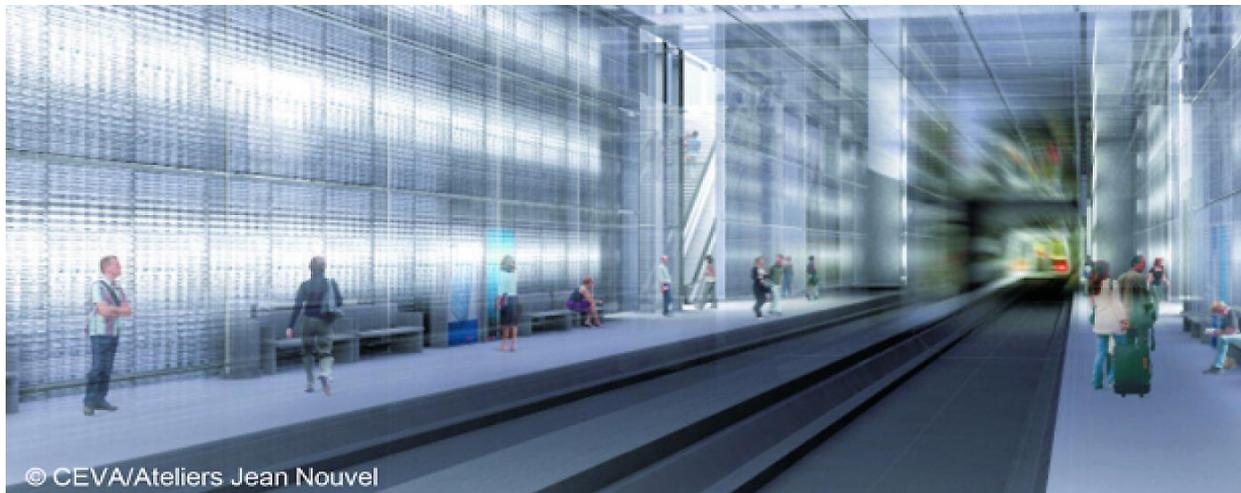


BG

Ingénieurs Conseils
Ingenieur & Berater
Consulting Engineers



© CEVA/Ateliers Jean Nouvel

Contraintes et problématique des flux dans le dimensionnement des gares

Dr Guillaume de Tilière & Bernard Viaud

Conférence du 29 mars 2012

"Contraintes de capacité dans les réseaux de transport en commun"



Plan de la présentation

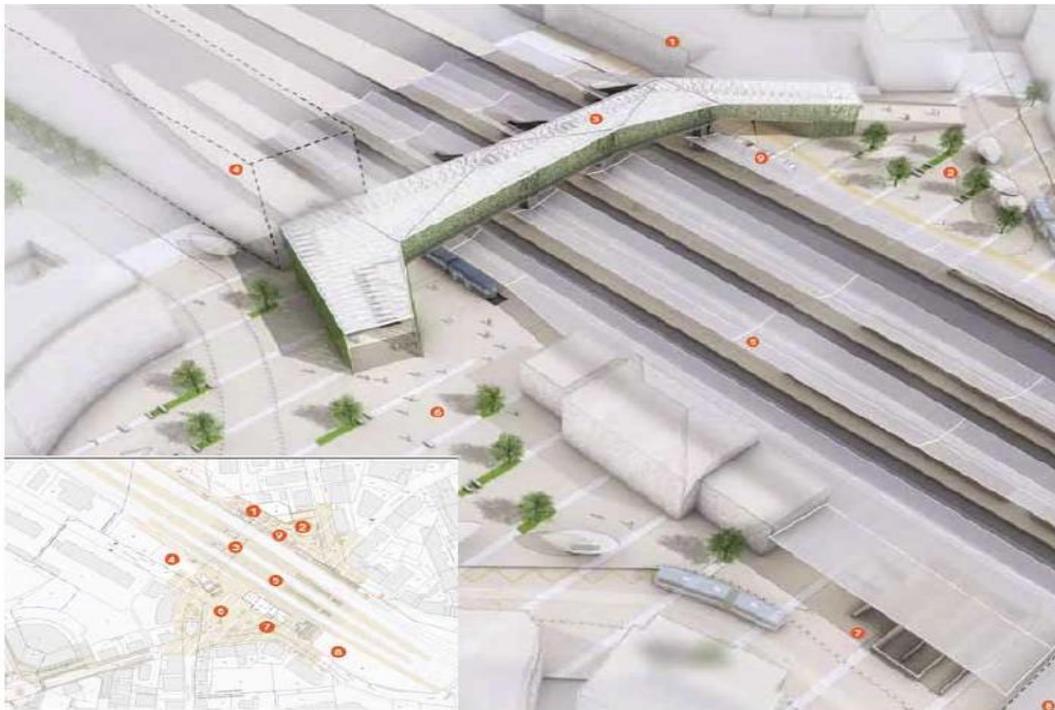
- § Introduction
- § Gestion des Flux, niveau de service et confort
- § Dimensionnement d'une gare: Enjeux et principales contraintes
- § La question des flux (boite quai, quais-hall, échange intermodaux)
- § Impact des contraintes d'évacuation sur le dimensionnement
- § Les aspects PMR
- § Conclusion



Introduction

§ Quelle approche pour la conception d'une gare?

- § La fonction transport
- § La fonction d'intégration urbaine et architecturale (la gare comme lieu d'échange, de lien et de développement)



Situation de la gare de Renens (source: ville de Renens)

En amont: la réflexion des architectes-urbanistes, et des ingénieurs en transport pour définir les concepts les mieux adaptés au futur:

- § Projets de nouvelle gare
- § Projet de rénovation ou de mise aux normes

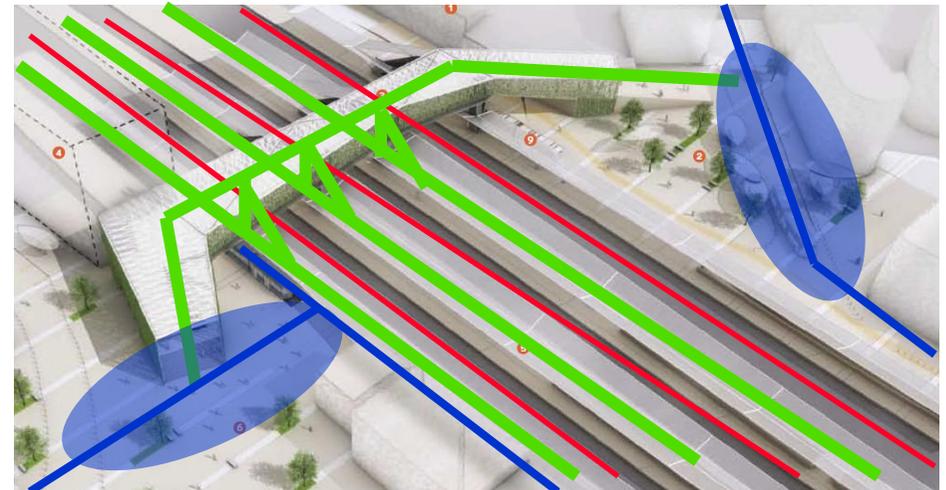


Introduction

§ Quelle approche pour le dimensionnement d'une gare?

