



Plan d'exécution spatial régional « Réaménagement spatial du Ring de Bruxelles (R0) - partie Nord »

Note d'orientation 2- annexe 11

Résultats Reconnaissance Future Proof cycle 1



**Vlaamse
overheid**



DE WERKVENNOOTSCHAP

**DEPARTEMENT
OMGEVING**



Medegefinancierd door de Europese Unie
Trans-Europees vervoersnetwerk (TEN-T)



Ce document est l'annexe 11 de la note d'orientation 2 du 02/04/21 pour le plan d'exécution régional 'réaménagement du Ring autour de Bruxelles (R0)-partie Nord'.

Cette annexe contient les '**Résultats reconnaissance Future Proof cycle 1**'.

Aperçu des autres annexes

- Annexe 1 : Lexique
- Annexe 2 : Cartes
- Annexe 3. Plans Politiques et contexte juridique
- Annexe 4. Depuis des aménagements de solution vers des alternatives raisonnables cycle 1
- Annexe 5. Examen des variantes raisonnables cycle 1
- Annexe 6. Schémas conceptuels d'aménagement cycle 1
- Annexe 7. Description de la situation de référence
- Annexe 8. Résultats de l'étude d'impact environnemental cycle 1
- Annexe 9. Résultats du Rapport d'aménagement de Sécurité cycle 1
- Annexe 10. Résultats de l'Analyse Coûts-Bénéfices cycle 1
- **Annexe 11. Résultats Reconnaissance Future Proof cycle 1**
- Annexe 12. Résultats évaluation des effets sur la sécurité routière cycle 1
- Annexe 13. Rapport examen de projet cycle 1
- Annexe 14. Note de motivation cycle 1
- Annexe 15. Du cycle 1 au cycle 2 - alternatives, variantes et scénarios de développement
- Annexe 16. Schémas conceptuels d'aménagement cycle 2

Reconnaissance future-proof RO Nord

Projet :	reconnaissance Future-proof GPP Cycle 1	Version :	3-ECO
Notre référence :	SF-GPP-ALG-NOT-027		
Date :	24/03/2021		
Auteur(s):	Patrick Roothaer, Mark Keppens		

Table des matières

1.	Introduction.....	3
2.	Concepts et méthode	4
2.1.	Définition ‘futureproofing’	5
2.2.	Méthode de Futureproofing.....	5
2.3.	Le RO-Nord comme testcase au sein de l'étude de politique ‘Mobilité à l'avenir’	6
2.4.	Un plan pour le réaménagement spatial du RO-Nord et les alternatives étudiées	8
2.4.1.	Domaine du plan.....	8
2.4.2.	Objectifs du plan	8
2.4.3.	Alternatives	9
3.	Perspectives d'avenir.....	12
3.1.	Niveau Global : Megatrends.....	13
3.2.	Niveau européen : Game Changers.....	15
3.3.	Niveau flamand.....	17
3.3.1.	Tendances et certitudes d'avenir	17
3.3.2.	Mondes d'avenir	19
4.	Critères	24
5.	Stresstest du RO : comment le ring répondra aux tendances et évolutions futures ?.....	27
5.1.	Tendances pertinentes retenues et développements.....	28
5.1.1.	Le changement climatique s'intensifie fortement	Faux ! Index non défini.
5.1.2.	Les systèmes autonomes font une percée complète	31
5.1.3.	MaaS et Internet physique deviennent des modèles de marché standard	36
5.2.	Critères retenus	39
5.3.	Évaluation des alternatives.....	40
5.3.1.	Groupe alternatif Light.....	40
5.3.2.	Groupe Alternatives Parallèle	41
5.3.3.	Groupe Alternatives Latéral	42
5.4.	Test de résistance aux éléments-clés	42
6.	Projection future du RO : comment le Ring fonctionnera-t-il dans un monde virtuel futur ?.....	44
6.1.	Évaluation des alternatives.....	45
6.1.1.	Groupe alternatif Light.....	45
6.1.2.	Groupe Alternatives Parallèle	46
6.1.3.	Groupe Alternatives Latéral	47
6.2.	Éléments-clés projection future	48
7.	Résumé et conclusions	49
	Annexe 1 - Participants aux dialogues d'experts.....	51
	Annexe 2 - Références.....	52

1. INTRODUCTION

Le réaménagement spatial du Ring autour de Bruxelles (R0) - partie Nord, s'inscrit dans le cadre du programme multimodal « Travaux sur le Ring », un programme intégré et cohérent de projets routiers, cyclables et de transports publics qui vise également à accentuer le recours à la combimobilité et à améliorer la qualité de vie dans les zones du projet. Afin de mettre en œuvre efficacement les différentes composantes du programme « Travaux sur le ring », diverses procédures doivent être accomplies. Une de ces procédures est l'établissement d'un plan d'exécution d'aménagement régional (GRUP) pour créer un cadre planologique adapté en vue de l'aménagement du territoire souhaité. Ce GRUP est établi selon la procédure du processus de planning intégré (IPP). Le processus de planning intégré est une procédure par laquelle l'évaluation des incidences au niveau de plan sont intégrées de manière procédurale et quant au contenu durant la totalité du processus de planning. Les décisions qui sont prises durant le processus de planning doivent en effet se prendre sur base de critères de 'bon aménagement du territoire', mais tout autant sur base des effets potentiels sur l'environnement, l'homme, la nature, la mobilité, les aspects socio-économiques, les demandes d'espace des divers secteurs sociaux, etc. Pour cela, diverses appréciations d'incidences sont intégrées dans l'établissement du plan. L'exploration prospective est une des appréciations d'incidences qui est intégrée dans l'ensemble du processus de planning. Ce rapport est un rapportage intermédiaire dans le cadre du Cycle 1 de l'évaluation des alternatives au sein de l'IPP.

Une exploration prospective est basée sur la confrontation entre les caractéristiques connues d'un plan ou d'un projet et les évolutions incertaines de l'environnement ou du contexte. Après tout, on se rend de plus en plus compte que les infrastructures importantes doivent servir la société pendant une longue période, créant ainsi une société plus durable. C'est pourquoi, lors de la planification et de la conception des infrastructures, les concepteurs, les constructeurs, les gestionnaires et les exploitants doivent tenir compte des défis futurs possibles pour leurs projets d'infrastructure.

Bien qu'il y ait un consensus croissant sur la nécessité de rendre les infrastructures importantes plus résistantes à l'avenir, il n'existe toujours pas d'approche structurée et généralement acceptée de la recherche qui doit être menée pour y parvenir. Cependant, il existe des cadres théoriques généraux à partir desquels on peut déduire certaines exigences de base pour ce type de recherche.

Le chapitre 2 du présent mémorandum décrit les exigences de base de l'exploration prospective ainsi que la manière dont elle sera réalisée et sur quelle base. Le chapitre 3 identifie les développements futurs attendus. Pour ce faire, on travaille avec des tendances et des développements, chacun avec son propre degré de (in)certitude et parfois intégré dans un ou plusieurs scénarios futurs. Dans cette étude, il a été décidé d'utiliser la littérature pour se faire une idée des tendances et des développements qui sont les plus pertinents pour les projets d'infrastructure routière tels que le R0-Nord. Ensuite, il est essentiel de définir une série de critères qui seront utilisés pour évaluer la viabilité du plan ou du projet dans le futur. Une liste standard de critères peut être utilisée à cette fin, mais il est important d'adapter le choix des critères au caractère unique et aux objectifs spécifiques du projet. Ceci est décrit au chapitre 4. Les chapitres 5 et 6 représentent l'exploration future proprement dite, basée sur les résultats de deux dialogues d'experts qui se sont tenus sur ce thème. Enfin, l'étude prospective permet de mieux comprendre comment une infrastructure importante telle que le R0-Nord fonctionnerait (ou ne fonctionnerait pas) dans des environnements futurs modifiés.



« Personne ne paiera cher pour aller de Berlin à Potsdam en une heure alors qu'il peut y aller à cheval en un jour gratuitement. »

Le roi Frederick William Ier de Prusse

2. CONCEPTS ET MÉTHODE

En dépit de l'attention croissante portée à la pérennité des projets d'infrastructure, il n'existe toujours pas de définition générale de ce concept. En outre, il n'existe pas de terme néerlandais commun pour l'expression « à l'épreuve du temps ». Les termes néerlandais les plus exacts sont *'toekomstvastheid'* ou *'toekomstbestendigheid'*.

Il n'existe pas non plus de méthodologie standard pour les évaluations de l'avenir. En termes très généraux, une évaluation prospective confronte les caractéristiques actuellement ou traditionnellement connues d'un plan ou d'un projet aux évolutions futures de l'environnement, du contexte et du projet lui-même. Cela tient compte du degré d'incertitude inhérent à toute prévision future.

Ce rapport établit un lien entre l'idée d'avenir et le processus de planification intégrée (IPP) pour l'élaboration d'un plan régional de mise en œuvre spatiale (GRUP) pour le RO-Nord. L'aspect processus est ici essentiel. Par conséquent, ce chapitre clarifie la définition et la méthodologie utilisées pour cette étude de prospective.



« Aujourd'hui, l'incertitude n'est pas seulement une déviation occasionnelle et temporaire d'une prévisibilité raisonnable ; c'est une caractéristique structurelle fondamentale de l'environnement des affaires. »

Pierre Wack, économiste et fondateur du scénario planning chez Shell.

2.1. Définition 'futureproofing'

La pérennité (futureproofing) est une caractéristique d'un plan, d'un programme, d'un projet ou d'une conception. L'analyse prospective (futureproofing) désigne une approche de processus spécifique dans laquelle, au sein du processus de conception d'un plan, d'un programme ou d'un projet, une approche est adoptée pour effectuer des analyses et des évaluations prospectives au cours des différentes phases du processus.

La définition suivante est basée sur un document rédigé en anglais : « Futureproofing est un processus d'anticipation des événements, changements, besoins ou pratiques futurs, dans le but d'être bien préparé, de réduire leur impact et de profiter des opportunités ».¹

En ce qui concerne spécifiquement les projets d'infrastructure, il s'agit du processus consistant à prendre des dispositions en prévision d'événements, de changements, de besoins ou d'utilisations futurs susceptibles d'avoir un impact spécifique sur l'infrastructure, par le biais des processus actuels de planification, de conception, de construction, d'exploitation et de gestion.

Le « Futureproofing » joue donc un rôle spécifique dans chaque phase d'un projet :

- La **planification** d'un projet, qui peut également inclure la phase de planification préparatoire pour établir le cadre juridique et de planification correct pour permettre la réalisation du projet.
- La **conception et la construction** du projet, dans lesquelles la pérennité est présumée comme une attitude de base ou une attitude de conception.
- L'**utilisation ou l'exploitation** du projet où l'aspect pérennité sera plutôt déterminé par des facteurs externes qui permettent une utilisation orientée vers l'avenir et l'infrastructure qui doit la faciliter.
- Dans la phase de **maintenance et de rénovation**, l'aspect future-proof s'exprimera principalement dans la manière d'entretenir, de gérer et de maintenir l'infrastructure à jour.
- Enfin, dans la phase finale, les possibilités de **réutilisation ou de récupération** des matériaux déterminent le niveau de pérennité.

2.2. Méthodique de Futureproofing

Une évaluation de futureproofing nécessite d'une part une ou plusieurs hypothèses de travail sur les développements futurs, chacune avec un certain degré de (in)certitude, et d'autre part un certain nombre de paramètres permettant d'évaluer le caractère pérenne d'un plan ou d'un projet.



Figure 1 : Éléments de base d'une évaluation prospective

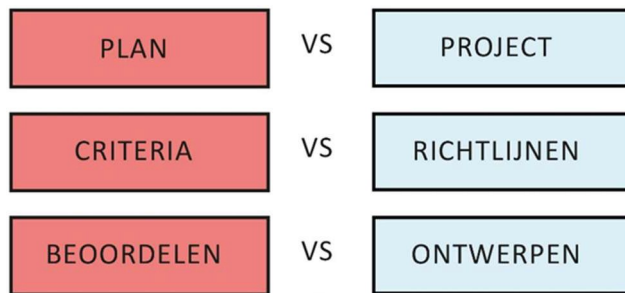
En premier lieu, une distinction peut être faite entre « plan » et « projet ».

Au niveau d'un plan, l'essence de l'approche prospective consiste à définir un certain nombre de critères au regard desquels le plan est évalué afin d'être suffisamment pérenne. Si différentes alternatives de plan sont envisagées, ces critères peuvent aider à peser les alternatives les unes par rapport aux autres. À cette fin, trois critères sont introduits dans l'évaluation des objectifs du plan qui sont évalués

¹ Définition basée sur Atkins, UCL et DFID, 2012 : " La prospective est le processus d'anticipation des événements, des changements, des besoins ou des usages futurs afin de se préparer de manière appropriée, de minimiser l'impact et de tirer parti des opportunités ".

sera basé sur cette exploration à l'épreuve du temps (voir le mémorandum de motivation joint à la note d'orientation). Ainsi, l'évaluation prospective contribue à la nature stratégique d'un processus de planification.

Lors du lancement d'un projet, la phase stratégique de choix et de création de la vision au niveau du plan est déjà derrière nous. Dans le cadre de la philosophie de l'épreuve du futur, l'exercice se concentrera davantage sur l'élaboration de lignes directrices de conception afin que la conception de l'infrastructure soit suffisamment à l'épreuve du futur.



Que l'on travaille au niveau d'un plan ou d'un projet, les deux niveaux ont en commun le besoin de **prévoyance** (chapitre 3). Cela peut prendre la forme d'une description et d'une analyse des tendances et évolutions possibles et de leurs implications attendues pour notre environnement et notre société (première méthode) ou d'un développement de scénarios futurs intégrés dans lesquels différentes tendances et scénarios sont combinés dans une vision intégrale exprimée et représentée dans des mondes du futur (deuxième méthode). Dans cette étude, les deux méthodologies sont utilisées.

