².

2.2.5 *Poids / motorisation*

Le poids de chaque rame varie entre 55 tonnes pour le métro automatique léger type Copenhague et 188 tonnes pour celui de Rome.

Chaque boggie est équipé de deux moteurs. La puissance des métros automatiques légers est de 630 kW pour les rames de 39m et 840 kW pour les rames de 50m. Cette puissance varie en fonction des équipements mis en œuvre : 950 kW à Copenhague, 1040 kW à Brescia, 1250 kW à Salonique.

La traction est effectuée avec un onduleur IGBT. Un onduleur est un dispositif permettant de délivrer des tensions et des courants alternatifs à partir d'une source d'énergie électrique continue. Les onduleurs sont de plus en plus souvent constitués d'interrupteurs électroniques tels que les IGBT (Insulated Gate Bipolar Transistor - transistor bipolaire à grille/porte isolée).



Onduleur traction

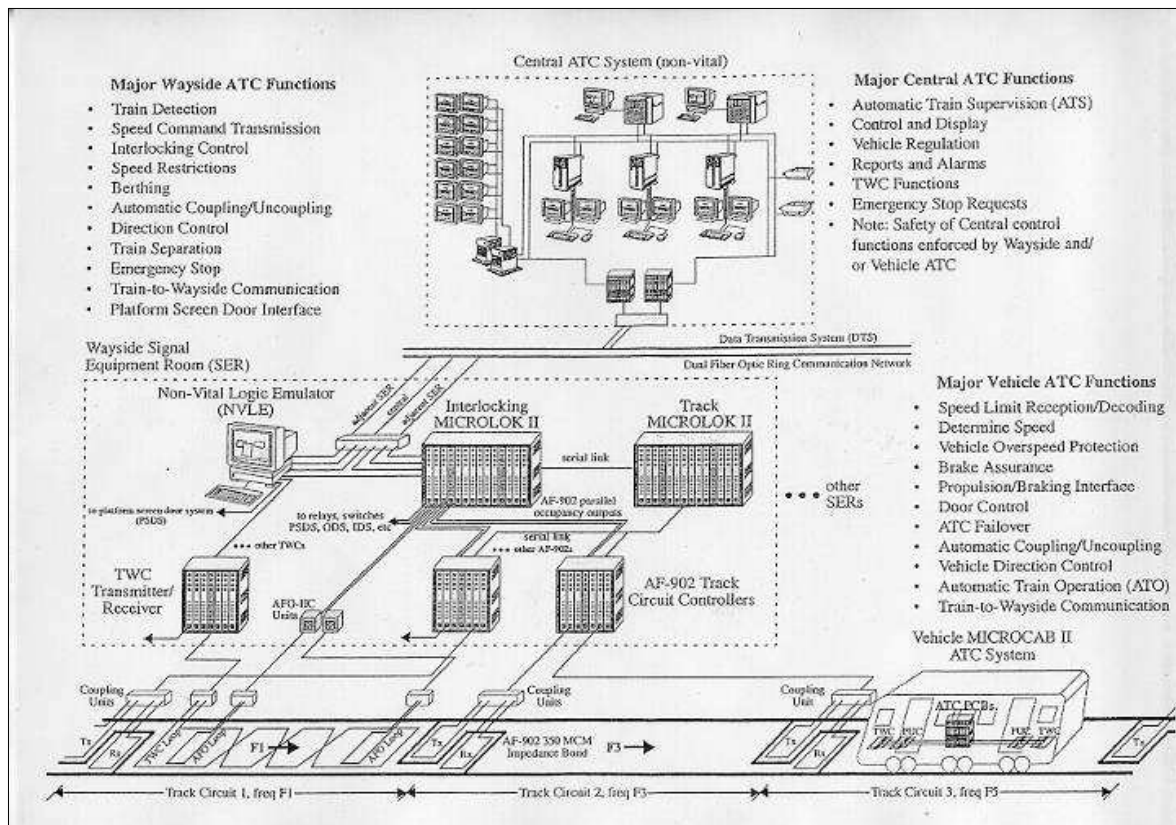
2.3 CARACTERISTIQUES PRINCIPALES DES AUTOMATISMES

2.3.1 Fonctions assurées

Les automatismes sont développés par la société Union Switch & Signal (groupe Finmeccanica). Ils ont été mis en œuvre, dans sa version complète, sur les lignes de métro automatique de Copenhague (lignes 1 à 4) et de Brescia.

Ces automatismes s'articulent autour de l'ATC (Automatic Train Control : contrôle automatique du train) composé de :

- L'ATO (Automatic Train Operation : conduite automatique des trains) qui contrôle le mouvement des trains en appliquant les consignes de sécurité et de vitesse issues de l'ATP ;
- L'ATP (Automatic Train Protection : protection automatique des trains) qui gère la sécurité des trains en contrôlant les espacements, les manœuvres, arrêts en station et la vitesse des trains ;
- L'ATS (Automatic Train Supervision : supervision automatique des trains) qui gère et supervise la circulation des trains sur l'ensemble de la ligne.



L'ATO/ATP gère aussi :

- la régulation des rames,
- les arrêts d'urgence,
- le contrôle des portes palières,
- l'information aux voyageurs,

- les interfaces radio,
- les informations sur les alarmes.

Les systèmes (logiciel et matériel) sont redondants ce qui permet de palier à la déficience de l'un des éléments.

Ces automatismes sont totalement indépendants du matériel roulant et de la voie, ils peuvent donc être mis en œuvre avec d'autres matériels que ceux d'Ansaldo Breda et peuvent s'intégrer dans d'autres systèmes de signalisation (canton fixe par exemple).

Le système ATP utilise les principes du canton mobile avec une gestion en continu de la position des trains.

La transmission des données se fait par radio (entre l'ATP et les trains) et par fibre optique (entre l'ATP et l'ATS).

2.3.2 *Interchangeabilité des sous-systèmes*

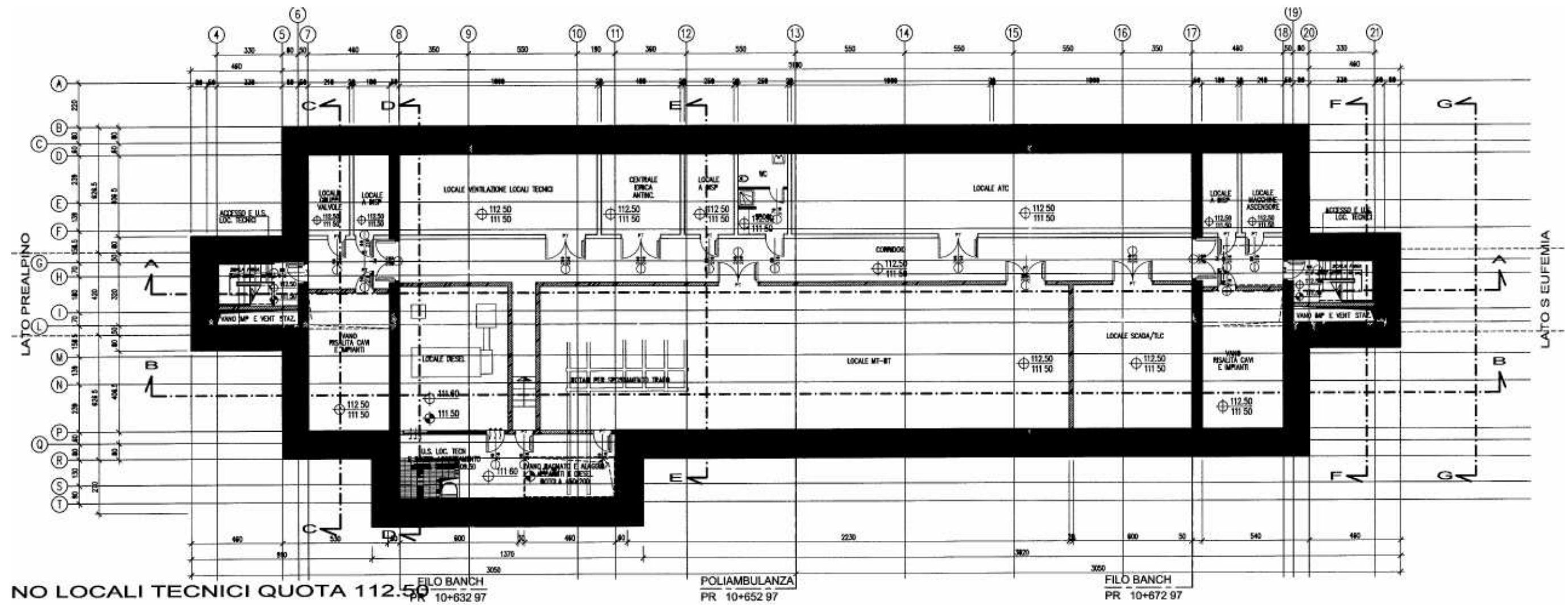
Les sous-systèmes développés par Ansaldo répondent aux dernières normes et sont donc interchangeables.

2.3.3 *Locaux techniques*

Les dimensions indiquées ci-dessous correspondent aux dimensions des locaux techniques, partie système, du projet de Brescia. Elles coïncident donc à des superficies réelles et non minimale.

- local ATC (couvre 3 à 5 stations) : environ 20x4m soit 80m²
- local SCADA : environ 7x6m soit 42 m²
- local sous-station : environ : 27x7=189 m².

voir plan ci-après.



plan des locaux techniques systèmes du métro de Brescia

2.4 LES ATELIERS DEPOTS

De façon sommaire, un atelier dépôt comprend deux grandes parties :

- Un site de remisage ;
- Un site de maintenance (atelier) intégrant une zone de magasin.

Le site intègre également le lavage et le nettoyage des trains et (en général) le poste de commande centralisé, le parking du personnel, des bâtiments administratifs.

Le site de remisage et le site de maintenance peuvent être implantés dans des lieux distincts mais il est préférable de les rassembler afin d'optimiser les installations (voies d'accès en particulier).

Les installations sont, dans la mesure du possible, réalisées au niveau du sol pour des raisons de coûts.

2.4.1 *Fonctionnement d'un atelier dépôt*

A l'arrivée au dépôt, la rame passe par la machine à laver. Elle est ensuite dirigée soit vers le site de remisage soit vers l'atelier pour réparation ou entretien.

Le remisage des métros se fait généralement sur plusieurs voies de garage. Chaque ligne de remisage peut accueillir plusieurs rames. Ces voies sont reliées à la voie principale et à l'atelier par un peigne. Ce peigne est une zone de manœuvre et ne peut donc être utilisé comme zone de remisage.