Assurer les fonctions suivantes par ordre de contrainte le plus fréquent en terme de dimensionnement:

- § Circulation des trains & exploitation ferroviaire: nombre de quais requis ●
- § Circulation des personnes & fluidité ●
- § Sécurité
- § Accessibilité
- § Insertion urbaine
- § Intermodalité ●
- § Maintenance
- § Exploitation
- § Services



Trafic ferroviaire – flux et circulations piétonnes – intermodalité vers la zone urbaine



Introduction

Exemple de niveaux de fréquentation

- § Ile de France: 4 types de gares selon l'affluence:
 - § Type 1: gares parisiennes,
 - § Exemple: Paris Nord: + de 1500 circulations ; 550 000 voyageurs par jour).
 - § Gare métro-RER: 4 000 à 30 000 voyageurs par heure en pointe
 - § Ligne 1 du métro de Paris : 715 000 voyageurs / jour, estimation HP: 25 000)
 - § Type 2: > 30 000 voy entrants/jours
 - § Type 3: entre 10 000 et 30 000 voy entrants/jours
 - § Type 4: < 10 000 voy entrants/jours
- § Configuration de la gare et capacité d'accueil en trains/quai:
 - § Intervalle mini entre 2 trains dans une gare traversante: 2 minutes
 - § Intervalle mini entre 2 trains dans une gare terminus: 8 à 15 minutes



Introduction

Exemple Gare St Lazare - RER E

Gare Haussmann Saint Lazare RER E:

- § 4 voies, 2 quais centraux (quais de 200 m de long)
- § 16 trains par heure (3,75 trains/voie/heure)
- § 31 000 voyageurs en pointe
- § Train le + chargé: 2200 voyageurs (3,5 voy/m²)





Introduction

Exemple gare St Lazare - Transilien

Gare Saint Lazare:

- § 27 voies, 14 quais
- § 1600 trains par jour, un mouvement toutes les 28 secondes en heure de pointe (2,4 trains/voie/heure).
- § 450 000 voyageurs par jour





Introduction

Typologie des gares d'Ile de France

Tableau des Gares Franciliennes

§ Gare ferroviaire
avec exploitation
SNCF seule,
ou SNCF + RER

§ Gare ferroviaire + métro

	Nombre de Gares (1)	Nombre d'entrants par jours	Nombre de gares SNCF	Nombre d'entrants SNCF (2)	Nombre de gares RATP	Nombre d'entrants RATP (2)	Total par type de gares	% du total des gares de l'Ile de France
Type 1	6	Gares parisiennes > 30.000	6	178	2	72	250	21
Type 2	10	plus de 30.000	8	105	6	136	241	21
Type 3	77	10.000 à 30.000	54	223	25	163	386	33
Type 4	356	moins de 10.000	322	227	34	67	294	25