L'application de la première méthode consiste à évaluer la manière dont l'infrastructure routière du Ring fonctionnera mieux ou moins bien si certaines tendances ou évolutions se poursuivent fortement. C'est ce que nous appelons le « **test de résistance** » du R0-Nord. Ceci est décrit au chapitre 5. Un test de résistance identifie les vulnérabilités potentielles d'un système ou d'une zone, de sorte qu'il devient clair sur quoi une stratégie d'adaptation doit se concentrer.² Si nous voulons que notre environnement reste vivable et sûr à l'avenir, nous devons faire face de manière appropriée à des changements tels que le changement climatique, la densification urbaine et les nouvelles formes de mobilité. Cela demande de la créativité et de faire les bons choix. Un test de résistance ne se contente pas de dépendre des tendances et évolutions pertinentes avec leurs effets attendus, mais tente également de donner un aperçu des conséquences possibles pour l'infrastructure et son environnement. Un test de résistance n'est pas une fin en soi, mais un moyen d'amorcer l'adaptation (à un stade précoce) à différents niveaux d'échelle et parmi les acteurs concernés.

En appliquant la deuxième méthode, les différentes tendances et évolutions sont combinées en mondes virtuels intégraux de l'avenir. L'étape suivante consiste à examiner comment l'infrastructure du Ring s'adapte et fonctionne dans un tel monde virtuel futur. Il s'agit de la **projection future** du R0-Nord et elle est décrite au chapitre 6.

Dans les deux cas, il est nécessaire de disposer de **critères** permettant d'évaluer le caractère pérenne de l'infrastructure. Il n'existe pas de méthodologie standard pour cela. Comme le montre le chapitre 4, un large éventail de critères peut être utilisé pour effectuer des arbitrages et des évaluations. Dans la méthodologie construite, nous nous concentrerons sur 2 critères généralisés : **la robustesse** et **la flexibilité**.

2.3. Le R0-Nord comme testcase au sein de l'étude de politique 'Mobilité à l'avenir'

Le réaménagement du R0-Nord est sans aucun doute le plus grand projet d'investissement prévu dans la mobilité flamande. Compte tenu de l'impact et des effets attendus de ces travaux sur l'infrastructure de mobilité dans et autour de Bruxelles à long terme, nous voulons examiner comment cela peut être intégré dans la future fonction de mobilité dans la région. Cela va un peu plus loin que la recherche classique en matière d'ingénierie spatiale et de trafic dans le cadre du développement de projets d'infrastructure et implique la participation d'experts dans une grande variété de domaines de compétence. C'est pourquoi l'étude prospective se base en partie sur l'étude actuelle.

² Portail de connaissances sur l'adaptation spatiale

étude prospective de la « mobilité du futur » (fenêtre temporelle 2050). Cette étude a été lancée à la mi-2019 par le département de la mobilité et des travaux publics (MOW) du gouvernement flamand et est menée par Tomorrowlab. Son objectif est de développer une vision à long terme soutenue sur la mobilité flamande, qui aboutira à une feuille de route pour soutenir la mise en œuvre de la vision de la mobilité. L'horizon temporel de la vision de la mobilité avec feuille de route est 2040.

L'interaction entre les deux études conduit à une situation gagnant-gagnant : D'une part, la préparation de l'avenir du RO-Nord repose sur une base solide et large en s'appuyant sur un ensemble de tendances, de développements et de scénarios futurs. D'autre part, en utilisant le réaménagement prévu du RO-Nord comme étude de cas, en tant qu'exploration de la mobilité future, l'utilité pratique de cette étude peut être testée.

Afin d'obtenir des réponses aux questions de recherche, La Werkvennootschap, la THV MoVeRO, le département de la mobilité et des travaux publics et Tomorrowlab ont organisé des dialogues d'experts. Au cours de ces ateliers, des experts de divers secteurs et domaines d'action ont été réunis pour débattre, de manière interactive, des aspects du RO-Nord liés à l'avenir. Trois dialogues d'experts ont été organisés³.



Dialogue d'experts 1 - 16 janvier 2020. Le thème abordé ici était « Tendances et Technologie ». Il a recherché les tendances et les développements attendus à long terme dans le domaine du trafic et de la mobilité, leurs certitudes et leurs incertitudes, ainsi que les implications possibles des tendances et des développements technologiques sur la mobilité en général et sur le RO-Nord et ses environs en particulier.



Dialogue d'experts 2 - 13 février 2020. Le thème était ici « Les mondes possibles en 2050 ». Et si un monde particulier était une nouvelle réalité ? Qu'est-ce que cela signifie pour le réaménagement du RO-Nord ? Quelles alternatives fonctionneront bien ou mal dans un monde futur donné. Ou comment les adapter relativement facilement pour les intégrer dans un monde nouveau ?

Dialogue d'experts 3 - 11 juin 2020. Lors de cette session finale (pour l'instant), les principales conclusions ont été présentées et discutées.

Ces conclusions telles que présentées le 11 juin 2020 et leur discussion constituent finalement la base de ce rapport.

³ Liste des participants en annexe

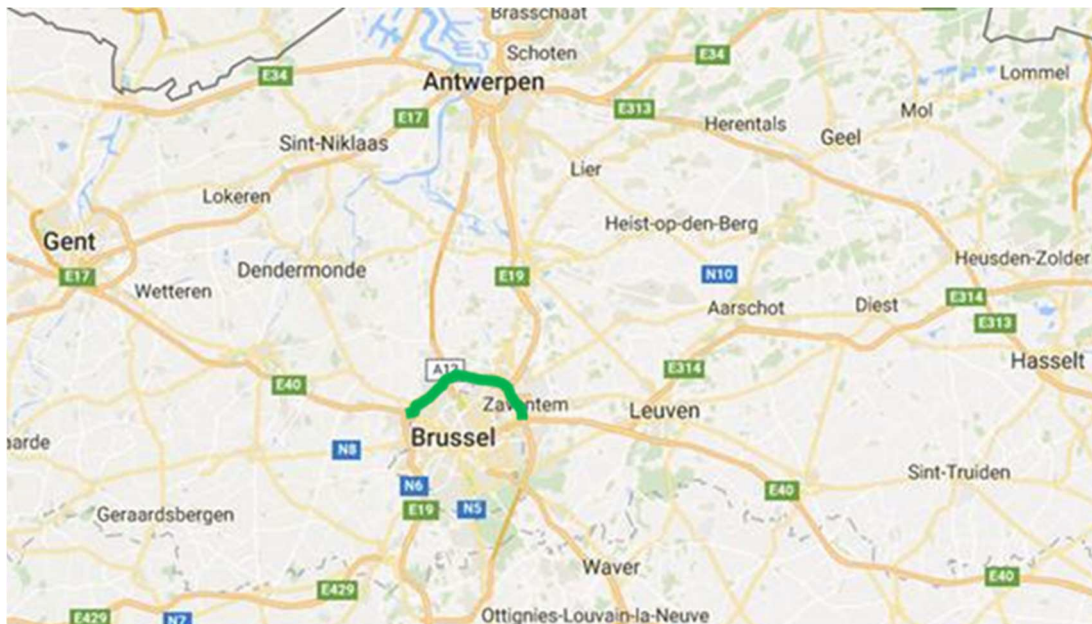
2.4. Un plan pour le réaménagement spatial du RO-Nord et les alternatives étudiées

Pour le « réaménagement spatial souhaité du Ring de Bruxelles (RO) - partie Nord », le processus intégré de planification a été lancé pour ancrer les modifications de destination souhaitées dans un plan d'exécution spatial régional (PESR). Le PESR est un plan qui vise le réaménagement spatial du RO - partie Nord, afin de rendre les infrastructures plus sûres pour la circulation, de réduire l'effet de barrière du Ring, d'améliorer la qualité de vie dans la zone et d'améliorer l'accessibilité multimodale de la région.

2.4.1. Zone du plan

« La zone de plan couvre la partie Nord du RO et se situe entre l'échangeur RO/E40 de Grand-Bigard, Dilbeek et l'échangeur RO/E40 de Woluwe-Saint-Étienne, Zaventem. Outre l'E40 en direction de Gand et l'E40 en direction de Louvain, l'A12 et l'E19 rejoignent également cette partie du RO. L'A201 ainsi que diverses entrées et sorties locales rejoignent également le RO. La partie Nord du RO traverse le territoire des communes suivantes : Dilbeek, Asse, Jette, Wemmel, Grimbergen, Vilvorde, Bruxelles, Machelen, Zaventem et Kraainem.

Figure 2: Situation de la zone du plan



2.4.2. Objectifs du plan

Pour le plan de réaménagement spatial régional 'plan de Réaménagement spatial du Ring de Bruxelles (RO) - partie Nord », les 4 objectifs suivants sont proposés.

1. Le réaménagement d'infrastructures anciennes et obsolètes sur la base du principe de la séparation du trafic de transit et du trafic local pour arriver à une infrastructure plus lisible et plus logique et à une infrastructure routière plus sûre avec moins d'incidents et une meilleure fluidité du trafic.
2. Accroître la viabilité autour du RO en tenant compte des aspects de la qualité de vie dans l'environnement tels que le bruit, l'air, la santé, le climat, la biodiversité, l'eau, etc. Dans les centres-villages avoisinants, nous visons, entre autres, la réduction du trafic de contournement grâce au réaménagement du RO-Nord.
3. Lors du réaménagement du RO-Nord, un certain potentiel de circulation cyclable et de transport public sera également développé au-dessus, sous et le long du RO-Nord. Les traversées et les passages souterrains seront rendus plus sûrs et multimodaux, et des liaisons et/ou des mesures supplémentaires visant une plus grande fluidité de la circulation pour les usagers doux et les transports en commun seront prévues. L'effet de barrière du Ring pour les piétons,

les cyclistes et les transports en commun sera réduit afin d'accroître ainsi l'accessibilité multimodale de la région.

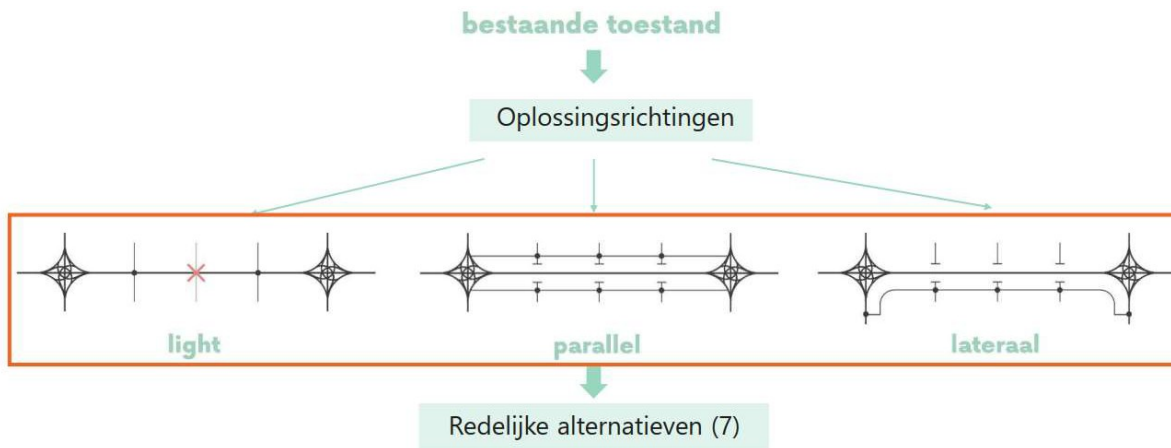
4. Dans toute la zone du plan, des efforts seront fournis au niveau de l'intégration paysagère de l'infrastructure dans l'environnement (tant le R0-Nord que les routes secondaires) afin de réduire l'effet de barrière spatiale et paysagère du Ring, d'améliorer ainsi la viabilité dans le voisinage immédiat et de contribuer à la restauration et au renforcement des liaisons vertes, bleues et écologiques. Cela réduira l'effet de barrière du Ring, non seulement pour les humains, mais aussi pour la nature.

Pour une description plus détaillée des objectifs du plan, veuillez vous reporter au paragraphe 3.1.3 de la note d'orientation du SIP régional.

2.4.3. Alternatives

Les solutions possibles pour le réaménagement du R0-Nord sont divisées en 3 groupes : G1, G2 et G3. Chaque groupe comporte des alternatives possibles pour optimiser le Ring autour de Bruxelles afin que les problèmes existants (la plupart ou les plus aigus) soient résolus.

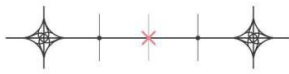
1. Le groupe light (G1) est basé sur l'optimisation de l'infrastructure existante du Ring.
2. Pour le groupe parallèle (G2), une structure locale symétrique/parallèle, le long du Ring intérieur et extérieur est prévue. Ces voies parallèles sont considérées comme faisant partie de la route principale.
3. Le groupe latéral (G3) comprend des alternatives où une structure routière locale est posée de manière asymétrique/latérale le long de la structure traversante. Les voies latérales revêtent le caractère d'une route locale ou urbaine et sont accessibles aux piétons, aux cyclistes et aux autobus.



Un total de 7 alternatives raisonnablement distinctes a été retenu. Pour une description détaillée des 7 alternatives, veuillez vous référer à la note d'orientation § 3.3.3.2 et à l'annexe 4 de la note d'orientation 2 du RUP régional R0-Nord. Une alternative de base a été définie par groupe, respectivement G1A2, G2A1 et G3A1. Des variantes ont également été définies. Une variante désigne une possibilité de choix au sein d'une alternative déterminée et concerne un aspect spécifique, un lieu spécifique ou un élément de cette alternative.

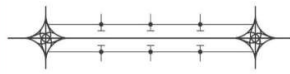
L'étude prospective étant d'un niveau d'abstraction relativement élevé, la distinction entre les 7 alternatives de plan n'est pas discutée en détail. Les variantes ne sont pas non plus prises en compte. Par conséquent, la distinction entre les alternatives se concentre sur les différences essentielles entre les 3 groupes d'alternatives G1, G2 et G3 en termes de logique de réseau, d'échangeurs de trafic, de complexes de connexion et d'utilisation de l'espace. Dans le cadre de l'étude prospective, ces différences s'expliquent de la manière suivante.