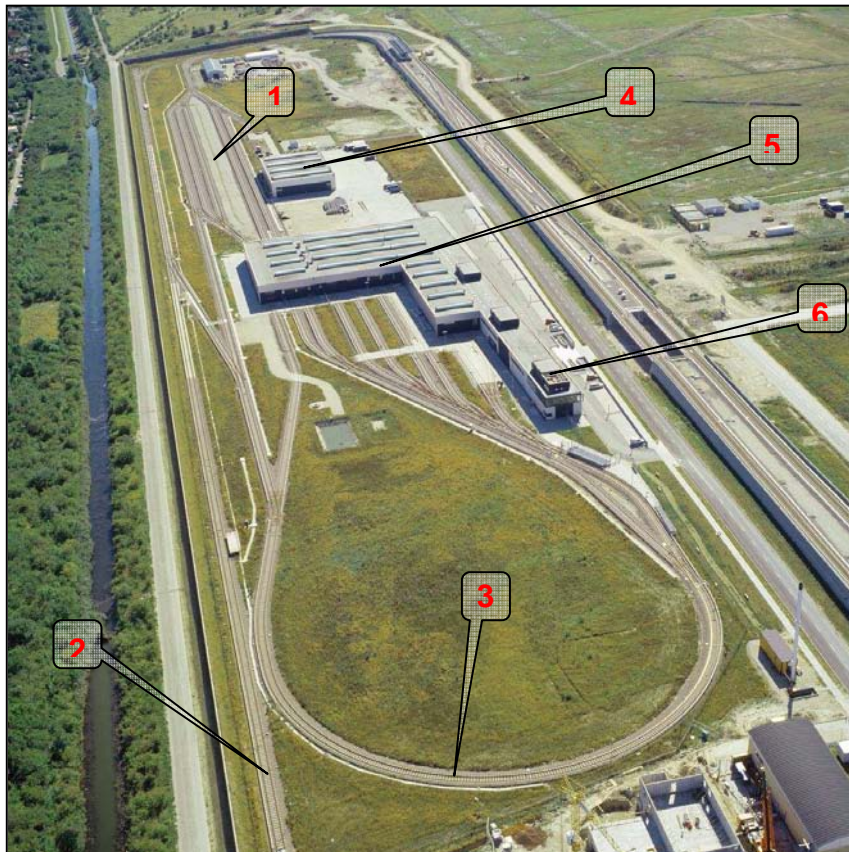
2.5 EXEMPLE DE COPENHAGUE

L'atelier dépôt de Copenhague est situé en extrémité de ligne. Il est configuré pour accueillir 34 trains et 200 personnes à terme. Le personnel comprend :

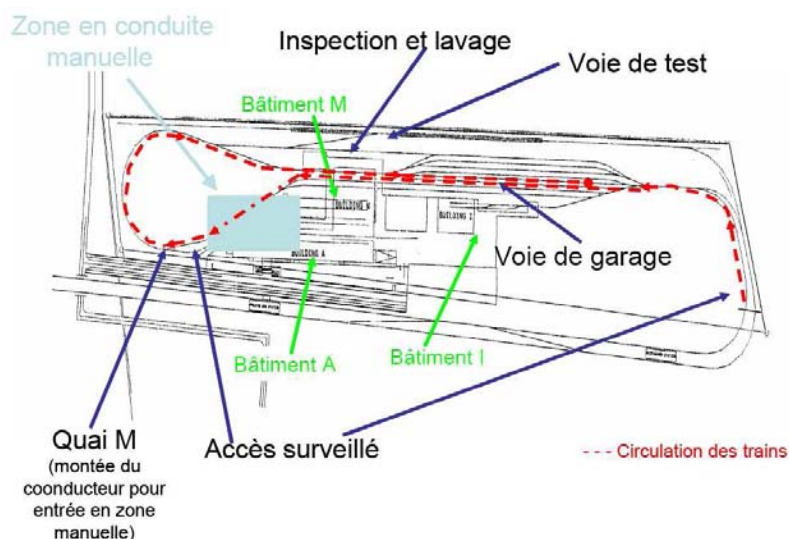
- le personnel de maintenance et d'entretien des trains,
- le personnel de maintenance des équipements fixes,
- le personnel du poste de commande (PCC),
- le personnel technique et administratif.

Il intègre le PCC et des bureaux et fonctionne 24h sur 24.

Le complexe s'étend sur près de 10 hectares.



1. aire de remisage (3 voies en première phase, 13 trains, 300m)
2. voie d'essais (800 ml)
3. boucle de retournement
4. garage et ateliers des véhicules de service
5. atelier, magasins, lavage : 5 voies pour la maintenance, 1 voie de nettoyage graffitis, 1 voie remplacement des boggies, 2 voies pour les inspections et nettoyage, 1 voie machine à laver
6. bureaux et poste de contrôle : 2 salles de contrôles (normale et secours), 2 ateliers de réparation sous-ensemble, 35 bureaux, salles de réunion, cantine pour 50 personnes, vestiaire pour 160 personnes.

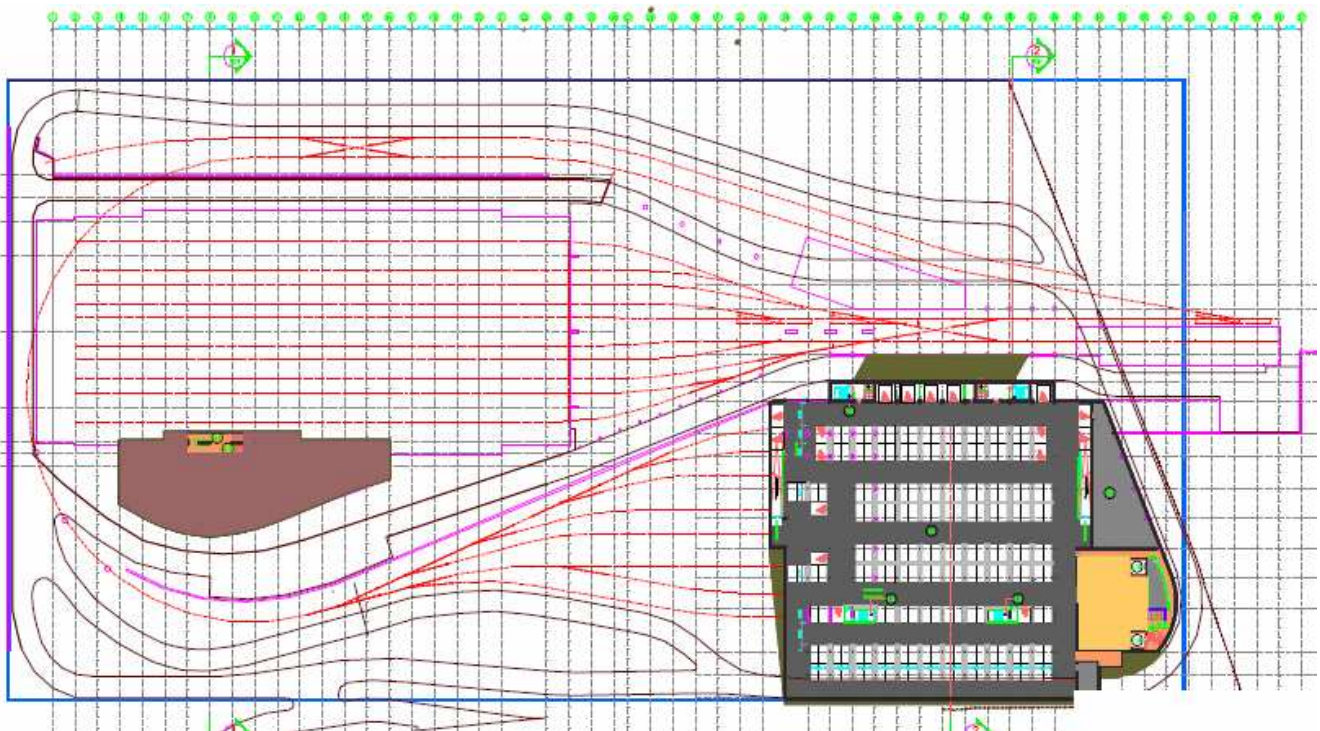


Les ateliers sont utilisés pour :

- la maintenance préventive et curative ;
- la réparation des sous-ensembles électriques et chargeurs de batterie ;
- les tests des équipements électroniques ;
- l'entretien mécanique (nettoyage, soudure, réparations pneumatiques) ;
- le magasinage des équipements de rechange ;
- le garage et l'entretien des véhicules de service.

2.5.1 Exemple de Thessalonique

Cet atelier dépôt est en cours de construction. Le site mesure un peu plus de 4,5 hectares. Il permet de remiser et d'entretenir 20 trains de 50m.



3. BOMBARDIER

3.1 CARACTERISTIQUES DU MATERIEL ET DES EQUIPEMENTS

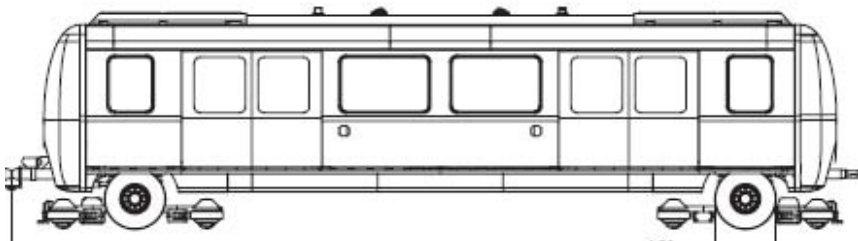
3.1.1 *Matériel roulant proposé*



L'offre de Bombardier est basée sur la technologie « Advanced Rapid Transit » qui utilise le moteur à induction linéaire comme mode de propulsion. Ce type de propulsion a été mis en œuvre sur le SkyTrain de Vancouver (1986) et plus récemment sur le AirTrain de l'aéroport JFK de New York (2002).

Les principales caractéristiques sont résumées dans le tableau ci-dessous pour le matériel utilisé sur la ligne desservant l'aéroport JFK de New York.

Les caractéristiques de la Neihu Line (Taiwan – mise en service prévue en 2009) sont données à titre d'information. Cette ligne est en effet une prolongation de la Muzha Line livrée par Matra avec une technologie VAL (les bogies ont été conçus et réalisés par Bombardier).



Neihu Line

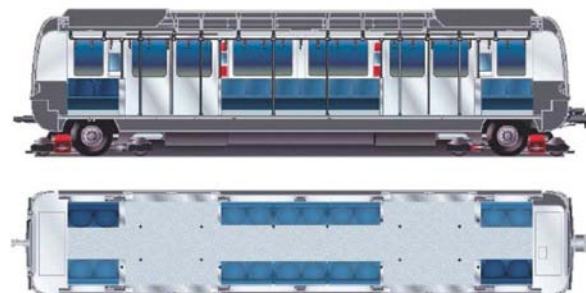
	ART MK II JFK	Neihu Line
Longueur	35,2m	55,12m
Nbre de voitures/rame	2	4
Largeur	3,2m	2,54m
hauteur	3,81m	3,53m
Poids	48t	-
Vitesse max	110 km/h	-
Puissance	-	-
Accélération	1,34 m/s ²	1,0 m/s ²
Décélération de service	1,0 m/s ²	1,0 m/s ²
Rayon mini	100m	-
Hauteur plancher	1120 mm	-
Roulement	fer	pneu



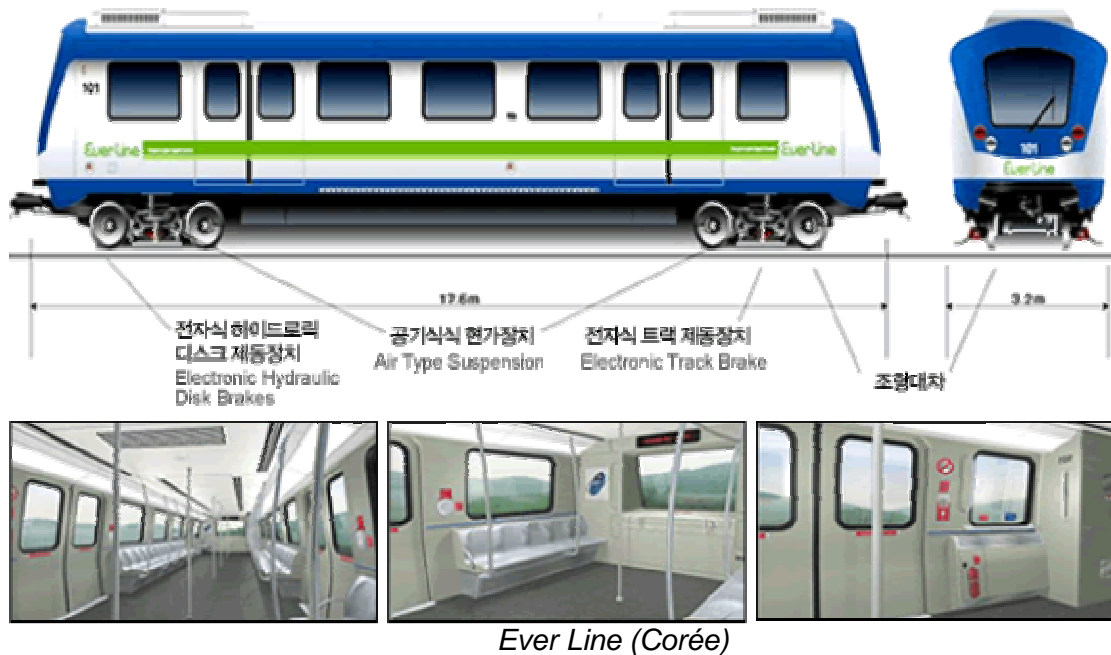
3.1.2 Capacité des véhicules

La capacité des rames Bombardier varie entre 320 et 380 passagers/rame.