(1) Certaines gares sont simultanément gare SNCF et gare RATP

(2) En millions de voyageurs



Structure d'une gare

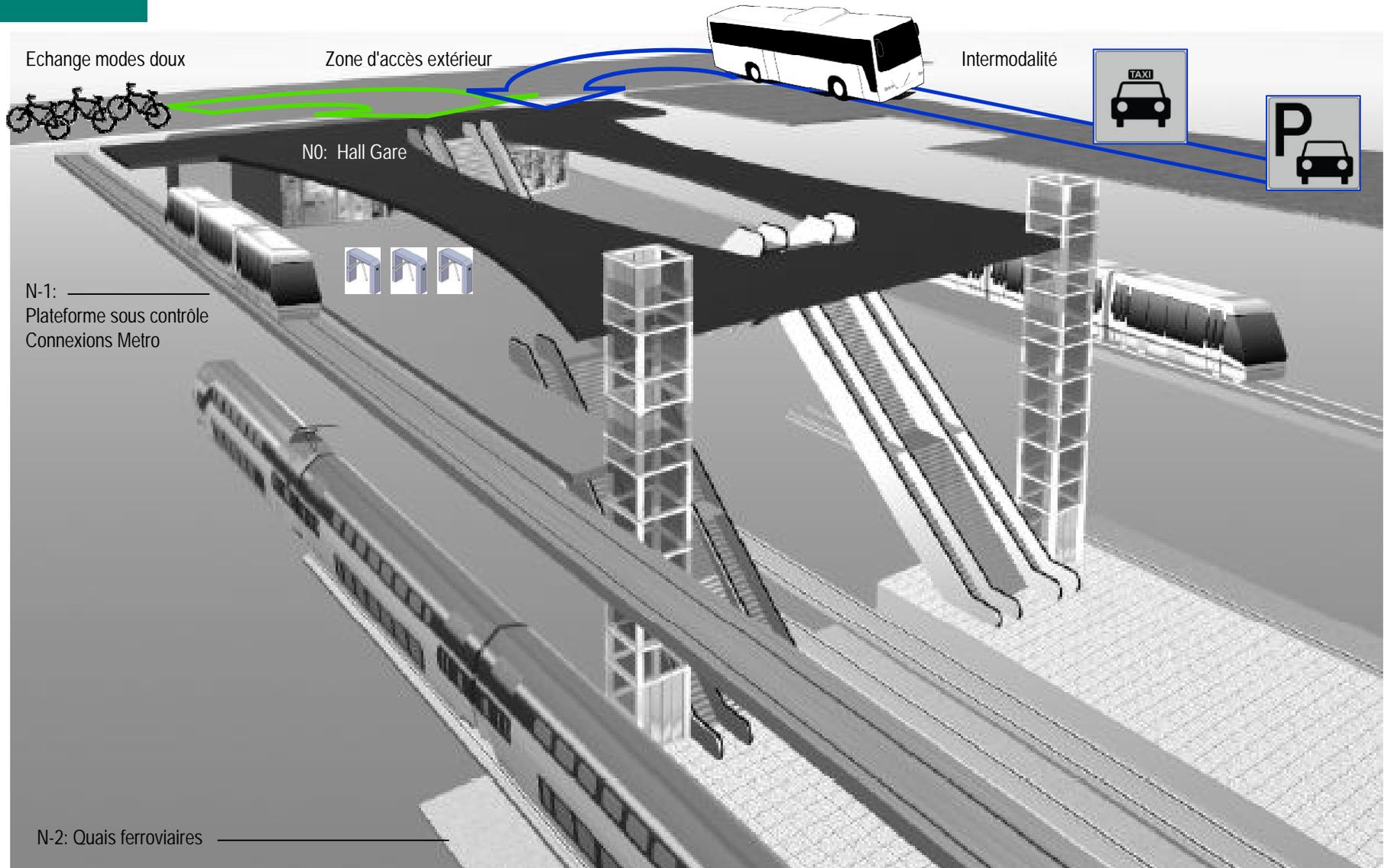
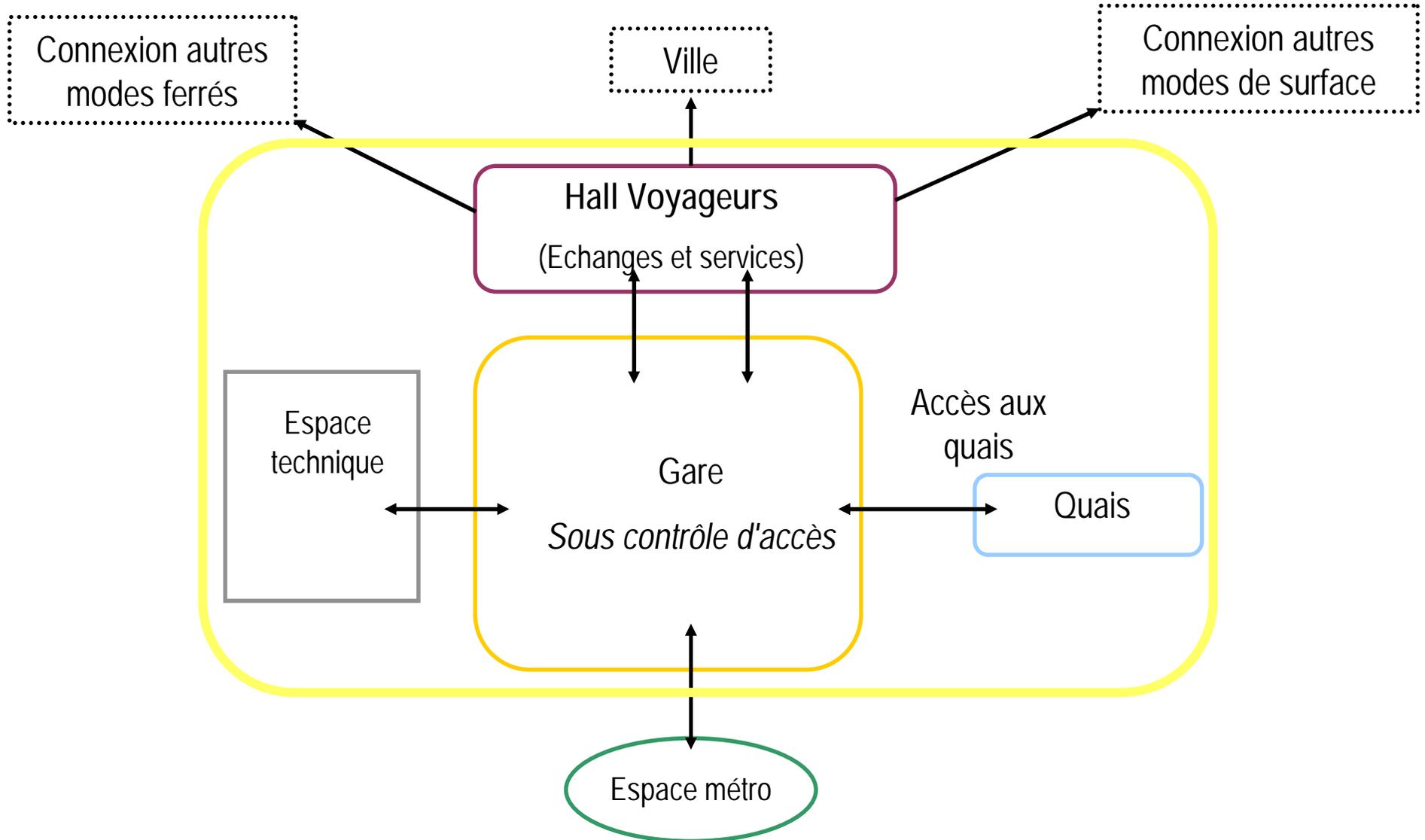