NETWERKLOGICA



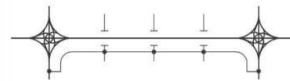
light

- scheiding van het doorgaand en het lokale verkeer door verminderen op- en afritten
- lokale verkeer meer naar de bestaande lokale wegen te sturen



parallel

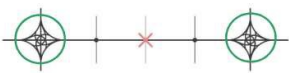
- doorgaand verkeer op centrale rijweg gebundeld
- lokale verkeer op de parallelwegen
 - symmetrisch systeem
 - binnen- en buitenzijde
 - deel uit van het autosnelwegensysteem



lateraal

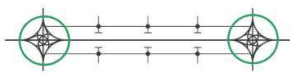
- doorgaand verkeer op centrale rijweg gebundeld
- lokale verkeer op de laterale wegen
 - asymmetrisch systeem
 - ofwel binnenzijde, ofwel buitenzijde
 - geen deel uit van het autosnelwegensysteem
 - karakter lokale wegen met gelijkvloerse kruispunten
 - Meer verknoping, multimodale aspect

VERKEERSWISSELAARS – de uitwisseling tussen knoop en de R0



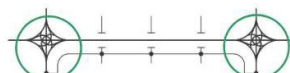
light

- alle verbindingen tussen de R0 en de autosnelwegen behouden



parallel

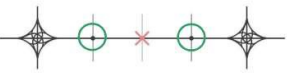
- alle verbindingen tussen de R0 en de autosnelwegen behouden
- verkeerswisselaars zijn eveneens aangesloten op de parallelwegen



lateraal

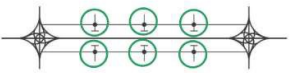
- alle verbindingen tussen de R0 en de autosnelwegen behouden
- verkeerswisselaars zijn eveneens aangesloten op de laterale wegen

AANSLUITINGSCOMPLEXEN – op- en afrittencomplex tussen R0 en lokale wegenis



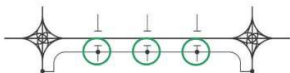
light

- dwarsende wegen aangesloten op de R0 via aansluitingscomplex
- niet alle aansluitingscomplexen worden behouden



parallel

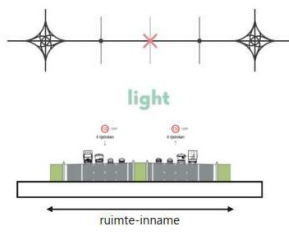
- dwarsende wegen aangesloten op de parallelwegen, niet op de doorgaande R0
- enkel ter hoogte van de verkeerswisselaars is een uitwisseling tussen de doorgaande R0 en de parallelwegen mogelijk



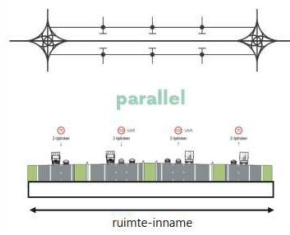
lateraal

- dwarsende wegen aangesloten op de laterale wegen, niet op de doorgaande R0
- enkel ter hoogte van de verkeerswisselaars is een uitwisseling tussen de doorgaande R0 en de laterale wegen mogelijk

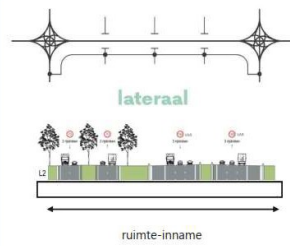
RUIMTEGEBRUIK



- streven naar beperking van de verharding inname ruimte inname



- netwerklogica van het parallelsysteem is doorslaggevend voor de ruimte-inname en de verharding inname



- streven naar beperking van de verharding inname
- netwerklogica van het lateraal systeem is doorslaggevend voor de ruimte inname
- laterale wegen worden ruimtelijk geïntegreerd in de lokale structuur rondom de R0

3. ÉTUDES FUTURES

Il ne fait aucun doute que nos infrastructures de transport auront un aspect différent et seront utilisées différemment à l'avenir. Les progrès technologiques joueront un rôle majeur à cet égard, mais l'évolution des comportements de déplacement aura également un impact important sur les solutions de mobilité qui seront proposées à l'avenir. La question est de savoir quels changements auront lieu et quand. Il n'y a, bien sûr, pas de réponse concluante à cette question. La réflexion sur l'avenir suppose que les évolutions à court terme sont connues et enregistrées dans les cadres politiques. C'est pourquoi l'accent est mis sur les tendances et les évolutions à long terme, y compris les incertitudes qui les entourent. Réfléchir aux tendances et aux développements futurs ainsi qu'aux nouveaux concepts et solutions permet précisément de mieux comprendre les défis à long terme. L'objectif final est d'aller au-delà des défis quotidiens actuels dans le domaine de la mobilité et de l'aménagement du territoire. En élargissant notre vision et en imaginant les forces motrices du changement, nous pouvons façonner les systèmes de transport de l'avenir.



« Je pense qu'il y a un marché mondial pour peut-être cinq ordinateurs. »

Thomas J. Watson, homme d'affaires américain et président d'IBM dans les années 40.

3.1. Niveau global : Mégatendances

Les mégatendances sont des forces qui vont remodeler le monde à l'avenir. Les caractéristiques des mégatendances sont qu'elles agissent sur une longue période, qu'elles présentent un degré de certitude relativement élevé et qu'elles ont un impact considérable. Cela peut être à la fois positif et négatif. Un certain nombre de mégatendances offrent des perspectives de développement durable, mais d'autres peuvent avoir des effets négatifs, par exemple parce qu'elles entraînent une augmentation des inégalités.

Dans son rapport « Future of highways », ARUP identifie sept mégatendances qui auront un impact majeur sur le système de transport routier en général et sur les autoroutes en particulier à l'avenir : l'urbanisation, les nouvelles technologies et la connectivité, une population croissante et vieillissante, l'économie du partage et le changement climatique.⁴ En réfléchissant à ces tendances dès maintenant, nous pouvons mieux comprendre les défis qui nous attendent à long terme. Nous espérons que cela débouchera sur des idées inspirantes et de nouveaux concepts dans le domaine de la mobilité. L'objectif à long terme est de parvenir à un système de mobilité intégré avec des connexions fluides entre les différents modes, notamment la voiture, le bus, le rail et les transports non motorisés. Ceci est conforme aux objectifs du décret flamand sur la mobilité : le but est un système durable, sûr et multimodal, développé et exploité en tenant compte de l'accessibilité et de la viabilité⁵.

1. **Urbanisation** // L'urbanisation rapide signifie qu'entre 70 et 75 % de la population vivra dans des villes d'ici 2050, contre un peu plus de 50 % en 2014. Bien que cette tendance se poursuive principalement en Chine et en Inde, l'urbanisation augmente également en Europe. L'urbanisation accroît la pression sur les systèmes et les infrastructures urbains, qui sont déjà lourdement sollicités aujourd'hui. À mesure que les villes continueront à se développer et que la prospérité de leurs habitants augmentera, la demande de mobilité augmentera, tout comme la demande de mobilité individuelle. En Europe et aux États-Unis, le nombre de véhicules motorisés augmentera de 1 à 2 % par an jusqu'en 2030. Dans le même temps, la croissance des villes entraîne également un exode urbain avec un écart croissant entre les riches et les pauvres. Ce nouvel « étalement urbain » a également des conséquences importantes dans le domaine du trafic et de la mobilité.
2. **Nouvelles technologies et connectivité** // L'évolution technologique rapide est l'un des principaux moteurs du changement dans le secteur des transports. L'histoire de l'évolution technologique montre qu'elle n'est pas linéaire mais exponentielle et on s'attend à ce que le rythme des changements s'accélère. L'évolution technologique sera perceptible tant dans les véhicules que dans les infrastructures. Grâce à l'utilisation de nouveaux matériaux, les infrastructures deviendront plus légères, plus solides, plus intelligentes et plus durables. Les matériaux flexibles et conducteurs introduiront de nouvelles applications et donneront naissance à des types d'infrastructures de circulation totalement différents. Les matériaux autoréparables peuvent réduire les coûts d'entretien et de réparation et augmenter considérablement la durée de vie de l'infrastructure. Dans le même temps, l'efficacité énergétique des véhicules doublera grâce à un meilleur aérodynamisme et à l'utilisation de matériaux plus légers. Les nouveaux développements permettront également d'améliorer considérablement les performances des batteries électriques, par exemple, et de créer des possibilités de stockage temporaire de l'énergie produite. Les véhicules intelligents communiqueront entre eux et avec l'environnement. Ils seront également capables de mesurer la densité du trafic et d'analyser les conditions routières et météorologiques et, par exemple, d'adapter automatiquement la vitesse en conséquence. À terme, ce système évoluera vers des véhicules entièrement autonomes et autopilotés. Cela a également un impact sur l'infrastructure routière. Les voies peuvent être rendues plus étroites et moins de panneaux et de signaux sont nécessaires. Mais les véhicules autonomes augmentent également la capacité des infrastructures existantes, car ils peuvent rouler à proximité les uns des autres en toute sécurité. Les véhicules à conduite autonome rendent également la conduite possible pour des groupes qui ne peuvent ou ne devraient pas conduire aujourd'hui, comme les personnes âgées ou les personnes souffrant d'un handicap mental ou physique. Ainsi, l'évolution vers les véhicules à conduite autonome pourrait entraîner une augmentation du trafic. Une autre évolution technologique intéressante est l'utilisation de robots autonomes pour inspecter les infrastructures et les ouvrages d'art et effectuer des réparations mineures. Une autre forme d'automatisation est la robotique en essaim, où plusieurs robots individuels se répartissent les tâches entre eux pour effectuer ensemble des tâches volumineuses. Cela pourrait changer radicalement la façon dont les grandes infrastructures sont construites et entretenues à l'avenir.

⁴ Arup Foresight + Research + Innovation, Future of Highways, 2014.

⁵ Décret sur l'accessibilité de base, article 3 : « La politique de mobilité vise à garantir l'accessibilité de notre société. Il s'agit d'investir dans un système de mobilité qui soutient l'économie et la société. Le système de mobilité est durable, sûr, intelligent et multimodal. Il sera agrandi et exploité en mettant l'accent sur l'accessibilité et l'habitabilité. »

3. **Une population croissante et vieillissante** // La population mondiale devrait atteindre 9,5 milliards d'habitants d'ici 2050. Par la suite, elle continuera à augmenter, mais l'accrétion est plus lente. Cependant, l'évolution est inégalement répartie dans le monde. Par exemple, la Russie, le Japon et l'Allemagne devraient connaître une baisse de leur population. Les grandes villes et les pays en développement connaissent la plus forte croissance démographique. Une évolution tout aussi pertinente est le vieillissement de la population. En 2050, plus de 20 % de la population sera âgée de 60 ans ou plus. Cela a un impact majeur sur nos solutions de mobilité, car les personnes âgées ont des attentes et des préférences différentes en matière de transport. Étant donné qu'un nombre plus restreint de personnes actives devra financer une plus grande proportion de personnes inactives, le coût de certains systèmes de transport pourrait augmenter, rendant le transport individuel plus difficile, voire impossible, pour certains groupes de la population.
4. **Changements comportementaux et économie du partage** // Dans certaines régions du monde, les préoccupations des gens en matière d'environnement, de santé et de bien-être sont en hausse. Parallèlement à une réglementation accrue à l'échelle mondiale, les particuliers et les organisations sont tenus de vivre et de travailler de manière plus durable. Cela entraîne un transfert modal vers des formes de transport plus actives, comme la marche et le vélo. Dans les villes en particulier, cela passe par la réalisation de densités élevées et le déploiement de systèmes de transport intégrés. Dans le même temps, l'impact négatif des émissions et de la pollution provenant des autres modes de transport est pris en compte. Les futurs systèmes de transport seront multimodaux, permettant une transition en douceur d'un mode à l'autre. L'économie évolue d'un modèle basé sur la propriété vers un modèle basé sur la prestation de services. Cela signifie, par exemple, qu'il est plus important d'avoir accès à son propre moyen de transport que d'en posséder un. Les citoyens, en particulier, veulent avoir accès à un large éventail de modes de transport et d'itinéraires. Les infrastructures devront donc probablement faciliter une multitude de moyens de transport, de services et de flux de trafic.
5. **Changement climatique** // Bien que les questions soient complexes et très vastes, un consensus général se dégage sur le fait que les phénomènes météorologiques extrêmes vont augmenter en fréquence et en intensité. Les changements de température, les tempêtes plus fréquentes et plus intenses et l'élévation du niveau de la mer auront un impact sur la façon dont nous concevons, utilisons et entretenons nos infrastructures de transport. Il existe un risque de perturbation du trafic et d'endommagement ou de destruction des infrastructures de transport. Par exemple, les fortes pluies et les inondations affecteront la façon dont nous construisons et entretenons les infrastructures, mais affaibliront également les structures existantes telles que les ponts et les tunnels. Des températures plus élevées peuvent endommager la surface de la route. Le trafic routier est également l'une des causes de l'effet de serre et du réchauffement climatique. Les réglementations plus strictes visant à réduire les émissions de gaz à effet de serre influencent la planification et la conception des systèmes de transport, avec une préférence accrue pour les matériaux et les modes de transport durables. Les véhicules devront se conformer aux nouvelles règles et normes et l'infrastructure devra être adaptée à ces véhicules.
6. **Mobilité intelligente et intégrée** // Dans le monde entier, on s'attend à ce que les transports augmentent, tant en termes de marchandises que de personnes. Les tendances indiquent une évolution vers un système plus intelligent et intégré pour le transport des passagers et des marchandises. L'évolution des technologies de la communication, en particulier, aura un impact important. Le big data et l'internet physique permettent aux différents systèmes de transport de communiquer entre eux et avec l'environnement. Cela ouvre la porte à un système de transport véritablement efficace, intégré et intermodal. La technologie de communication intelligente sera un facteur clé dans les villes du futur. La circulation sera plus fluide, grâce à une augmentation de la capacité et de la sécurité. Cela contribue à une meilleure qualité de vie dans les villes.
7. **Énergie et matières premières** // La croissance de la population mondiale entraîne une augmentation de la consommation, ce qui se traduit par une demande croissante d'énergie et de matières premières. Les ressources actuelles pourraient ne pas être suffisantes pour répondre à la demande dans les décennies à venir. Mais d'ici 2050, de forts progrès sont attendus dans l'application de l'économie circulaire, qui réintègre les matériaux utilisés dans le processus de production, réduisant ainsi les déchets. Il y aura moins de dépendance à l'égard des combustibles fossiles, en raison de l'instabilité attendue du prix du pétrole, mais aussi grâce à une nouvelle technologie de carburant utilisant le gaz naturel liquéfié, l'hydrogène ou les algues. Cette nouvelle technologie se retrouvera bientôt dans les systèmes de propulsion des véhicules. Les performances des véhicules utilisant des sources d'énergie alternatives vont s'améliorer rapidement, y compris les véhicules à propulsion électrique par des systèmes enfichables ou sur batteries. Toutefois, il est très peu probable qu'un seul nouveau système s'impose à l'avenir. Les formes hybrides continueront également à jouer un rôle majeur. Néanmoins, on s'attend à ce que la propulsion électrique continue à jouer

un rôle dans la propulsion des véhicules. Ceci

nécessite un réseau bien développé de systèmes de recharge pour les véhicules électriques. Il peut s'agir de systèmes de recharge sans fil intégrés dans les routes ou le long de celles-ci, qui utilisent l'induction pour recharger les véhicules pendant leur déplacement. Les sources de propulsion alternatives peuvent réduire considérablement le coût du transport.