	ART MK II JFK	Neihu Line
Capacité totale de la rame	320	380
Nbre de sièges	52	80
Nbre de personnes debout (4p/m ²)	268	300
Places UFR	4	8
Fréquence	90s	90s
Capacité du système (pphpd)	12.800	15.200



Neihu Line (Taiwan)



3.1.3 *Contraintes sur le tracé en plan et le profil*

Le rayon minimal annoncé en plan est de 100m en plan. La pente maximale admissible avoisine les 6%. Aucune information sur les rayons de raccordement en profil en long n'a pu être récupérée auprès de Bombardier mais les caractéristiques données au paragraphe 2.1.3 pour un matériel ferré sont valables.

3.2 CARACTERISTIQUES TECHNIQUES PRINCIPALES DU MATERIEL

3.2.1 *Type de pose de voie*

Le AirTrain (aéroport JFK) est un matériel ferroviaire. Il circule donc sur une voie classique indépendante du matériel roulant.

3.2.2 *Alimentation électrique*

L'ART est alimenté en 750Vcc par un 3^{ème} rail.

3.2.3 *Evolutivité de la composition de la rame*

Le AirTrain est composé de 2 véhicules. Il peut être couplé à une autre rame et composer un ensemble de 4 véhicules, ce qui constitue alors un maximum. L'intercirculation n'est pas possible entre les deux rames sur le AirTrain de l'aéroport JFK.

3.2.4 *Accélération / freinage*

L'accélération maximale du AirTrain est de 1,34m/s². La décélération en exploitation est limitée à 1,0 m/s² pour des raisons de confort mais peut atteindre 1,43 m/s² en cas d'urgence.

3.2.5 *Poids / motorisation*

Chaque véhicule du AirTrain pèse 24 tonnes.

L'ART utilise le moteur à induction linéaire comme mode de propulsion. Selon un calcul théorique mené sur le projet de la Neihu Line, la technologie ART apporterait un gain énergétique de 25% par passager.km par rapport à un métro pneumatique (comparaison sur un matériel de 2,56m de largeur, véhicules existants et nouveaux de type VAL de la Muzha Line par rapport aux véhicules ART de Vancouver).

3.3 CARACTERISTIQUES PRINCIPALES DES AUTOMATISMES

3.3.1 *Fonctions assurées*

L'offre standard de Bombardier pour des systèmes de métros automatiques comprend la technologie de commande automatique de train par les communications et à cantons mobiles **CITYFLO 650**. Ce système reprend tous les automatismes ATO, ATC, ATP décrit précédemment :

- la protection automatique des trains (ATP), qui commande les fonctions vitales relatives à la sécurité ;
- l'exploitation automatique des trains (ATO), qui commande les fonctions de conduite du train ;
- la supervision automatique des trains (ATS), qui comprend les fonctions de routage, de respect de l'horaire et de surveillance des défaillances.

Il a été mis en œuvre sur la ligne des aéroports d'Heathrow (grande Bretagne), Dallas (Etats-Unis) et prochainement sur la Neihu Line de Taipei (Taiwan), la YongIn Ever Line (Corée du Sud), à Guangzhou (Chine).

La communication bidirectionnelle entre la voie et le train se fait au moyen d'une technologie sans fil de pointe. On utilise ce système pour l'exploitation automatique de trains sur des voies distinctes.

Ce système présente les caractéristiques suivantes :

- Système CBTC (système de commande basé sur les communications) pour métro à cantons ;
- Conduite assistée par un système EBI Cab de protection automatique des voitures (VATP) / d'exploitation automatique des voitures (VATO) (type DTO/UTO) ;
- Transmission de l'information de protection automatique des trains (ATP) par radiocommunication à spectre dispersé ;
- Fonctionnalité d'exploitation automatique des trains (ATO) avec modification continue du mode de conduite ;
- Exploitation sur voies distinctes ;
- Détection des trains par radio transmission des positions des trains ;
- Supervision continue des trains par la salle de commande EBI Screen ;
- Fonction de verrouillage électronique intégré EBI*Lock ou verrouillages informatisés EBI Lock ;
- Aiguillages commandés par verrouillages ;
- Possibilité d'ajouter la fonctionnalité SCADA à la salle de commande EBI Screen ;

- Compatibilité de la salle de commande EBI Screen avec les systèmes auxiliaires ;
- La solution CITYFLO 650 permet l'intégration de systèmes auxiliaires tels que :
 - Écrans d'information pour les passagers
 - Surveillance vidéo en circuit fermé
 - Système de diffusion publique
 - Radio
 - Télécommunications

Ce système est interchangeable et peut être installé sur n'importe quel matériel roulant.

3.3.2 *Sous-systèmes*

a) *Salle de commande EBI Screen*

La supervision des véhicules peut se faire au moyen du système de salle de commande **EBI Screen**. Il s'agit d'un système moderne de supervision et de commande informatisé qui permet à l'opérateur d'envoyer des commandes au véhicule à l'aide d'une souris ou d'un clavier et d'afficher la position des véhicules et d'équipements facultatifs en bordure de voie à la fois sur les écrans d'information normaux et sur de grands écrans translucides. La salle de commande EBI Screen assure également le contrôle des trains.

b) *Système de contrôle électronique de transfert de clé des aiguillages EBI Lock*

La solution CITYFLO 650 peut utiliser la fonction de verrouillage intégrée ou, de façon facultative, peut inclure des verrouillages informatisés **EBI Lock** comme système secondaire ou pour se conformer aux normes locales. La fonction de verrouillage intégrée de la solution CITYFLO 650 est groupée avec le système régional de protection des trains (ATP) en bordure de voie.

c) *Centre de bloc radio EBI Com*

L'équipement en bordure de voie de la solution CITYFLO 650 est divisé en régions géographiques. Chaque région comprend le même matériel ATP et ATO qui prend en charge, respectivement, les fonctions de protection et d'exploitation des trains pour cette région. Chacune contrôle un certain nombre de circuits de voie qui reçoivent l'information de position des trains et qui envoient aux trains l'autorisation de circuler.

d) *Système de commande automatique de train EBI Link en bordure de voie*

L'information provenant de la voie et requise aux fins de compensation des erreurs de positionnement est transmise au train au moyen de balises de normalisation, situées au milieu de la voie à certains aiguillages. Ces balises transmettent la position exacte au train lorsqu'il passe et lui permet de normaliser sa position, réduisant ainsi le risque d'erreur.

e) *Aiguillage EBI Switch*

On peut utiliser des aiguillages ferroviaires courants de la gamme EBI Switch, selon ce qui convient le mieux à un marché particulier.

f) *Système de commande automatique de train EBI Cab embarqué*

L'équipement embarqué consiste en un système de protection automatique des voitures (VATP) / d'exploitation automatique des voitures (VATO) EBI Cab. Ce système ATP moderne à « cantons mobiles » permet la supervision continue et la transmission d'information continue au moyen de la radio transmission et détient une certification de

sûreté américaine pour le transport en commun. L'approbation de ce système par le CENELEC est prévue sous peu.

La solution CITYFLO 650 comprend un système automatique de conduite ATO permettant la conduite entièrement automatisée (type DTO/UTO) avec changement continu de mode de conduite que l'on peut sélectionner automatiquement depuis la salle de commande EBI Screen en tout temps durant le trajet. Le système ATO permet l'immobilisation précise du train en station à +/- 15 cm.

g) Système **SEKURFLO**

SEKURFLO permet :

- de visualiser l'intérieur des rames via des caméras IP ou analogiques,
- d'enregistrer les images sur un disque dur,
- d'analyser les images reçues (par exemple vérifier que la rame est vide au terminus, détecter des objets abandonnés) et renvoyer une alarme.



Unités de contrôle et
distantes

Modules du sous-
système de gestion
du stockage
2 To maximum

3.3.3 *Locaux techniques*

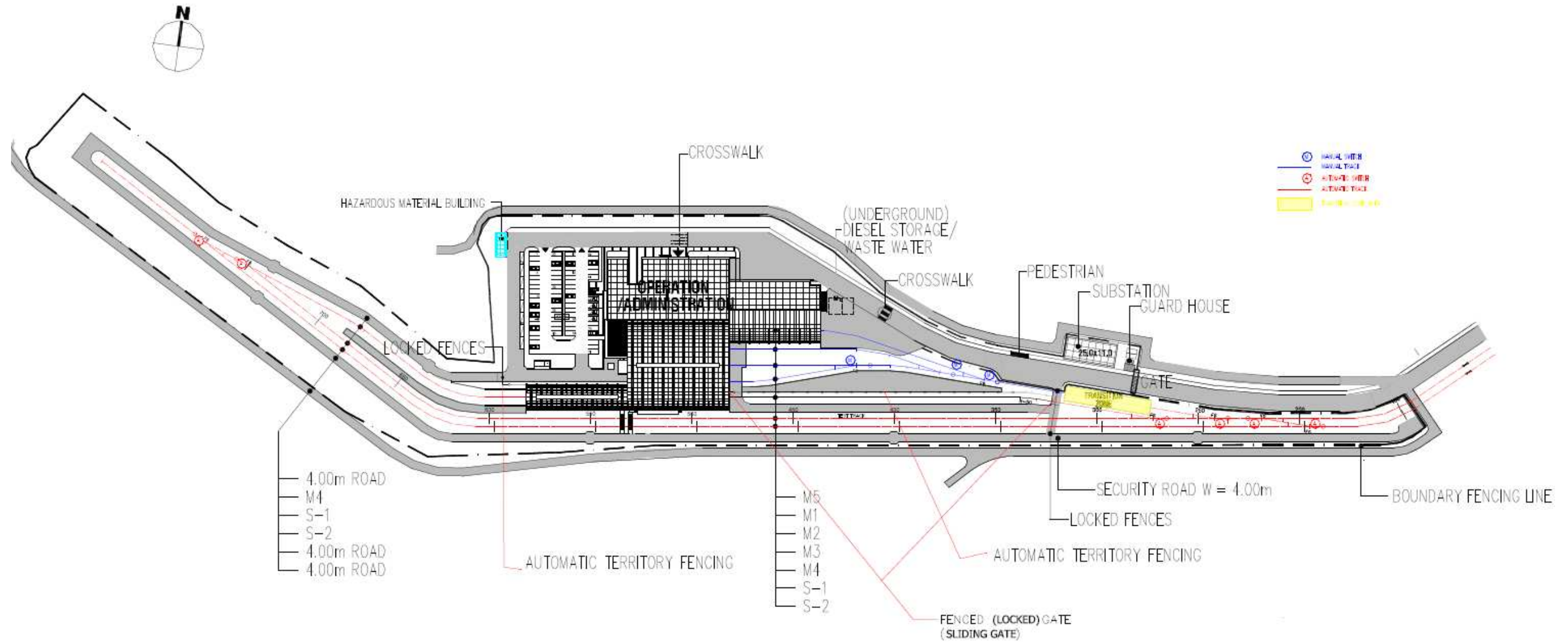
Bombardier recommande les dimensions suivantes pour les locaux techniques :

- pour le système de communications un local technique de 6 m x 4 m x 4 m de haut.
- pour le système d'ATC, un local technique est requis seulement dans 4 stations sur un total de 15 stations pour Yongin. Les dimensions sont de 5 m x 4 m x 4 m de haut.