Schéma fonctionnel

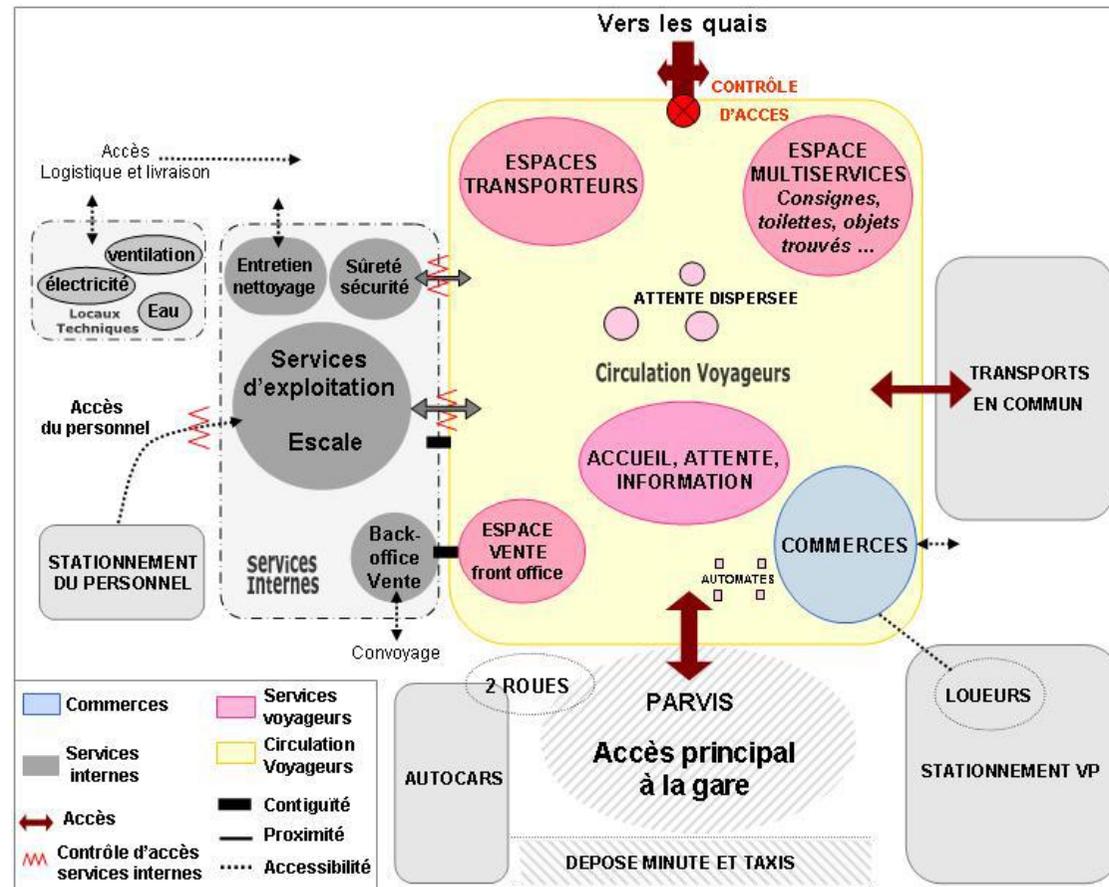




Définitions des fonctions et espaces

§ Les flux dans les contraintes de conception des gares

Séparation des flux de services et de voyageurs

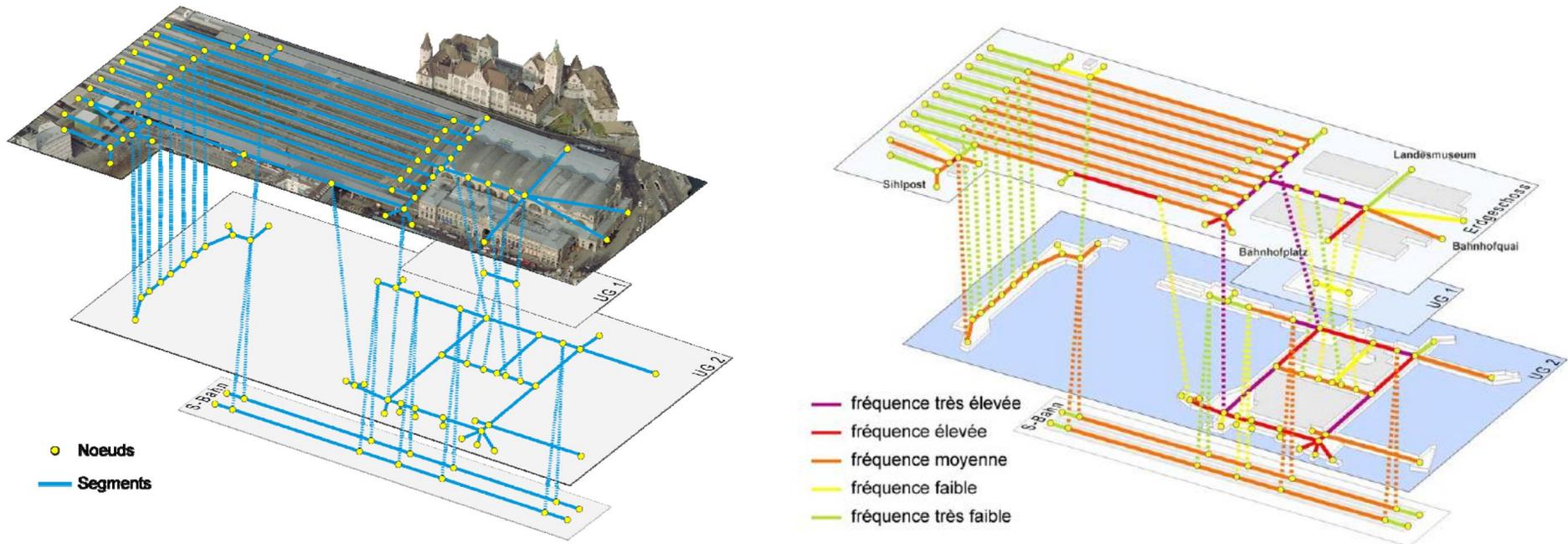


Source: Etude Gares SNCF – Rapport LGV PACA 2008



Définition des flux

§ La définition des circulations et estimation des fréquences pour le dimensionnement des accès (en mode d'exploitation):