3.2. Niveau européen : Game Changers

Dans son étude sur l'avenir du transport routier, la Commission européenne a examiné les conséquences possibles de l'automatisation et de la connectivité de la mobilité, de la réduction des émissions (« décarbonisation ») et de l'évolution vers une « mobilité partagée »⁶. Selon ce rapport, nous sommes à la veille d'une véritable révolution dans le domaine du transport routier. Notre vision de la mobilité sera profondément modifiée par les évolutions technologiques telles que l'automatisation, la connectivité et les technologies à faible émission de carbone, mais aussi par les nouvelles tendances en matière de mobilité partagée. De nouveaux modèles de marché vont également modifier fondamentalement non seulement nos véhicules, mais aussi notre façon de vivre et de nous déplacer. Mais les nouvelles technologies n'amélioreront pas nécessairement la situation à elles seules. Il est également nécessaire d'améliorer et d'adapter nos infrastructures de transport et d'ajuster notre politique de mobilité. Les nouvelles solutions et technologies de mobilité pourraient même entraîner une augmentation des déplacements en voiture, car ils deviennent moins chers et plus confortables. Dans le même temps, les nouvelles solutions flexibles peuvent être hors de portée (financière) de nombreuses personnes, à moins qu'elles ne soient bien intégrées dans un système de transport public approprié. Néanmoins, les évolutions technologiques attendues offrent une occasion unique de rendre le système de transport plus efficace et efficient. Cela doit être bien planifié, géré et suivi par les décideurs politiques et les gouvernements. Mais l'absence d'un cadre de développement à long terme prévisible avec une certitude raisonnable peut conduire à des investissements inappropriés ou sous-optimaux et à une répartition géographiquement inégale de l'offre de mobilité. Toutefois, si elle est correctement encadrée, l'évolution future du transport routier peut améliorer considérablement notre qualité de vie.

Selon la Commission européenne, certaines évolutions technologiques des dernières décennies ont apporté 4 changements décisifs. Elles conduiront à un changement radical de notre approche de la mobilité, qui est restée inchangée depuis plusieurs décennies.

1. **Automatisation** // Les systèmes ont la capacité de prendre en charge tout ou partie des tâches de conduite dynamique du conducteur, à l'exception des choix stratégiques tels que le choix du moment du déplacement ou de la destination. Un système automatisé peut exécuter, en temps réel, toutes les fonctions opérationnelles et tactiques nécessaires pour diriger un véhicule dans le trafic. L'automatisation peut également aider à progresser vers la synchronodalité.
2. **Connectivité** // La technologie permet aux véhicules de communiquer entre eux et avec l'infrastructure routière (par exemple, les panneaux de signalisation). La connectivité est fortement liée à l'automatisation, en particulier en ce qui concerne le fonctionnement des véhicules à conduite autonome dans le trafic.
3. **Décarbonisation** // Utilisation de combustibles de substitution tels que l'électricité, l'hydrogène, les biocarburants ou le gaz naturel. C'est essentiel pour réduire, voire éliminer, l'utilisation des combustibles fossiles et donc la dépendance à leur égard, et pour atténuer l'impact environnemental du trafic routier.
4. **Mobilité partagée** // Stratégie de transport dans le cadre de laquelle les utilisateurs ont un accès facile au transport lorsqu'ils en ont besoin. Le système comprend plusieurs modes, notamment le covoiturage, le vélo en libre-service, l'autopartage (covoiturage) et les services de transport à la demande. Un terme fréquemment utilisé dans ce contexte est « Mobility-as-a-Service » - MaaS - dans lequel diverses formes de transport de passagers sont intégrées dans un service de mobilité unique disponible à la demande. Dans le domaine du transport de marchandises, l'importance croissante du « premier kilomètre » et du « dernier kilomètre » est un facteur clé de l'efficacité du chargement et de la livraison des marchandises. La variante du principe Maas est ici Laas : Logistics as a Service.

En ce qui concerne le transport routier, les évolutions contribueront également à une approche intégrale modifiée du système de transport en tant que système multimodal. Les conséquences prévues et presque certaines des quatre

⁶ Alonso Raposo, M. (Ed.), Ciuffo, B. (Ed.), Ardente, F., Aurbout, J-P., Baldini, G., Braun, R., Christidis, P., Christodoulou, A., Duboz, A., Felici, S., Ferragut, J., Georgakaki, A., Gkoumas, K., Grosso, M., Iglesias, M., Julea, A., Krause, J., Martens, B., Mathieux, F., Menzel, G., Mondello, S., Navajas Cawood, E., Pekár, F., Raileanu, I-C., Scholz, H., Tamba, M., Tsakalidis, A., van Balen, M., Vandecasteele, I., The future of road transport - Implications of automated, connected, low-carbon and shared mobility, EUR 29748 FR, Office des Publications de l'Union européenne, Luxembourg, 2019, ISBN 978-92-76-03409-4, doi:10.2760/9247, JRC116644

nouvelles technologies et les nouveaux services décisifs contribueront à la réalisation d'un système de transport multimodal efficace, sûr, durable et inclusif et créeront de nouveaux systèmes permettant aux utilisateurs de tirer parti des possibilités qui se présentent.

Sur la base de cette étude, un modèle a été élaboré dans lequel les 4 game changers donnent lieu à des évolutions sociales dans le domaine de :

- l'économie
- l'emploi et les compétences ;
- la consommation d'énergie et les émissions ;
- la durabilité et les stocks de matériaux ;
- la vie privée, la démocratie et les relations sociales ;
- l'aménagement du territoire.

La manière dont ces éléments sociaux seront affectés, et dans quelle mesure, dépend de divers facteurs dans le domaine de :

- la nouvelle mobilité ;
- la politique des transports ;
- la gestion des données ;
- les besoins et les exigences en matière d'infrastructures ;
- les technologies de communication et la cybersécurité ;
- la législation et la standardisation.

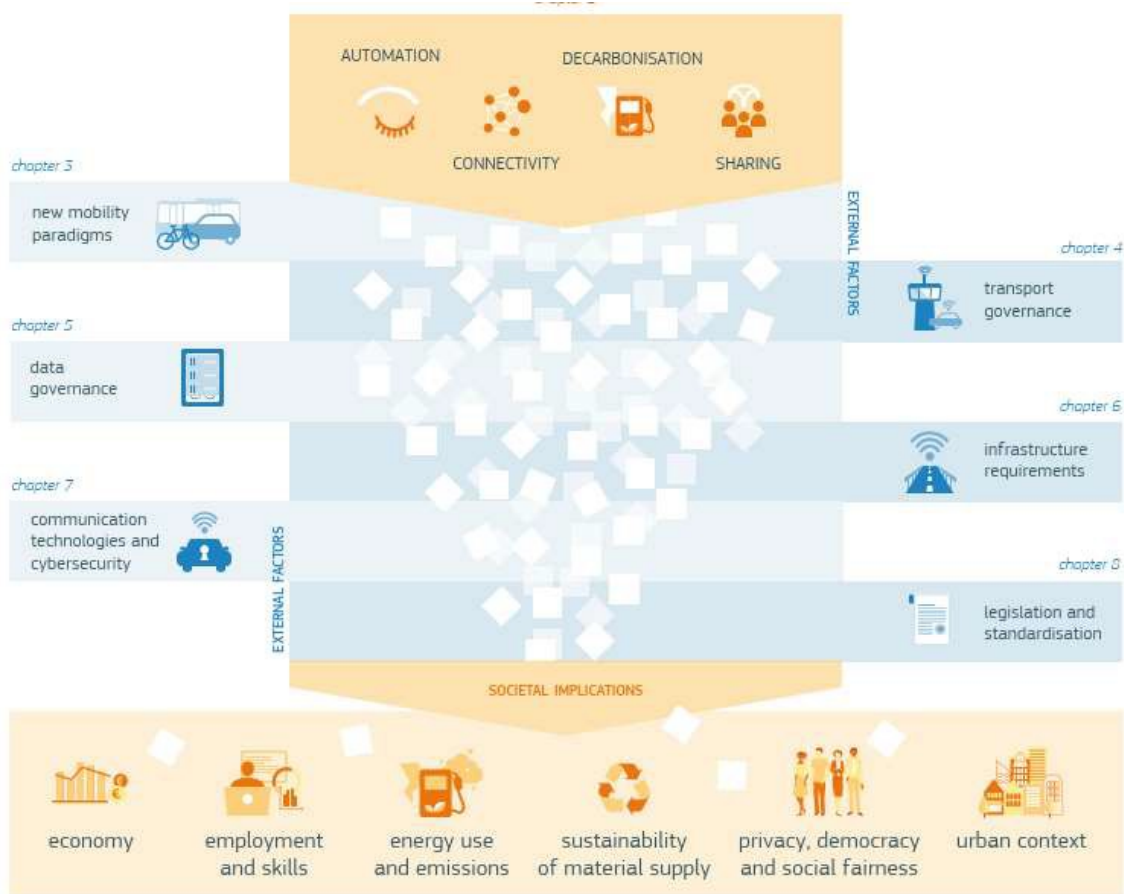


Figure 3 : Facteurs déterminants et implications sociétales de la mobilité automatisée, connectée, faible en carbone et partagée (source : Alonso Raposo et al, The future of road transport - Implications of automated, connected, low-carbon and shared mobility)

3.3. Niveau flamand

Dans l'étude politique « Mobilité à l'avenir », lancée à la mi-2019 par le département de la mobilité et des travaux publics (MOW) du gouvernement flamand, différents développements futurs sont explorés à partir d'une meilleure compréhension de l'avenir en termes de développements démographiques, économiques, socioculturels, technologiques, écologiques et politiques, afin d'aboutir à une vision de la mobilité bien fondée pour l'avenir. À cette fin, une première phase de prospective a été menée avec des experts et des parties prenantes. Il en est résulté une vue d'ensemble des différentes incertitudes concernant la mobilité de l'avenir. Dans une deuxième phase, des scénarios futurs ont été élaborés sur la base de ces incertitudes.



Figure 4 : Structure de l'étude politique « La mobilité dans le futur » (source : Tomorrowlab / Département MOW)

3.3.1. Tendances et incertitudes d'avenir

Dans l'étude MOW, 17 tendances ont été identifiées qui ont un impact sur le futur système de mobilité. Un système de mobilité est défini comme l'ensemble des acteurs (organisations et personnes) et de leurs rôles, activités et moyens qui déterminent le mouvement physique des personnes et des marchandises (en Flandre) dans une dépendance mutuelle.

Le degré d'impact de chaque tendance a été déterminé par l'évaluation d'experts. Les tendances dont l'impact attendu est élevé sont la croissance démographique, l'urbanisation, le changement climatique, la transformation numérique, le big data, l'intelligence artificielle, les systèmes autonomes, les drones et les robots.

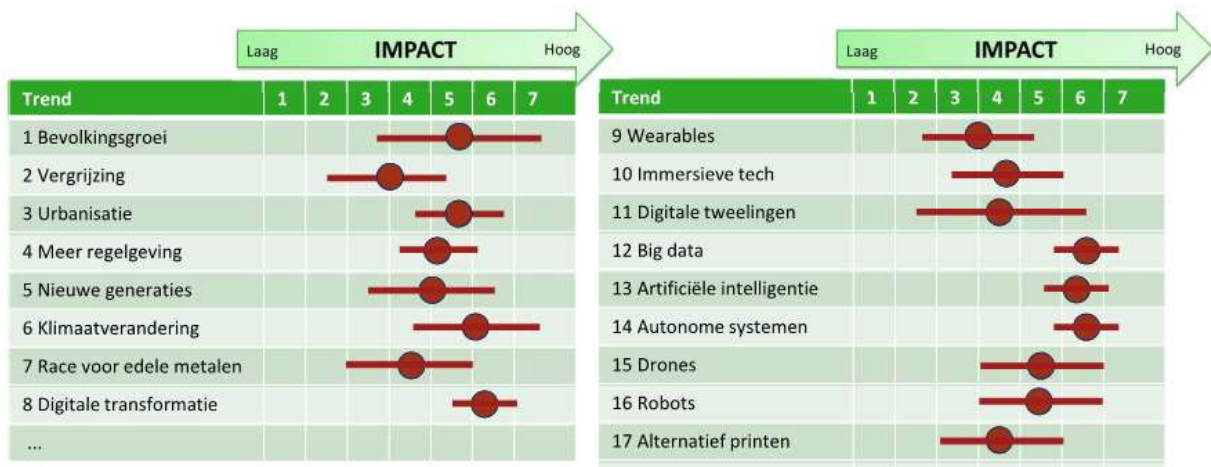


Figure 5 : Tendances et impact attendu sur le futur système de mobilité en Flandre (source : Tomorrowlab / Département MOW)

Il est logique que l'on retrouve ici un grand nombre des tendances décrites dans les sections précédentes comme des mégatendances au niveau mondial et des « game changers » au niveau européen. La question est toutefois de savoir quel impact spécifique elles peuvent avoir dans le contexte régional flamand.