Ces locaux techniques ont besoin d'un système de contrôle de température, d'humidité et de circulation d'air. Ces dimensions ne sont pas rigides, elles peuvent varier en fonction de la manière dont l'exploitant va gérer la ligne.

3.4 ATELIER DEPOT

Le plan ci-dessous, transmis par Bombardier, représente le dépôt de Yongin (Corée du sud). Ce dépôt est dimensionné pour une ligne de 18km comportant 15 stations avec 30 rames en exploitation. Il mesure environ 6300 m². Cela comprend les ateliers, les bureaux et la machine à laver qui est rattachée au building



4. SIEMENS

4.1 CARACTERISTIQUES DU MATERIEL ET DES EQUIPEMENTS

4.1.1 *Matériel roulant proposé*

Siemens a essentiellement présenté son Cityval et ne s'est pas attardé sur les métros automatiques ferrés.

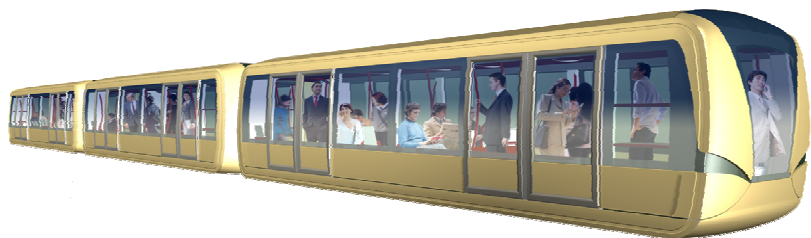
Le Cityval est le nouveau concept de Siemens dans le transport automatique de personnes. Il est basé :

- sur le matériel du VAL ;
- sur un guidage physique par un rail central développé par Lohr Industrie (semblable à celui du tramway sur pneu Translohr) ;
- et le système Trainguard MT CBTC.

Le Cityval est en cours de développement. Les premières homologations ont été réalisées :

- tests dynamiques réussis avec le prototype en 2007-2008 (vitesse 80 km/h).
Ont été testés le comportement mécanique du roulement, le système de guidage, l'interface avec la voie, la transmission, le système de freinage et le comportement dynamique du véhicule.
- cabine passager et tests systèmes avec le véhicule de pré-série en cours.
Ces tests ont permis de vérifier le confort acoustique, les équipements de confort des passagers, les portes et aménagement intérieur, le comportement de la cabine vis-à-vis des vibrations et les systèmes.

Le Cityval est composé de une à 6 voitures. Chaque voiture ou module mesure 11,20m de longueur et 2,65m ou 2,80m de largeur.

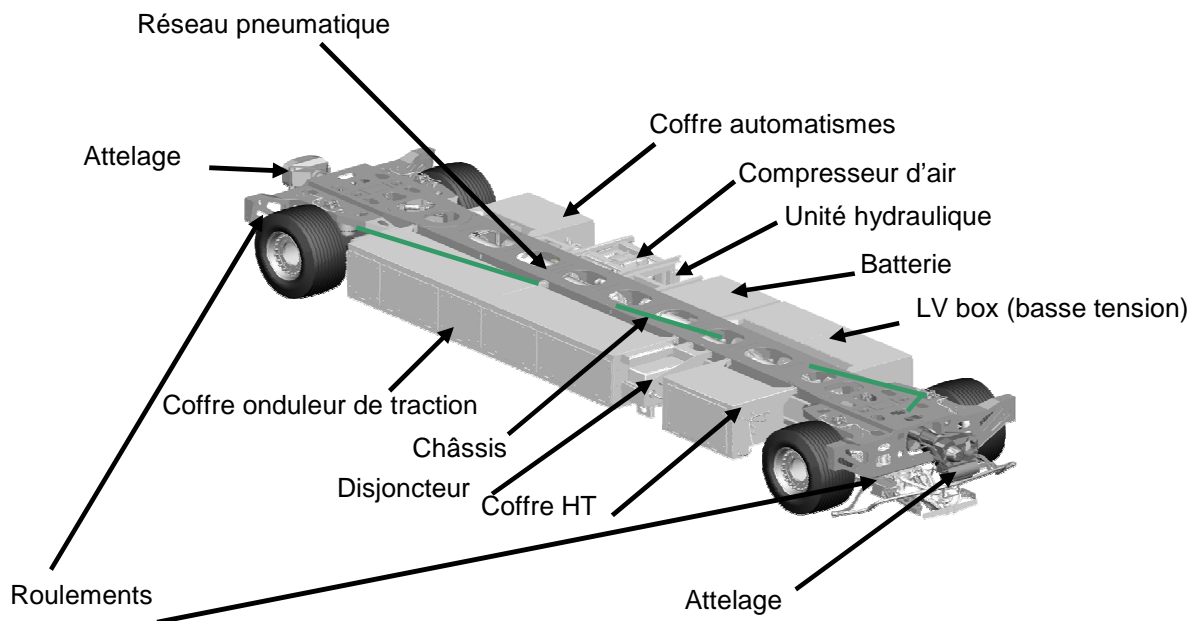


Le Cityval présente de larges baies vitrées, des portes de 1,95m de largeur (deux par véhicule – 3 portes de 1,30m possible en option), est climatisé et facilement accessible.



Il est prévu d'intégrer de l'information dynamique dans les rames et un accès internet.

Tous les équipements sont positionnés sous le châssis ou sur les côtés.



Les principales caractéristiques du Cityval sont données dans le tableau ci-dessous.

	Cityval
Longueur du module	11,20m
Largeur	2,65m / 2,80m
hauteur	3,615m
Vitesse max	80 km/h
Puissance	-
Accélération max	1,3 m/s ²
Décélération de service	1,3 m/s ²
Rayon mini	22m

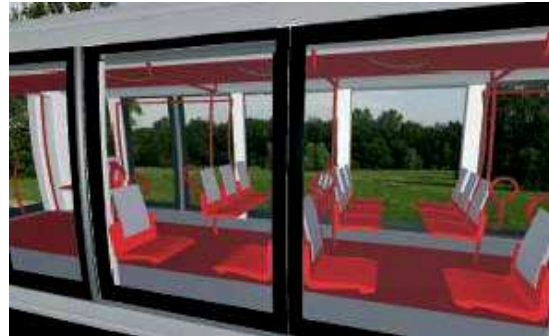
Hauteur plancher	1100mm
-------------------------	--------

4.1.2 *Capacité des véhicules*

Chaque module dispose d'une superficie totalement libre de 26,50m² et peut recevoir jusqu'à 24 sièges. L'aménagement intérieur est donc très modulable.



espace ouvert



aménagement en carré 24 sièges



aménagement 8 sièges



aménagement 16 sièges

4.1.3 *Contraintes sur le tracé en plan et le profil*

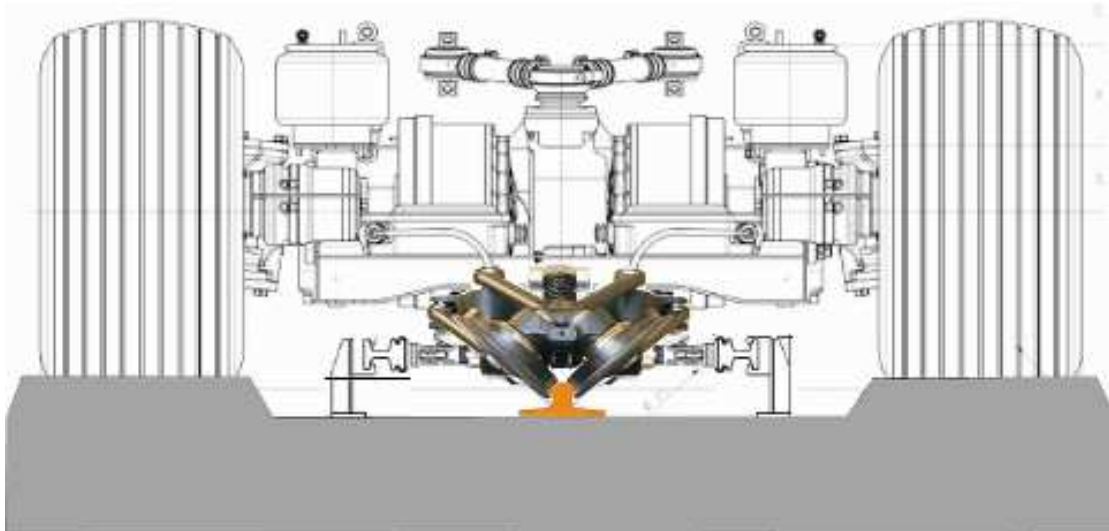
Du fait de son guidage physique et de son roulement sur pneu, le Cityval accepte des rayons très faibles : 22m en ligne et 17m dans l'atelier dépôt. Ces rayons sont à considérer comme des minimums absolus, à proximité d'une station ou dans des cas exceptionnels afin de ne pas pénaliser la vitesse commerciale.

Le mode pneumatique autorise des pentes de 12% et le rayon minimal en profil est de 200m que ce soit en creux ou en bosse.

4.2 CARACTERISTIQUES TECHNIQUES PRINCIPALES DU MATERIEL

4.2.1 *Type de pose de voie*

Le système Cityval nécessite une voie qui lui est spécifique. La plateforme comprend en effet deux zones de roulement et une zone centrale dédiée au guidage matériel (voir schémas ci-dessous). Ce guidage s'inspire de celui du Translohr. Des galets de guidage, au nombre de 2 par essieu et disposés en V, enserrant le rail de guidage.



La plateforme est en béton armé et peut être réalisée par un coffrage glissant.

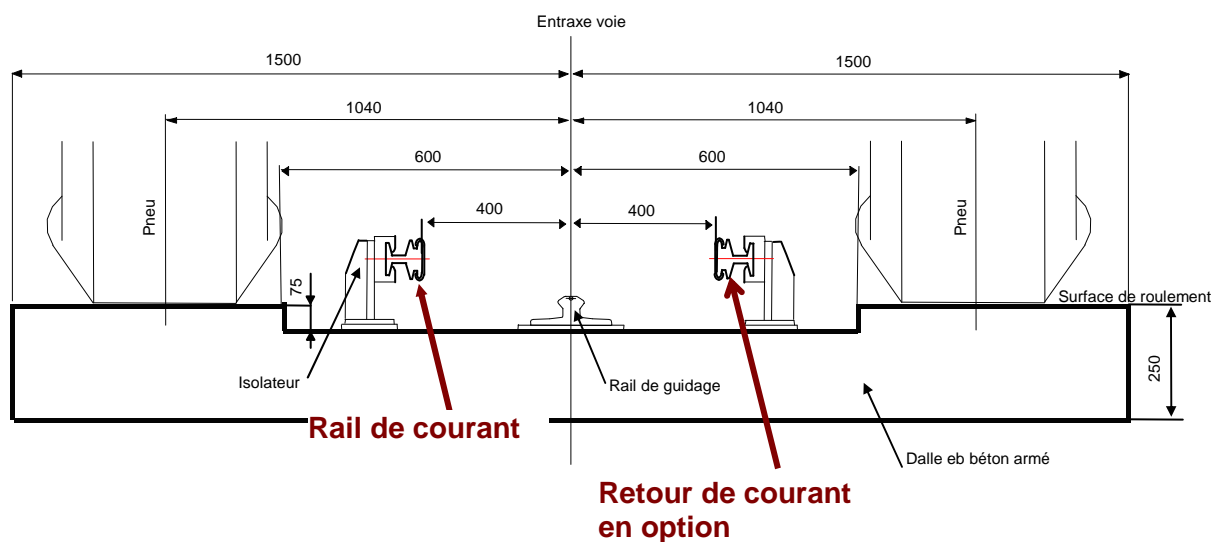


4.2.2 Alimentation électrique

Le Cityval est alimenté en 750 Vcc par un 3^{ème} rail. Le retour du courant se fait généralement par le rail de guidage mais peut aussi s'effectuer par un rail retour de courant spécifique s'il existe des contraintes particulières sur les courants vagabonds.