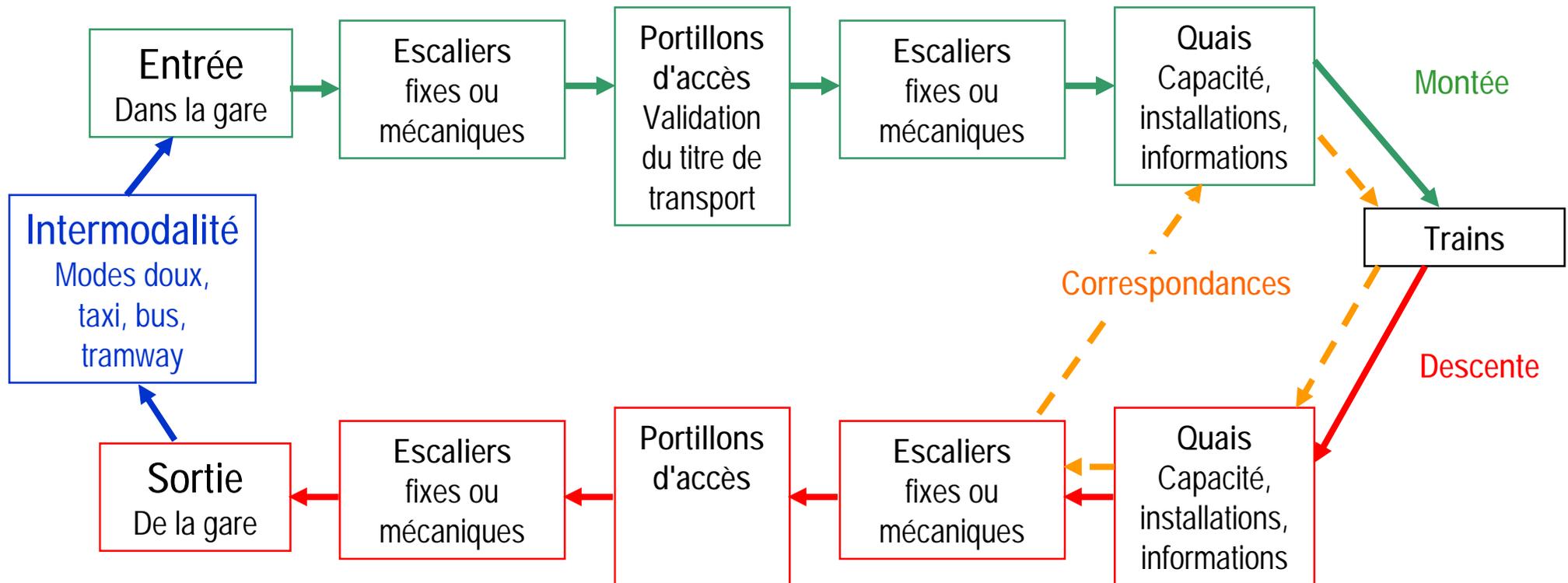


Gare de Zurich – Etude déplacements SPR



Gestion des flux - Modélisation

- § Nécessité de modéliser tout le trajet d'un voyageur (vitesse normée par type d'accès)
- § Mode d'exploitation
- § Mode Evacuation





Dimensionnement d'une gare

§ Des règlements

§ Règlement sécurité incendie ERP/GARE

§ règlement du 25 juin 1980 dispositions générales

§ arrêté du 24 décembre 2007 règle de sécurité dans les gares (établissement de type GA)

§ Règlement accessibilité dans les ERP

§ Arrêté du 26/08/2006 sur accessibilité des PMR; SDNA: Schéma Directeur National d'Accessibilité

§ Des recommandations

§ Defining capacity of Railways Station and Underground station (ASHFORD)

§ Transit Capacity and Quantity of service manual

§ Une classification

§ classe : établissement de type GA

§ caractère : exploitation ferroviaire

§ fonction: public" stationné et transité"

§ situation: souterraine ou aérienne

§ conception : un ou plusieurs quais /quai central ou latéral

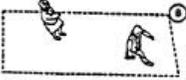
§ services autres : commerces



Dimensionnement et niveau de service

- § Ce dimensionnement se base sur les flux montants /descendants du métro et les flux entrants/sortants de la gare
- § Il est calculé à l'heure de pointe la plus chargé (HPM, HPS)
- § Il est pondéré suivant la catégorie de confort souhaité

NIVEAUX DE SERVICE EN SITUATION DE CIRCULATION

Niveaux de service	Densité (m ² /voyageur) (voyageur/m ²)	Débits (voyageurs/m/ min)	Illustration	Description	Exemples
A	> 3.3 (< 0.3 voy/m ²)	< 23		Circulation libre. Situation de fluidité totale.	
B	2.3 à 3.3 (de 0.3 à 0.4 voy/m ²)	de 23 à 33		Circulation libre. Les usagers modifient leur comportement selon la présence et le positionnement des autres.	Gares en Allemagne, aux USA
C	1.4 à 2.3 (de 0.4 à 0.7 voy/m ²)	de 33 à 50		Circulation libre pour un flux unidirectionnel. Légères entraves pour des flux croisés ou des retournements. Dépassements faciles, conflits facilement évitables.	Nouvelles gares FR et CH, métros de Marseille, Bordeaux
D	0.9 à 1.4 (de 0.7 à 1 voy/m ²)	de 50 à 65		Vitesse contrainte et réduite pour la majorité des usagers. Quelques difficultés à dépasser les autres usagers. Forte probabilité de conflits en cas de retournements.	Gares non rénovées en Suisse
E	0.5 à 0.9 (de 1 à 2 voy/m ²)	de 65 à 80		Vitesse contrainte et réduite pour tous les piétons. Dépassements et retournements très difficilement envisageables. Démarche irrégulière avec des arrêts fréquents.	Métro de Paris
F	< 0.5 (> 2 voy/m ²)	> 80		Avance très lente. Contacts entre usagers inévitables et fréquents. Dépassements et retournements pratiquement impossibles. Le flux est sporadique et instable.	

(Source : Transit Capacity and Quality of Service Manual_2nd Edition)



Dimensionnement et niveau de service

§ Le niveau de service incluse aussi le "stationnement"

NIVEAUX DE SERVICE EN SITUATION DE STATIONNEMENT

Niveaux de service	Densité (m ² /voyageur) (voyageur/m ²)	Distance moyenne entre les usagers (m)	Illustration	Description
A	> 1.2 (< 0.8 voy/m ²)	> 1.2		Position debout sans gêne. Libre circulation possible sans gêner les autres usagers.
B	0.9 à 1.2 (de 0.8 à 1.1 voy/m ²)	de 1.1 à 1.2		Position debout sans gêne. Circulation partiellement limitée pour éviter de gêner les autres usagers.
C	0.7 à 0.9 (de 1.1 à 1.4 voy/m ²)	de 0.9 à 1.1		Position debout sans contact entre usagers. Circulation limitée possible mais en induisant de la gêne aux autres usagers. La densité est encore acceptable en termes de niveau de confort moyen.
D	0.3 à 0.7 (de 1.4 à 3.3 voy/m ²)	de 0.6 à 0.9		Position debout sans aucun contact impossible. Circulation sévèrement limitée et déplacements possibles uniquement en groupe. Attendre longtemps dans cette situation est inconfortable.
E	0.2 à 0.3 (de 3.3 à 5 voy/m ²)	< 0.6		Position debout en contact physique avec les autres usagers. Aucune circulation possible. Attendre dans ces conditions est acceptable seulement pendant une courte période, dans de très sérieuses conditions d'inconfort.
F	< 0.2 (> 5 voy/m ²)	variable		Toutes les personnes sont debout en contact physique direct les unes avec les autres. La densité est extrêmement inconfortable. Aucun mouvement n'est possible. Situation favorisant des bousculades et des mouvements de panique.

(Source : Transit Capacity and Quality of Service Manual_2nd Edition)

§ Le niveau de service implique donc:

§ Des espace et volumes adaptés: quais, halls et escaliers (fixes et mécaniques)

§ Des équipements en conséquences: tripodes, ascendeurs accès PMR etc



Dimensionnement et niveau de service

Plus le niveau de service souhaité par l'exploitant sera élevé plus la gare sera chère car plus étendue.