		Global	UE
Croissance de la population		x	
Urbanisation		x	x
Changement climatique		x	x
Une mobilité intelligente et intégrée	Transformation numérique	x	x
	Big Data	x	x
Automatisation	Intelligence artificielle	x	x
	Systèmes autonomes	x	x
	Drones	x	x
	Robotisation	x	x

En tenant compte des attentes futures des experts dans divers domaines, ces tendances ont été combinées en incertitudes. Les experts ont déterminé le degré d'incertitude quant à savoir si la tendance se manifesterait dans un sens ou dans l'autre d'ici 2050.

1. **Accessibilité sociale** // L'accès aux activités sociales peut évoluer vers une situation très inclusive d'une part, ou très exclusive d'autre part (connaissances technologiques, exigences de financement élevées, etc.)
2. **Qualité de notre cadre de vie** // Cette incertitude décrit la mesure dans laquelle nous surveillons la qualité de notre cadre de vie. Celle-ci peut être forte (proactive) ou plutôt limitée (réactive).
3. **Coopération transfrontalière** // Cela inclut l'évolution de la coopération supranationale à l'avenir. Le monde et/ou l'Europe auront-ils une politique plus unie ou plus divisée.
4. **Besoins de mobilité** // En raison des nouvelles technologies et des changements de comportement, il est difficile de savoir dans quelle mesure nous avons encore besoin de nous déplacer. Cela peut évoluer d'une part vers le strict nécessaire et d'autre part vers un besoin illimité par une nouvelle offre de moyens de transport très performants.
5. **Forces du marché** // On ne sait pas encore si les marchés seront orientés vers la valeur ajoutée sociale ou non. D'un côté, les marchés peuvent être principalement axés sur la maximisation des profits, de l'autre sur la création d'une valeur ajoutée sociale.
6. **Organisation des réseaux** // Cette incertitude comprend la mesure dans laquelle les différents réseaux de transport seront alignés. Cela peut évoluer avec les normes vers un système très ouvert ou vers des systèmes séparés, c'est-à-dire fermés.
7. **Modèle de valeur** // Cette incertitude décrit l'évolution des comportements humains. Elle peut être fortement individualiste, où l'intérêt personnel prévaut, ou collective, où l'intérêt général prime.
8. **Importance de la propriété** // On ne sait pas quelle sera l'importance de la propriété en 2050. Cette solution sera-t-elle toujours privilégiée ou le partage sera-t-il la norme ?

3.3.2. Mondes futurs



Les 8 incertitudes ont constitué les bases de la construction des mondes du futur. Sur la base d'une évaluation par des experts, deux incertitudes fondamentales ont été identifiées : la valeur sociale et le besoin de mobilité. Pour l'un comme pour l'autre, le point de départ est toujours les deux évolutions extrêmes opposées. Une société entièrement axée sur la maximisation des profits s'oppose à une société qui s'engage en faveur de la valeur ajoutée sociale. À une extrémité du spectre, les besoins de mobilité se réduisent aux déplacements strictement nécessaires, à l'autre extrémité, la demande de mobilité est presque illimitée. Les deux incertitudes fondamentales ont été représentées par deux axes sur un axe transversal, ce qui a donné lieu à quatre scénarios futurs possibles. La direction dans laquelle les autres incertitudes peuvent évoluer est incluse dans ces 4 scénarios et indiquée dans la figure ci-dessous sous forme de barres grises.

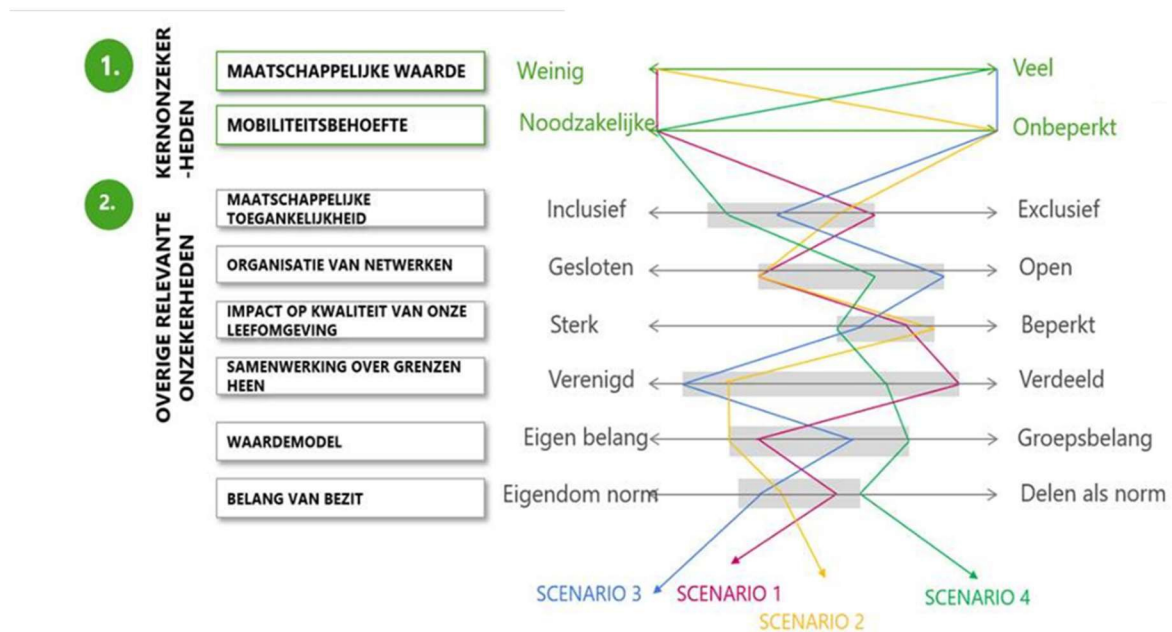


Figure 6 : Structure des mondes futurs possibles (source : Tomorrowlab / Département MOW)

En utilisant cette méthodologie, quatre mondes futurs possibles de l'avenir ont été construits :

1. digi-cosmos
2. flexi-maxi
3. opti-connect
4. conscient-local

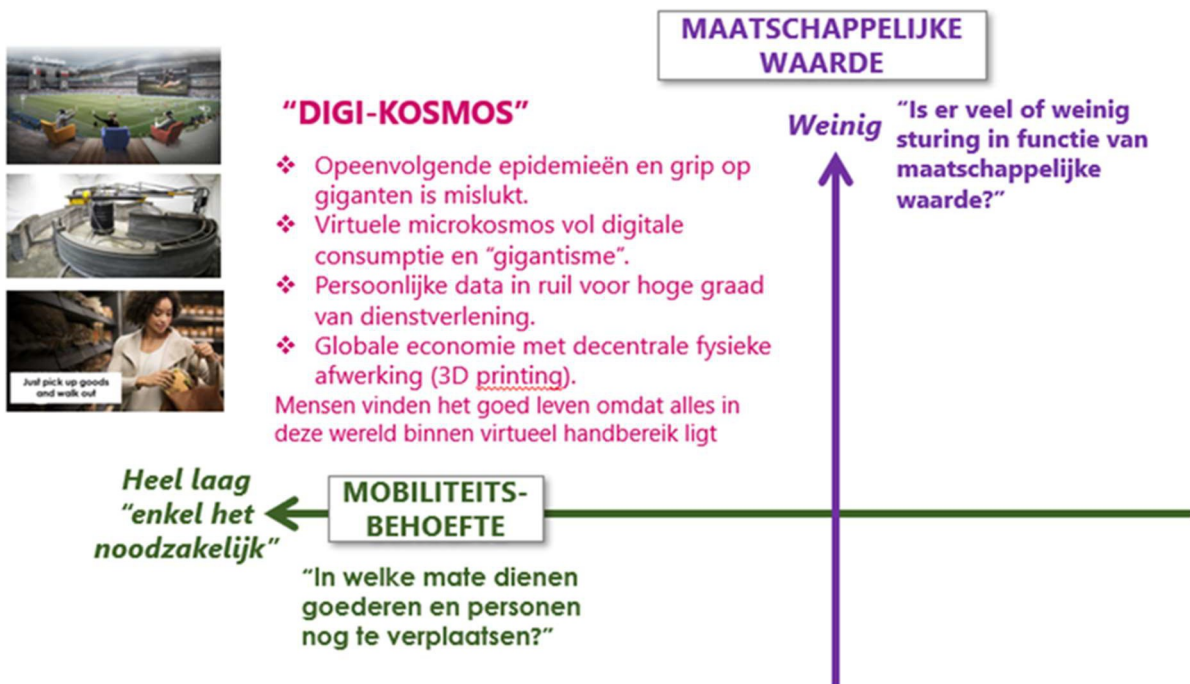
Vous trouverez ci-dessous de courts exemples de descriptions des mondes qui ont également été utilisés pour les dialogues d'experts. Pour le matériel le plus récent sur les mondes futurs, nous nous référons à la Plateforme de participation Mobilité 2040 (<https://mobiliteitsvisie2040.vlaanderen.be/>)

MOTS CLÉS

virtuel - gigantisme - microcosme - monopoles numériques

FOBO : Fear Of Being Offline (peur d'être hors ligne)

Une succession d'épidémies dans les années '20 et l'incapacité de l'UE à maîtriser les grands acteurs mondiaux de la technologie ont énormément changé le monde. En 2050, nous vivons dans un monde caractérisé par la présence de personnes dans un microcosme virtuel qui se voient offrir de nombreuses fonctions basées sur des services et des activités virtuels ou numériques. Des concepts tels que les « espaces Facebook » (un monde de réalité virtuelle-Facebook) se sont imposés et sont utilisés par de nombreuses personnes en permanence. La combinaison d'une très faible demande de mobilité et d'un faible contrôle en termes de valeur sociale crée des monopoles numériques qui optent pour le « gigantisme », ce qui conduit à un nombre limité de grands acteurs dans divers secteurs où les données personnelles et l'échelle sont des éléments clés de leur modèle économique. La mobilité des passagers se caractérise par un nombre beaucoup plus faible de déplacements physiques et, si les gens se déplacent physiquement, ils le font par des modes individualisés. Le transport de marchandises est basé sur l'efficacité et la masse, avec une finition décentralisée. Les gens aiment vivre dans ce monde parce que tout est à portée de main virtuelle.



(source : Tomorrowlab / Département MOW)

RÉFÉRENCE

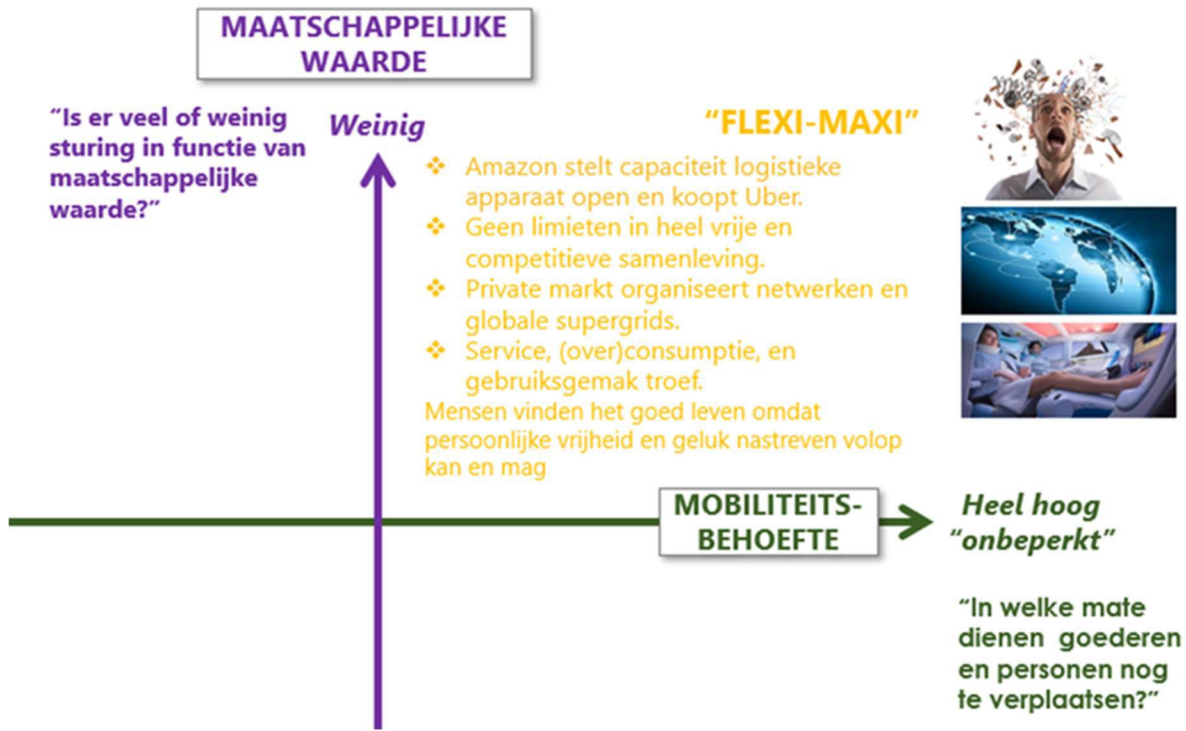
SILICON VALLEY



MOTS CLÉS

« illimité » - le droit du plus fort - le client est roi - consommation effrénée YOLO :
 You Only Live Once (On ne vit qu'une fois)

Le monde a fortement changé depuis qu'Amazon a racheté Uber vers 2030 et a ouvert l'ensemble de son système logistique à des tiers, tant pour le transport de marchandises que de passagers. En 2050, nous vivons dans un monde caractérisé par la recherche de la liberté, de la flexibilité et de la concurrence. La combinaison d'une très forte demande de mobilité et d'un faible contrôle en termes de valeur sociale fait en sorte que les entreprises ont pris la tête du développement de l'offre et des infrastructures de transport, de nombreuses innovations étant lancées sur le marché par un grand nombre de petites et grandes entreprises. La mobilité des passagers se caractérise par de nombreux déplacements avec des services de haute qualité en fonction de la consommation et de la carrière. Le fret est transporté par de nombreux moyens de transport internationaux dans des super-réseaux mondiaux où l'impression 3D n'a pas encore atteint le consommateur. Les gens aiment vivre dans ce monde parce que la recherche de la liberté et du bonheur personnels est possible et autorisée en abondance.