Siemens a développé tout un système d'optimisation de la consommation en énergie en gérant les accélérations et les décélérations : l'énergie récupérée des trains en décélération est utilisée par ceux en accélération. Ce système permet, en théorie, de faire des économies sur les postes transformateur.

Un stockage embarqué de l'énergie par des super condensateurs et des batteries est aussi en cours de développement et permettra, à terme, de s'affranchir du rail d'alimentation entre les stations.



4.2.3 Evolutivité de la composition de la rame

La longueur de la rame est adaptable soit par accouplement de rames (aucune interconnexion passager entre les deux rames – opération simple à réaliser), soit par ajout d'une voiture à un convoi. Cette dernière opération s'effectue en atelier.

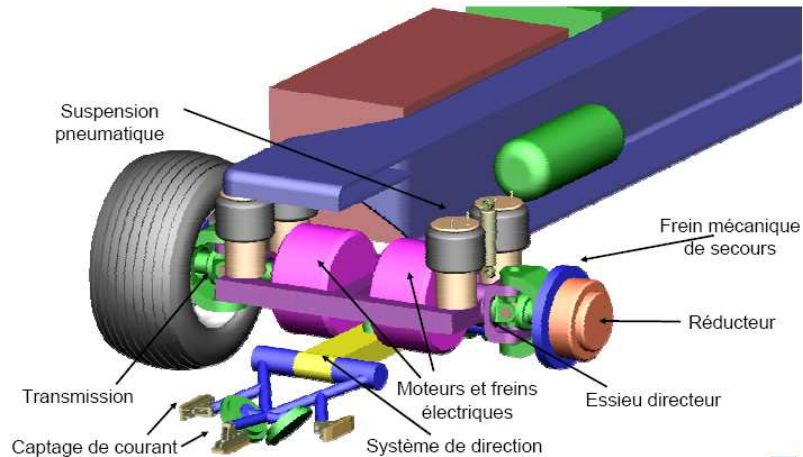
4.2.4 Accélération / freinage

L'accélération et la décélération de service du Cityval sont limitées pour des raisons de confort à 1,3m/s². Cependant dans des applications spécifiques telles que les navettes aéroportuaires ou pour répondre à des exigences spécifiques de certains clients, cette limitation peut être ajustée. A titre d'exemple, l'accélération et décélération de l'Airval sont par défaut limitées à 1,1m/s².

4.2.5 Poids / motorisation

Le poids des rames dépend du nombre de modules du convoi, des options retenues, de la largeur de la cabine et de l'aménagement intérieur. Il est de l'ordre de 16 tonnes par module.

Chaque roue est équipé d'un moteur synchrone à aimant permanent dont la puissance varie entre 105 et 110 kW.



4.3 CARACTERISTIQUES PRINCIPALES DES AUTOMATISMES

4.3.1 Fonctions assurées

Les automatismes sans conducteur de Siemens s'articulent autour du système Trainguard MT CBTC qui réalise les fonctions ATP (protection automatique des trains) et ATO (conduite automatique des trains).

Le système Trainguard MT CBTC est basé sur un échange continu et bi-directionnel entre les automatismes embarqués vers les automatismes au sol. L'espacement des trains est réalisé sur le principe des cantons mobiles. Le train calcule sa propre position sur la ligne et la transmet aux automatismes sol. A chaque train est assigné, par les automatismes sol, un point à protéger. Ce point à protéger correspond en fait à l'arrière du train qui le précède. Trainguard MT CBTC assure donc l'espacement des trains par "cantons mobiles". Les automatismes bord élaborent ensuite le profil optimal de vitesse de manière à assurer l'arrêt en sécurité au niveau du point à protéger.

Ainsi, le système développé par Siemens :

- assure un rapprochement optimal des trains qui sont espacés au minimum d'une distance correspondant à leur distance de freinage plus une distance de sécurité. Cette distance peut être assimilée à un canton qui se déplace avec le train d'où le nom de "canton mobile",
- fait abstraction du découpage physique de la voie et de la signalisation latérale, d'où la réduction des coûts de maintenance et l'amélioration de la disponibilité des automatismes,
- rend l'exploitation plus souple en adaptant la taille des cantons mobiles aux caractéristiques de chaque train.

Les communications se font par radio à propagation libre basée sur les modulations à étalement de spectre.

Le système Trainguard MT CBTC peut être couplé avec les sous-systèmes :

- **Siwimedia** qui permet:
 - la surveillance à bord des rames de métros ;
 - l'information des passagers à bord ;

- la communication bord / Centre de contrôle (inter-phonie) ;
- l'ouverture à de nouveaux services à bord: publicité, programme de divertissement, internet sans fil.
- **Airlink** : interface radio à haut débit permettant l'échange continu et bi-directionnel d'informations entre les automatismes sol (centre de commande centralisé - VICOS CBTC) et bord (type SIWIMEDIA). Cette interface est interchangeable. Cette solution ne nécessite aucun support continu en voie. Elle garantit :
 - o une qualité de service qui contribue à la disponibilité et la fiabilité des automatismes d'aide à la conduite des trains,).
 - o une robustesse aux intrusions et aux brouilleurs volontaires ou fortuits,.
 - o une réduction des coûts de fonctionnement grâce à une maintenance simplifiée résultant de la faible quantité de matériel en voie requise par le système de transmission,
 - o une solution adaptée aux besoins de rénovation, grâce à sa facilité d'installation par superposition progressive des systèmes de transmission existants.
 - o la conformité aux standards d'interopérabilité et d'interchangeabilité.
- **CBI** :
- **VICOS CBTC** : permet de gérer l'exploitation de la ligne de métro. Il permet une supervision en continue des trains et des systèmes ATC. Il participe aussi à l'aide à l'exploitation et à la régulation du trafic. Le système SCADA peut y être intégré ce qui autorise en plus la supervision des escalators, des lumières, des alarmes incendie, etc.

Dans sa version driverless (sans conducteur), Trainguard MT CBTC est la solution retenue pour la ligne 9 de Barcelone et la ligne 14 à Paris.

4.3.2 Performances

Le Cityval est en cours de développement et les performances du système complet ne sont pas encore connues.

Le sous-système des automatismes Trainguard MT CBTC est déjà installé à Lyon (Maggaly), New York (Canarsie), Barcelone (ligne 9) et la disponibilité de VICOS CBTC atteint les 99,999%.

4.3.3 Locaux techniques

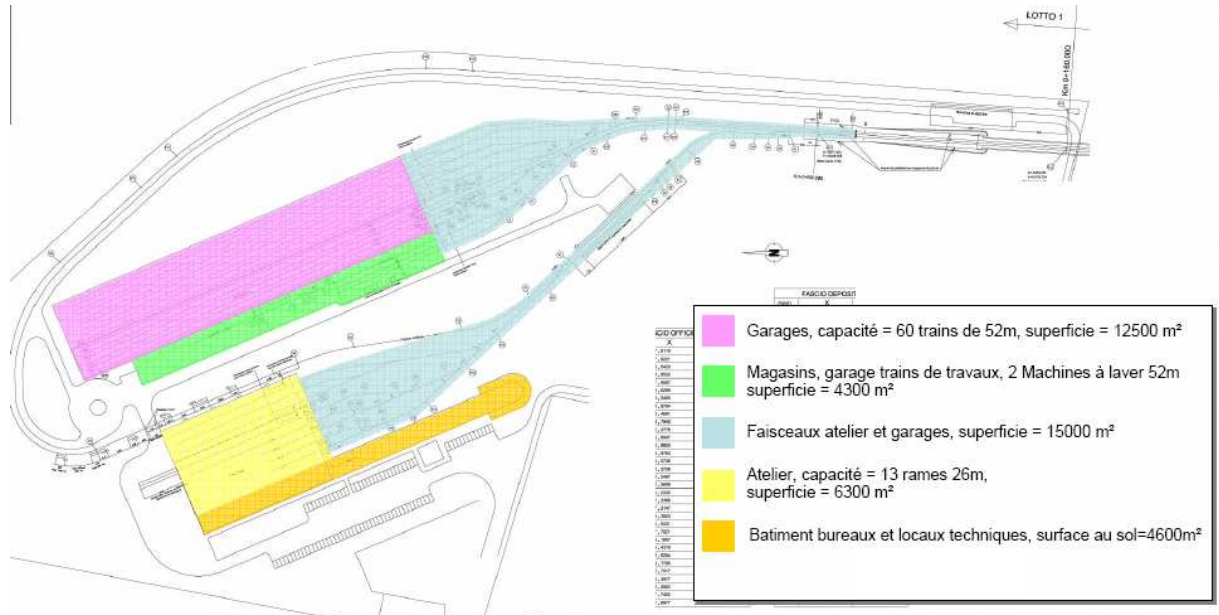
Siemens recommande les superficies suivantes :

- 1 poste éclairage force par station d'une superficie de l'ordre de 55m².
- 1 poste électrique de transmission par station d'une superficie de l'ordre de 24m².
- Poste de Redressement : dépend des caractéristiques de la ligne, de la taille des rames et des performances exigées : usuellement 1 toutes les 2 à 3 stations d'une superficie de l'ordre de 76m².

4.4 ATELIERS DEPOTS

4.4.1 Exemple de Turin

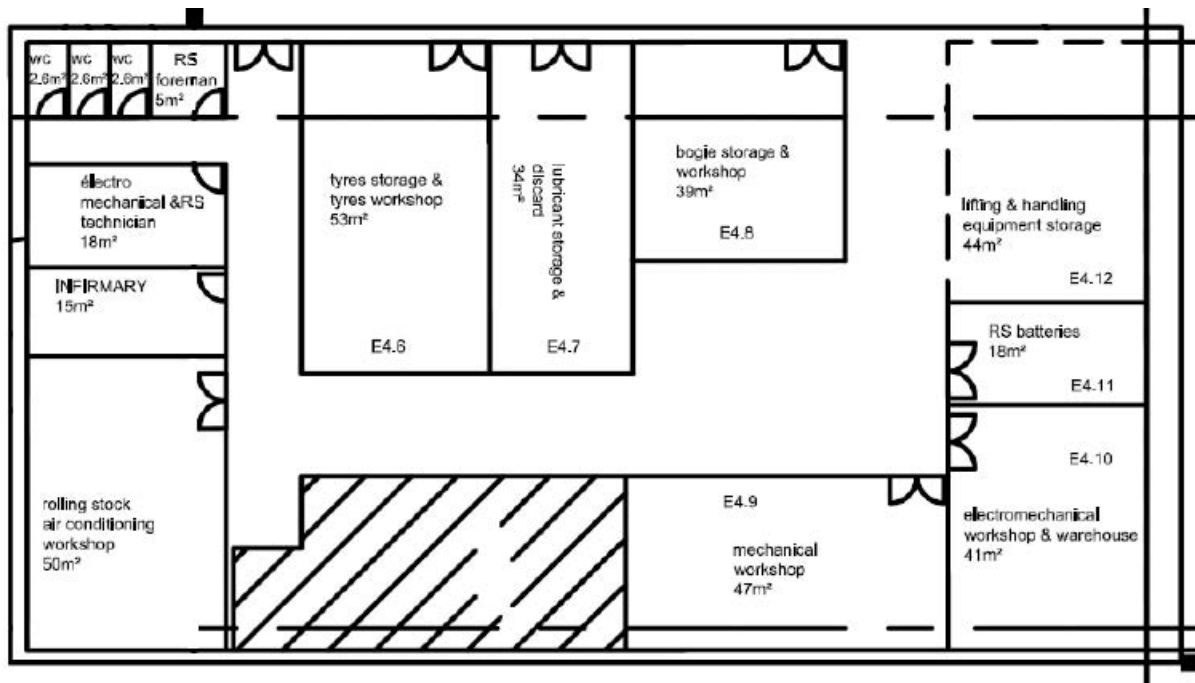
Siemens a transmis pour information le plan masse du métro automatique, type VAL, de Turin. Cet atelier dépôt permet l'entretien et le remisage de 60 rames de 52m.



