

## Annexe 2.20 – Pays-Bas – La Haye – ensemble des trois tunnels de Sytwende

### 1. SYNTHÈSE – UN ENSEMBLE DE TUNNELS MULTIMODAUX

Les trois tunnels de Sytwende sont situés à La Haye, aux Pays-Bas. La ville de La Haye compte environ 500.000 habitants et un million d'habitants avec sa communauté urbaine de "Haaglanden". Cet ensemble comporte trois tunnels, le tunnel de Vliet, le tunnel de Park et le tunnel de Spoor. Ils sont situés sur la partie nord du périphérique urbain N14, entre l'autoroute A4 et la N44 qui relie toutes deux Amsterdam (**Figure 1**).



Figure 1: situation des trois tunnels de Sytwende

Les tunnels de Sytwende appartiennent au Rijkswaterstaat qui en est également l'exploitant. Le Rijkswaterstaat, est un service du Ministère néerlandais des Infrastructures et de l'Environnement. Il est en charge du développement, de la construction, de l'exploitation et de la maintenance de la plupart des grandes infrastructures des Pays-Bas.

Initialement, à la fin des années 1950, la N14 devait être une autoroute reliant directement la station balnéaire de Scheveningen à la ville de Rotterdam. A la fin des années 1990, le concept a évolué, et la N14 a été finalement aménagée, après de nombreuses discussions, en boulevard périphérique urbain avec une vitesse limitée à 70 km/h. Elle comporte trois tunnels destinés à réduire les impacts visuels et les nuisances sonores, ainsi que plusieurs connexions pour permettre les échanges avec le réseau routier local de surface.

La N14 a été mise en service en 2003. Les tunnels comportent deux tubes et deux voies dans chaque sens. La longueur du tunnel de Vliet est de 1.075 m, celle du tunnel de Park est de 300 m et celle du tunnel de Spoor de 410 m. Les sections à l'air libre entre les tunnels comportent des carrefours à niveaux contrôlés par des feux tricolores. Ces voies transversales relient la N14 au réseau routier secondaire de surface. Le tunnel de Spoor croise par en dessous la ligne ferroviaire principale reliant La Haye à Amsterdam.

Le tunnel de Vliet comporte un troisième tube (**figure 2**) pour le passage d'une ligne de train léger urbain, ainsi qu'une station et des plateformes souterraines (**figure 3**). Un quartier résidentiel urbain comportant des maisons individuelles et des immeubles d'habitation a été construit au-dessus du tunnel et à proximité immédiate (**figures 2 et 4**).

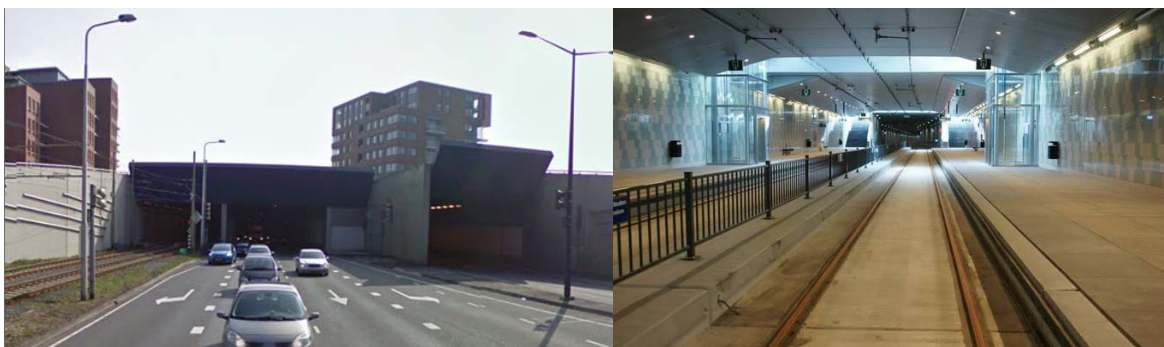


Figure 2: tunnel de Vliet: tunnel routier et tunnel ferroviaire Figure 3: station ferroviaire souterraine



Figure 4: quartier résidentiel de part et d'autre du tunnel

## 2. PRINCIPALES CARACTÉRISTIQUES

### 2.1 GÉOMÉTRIE

Les trois tunnels ont été construits en tranchée couverte. Le tunnel de Park et le tunnel de Spoor sont situés au-dessus du niveau de la nappe phréatique. Le tunnel de Vliet est en partie situé sous le niveau de la nappe phréatique.