§ Ordre de grandeur des coûts de réalisation par niveau de service:

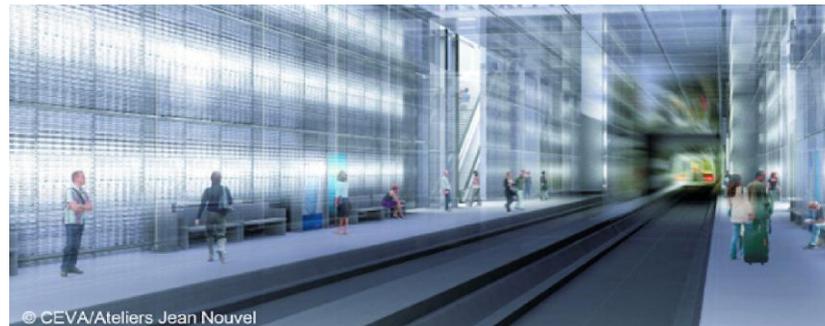
Niveaux de service	Coûts de réalisation (en M€)
A	> 100
B	80 - 100
C	60 - 70
D	40 - 60
E	< 40
F	< 40



Dimensionnement Evacuation

La simulation des circulations et flux en évacuation permet de valider la conception:

- § Ce dimensionnement se base sur le règlement GA sécurité incendie gare
- § Il est calculé à l'heure de pointe la plus chargée (HPM, HPS)
- § Il donne le nombre de dégagements à garantir pour que l'évacuation du public soit réalisée en moins de 10 minutes au niveau des lieux de stationnement ou de transit et en moins de 4 minutes au niveau des quais
- § Il est pondéré selon la densité (voyageurs/m²) prise et calculée afin d'éviter les dangers liés aux effets de foules, risques de panique, effets réservoir lors de réduction de débit sur un itinéraire





Dimensionnement type gare de catégorie C (confort moyen)

§ Ouvrage gare aux niveaux des quais

- Longueur : 135 m (120 m de quais + 2m de retour portes palières + 10m de locaux techniques + 1,5 m X 2 de structure)
- Largeur : 23 m (5.5m de largeur de rail + 5.5 X2 de quais + 3.6 de circulation verticale + 1.5 X2 de structure)

§ Quelques ratios

- Circulation horizontale et verticale et attente : 20 voy /mn/m soit pour 2000 voy/h et 20mn d'attente 667 m²
- Densité moyenne de 1,9 m²/voy 66m /mn (=4 km/h)
- Largeur d'un couloir= largeur effective+1.5m effets de bords: (si 600 voy par quart d'heure dans les 2 sens soit 80/20+1.5= 5.5m)
- Un train 120m de long (1100voy) toutes les 2mn soit 2 trains + 2 quais= 2X1100+2X1000 = 4200 voy à évacuer
- Escaliers: 2 EF de 3m + 2EM de 1m = 2X(60voy/mn/m de largeur) X10X3 + 2XEM(50voy /mn/m de largeur) x10X1=3600+1000 = 4600 voy en 10 minutes
- 1 AS (1,6m/s/ 1125kg/4fauteuils handicapés: course de 2mn): on peut évacuer 20voy en 10mn soit 0.5% de handicapés
- Contrôles (type tripode:30voy/mn ou type ouvert:60voy/mn) soit 14 tripode ou 7 passages ouverts +1 passage sup. pour PMR
- Espaces vente (1voy/m²) comptoir (1voy/ml de comptoir) magasin (2pers/m²).....



Conception de gare: enjeux liés aux flux

- § Influence du type de gare sur les flux:
 - § Gares intermédiaires (de passage)
 - § Gares de correspondances: problème d'accumulation des flux
 - § Gares terminus
 - § Gares de métro en aéroport spécifiques

- § Type de gare et surfaces relatives aux flux (exemple gare ferroviaire nouvelle):

Surfaces par type d'usage (en m2)	
circulation	36%
Service Voyageur	30%
Commerces	5%
Services internes	29%

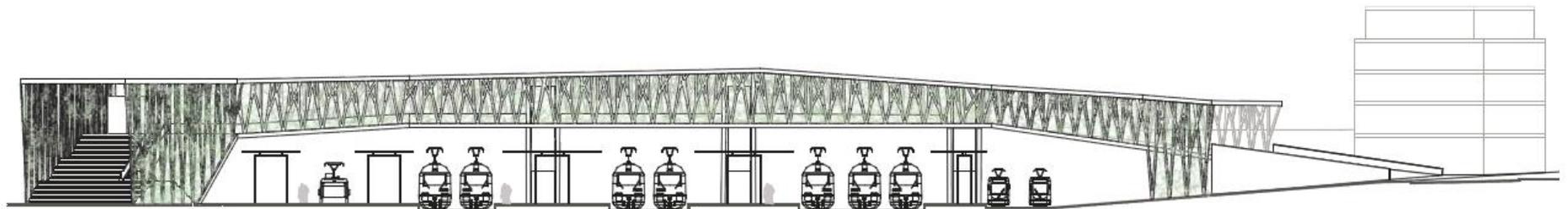


Dimensionnement d'une gare

Cas de la Suisse

Références normatives relatives aux dimensions des quais et accès:

- § Réglementation R I-2018 "Exigences fonctionnelles concernant l'accès aux trains"
- § Réglementation D I-W-PS-2018.2 "Standard accès aux trains"
- § Notions de zone de danger (dépendante de la vitesse de passage des trains aux abords des quais) et de zone sûre sur les quais.
- § Zone sûre : 1m50 mini de chaque côté de l'accès pour un quai central. Accès (rampe, escaliers,...): 2m de large mini. D'où une largeur mini de quai central de 5 m.