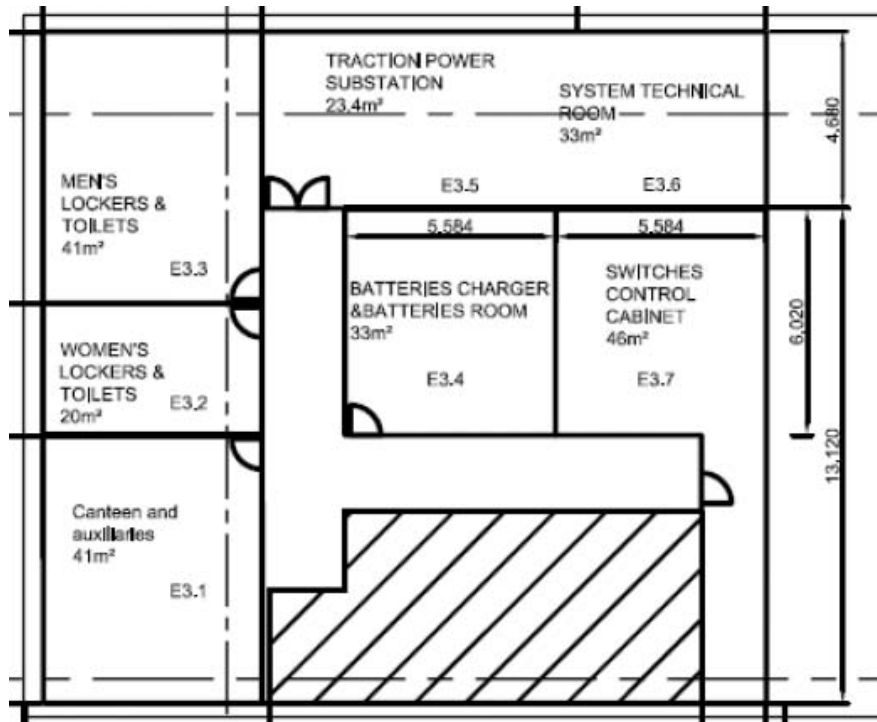
Les locaux techniques comprennent de façon succincte :

Local	Surface (m2)	Hauteur mini (m)	Niveau	Commentaires
Magasin principal	150 à 200	7	0	
Magasin pièces lourdes	400 à 800	7	0	
Local huiles et graisses	50	3	0	
Atelier pneumatiques	25	3	0	
Magasin pneumatiques	30 à 40	3	0	
Atelier mécanique	50 à 80	3	0	
Ateliers divers	40	3	0	Ateliers équipements hydrauliques, pneumatiques, électromécaniques,...
Local bancs de tests	30	3	0	
Local appareils de mesure	25	3	0	
Bureaux chefs d'équipe	2 x 15	2,5	0	
Local batteries	20	3	0	
Aire moyens de manutention	30	3	0	Stockage des chariots élévateurs,.... Local non cloisonné

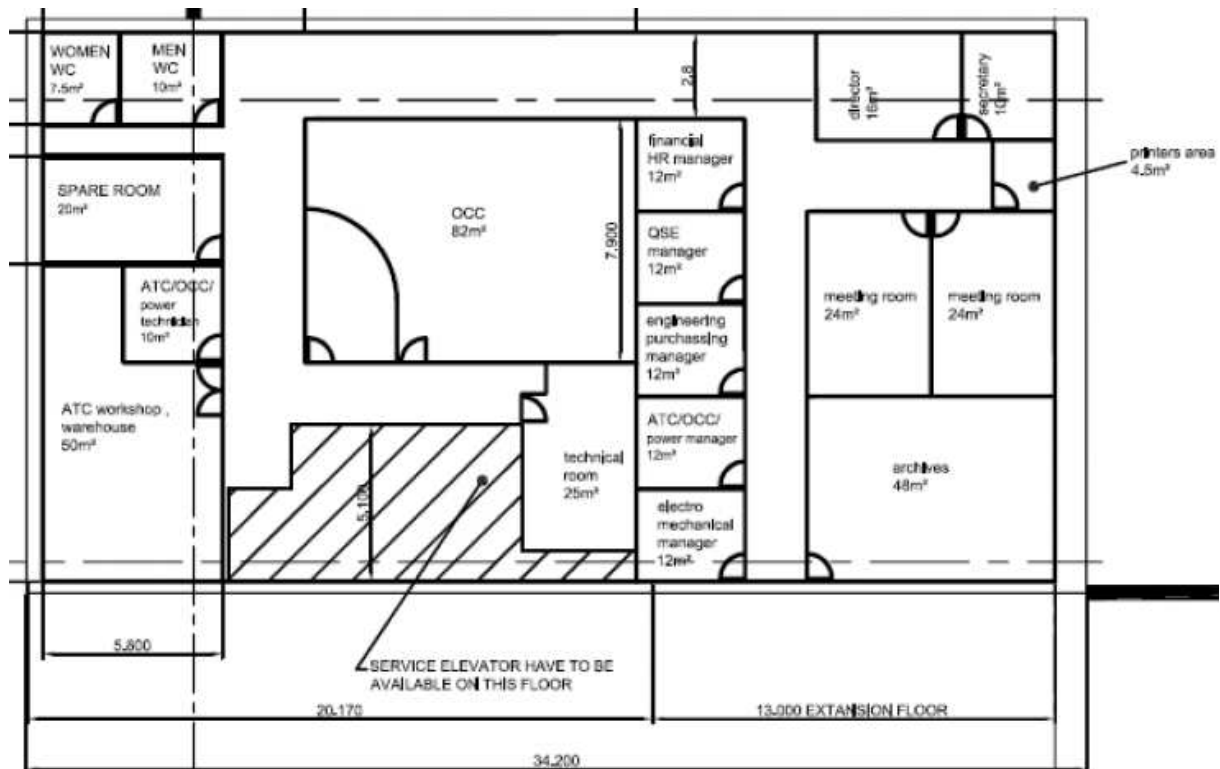
Local	Surface (m2)	Hauteur mini (m)	Niveau	Commentaires
Cabine lavage	20	3,5	0	Lavage des essieux et autres équipements mécaniques
Infirmierie	20	2,5	0	
Atelier électronique	100 à 150	2,5	0 ou 1	(Maintenance niveau 1 & 2). Comprend les bureaux des techniciens de maintenance
Magasin électronique	40	2,5	0 ou 1	



Exemple locaux techniques niveau atelier



Exemple locaux techniques niveau 1



Exemple locaux techniques niveau 2

4.5 L'OFFRE FER EN METRO AUTOMATIQUE

Siemens est l'un des principaux fournisseurs de matériels roulants sur le marché Européen des métros et dispose d'une grande palette de solutions principalement fabriquées en Autriche. Parmi ses plus récents succès pour des systèmes de moyenne capacité pour des applications urbaines avec ou sans conducteurs, on peut citer Nuremberg, Prague, Oslo ou Vienne.

- ☞ **Nuremberg** : récemment mis en service début 2008 sur la ligne U3 dont un tronçon commun avec la ligne U2, ce train de 2 voitures de 2,9m de large et 38m de long, est le premier train exploité sans conducteur en Allemagne, offrant une capacité de 424 passagers dont 82 places assises.
- ☞ **Oslo** : Une flotte de 63 trains de 3 voitures est actuellement en cours de livraison pour le métro d'Oslo. Fonctionnant dans les conditions hivernales extrêmes de la Norvège, ce train de 3,16m de large et 54m de long permet de transporter 678 personnes dont 124 assises. Une attention particulière a été portée dans sa conception modulaire, ainsi que sur les aspects de protection de l'environnement, offrant une possibilité de recyclage à hauteur de 94,7% (ré usage des matériaux, transformation thermique), et réduisant le niveau de bruit (64dB(A) intérieur à 80km/h- ISO3381)... Il est par ailleurs équipé d'un dispositif d'évacuation frontale, en cas d'urgence.
- ☞ **Prague** : 42 trains de 5 voitures (2,71m de large, 97m de long) équipent actuellement le réseau de Prague. Cette flotte moderne permet de transporter jusqu'à 1154 passagers (224 assis) par trains.
- ☞ **Vienne** : les 26 trains de 6 voitures (2,85m de large, 111m de long) circulent actuellement sur les lignes U1, U2 et U3, offrant une capacité de 1187 passagers dont 260 assises. La configuration de ces trains peut évoluer en train de 4 voitures. Les compartiments voyageurs sont climatisés et équipés de caméras embarquées.

Un tout nouveau bogie « Syntegra », a été récemment qualifié par Siemens sur le réseau métro de Munich. Ce bogie intègre de façon compacte l'ensemble des éléments frein et moteur sans arbre de transmission, et permet par réduction globale de la masse, d'obtenir des gains d'énergies jusqu'à 20%. Siemens prévoit les premières séries d'ici 2 ans.