	Tunnel de Vliet	Tunnel de Park	Tunnel de Spoor
Longueur du tunnel	1.075 m	300 m	410 m
Tracé en plan	Alignement droit	Alignement droit	Alignement droit
Profil en long	maximum 5%		
Limitation de vitesse	70 km/h	50 km/h	50 km/h

### 2.2 PROFIL EN TRAVERS

Les profils en travers sont représentés aux **figures 5, 6 et 7** ci-dessous.

	Tunnel de Vliet	Tunnel de Park	Tunnel de Spoor
Largeur roulable	8,4 m (2 voies)	8,4 m (2 voies)	8,4 m (2 voies)
Gabarit vertical	4,57 m (limitation à 4 m)	4,42 m (limitation à 4 m)	4,48 m (limitation à 4 m)
Issues de secours	oui (l x h: 1,4 m x 2,7 m)	oui (l x h: 2,2 m x 2,4 m)	non
Poids lourds / matières dangereuses	oui / catégorie C	oui / catégorie C	oui / catégorie C

#### 2.2.1 Tunnel multimodal de Vliet (1.075 m)

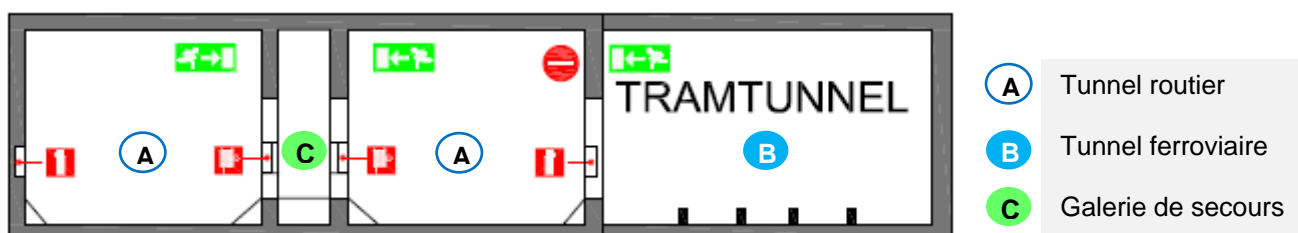


Figure 5: profil en travers type du tunnel multimodal de Vliet

## 2.2.2 Tunnel de Park (300 m)

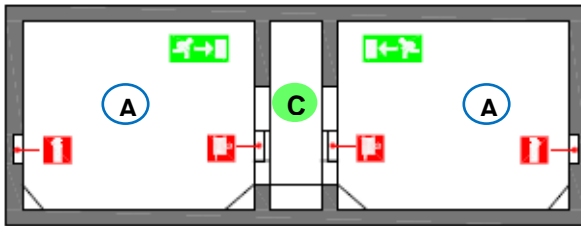


Figure 6: Profil en travers type du tunnel de Park

## 2.2.3 Tunnel de Spoor (410 m)

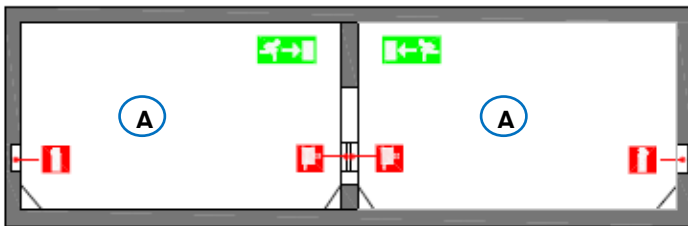


Figure 7: profil en travers type du tunnel de Spoor

## 2.2.4 Issues de secours

Les issues de secours, fermées par des portes, sont espacées de 100 m. Pour les tunnels de Vliet et de Park, elles donnent accès à la galerie d'évacuation située entre les deux espaces de circulation. Pour le tunnel de Spoor, elles permettent l'évacuation d'un espace de circulation vers l'autre. La galerie d'évacuation est pressurisée de façon à empêcher la pénétration des fumées en cas d'incendie dans un espace de circulation.

Les portes des issues de secours sont encadrées par un éclairage réalisé avec des LED de couleur verte. Un message sonore, « ici sortie de secours », est activé en cas d'incendie. La galerie de secours est équipée d'une signalisation variable permettant de guider les personnes évacuées vers des zones hors danger (vers l'extérieur ou vers le tube non affecté par l'incendie après arrêt de la circulation routière).

Les consignes d'évacuation des passagers du train léger sont les suivantes:

- Évacuation par la station souterraine, si le train n'a pas encore atteint la station,
- Si le train a dépassé la station, il cherche à rejoindre la sortie du tunnel. Si cela n'est pas possible, il s'arrête au droit de l'une des issues de secours donnant accès au tube voisin du tunnel routier.

Les issues de secours entre le tunnel ferroviaire et le tunnel routier sont gérées par le centre de contrôle du trafic de Rijkswaterstaat.