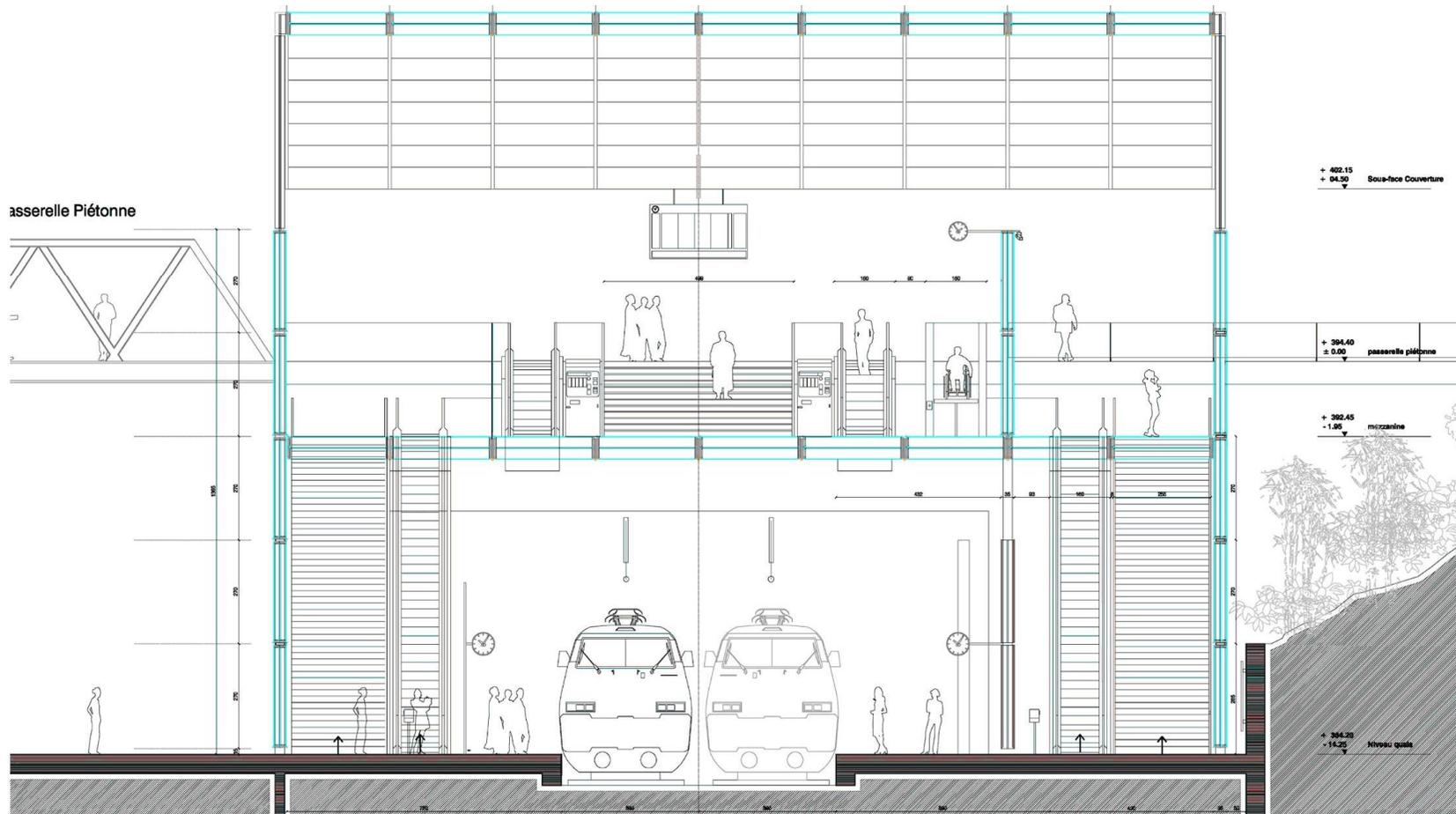


Coupe de la passerelle, avec le quai du métro m1 au sud (côté gauche) ainsi que le quai partagé du futur tram au nord (côté droit).



La question des flux - Modélisation

§ Exemple suisse du CEVA





La question des flux - Modélisation

Cas du CEVA: norme NFPA 130

Impératifs:

- § Evacuation des quais en 4 min
- § Atteinte d'un point de sécurité en 6 min



Postulats de modélisation:

- § Une tranche est définie par la largeur d'épaules d'un voyageur, soit 55,9 cm.
- § Flux entrant sur un quai (pic de 15min):

$$\frac{(\text{Nombre de passagers par heure}) \times 1,5}{4}$$

Surface projetée au sol d'un voyageur: 0,6 m² (détermine la capacité d'accueil des quais)



La question des flux - Modélisation

Autres postulats: caractéristiques des voies de fuite (valeurs issues de la norme NFTA 130)

Type de voie de fuite	Débit de personnes par tranche (ppm=passagers par minute)	Vitesse de marche (m/min)	Commentaires sur le dimensionnement de l'évacuation
Quais, corridors et rampes de moins de 4%	50 ppm / 0.559m	61	La distance de cheminement entre les différentes portes et escaliers est fixée à 20m.
Escaliers, escalators et rampe de plus de 4% à la montée	35 ppm / 0.559m	15.24	Tous les escalators sont arrêtés et servent d'escaliers sauf un escalator par halte qui est considéré hors service et donc non praticable. Les escalators ne peuvent fournir + de 50% des capacités d'évacuation dans le calcul.
Escaliers, escalators et rampe de plus de 4% à la descente	40 ppm / 0.559m	18.3	Les ascenseurs ne sont pas considérés comme voie de fuite.
Portes	50 ppm / 0.559m	--	Les portes ont en général un débit de fuite bien supérieur aux escaliers et escalators et peuvent être ignorées.



La question des flux - Modélisation

§ Exemple français des pôles d'échanges Transilien SNCF





La question des flux - Modélisation

§ Directive IN 1724 Débit des ouvrages dénivelés

Type de voie de fuite	Débit de personnes par mètre de largeur (ppm=passagers par minute)	
	<i>Banlieue</i>	<i>Grandes lignes</i>
Rampe, passerelle, quais	40 ppm	40 ppm
Escaliers fixes à la montée	50 ppm	40 ppm
Escaliers fixes à la descente	60 ppm	40 ppm
Escalator à la montée	80 ppm	50 ppm
Escalator à la descente	100 ppm	60 ppm
<i>Souterrain (cas ci-dessous)</i>		
<i>Gares importantes (+ de 2 quais et flot de passagers venant de plusieurs trains à la fois)</i>		
1 sens de circulation	X	30 ppm
2 sens de circulation	X	25 ppm
Echanges importants entre souterrain et quai	X	15 ppm
<i>Autres gares (2 quais maximum ou 3 quais sans flot de passagers)</i>		
Souterrain	70 ppm	40 ppm



La question des flux – Modélisation

Arrêté du 24/12/2007

TG de type régional ou national		
Dégagements	Débits en ppm	Observations
Couloirs et trottoirs roulants	60	Par mètre de largeur
Escaliers fixes à la montée	40	Par mètre de largeur
Escaliers fixes à la descente	50	Par mètre de largeur
Escalator mécaniques en fonctionnement		
1 file de voyageurs	90	
2 files de voyageurs	120	
Escalator mécaniques à l'arrêt		
1 file de voyageurs		
A la montée	30	
A la descente	40	
2 files de voyageurs		
A la montée	40	
A la descente	50	
Passages contrôlés manuellement	50	
Passages contrôlés automatiquement après déverrouillage		
Passages tripodes	25	Par passage
Passages ouverts	50	Par passage
Portes	50	Par vantail de porte
Vitesses à prendre en compte		
En palier	1 m/s	
En escalier	0,4 m/s	