	Nuremberg	Oslo	Prague	Vienne
Nombre de Voitures/trains	2	3	5	6
Matériaux caisse	aluminium	aluminium	aluminium	aluminium
Longueur train (coupleur inc)	38,36m	54,34m	96,99m	111,22m
Largeur voiture	2,9m	3,16m	2,712m	2,85m
Hauteur plancher/rail	1,05m	1,12m	1,15m	1,00m
Diamètre roue (neuve/usée)	850mm/770mm	850mm/770mm	850mm/770mm	840mm/760mm
Charge max à l'essieu	12,3t	12,5t	12,6t	11,5t
Nb de passagers (6p/m²)/train	424	678	1154	1187
dont places assises/train (strapontins)	82	124 (14)	224	260
Portes/côté/voiture	3	3	4	3

	Nuremberg	Oslo	Prague	Vienne
Rayon min ligne/dépôt	100m/80m	100m/50m	300m	100m
pente	5%	5,5%	4%	5%
Vitesse max	80km/h	80km/h	80km/h	80km/h
Alimentation énergie	3ième rail 750VDC	3ième rail 750VDC	3ième rail 750VDC	3ième rail 750VDC
Accélération	1,3 m/s ²	1,27 m/s ²	1,2 m/s ²	1,05 m/s ²
décélération	1,25 m/s ²	1,35 m/s ²	1,0 m/s ²	1,2 m/s ²
Poids à la tare	59,2t	94t	140t	167,6t

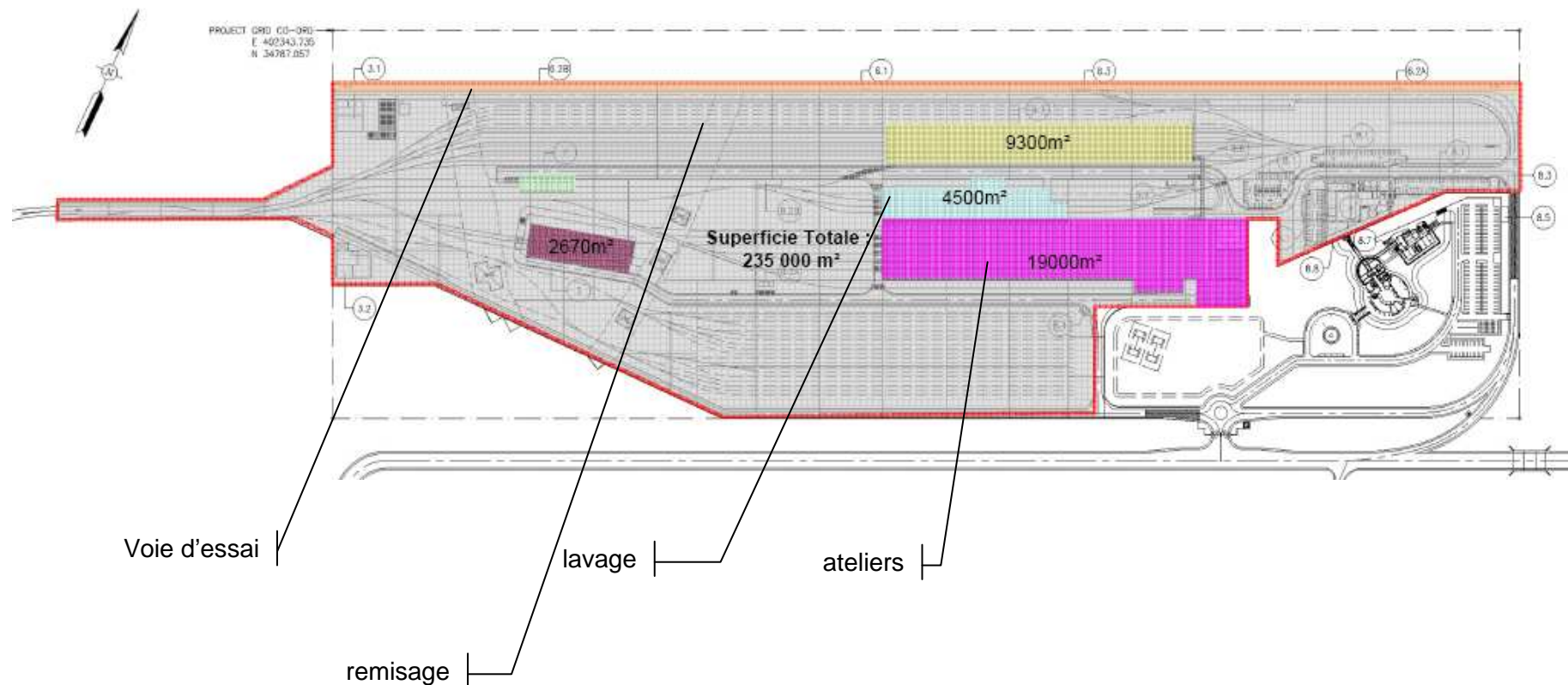
Exemples d'aménagements intérieurs :



Métro de Nuremberg



Le plan ci-dessous présente l'aménagement de l'atelier dépôt du métro de Bangkok. Ce dépôt est dimensionné pour 84 trains de 6 voitures mais n'est utilisé pour le moment qu'avec 31 trains de 3 voitures (65m de long, 3,20m de largeur). Ce dépôt s'étend sur 23,5 hectares.



5. ALSTOM

5.1 CARACTERISTIQUES DU MATERIEL ET DES EQUIPEMENTS

5.1.1 *Matériel roulant proposé*

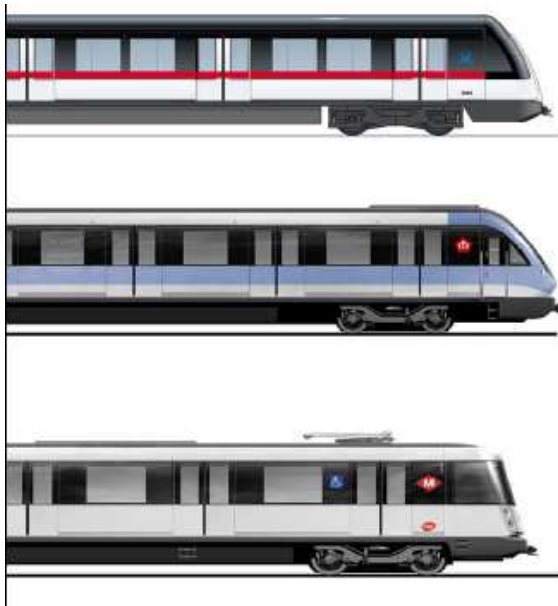
Le matériel roulant d'Alstom s'appuie sur la gamme Metropolis. Cette gamme s'appuie sur une standardisation (plateforme) et une personnalisation des rames (vitesse, esthétique extérieure et intérieure, etc.).



Metropolis de Shanghai

Chaque train peut être composé de 2 à 9 voitures, chaque voiture mesure entre 16 et 25m de longueur et comporte entre 2 à 5 portes par côté.

	Metropolis
Longueur	16 à 25m/voiture
Nbre de voitures/rame	2 à 9
Largeur	2,6 à 3,20m
hauteur	nc
Poids	nc
Vitesse max	80 ou 120 km/h
Puissance	nc
Accélération	nc
Décélération de service	nc
Rayon mini	nc
Hauteur plancher	nc

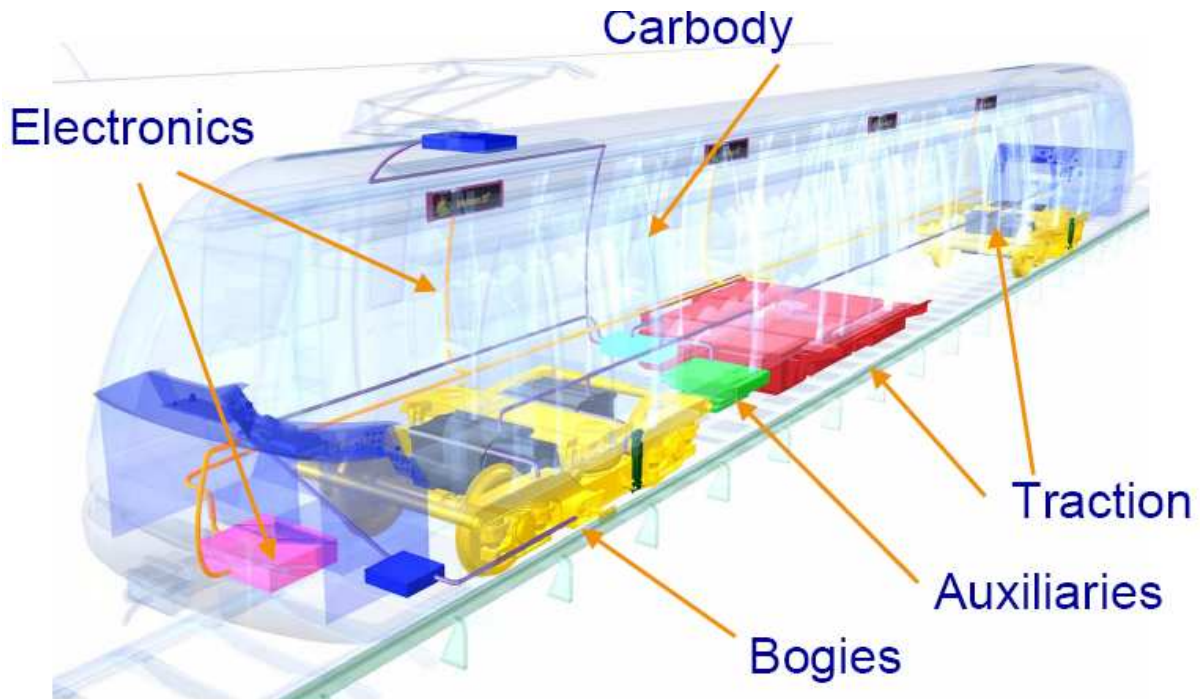


Exemple du style des nez de train.

Comme annoncé précédemment, l'aménagement intérieur est personnalisable : position des sièges, zones bagages, couleurs,



La majorité des équipements est placée sous le plancher.



5.1.2 Capacité des véhicules

Les capacités d'un Metropolis de 2,80m de largeur avec un intervalle de 90 secondes sont données dans le tableau ci-dessous en fonction du nombre de voitures et du confort des passagers.

Capacité (pphpd)	4pp/m ²	6pp/m ²
3 voitures	20.520	28.720
4 voitures	27.760	38.880

5.1.3 Contraintes sur le tracé en plan et le profil

Alstom n'a transmis aucune information spécifique sur les règles de tracé et de profil en long. Le matériel étant « ferroviaire », les contraintes sont équivalentes à celles décrites au paragraphe 2.1.3.

5.2 CARACTERISTIQUES TECHNIQUES PRINCIPALES DU MATERIEL

5.2.1 Type de pose de voie

Le matériel roulant est ferroviaire. La pose de voie est classique (écartement des rails de 1,435m) et n'est pas figée à un constructeur.

5.2.2 Alimentation électrique

Le Metropolis est alimenté en 750 Vcc par 3^{ème} rail ou 1500 Vcc par pantographe.

5.2.3 *Evolutivité de la composition de la rame*

5.2.4 *Accélération / freinage*



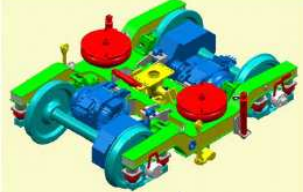
Non

5.2.5 *Poids / motorisation*

La propulsion du Metropolis est basée sur le système ONYX qui s'adapte au courant 750 Vcc ou 1500 Vcc. Ce système de conduite ONYX est basé sur 3 éléments principaux :

- un onduleur IGBT Onyx ;
- des moteurs de traction ;
- un système de contrôle électronique AGATE qui contrôle les moteurs de traction en temps réel et génère des ordres de freinage.