Les portes des issues de secours sont verrouillées en condition normale. En cas d'incendie dans le tunnel ferroviaire, elles sont déverrouillées lorsque la circulation dans le tunnel routier a été arrêtée de façon à éviter les risques d'accident entre les véhicules et les personnes évacuées.

## 2.3 TRAFIC – CONDITIONS DE CIRCULATION

### 2.3.1 trafic

- TMJA (trafic moyen journalier annuel): 28.000 véh. / jour,
- Distribution horaire du trafic au cours de la journée.

Trafic horaire moyen selon la direction	En direction de la N14	En direction de l'autoroute A4
entre 07:00 heures et 19:00 heures	1.790 véh. / jour	1.863 véh. / jour
entre 19:00 heures et 23:00 heures	860 véh. / jour	859 véh. / jour
entre 23:00 heures et 07:00 heures	253 véh. / jour	285 véh. / jour

Le trafic moyen de véhicules transportant des matières dangereuses (TMD) est de l'ordre de 11 TMD / jour.

- TMD LF1 (liquides inflammables) : 805 véhicules / an,
- TMD LF2 (liquides inflammables) : 3.168 véhicules / an, soit environ 11 par jour,
- TMD GF3 (gaz liquéfiés toxiques): interdits, mais environ 16 véhicules en infraction par an.

### 2.3.2 Congestion de circulation - signalisation

Les carrefours à niveau gérés par des feux tricolores de Monseigneur van Steelaan et de Prins Bernhardlaan (**figure 8**), génèrent des congestions et des bouchons de circulation récurrents à l'intérieur des tunnels. Ces congestions sont détectées par les capteurs de faible vitesse, et des alertes sont envoyées au centre de contrôle. Le système de détection de faible vitesse a été initialement conçu pour des vitesses autoroutières comprises entre 100 et 130 km/h. Il a été installé dans les tunnels de Sytwende, mais il a été impossible de le paramétrer pour permettre de faire la distinction entre un flot de véhicules roulant à 50 km/h et à des vitesses plus faibles.

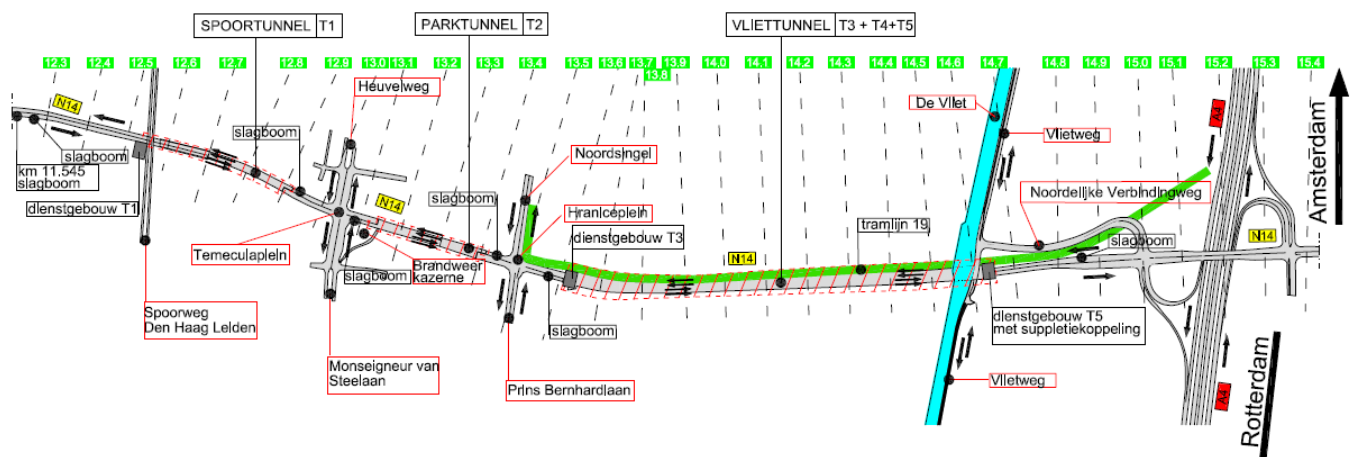


Figure 8: plan des trois tunnels et des deux carrefours à niveau gérés par des feux tricolores

## 2.4 VENTILATION

### 2.4.1 Ventilation des tunnels routiers

L'installation de ventilation est du type "ventilation longitudinale". Elle comporte des accélérateurs non réversibles à la tête d'entrée en tunnel, et des accélérateurs réversibles en tunnel. En condition normale de circulation, le courant d'air est établi dans le sens du trafic. En cas d'incendie dans un tube, la ventilation de l'autre tube est mise en mode réversible pour éviter la pénétration des fumées.