(source : Tomorrowlab / Département MOW)

IMAGE DE
 RÉFÉRENCE : LOS-
 ANGELES

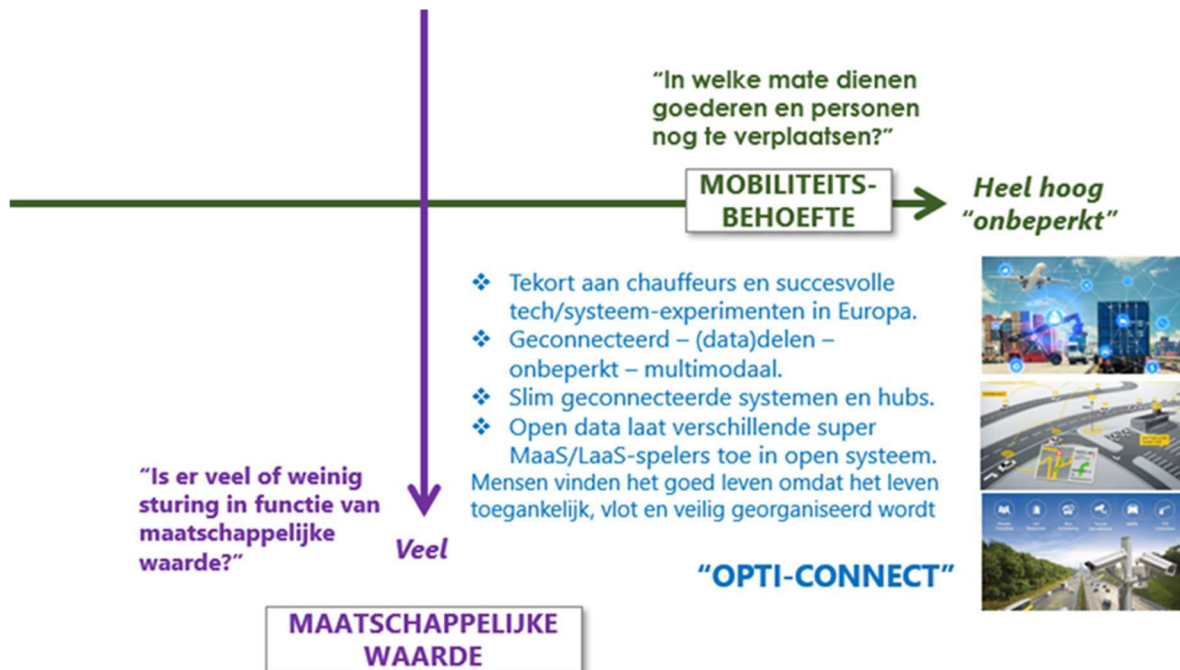


MOTS CLÉS

« Always on » - connected - (data) sharing - unlimited - multimodal

FOMO : Fear Of Missing Out

Avec une importante pénurie de conducteurs en Europe en 2030 et les expériences réussies de nombreuses technologies et systèmes, le monde a considérablement changé. En 2050, nous vivons dans un monde caractérisé par la recherche de l'efficacité, de la prévisibilité et de la durabilité, où des concepts tels que les « villes intelligentes » et l'« Internet physique » ont acquis une grande popularité. La combinaison d'une très forte demande de mobilité et d'un grand pilotage par la valeur sociale fait que les entreprises collaborent en vue de l'interopérabilité et de la création de grands acteurs MaaS (Mobility-as-a-Service) et LaaS (Logistics-as-a-Service), ce qui rend possible des services de haute qualité. La mobilité des passagers se caractérise par des déplacements nombreux et lointains, sans conflit et de manière confortable, grâce à des hubs et des systèmes intelligemment connectés offrant une interopérabilité maximale. Le transport de marchandises s'effectue via l'internet physique (en mettant l'accent sur le regroupement horizontal des marchandises, les unités de transport modulaires et la multimodalité en temps réel). Les gens trouvent qu'il est bon de vivre dans ce monde parce que la vie y est organisée de manière accessible, fluide et sûre.



(source : Tomorrowlab / Département MOW)

RÉFÉRENCE :

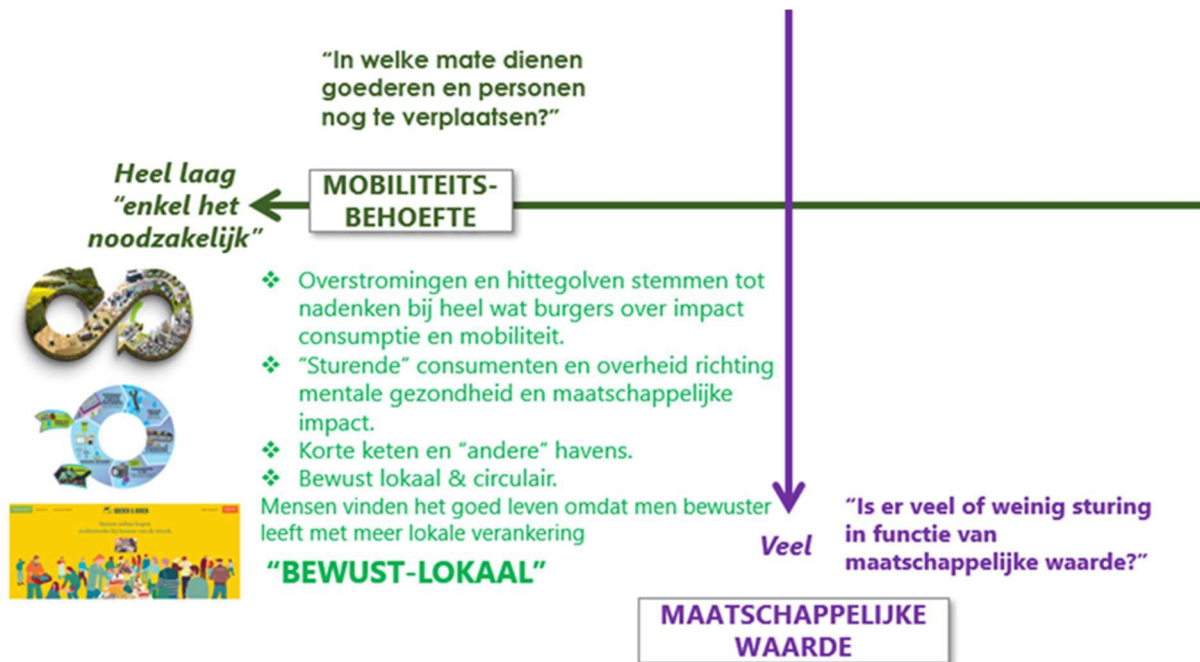
SINGAPOUR



MOTS CLÉS

« Reconnect » - Consciously local &
circular JOMO : Joy Of Missing Out (jolie

Les nombreuses vagues de chaleur et inondations qui se sont succédé dans les années '20 ont amené les citoyens et les gouvernements à réfléchir à l'impact des comportements de consommation et de mobilité, et le monde en a été profondément modifié. En 2050, nous vivrons dans un monde caractérisé par la recherche d'une santé mentale élevée et d'un bonheur brut comme critère économique, avec des concepts tels que les budgets climatiques et les budgets de mobilité qui s'imposent. La combinaison d'une très faible demande de mobilité et d'un pilotage basé sur la valeur sociale fait que les entreprises utilisent l'impact social de leurs offres comme principal argument de vente. La mobilité des passagers se caractérise par des déplacements dont l'impact souhaité est minimal et par un faible besoin de se déplacer grâce à une forte imbrication des fonctions et à une forte imbrication de la mobilité et de l'environnement. Le transport de marchandises se caractérise par des chaînes courtes et un autre type de ports, davantage axés sur l'économie circulaire et la pensée « cradle to cradle ». Les gens aiment vivre dans ce monde parce qu'ils vivent plus consciemment avec des racines plus



locales.

(source : Tomorrowlab / Département MOW)

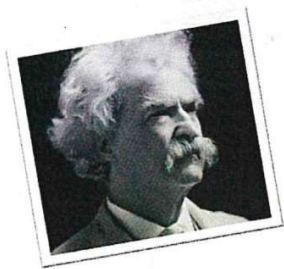
RÉFÉRENCE :

FRIBOURG



4. CRITÈRES

Pour réaliser une évaluation prospective, il faut non seulement identifier les tendances pertinentes et les scénarios futurs, mais aussi définir une série de critères. Ce faisant, il importe d'accorder le choix des critères sur le caractère propre et les objectifs spécifiques du plan ou du projet.



« La prédiction est très difficile, surtout pour l'avenir »

Mark Twain, écrivain et humoriste

L'article intitulé « Towards the Futureproofing of UK Infrastructure » examine le quoi, le pourquoi et le comment de l'analyse prospective des travaux d'infrastructure, afin que l'infrastructure nationale (britannique) soit adaptée à l'avenir tout en répondant aux besoins actuels. La recherche part du constat que, bien qu'il y ait une large reconnaissance du fait qu'une étude prospective est utile et nécessaire lors de la conception d'infrastructures durables, il manque une méthode standardisée pour réaliser cette étude.

Il est essentiel d'avoir une idée de la manière dont une infrastructure fonctionnera ou pourra fonctionner à l'avenir. Cet aperçu est basé sur l'état actuel de l'infrastructure (pour les installations existantes), les scénarios futurs, les objectifs opérationnels et un ensemble de critères de pérennisation. On peut ajouter à cela une analyse des risques qui se présentent si une infrastructure n'est pas à l'épreuve du temps. La méthodologie peut être utilisée à la fois pour analyser les infrastructures existantes et pour en concevoir de nouvelles.

Bien que l'étude traite donc de divers aspects de la prospective, elle est particulièrement intéressante dans ce contexte en termes de définition des critères pouvant être utilisés dans une évaluation de la prospective, car elle se concentre spécifiquement sur les projets d'infrastructure. Elle s'appuie en partie sur les résultats d'ateliers réunissant des participants du secteur de la conception, du monde de la construction et de la sous-traitance et de l'élaboration des politiques.

Les critères de pérennité sont divisés en cinq groupes :

1. **La résilience** est la capacité à résister au changement. Une résilience élevée peut être obtenue par une combinaison de différentes propriétés : résistance, fiabilité, redondance⁷ et capacité de récupération.
2. **L'adaptabilité** est la capacité d'ajuster ou de reconfigurer facilement l'infrastructure si les besoins ou les exigences changent au fil du temps. L'adaptabilité comporte plusieurs dimensions : extensibilité, réorganisation interne et changement d'utilisation.
3. **La remplaçabilité** signifie que l'infrastructure ou des parties de celle-ci peuvent être facilement remplacées, tant pendant qu'à la fin de sa vie.
4. **La réutilisabilité** signifie que l'infrastructure ou des parties de celle-ci peuvent être réutilisées à la fin du cycle de vie ou que le cycle de vie normal peut être prolongé.
5. **La stabilité du système** signifie que l'infrastructure contribue à la stabilité d'un système si ce dernier venait à changer. Cela signifie également que l'infrastructure réagit positivement aux évolutions naturelles de l'environnement au lieu de s'y opposer.

⁷ La redondance signifie que certains composants sont présents deux fois, voire plus, afin que l'ensemble continue à fonctionner correctement en cas de défaillance d'un composant.

Pour réussir l'application de l'analyse prospective, il est nécessaire de choisir les groupes de critères qui seront utilisés dans les différentes phases du processus : planification, conception, construction, exploitation, entretien et démolition. Tous les groupes ne doivent pas nécessairement être utilisés pour chaque projet ou dans chaque phase d'un projet.

L'étude formule également des critères clés pour la pérennité. À cette fin, des experts de différentes disciplines ont attribué une pondération aux différents critères en fonction de leur pertinence. Les critères les plus pertinents pour l'avenir⁸ sont, par ordre de pertinence, les suivants

- Flexibilité et adaptabilité
- Robustesse et résilience
- Réutilisabilité et extensibilité
- Stabilité du système (fonctionnement avec peu ou pas de dépendance vis-à-vis des hypothèses de planification et de conception)

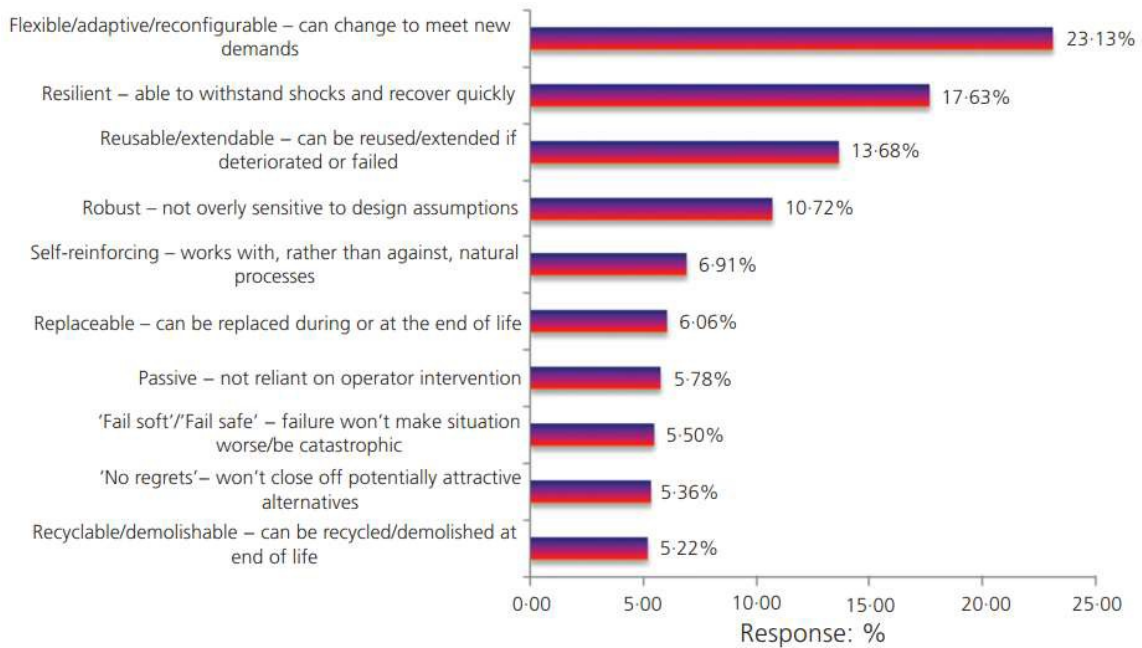


Figure 7 : Critères de pérennité les plus fréquemment cités (source : Masood, McFarlane, Parlikad et al : Towards the future-proofing of UK infrastructure.