La gamme Metropolis permet l'utilisation de 3 catégories de boggies :

	B25	B20	B23
t/essieu	16	14	14 ou 16
Vitesse maximale	100 km/h	80 km/h	120 km/h
Système de freinage	Freins à semelle	Freins à disques	Freins à disque ou à semelle
rayon	2500mm	2000mm	2300mm
Rayon en ligne minimal	300m	140m	140m
			

5.3 CARACTERISTIQUES PRINCIPALES DES AUTOMATISMES

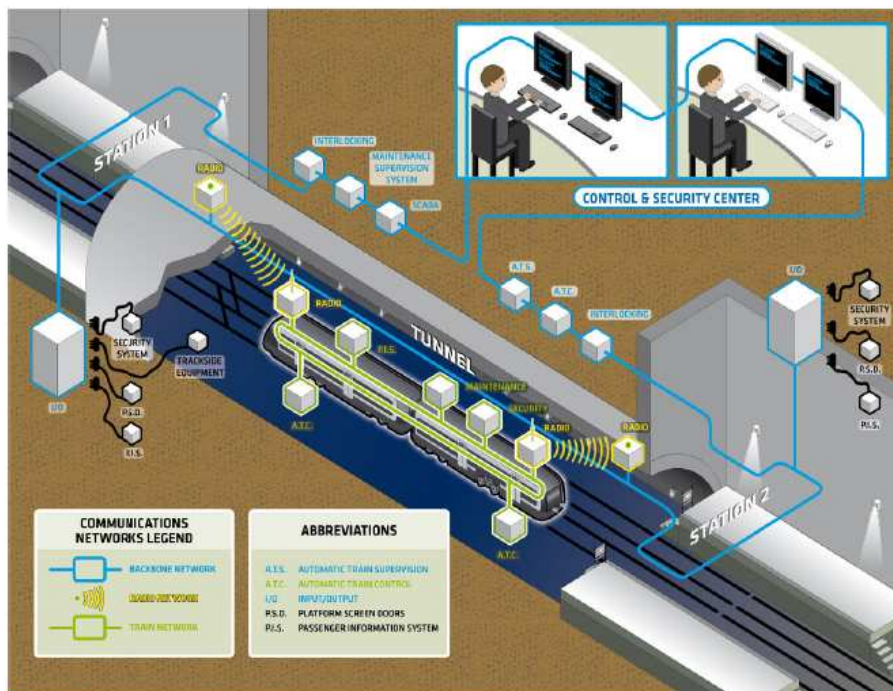
5.3.1 *Fonctions assurées*

URBALIS est le système CBTC développé par Alstom. La fonction d'URBALIS consiste à contrôler les mouvements du train, à garantir sa sécurité et à commander son fonctionnement

Alstom a conçu et mis en service le premier système CBTC basé sur la radio sur la ligne de métro North East de Singapour en 2003. Un système équivalent a ou va être mise en service à Pékin, Lausanne (ligne M2) et Singapour (Circle Line) sur des métros automatiques sans conducteur, et à Pékin (rénovation ligne 2), Milan (rénovation ligne 1) et Malaga (lignes 1 et 2) sur des métros avec conducteurs.

URBALIS intègre les modules suivants :

- Le contrôle automatique des trains (MASTRIA ATC) est composé de 2 éléments principaux : un contrôleur de zone qui surveille les positions du train et contrôle la section de la ligne et un contrôleur de bord qui applique des fonctions vitales et fonctionne en automatique.
- Les enclenchements SMARTLOCK permettent de commander les itinéraires en toute sécurité afin de contrôler les mouvements des trains.
- Les équipements de voies SMARTWAY regroupent la fonction de détection de trains, les équipements des aiguilles, un dispositif de verrouillage et de contrôles des lames d'aiguilles, les signaux et les relais...
- Le contrôle réseau ICONIS contrôle et gère la totalité du réseau (horaires, intervalles, débits), permet de gérer des ressources (parc matériel, équipes), les informations voyageurs, la maintenance (centralisation et gestion des alarmes). ICONIS permet ainsi aux opérateurs d'anticiper les situations et d'améliorer l'efficacité.
- L'information et la sécurité des passagers.



Ces systèmes répondent aux dernières normes et sont donc interchangeables.

6. AUTRES FOURNISSEURS SYSTEMES

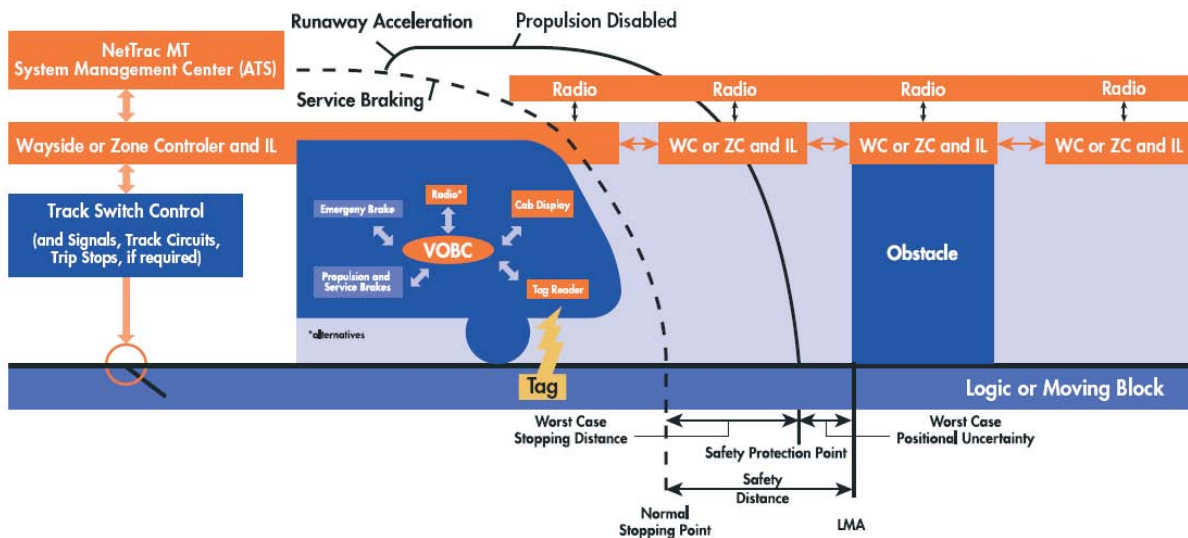
6.1 THALES

Thales (ex Alcatel Transport Automotion Solutions) a développé depuis de nombreuses années un système de commande de la marche des trains sans conducteurs basé sur le canton mobile ce qui permet de supprimer la signalisation fixe le long de la voie tout en garantissant un intervalle d'exploitation réduit et une fréquence de passage des trains optimale. Ce système, SelTrac, a été mis en œuvre sur des matériels roulants de plusieurs constructeurs :

- matériel Alstom sur la Jubilee, Northern et Picadilly lines à Londres,
- matériel Bombardier sur le Skytrain de Vancouver,
- matériel Siemens sur la ligne 3 de Guangzhou,
- et le sera en 2011 sur la ligne ferroviaire LRT (Light Rail Transit) reliant les ville de Busan et de Gimhae en Corée du Sud, matériel Rotem.

Il est très modulable, la version la plus évoluée SelTrac S40 a été développée pour des métros sans conducteurs entièrement automatiques.

Comme les systèmes des autres constructeurs, le système Seltrac utilise des calculateurs embarqués qui interagissent avec une boucle d'induction placée entre les rails pour indiquer la position de la rame. L'ordinateur relaie cette information vers un centre de contrôle qui renvoie des messages indiquant à la rame à quelle vitesse elle doit rouler pour maintenir une cadence de passage la plus efficace possible et la meilleure distance de sécurité avec la rame qui la précède.



Le système SelTrac permet d'augmenter la fréquence des rames (intervalle inférieur à 60 secondes), d'augmenter la vitesse et donc de réduire le temps de parcours.

Ce système s'accompagne de NetTrac MT qui permet de superviser et de gérer de façon automatisé l'ensemble du réseau et de LockTrac pour les enclenchements électroniques.

7. TABLEAU DE SYNTHESE

	Ansaldo Breda				Bombardier		Siemens					Alstom
	Copenhague	Brescia	Thessalonique	Rome	ART MK II JFK	Neihu Line	Cityval	Nuremberg	Oslo	Prague	Vienne	Metropolis
Caractéristiques techniques du matériel												
Longueur	39m	39m	50m	108,3m	35,2m	55,12m	11,20m	2	3	5	6	16 à 25 m/voiture
Nbre de voitures/rame	3	3	4	6	2	4	1 à 6	38,36m	54,34m	96,99m	111,22m	2 à 9
Largeur	2,65m	2,65m	2,65m	2,85m	3,2m	2,54m	2,65m / 2,80m	2,9m	3,16m	2,712m	2,85m	2,60 à 3,20m
Hauteur	3,4m	3,775m	3,85m	3,64m	3,81m	3,53m	3,615m					3,68m
Poids	54,6t	58t	77t	188t	48t	-		12,3t	12,5t	12,6t	11,5t	32 t/voiture
Vitesse max	80 km/h	80 km/h	80 km/h	90 km/h	110 km/h	-	80 km/h	80km/h	80km/h	80km/h	80km/h	80 ou 120 km/h
Puissance	630 kW	630 kW	840 kW		-	-	-					-
Accélération	1,2 m/s ²	1,1 m/s ²	1,1 m/s ²	1,0 m/s ²	1,34 m/s ²	1,0 m/s ²	1,3 m/s ²	1,3 m/s ²	1,27 m/s ²	1,2 m/s ²	1,05 m/s ²	1,1 m/s ²
Décélération de service	1,2 m/s ²	1,2 m/s ²	1,2 m/s ²	1,1 m/s ²	1,0 m/s ²	1,0 m/s ²	1,3 m/s ²	1,25 m/s ²	1,35 m/s ²	1,0 m/s ²	1,2 m/s ²	1,1 m/s ²
Hauteur plancher	850mm	850mm	1000mm	1125mm	1120 mm	-	1100mm	1050mm	1120mm	1150mm	1000mm	1110mm
Capacité de transport												
Capacité totale de la rame	318	307	479	884	320	380	-	424	678	1154	1187	130/voiture
Nbre de sièges	72	72	110	200	52	80	-	82	124 (14)	224	260	50/voiture
Nbre de personnes debout (4p/m ²)	246	235	365	680	268	300	-					80/voiture
Places UFR	2	2	4	4	4	8	-					-
Fréquence	90s	90s	90s	90s	90s	90s	-					-
Capacité du système (pphpd)	12.720	12.360	19.000	34.880	12.800	15.200	-					-
Contraintes sur le tracé												
Rayon en plan en atelier	50m			90m	-	-	17m	80m	50m	-	-	
Rayon de raccordement en ligne	100 à 120m				100m	100m	22m	100m	100m	300m	100m	
Rayon de raccordement	1800m 800m exceptionnellement				-	-	200m	-	-	-	-	
Pente admissible	6%				6%	6%	12%	5%	5,5%	4%	5%	
Alimentation électrique												
Alimentation électrique	750Vcc 3 ^{ème} rail			1500 Vcc caténaire	750 Vcc	3 ^{ème} rail	750 Vcc 3 ^{ème} rail	3 ^{ème} rail 750VDC	3 ^{ème} rail 750VDC	3 ^{ème} rail 750VDC	3 ^{ème} rail 750VDC	750 Vcc 3 ^{ème} rail ou 1500 Vcc panto
Masse à vide	55 t			188 t	48t		16t/module	59,2t	94t	140t	167,6t	

	Ansaldo Breda				Bombardier		Siemens					Alstom
	Copenhague	Brescia	Thessalonique	Rome	ART MK II JFK	Neihu Line	Cityval	Nuremberg	Oslo	Prague	Vienne	Metropolis
Puissance des moteurs	950 kW	1040 kW	1250 kW	-	-	-	105 à 110 kW / roue	-	-	-	-	
Automatismes												
Nom	CBTC				Cityflo		Trainguard					Urbalis
CBTC	Oui				Oui		Oui					Oui
Canton	Mobile				Mobile		Mobile					Mobile
Fonctions principales												
ATP	Zone Controller				EBI Cab		Oui					Mastria
ATO	Car-Borne Controller				EBI Cab		Oui					Mastria
ATS	Central Office				EBI Screen		Module optionnel					Iconis
Transmission des données	radio				radio		Airlink Radio ou tapis					Radio
Fonctions auxiliaires												
Commande d'itinéraires	Interlocking controller				EBI Lock		Modules optionnels					Smartlock
Enclenchements	Interlocking controller						Modules optionnels					Smartlock
Signalisation traditionnelle					EBI Screen		Modules optionnels					Smartway
Interfaçage autres sous-systèmes	Central Office						Modules optionnels					oui