Les galeries d'évacuation sont pressurisées pour éviter également la pénétration des fumées et assurer la sécurité des usagers.

### 2.4.2 Ventilation du tunnel multimodal

L'installation de ventilation du tunnel ferroviaire est basée sur le principe du maintien de la station souterraine hors fumée lors d'un incendie. La station libre de fumée permet l'évacuation des usagers. Des accélérateurs réversibles permettent d'évacuer les fumées vers la tête de tunnel la plus proche de la station.

Lors d'un incendie dans le tunnel ferroviaire, la circulation des véhicules est arrêtée dans le tube le plus proche du tunnel routier. La ventilation dans ce tube est réglée de façon à créer un courant d'air dans le même sens que celui du tunnel ferroviaire.

## 2.5 ÉQUIPEMENTS D'EXPLOITATION ET DE SÉCURITÉ

Les trois tunnels sont dotés de tous les équipements et installations habituels d'exploitation et de sécurité. Une attention toute particulière a été portée aux communications avec les usagers du tunnel, à la gestion de la circulation, ainsi qu'aux conditions de sécurité et d'environnement : capteurs, télésurveillance, DAI (détection automatique d'incident), boucles de comptage, câbles de détection thermographique, etc.

Le système de haut-parleurs délivre des messages en langues néerlandaise, allemande et anglaise.

## 2.6 EXPLOITATION

Les tunnels de Sytwende sont exploités par le Centre de Contrôle de trafic de Rhoon. Ce centre gère tous les tunnels de la Rijkswaterstaat situés dans la province de Hollande-Méridionale. Ce centre supervise sept autres ensembles de tunnels dont, depuis 2015, le tunnel de Delt Schiedam sur l'autoroute A 4.

Les opérateurs du centre de contrôle ont deux modes d'intervention :

- En condition normale les systèmes d'ITS (limitation variable de vitesse, signalisation variable, affectation des voies) sont gérés par un opérateur dédié, sur un poste spécifique.
- En cas d'accident, l'opérateur voisin est mis à contribution pour assurer les communications avec les services de secours, pour organiser l'intervention des équipes d'entretien, de dépannage, de secours et de maintenance. L'opérateur principal se charge lui de l'accident, des communications avec usagers en tunnel, et exploite le système de GTC (gestion technique centralisée).

Chaque ensemble de tunnels comporte également un poste de commandes locales qui peut être utilisé soit en cas de difficultés de transmission avec le poste de contrôle de Rhoon, soit lorsque le centre de Rhoon est saturé par d'autres interventions.

Le système de GTC comporte une fonction et action d'urgence, qui automatiquement et simultanément :

- active et gère le système de ventilation,
- ferme l'accès des tubes au trafic pour éviter l'accumulation des véhicules en cas d'accident,
- active l'éclairage des issues de secours et de la galerie d'évacuation, ainsi que l'affichage d'informations d'évacuation,
- active les pompes hydrauliques pour mettre la conduite incendie et les poteaux d'incendie sous pression.
- active une « onde verte » pour les feux tricolores des carrefours, sur tout le tronçon compris entre la N14 et l'A4, afin de permettre aux usagers d'évacuer les tunnels avec leurs véhicules en toute sécurité.

En cas d'accident, les équipes de secours entrent dans le tunnel concerné par les deux têtes dans le sens normal de la circulation. L'entrée dans le tunnel à contre sens de la circulation nécessite l'autorisation préalable du Centre de Contrôle du Trafic, qui s'assure que la circulation est bien arrêtée.

En cas de dégagement de fumée ou en cas d'incendie, les équipes de secours pénètrent dans le tunnel par le tube non concerné par l'incendie. Avant d'entrer en tunnel les équipes de secours s'arrêtent au poste téléphonique d'appel d'urgence situé à l'entrée du tunnel pour obtenir des informations mises à jour auprès du Centre de Contrôle de Trafic, qui leur fournit également des recommandations concernant les portes et accès de secours à utiliser.

## 3. PARTICULARITÉS DU TUNNEL MULTIMODAL

Le tunnel ferroviaire est géré par le poste de contrôle de Haagsche Tram Maatschappij (HTM), qui est la compagnie locale de transports publics. En cas d'incendie le poste de contrôle de HTM appelle le Centre de Contrôle du Trafic Routier de Rhoon, qui ferme au trafic le tunnel routier pour permettre l'évacuation des usagers du tram.

Les services de secours accèdent au site de l'incendie dans le tunnel ferroviaire par l'intermédiaire du tunnel routier et les portes des issues de secours.