⁸ Seuls les critères mentionnés par plus de 10% des répondants ont été retenus comme critères pertinents. Notez que nous traduisons ici le terme « résilient » par robuste ou résilient, alors que le mot anglais « robust » correspond davantage à l'aspect de la stabilité du système.

5. STRESSTEST DU RO-NORD : COMMENT LE RING INFLUENCERA-T-IL LES TENDANCES ET ÉVOLUTIONS FUTURES ?

Le '**test de résistance**' du RO-Nord consiste à évaluer la manière dont l'infrastructure routière du ring fonctionnera mieux ou moins bien si certaines tendances ou évolutions se poursuivent fortement. Un test de résistance ne se contente pas de dépeindre les tendances et évolutions pertinentes avec leurs effets attendus, mais tente également de donner un aperçu des conséquences possibles pour l'infrastructure et son environnement. Un test de résistance identifie les vulnérabilités potentielles d'un système ou d'un secteur, de sorte qu'il apparaisse clairement à quoi une stratégie d'adaptation doit répondre.



« La meilleure façon de connaître l'avenir est de le créer. »

Abraham Lincoln, 16e président des États-Unis, connu pour ses discours empreints de logique et d'humour

5.1. Tendances pertinentes retenues et développements

Le changement climatique, les nouvelles technologies, la connectivité et la mobilité intelligente et intégrée sont présentés comme les tendances et les développements les plus pertinents pour l'élaboration de l'étude prospective dans le cadre du processus de planification intégrée pour le R0-Nord et plus généralement pour le programme « Travaux sur le Ring ».

Elles ont été choisies parce que le chapitre 3 montre qu'elles sont pertinentes au niveau mondial, européen et flamand et aussi parce que des changements relativement concrets et bien décrits peuvent être dérivés de ces tendances. En outre, il s'agit de tendances dont la poursuite fait l'objet d'un consensus relativement large, ce qui leur confère un degré élevé de certitude. Toutefois, il faut tenir compte des incertitudes. C'est pourquoi les incertitudes les plus importantes sont également énumérées pour chaque tendance discutée.

Changement climatique



On s'attend généralement à ce que le R0 soit exposé à l'avenir à des conditions météorologiques plus extrêmes, tant en fréquence qu'en intensité (changement de température, tempêtes, élévation du niveau de la mer, ...). Cela aura un impact sur la conception, la construction, l'utilisation et l'entretien du R0, comme la détérioration de la surface des routes due à des températures plus extrêmes, l'affaiblissement des structures dû à de fortes pluies et les inondations associées. Des conditions météorologiques extrêmes peuvent entraîner une indisponibilité temporaire fréquente (totale ou partielle) du R0 en tant que système de circulation.

Nouvelles technologies et connectivité



En raison de l'évolution technologique exponentielle, tant dans le domaine de la technologie des véhicules que dans celui des infrastructures, le fonctionnement du R0 sera fortement influencé. Il s'agit notamment de véhicules plus économes en énergie, de matériaux autoréparables, de la technologie des batteries, de véhicules communicants et à conduite autonome, et de drones. Mais aussi l'automatisation et la robotisation dans la construction, l'entretien et la gestion des infrastructures et des ouvrages d'art.

Une mobilité intelligente et intégrée



Grâce à l'évolution technologique et aux changements de comportement humains, les déplacements sur le R0 feront partie d'un système de transport combimodal permettant de passer d'un mode à l'autre en toute transparence. À cette fin, les hubs multimodaux ou points Hoppin sont équipés et contrôlés numériquement par des systèmes MaaS et Laas. L'évolution des technologies de communication permettra d'utiliser la capacité du R0 de manière plus intelligente. Pensez au Big Data, à l'Internet physique, à la technologie blockchain et aussi à l'utilisation d'instruments financiers qui nous permettront d'organiser nos déplacements différemment.

Étant donné que le processus de planification intégrée du R0-Nord n'est pas seulement un projet d'infrastructure mais essentiellement un processus d'aménagement du territoire, l'**impact sur l'espace**, tant l'apport d'espace que son utilisation, est également un aspect important. Il s'agit toutefois d'un effet dérivé, en ce sens qu'aucune tendance ni évolution dans le domaine du développement spatial n'est mise en avant, mais qu'à partir des tendances et évolutions attendues, on tente d'estimer quels pourraient être les effets possibles sur le contexte spatial. L'apport d'espace et l'utilisation de l'espace peuvent varier en fonction, entre autres, des éléments suivants :

- l'évolution technologique (mobilité en 3D ou superposition verticale des systèmes de transport, véhicules autonomes, etc.)
- Changement de comportement (modification des besoins et de la demande de mobilité, changement de mode de déplacement, modification de l'occupation des véhicules entraînant une modification des besoins de capacité).
- Modification du soutien du public à la réalisation de déplacements nombreux et/ou éloignés, mais aussi aux investissements dans des projets d'infrastructure à grande échelle.

À partir des tendances et développements sélectionnés, trois évolutions concrètes ont été mises en avant lors des dialogues d'experts. En partant de l'hypothèse que ceux-ci vont fortement augmenter à l'avenir avec un degré élevé de certitude, l'impact attendu sur les modes de transport, les besoins de mobilité et l'infrastructure physique et numérique est estimé. De ce dernier aspect découlent également des conséquences possibles dans le domaine des infrastructures et du développement spatial. La discussion des tendances et de leurs conséquences possibles dans les paragraphes suivants est également basée sur les dialogues d'experts.

Wat als klimaatverandering zich sterk doorzet?	Wat als autonome systemen volledig doorbreken?	Wat als MaaS en Fysieke Internet de standaard marktmodellen zijn?
--	--	---

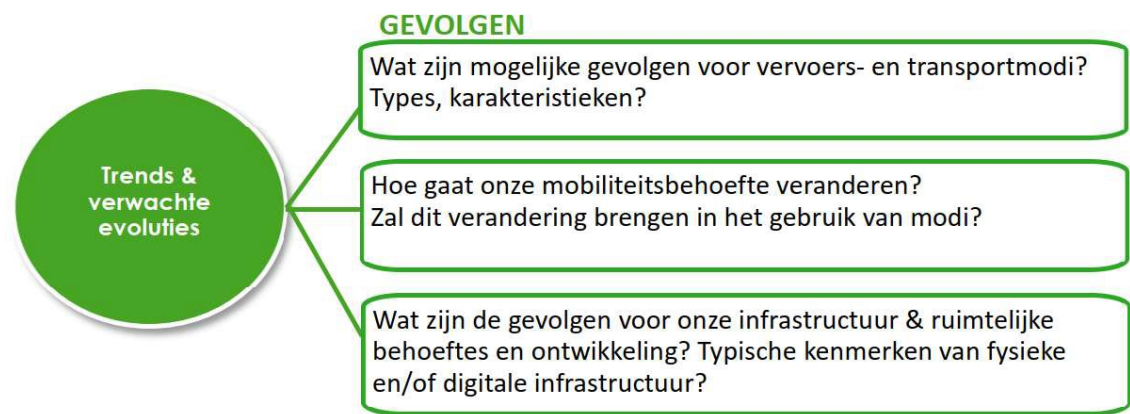


Figure 8 : Questions de recherche pour le test de stress R0 (figure tirée de Tomorrowlab)

5.1.1. Qu'en est-il si le changement climatique

s'intensifie fortement ? Impact sur les modes de transport et le

transport

Les conditions météorologiques changeantes peuvent influencer le choix du transport. Une forte augmentation de la température peut réduire la popularité du vélo et de la marche pour se déplacer. Dans les véhicules, des systèmes de refroidissement plus puissants entraînent une consommation d'énergie plus élevée.

En termes de propulsion, nous évoluons vers des véhicules « climatiquement neutres ». Bien que l'électrification du parc automobile soit aujourd'hui au centre des préoccupations, il n'est pas certain que la propulsion électrique devienne la norme à l'avenir. Les principaux défis restent l'autonomie des véhicules à propulsion électrique et le développement d'un vaste réseau (public) d'installations de recharge. Les développements technologiques qui anticipent cette évolution sont les techniques permettant de mieux stocker l'énergie, les systèmes à induction ou le travail avec des batteries échangeables. Il s'agit d'évolutions de la technologie des véhicules. Cependant, il existe également des systèmes où les véhicules électriques sont rechargés pendant la conduite, grâce à des systèmes intégrés à l'infrastructure de transport. Cela conduira à d'autres formes d'infrastructures de transport, avec un impact possible sur l'utilisation de l'espace et l'aspect spatial et paysager de ces infrastructures. Il peut s'agir, par exemple, de systèmes de charge intégrés au revêtement routier, de systèmes de charge continus le long de la route ou de routes équipées de câbles électriques aériens. Pour les véhicules qui s'arrêtent fréquemment, un réseau finement maillé de chargeurs rapides peut offrir une solution permettant, par exemple, aux bus de transport public de se recharger brièvement à chaque arrêt.

Changement des besoins de mobilité

La question climatique a un impact sur les processus sociaux et économiques. L'une des conséquences attendues est que la gestion du changement climatique aura une incidence sur le coût de la mobilité. Cela peut se faire directement, par exemple en prenant des mesures fiscales telles que l'imposition d'une taxe sur le CO₂. Indirectement, des changements peuvent se produire dans le domaine de la propulsion des véhicules et des modes de transport. Ces aspects concernent à la fois le transport de passagers et (peut-être surtout) le transport de marchandises. Une plus grande attention au climat peut également conduire à une importance accrue de l'économie des chaînes courtes. Une caractéristique typique de la chaîne courte est le contact direct entre le producteur et le consommateur, ce qui permet de réduire les déplacements, notamment sur de longues distances. Le principe de la chaîne courte est aujourd'hui principalement appliqué à l'agriculture et à l'industrie alimentaire, mais peut également être appliqué à d'autres secteurs. Il s'agit essentiellement de réduire la distance physique et le nombre de maillons entre le producteur et le consommateur.

Caractéristiques modifiées des infrastructures et du développement spatial

Tous les types d'infrastructures et d'ouvrages d'art sont soumis aux conditions météorologiques et peuvent donc également être affectés par le changement climatique. Les infrastructures devront être capables de résister à des conditions météorologiques plus extrêmes à différents niveaux, comme des précipitations extrêmes et des périodes de sécheresse plus longues. En outre, l'utilisation traditionnelle actuelle des matériaux pour la construction des routes peut potentiellement augmenter l'effet de chaleur. Il peut être nécessaire de planter davantage de forêts et d'arbres le long des routes pour atténuer les effets de la chaleur locale.

Incertitudes pertinentes

- Il semble logique de chercher à obtenir la meilleure infiltration possible de l'eau pour éviter les inondations dues à de fortes précipitations. D'autre part, il faut collecter et stocker davantage d'eau pour faire face aux longues périodes de sécheresse. En outre, les grandes infrastructures avec beaucoup de surface pavée peuvent être utilisées pour l'absorption et le stockage de l'eau, par exemple dans des bassins sous l'infrastructure.
- Il est possible que les véhicules électriques ne soient qu'une étape intermédiaire vers des véhicules totalement « neutres sur le plan climatique ». Il n'y a pas encore de certitude quant au modèle de groupe motopropulseur qui deviendra la norme.
- On connaît mal l'impact potentiel du changement climatique sur la navigation intérieure. Un manque d'eau pendant les longues périodes de sécheresse peut avoir des conséquences considérables à cet égard. Pour cette raison, on peut s'interroger sur la faisabilité d'un transfert modal souhaité, par lequel davantage de trafic, en particulier le trafic de marchandises, serait acheminé par voie navigable.
- Il n'est pas irréaliste de penser qu'à l'avenir, la technologie humaine sera capable de contrôler la météo. Peut-être cela ne sera-t-il possible que localement. Cela soulève la question de la manière dont cela peut être réglementé au niveau international. Les pays ou régions qui ne disposent pas de la

technologie adéquate (et des ressources financières nécessaires) seront particulièrement touchés par les conséquences négatives de cette possibilité.

5.1.2. Qu'en est-il si les systèmes autonomes font une percée complète ? Impact sur les modes de transport et le

transport

Une offre de moyens de transport individuels performants peut entraîner une forte augmentation de la demande de mobilité individuelle. Non seulement les systèmes autonomes intelligents garantissent une circulation sûre et fluide, et donc une réduction du temps de trajet, mais le confort de voyage augmente à plusieurs niveaux. Le temps passé à conduire un véhicule peut être utilisé pour d'autres activités dans un véhicule à conduite autonome. Le temps de déplacement n'est plus du temps perdu. De plus, le stress de conduire soi-même disparaît. La conception et l'équipement des véhicules en tirent le meilleur parti. D'une certaine manière, la conduite autonome combine les avantages du transport individuel et collectif. Cela réduit l'attrait de toutes les formes de transport collectif et de transport public.

Cela peut créer une zone de tension entre les villes et les zones périphériques. À mesure que les villes continueront à se développer et que la prospérité de leurs habitants augmentera, la demande de mobilité augmentera, tout comme la demande de mobilité individuelle. Les systèmes autonomes s'imposeront donc plus rapidement dans et autour des grandes villes et sur les axes importants qui les relient. Dans les zones plus densément peuplées comme les villes, il est également plus rentable d'investir dans des infrastructures nouvelles ou modifiées pour les systèmes de transport autonomes. Par conséquent, les zones rurales continueront à dépendre des modes de transport traditionnels pendant plus longtemps, voire en permanence.

L'évolution vers des systèmes autonomes entraînera un déplacement de la propriété des véhicules vers leur utilisation. L'importance de la propriété individuelle d'un mode de transport diminue au profit de la disponibilité rapide d'un mode de transport pour répondre à la demande de transport individuelle. Cela est particulièrement vrai dans les zones où l'utilisateur disposera d'une gamme large et variée de systèmes de transport. Des systèmes de préférence facilement accessibles et organisés de manière flexible. Cela est lié au concept MaaS pour le transport de passagers et au concept LaaS pour le transport de marchandises, qui seront examinés plus en détail dans la section suivante.