TG de type urbain ou périurbain		
Dégagements	Débits en ppm	Observations
Couloirs et trottoirs roulants	100	Par mètre de largeur
Escaliers fixes à la montée	60	Par mètre de largeur
Escaliers fixes à la descente	75	Par mètre de largeur
Escalator mécaniques en fonctionnement	120	Pour les escaliers de moins de 1m de large entre limon: 100
Escalator mécaniques à l'arrêt		
A la montée	50	qq soit la largeur de l'escalier
A la descente	60	qq soit la largeur de l'escalier
Passages contrôlés manuellement	60	
Passages contrôlés automatiquement après déverrouillage		
Passages tripodes	30	
Passages ouverts	60	
Portes	60	
Vitesses à prendre en compte		
En palier	1,4 m/s	
En escalier	0,6 m/s	



La question des flux - Modélisation

Méthodologie de calcul de capacité des installations: cas SNCF

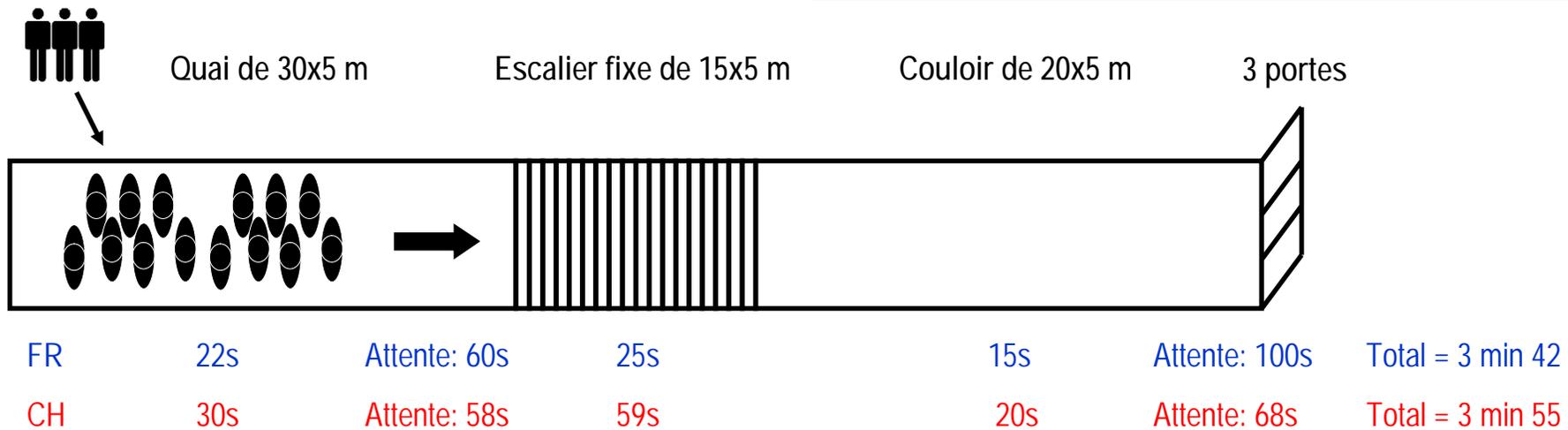
- 1) Mesurer le nombre de passagers en pointe par heure et par sens (pphpd).
- 2) Calcul de l'effectif de pointe à la minute = 25% du pphpd montant à la station; 50% du pphpd descendant.
- 3) Calcul du débit (en ppm) des différents accès à partir des données de débit du tableau précédent.
- 4) Comparaison débit des accès/débit voyageurs et expression en % de marge par rapport au débit des accès.
- 5) Vérification de l'évacuation des quais en 4 minutes.



Exemple de comparaison SNCF - CFF

- Hypothèses:
- 300 voyageurs (2 voy/m² sur le quai)
 - On calcule le temps de parcours du dernier voyageur évacué

	SNCF *	CFF *
Vitesse de cheminement (mètre par minute)		
Quai, passerelle à (plat)	84 m/min	61 m/min
Escaliers fixes	36 m/min	15,24 m/min
Débits des accès (passager par minute et par mètre de largeur)		
Quai, passerelle (à plat)	100 ppm/ml	89,4 ppm/ml
Escaliers fixes	60 ppm/ml	62,6 ppm/ml
Portes	60 ppm/porte	89,4 ppm/ml



* SNCF: Etude 2008 des gares communes Grand Paris - Transilien

* CFF Etude 2006 scenario d'évacuation des gares du CEVA



Les aspects PMR

§ Les accès en rampe doivent respecter les prescriptions suivantes issues de l'arrêté du 26/08/2006:



§ Par ailleurs le dévers (en transversal) ne doit pas excéder 2%



Impact des contraintes d'évacuation sur le dimensionnement

Exemple de l'évacuation des PMR dans le tunnel de la ligne Lyon-Turin:

§ Aucune réglementation d'accessibilité des PMR ne s'applique en tunnel. En gare, elle prévoit une largeur minimale d'1m40 de cheminement. En conséquence, une largeur d'1m20 pour le trottoir de d'évacuation dans le tunnel a été retenue.

(cf slide suivant)

§ Par ailleurs, le traitement spécial par type de PMR pour chaque scenario d'évacuation est mentionné dans les consignes d'évacuation.



Multimodalité





Périmètre d'aménagements multimodaux d'une gare Transilien



Gare de Verneuil sur Seine



Aménagements extérieurs d'intermodalité



Projet de gare de Renens (Suisse, SDOL)

- § La gare doit être dimensionnée en fonction des moyens de transport la desservant et réciproquement.
- § Une gare ne se dimensionne pas d'une manière isolée comme un simple bâtiment. La tendance actuelle est à l'inscription des gares comme lieu de vie (installation de commerces, services,...) et non plus comme simple lieu de passage.



Conclusion

- § Le dimensionnement d'une gare nécessite de connaître très en amont tous les flux environnants (état actuel et prévisions long terme).
- § Dans le cas de la création d'une gare nouvelle, ces critères peuvent avoir un impact sur son emplacement et/ou son design.
- § Pour les normes PMR référentiel national SDNA (France)
- § Pour les méthodes relatives à l'évacuation, un référentiel pour tous les pays. Des adaptations peuvent cependant être faites par les futurs gestionnaires et exploitants car cela relève de la responsabilité du chef de gare (exemple: RATP).