Les aspects de l'exploitation et de la gestion vont également changer. Pour que les systèmes autonomes fonctionnent de manière optimale, les entreprises de services ne seront pas seulement responsables de la fourniture de moyens de transport, mais peut-être aussi de l'exploitation et de la gestion de l'infrastructure de transport. Cela pourrait conduire à un rôle différent pour le gouvernement, qui ne serait plus, ou du moins pas exclusivement, responsable de la construction et de la gestion des infrastructures de circulation. En termes de modes de transport, la distinction entre transport individuel privé et transport collectif s'estompe, et avec elle la différence entre transport public et privé.

Dans le domaine du transport de marchandises, l'exploitation de systèmes autonomes performants conduira à la percée de nouveaux modes de transport tels que les drones ou les hyperloops. Les plateformes logistiques offrent des possibilités de transbordement, à la fois entre différents niveaux d'opération (international, régional et local) et entre différents modes.

L'automatisation peut également aider à progresser vers la synchronodalité. La synchronodalité est l'utilisation optimale, flexible et durable de différentes modalités de transport dans un réseau sous la direction d'un prestataire de services logistiques, de telle sorte que le client se voit offrir une solution intégrée pour ses besoins de transport. Une solution synchronodale se caractérise par le fait que le client réserve « a-modalement ». Il laisse au prestataire de services le soin de décider des modes à utiliser.

Changement des besoins de mobilité

Un plus grand nombre de véhicules autonomes augmentera la capacité des infrastructures, car les véhicules pourront rouler à proximité les uns des autres en toute sécurité ou, via la technologie blockchain, pourront rouler de manière liée le long de certains tronçons. En conséquence, les déplacements deviennent plus faciles, plus rapides et plus confortables, ils redeviennent attrayants et la demande de mobilité augmente. Cela s'applique tant au transport de passagers qu'au transport de marchandises. Une évolution vers les systèmes autonomes pourrait donc avoir pour conséquence une augmentation du trafic.

Les véhicules à conduite autonome rendent également la conduite possible pour des groupes qui ne peuvent ou ne devraient pas conduire aujourd'hui, comme les personnes âgées ou les personnes souffrant d'un handicap mental ou physique.

Caractéristiques modifiées des infrastructures et du développement spatial

Les conditions technologiques pour le développement, le déploiement et l'application de systèmes autonomes nécessiteront une infrastructure de trafic adaptée. Les systèmes autonomes ont un impact sur le fonctionnement des infrastructures en termes de sécurité, d'efficacité du trafic et d'impact spatial. Un système de véhicules entièrement autonomes et à conduite automatique aura un impact positif sur l'espace occupé et la conception des infrastructures. Les voies peuvent être rendues plus étroites, les complexes de raccordement pourront être plus compacts et moins de panneaux et de signaux sont nécessaires.

Les différents systèmes autonomes ont également chacun leur propre apparence spatiale. Alors que l'infrastructure routière est actuellement conçue pour un ensemble relativement uniforme de véhicules qui sont exploités, dirigés et conduits de manière identique, il faudra à l'avenir des corridors qui regroupent et combinent différents systèmes de transport. Par exemple, les couloirs rapides sur lesquels se déplacent non seulement les véhicules à conduite autonome, mais aussi les hyperloops, les monorails et les couloirs de drones en font partie.

Cela conduit également à l'idée que les infrastructures de circulation passeront de systèmes bidimensionnels aujourd'hui à des systèmes tridimensionnels, voire quadridimensionnels, à l'avenir. Dans un système tridimensionnel, les différentes parties de l'infrastructure ne sont plus disposées les unes à côté des autres mais empilées les unes sur les autres. Outre l'utilisation classique de l'espace lié au niveau du sol, on utilise également le sous-sol (par exemple, pour les systèmes de transport logistique) et l'air (par exemple, pour les couloirs de drones). Il est évident que cette évolution aura un fort impact sur la façon dont les infrastructures de circulation sont conçues et construites, mais aussi sur l'aspect spatial et paysager de l'infrastructure et son intégration dans l'environnement.

La diminution de l'importance de la possession d'un véhicule individuel a, à son tour, de profondes conséquences sur l'aspect spatial de l'environnement bâti. L'importance de la présence d'un parking est en baisse, qu'il s'agisse de garages individuels dans ou près du domicile ou du lieu de travail ou de parkings dans des installations commerciales, culturelles et récréatives. D'autre part, il est nécessaire de disposer de « stations » où les véhicules autonomes peuvent être garés.

Incertitudes pertinentes

- L'ampleur et la rapidité de l'introduction effective des nouvelles technologies sont incertaines. Les évolutions technologiques sont souvent surestimées ou « hypervisées ». Les choses qui sont prometteuses ne se développent pas toujours aussi rapidement et de la manière dont elles ont été initialement conçues. L'utilisation de nouvelles technologies avancées est également souvent limitée à certains marchés de niche.
- Tout le monde n'est pas convaincu que l'introduction généralisée de systèmes autonomes entraînera une diminution de la possession de véhicules individuels. Si le surcoût des véhicules autonomes est plutôt limité, l'effet cocooning de la voiture (ma voiture = ma liberté) devrait encore augmenter.
- La lenteur du cadre législatif constitue souvent un frein à l'utilisation efficace des nouvelles technologies. Les goulets d'étranglement comprennent la répartition des pouvoirs (locaux/régionaux/nationaux/supranationaux), l'effet des réglementations du trafic sur les domaines politiques connexes et les cadres juridiques dans le domaine, par exemple, de la responsabilité, de la fiscalité et de la vie privée.
- Les constructeurs automobiles travaillent d'arrache-pied pour développer une technologie qui permettra aux voitures de naviguer sur les autoroutes de manière totalement autonome d'ici quelques années. Mais en plus de travailler sur la technologie qui rend la voiture autonome elle-même, nous devons également travailler sur une infrastructure de circulation urbaine adaptée dans laquelle les véhicules semi-autonomes peuvent progressivement évoluer vers des véhicules entièrement autonomes. Selon la société 2GetThere, basée à Utrecht et spécialisée dans les solutions de transport autonome, une introduction à grande échelle de voitures à conduite autonome dans le trafic urbain actuel n'est pas un scénario réalisable dans les dix à quinze prochaines années⁹.
- Outre les constructeurs automobiles, il y a les développeurs de systèmes de transport public automatisés, qui associent les véhicules autonomes aux technologies environnementales et aux voies séparées. Il semble donc logique que l'introduction du transport automatisé se fasse par étapes, en commençant par les environnements contrôlés tels que

⁹ 2getthere, livre blanc « Quand le transport autonome deviendra-t-il une réalité ? » (novembre 2017).

les parcs d'affaires, les campus d'enseignement et les aéroports. Ensuite, on peut passer progressivement à des environnements moins contrôlés. Dans le cadre de cette introduction par étapes, les routes principales sont ensuite classées par ordre de priorité pour les phases suivantes.

- Une évolution comporte toujours une période de transition au cours de laquelle un système existant et un nouveau système apparaissent ensemble. Dans le contexte d'une évolution vers des systèmes de transport autonomes, cette période de transition requiert une attention particulière. L'infrastructure devra être capable d'accueillir et de gérer cette transition, en particulier pendant la période où les véhicules autonomes et non autonomes utiliseront la même infrastructure. Cela soulève la question de savoir si les deux types de véhicules peuvent être mélangés ou s'ils doivent plutôt être séparés. Cela montre l'importance de l'infrastructure adaptative. Il s'agit d'infrastructures qui peuvent être adaptées de manière progressive et systématique afin d'orienter les nouvelles évolutions dans la bonne direction et de pouvoir ainsi combler les périodes de transition.
- La durée de la période de transition constitue une incertitude supplémentaire. Cela dépend de la durée d'utilisation prévue d'un moyen de transport et constitue un facteur économique. Pour les camions, par exemple, il faut tenir compte d'une durée de vie utile moyenne de 30 ans. Le gouvernement peut toutefois fournir des orientations à cet égard (voir par exemple l'introduction de zones LEZ pour écarter les véhicules plus anciens et plus polluants).

QU'EST-CE QU'UN SYSTÈME DE TRANSPORT AUTONOME ?

Avec l'avancée des technologies de communication, les transports deviennent plus intégrés, efficaces, confortables et écologiques. Les systèmes de transport intelligents garantissent des flux de circulation plus fluides, une répartition plus correcte des coûts et une plus grande sécurité. La base des systèmes de transport autonomes ou intelligents (ITS) est la communication continue à trois niveaux : à l'intérieur du véhicule, entre les véhicules et entre le véhicule et son environnement.

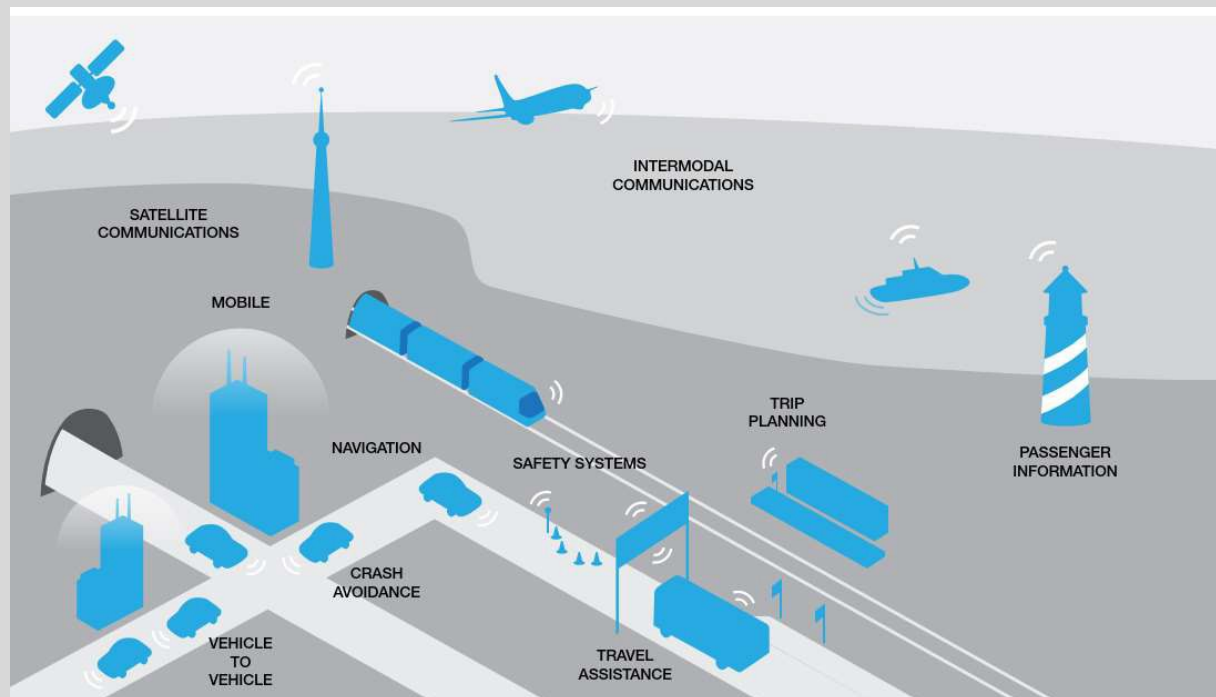


Figure 9 : diagramme ITS (source : Institut européen des normes de télécommunications)



Lorsque les gens pensent aux systèmes autonomes, ils pensent immédiatement aux voitures à conduite autonome. Les voitures automatisées peuvent donner lieu à un comportement de conduite exemplaire et améliorer ainsi la sécurité de tous les usagers de la route, mais aussi réduire les émissions et les embouteillages. La voiture autonome de Google reconnaît et réagit aux infrastructures routières, aux travaux et aux mouvements des cyclistes.



Un autre type de conduite automatisée est le convoi autopiloté, testé par Volvo. Les véhicules sont connectés sans fil et suivent un véhicule de tête (qui a un conducteur). Les convois autopilotés utilisent de manière plus optimale la capacité routière, réduisant ainsi les encombrements, et génèrent jusqu'à 20 % de consommation en moins. Le système fonctionne aussi bien avec les voitures qu'avec les camions.

Si la voiture à conduite autonome est certainement un aspect important sur lequel le monde des affaires mise beaucoup, d'autres développements contribuent également à l'évolution vers des systèmes de transport autonomes. Selon l'étude européenne MORE¹⁰, les trois systèmes de transport autonomes suivants seront les piliers de notre système de transport dans les décennies qui suivront 2030 : les véhicules autonomes, la mobilité aérienne à basse altitude (drones) et les hyperloops.

Divers instituts de recherche et entreprises cherchent à savoir si les drones peuvent être utilisés dans le réseau logistique. Cette technique est intéressante dans les pays ou régions où il n'existe pas de réseau routier étendu, mais aussi dans les zones où la densité du trafic et la congestion rendent le réseau routier peu fiable. Dans ces zones, les drones autonomes peuvent constituer la méthode la plus rapide et la plus économique pour livrer des colis légers au destinataire ou à proximité.



Les drones peuvent également être utilisés pour les transports médicaux urgents tels que les médicaments. Certains modèles fournissent un réseau de stations de base, où les drones peuvent être chargés et rechargés.

Un hyperloop est un système de transport autonome qui utilise un tube d'air, un peu comme le courrier en tube, pour transporter des personnes et des marchandises. Le concept consiste en deux tuyaux presque sans air. Les capsules sont placées dans un tube dans lequel des marchandises et/ou des personnes peuvent être transportées à grande vitesse. L'arrivée d'un hyperloop pourrait réduire à moins de trente minutes le temps de trajet entre Amsterdam et des villes comme Bruxelles, Düsseldorf et Duisbourg.



Outre les véhicules intelligents, des travaux sont également menés sur les infrastructures intelligentes. Les routes plus durables qui produisent leur propre énergie en sont un exemple. Les technologies possibles comprennent l'installation régulière de petites éoliennes qui convertissent le vent généré par le passage des véhicules en énergie pour l'éclairage ou les transmetteurs de données. À l'université d'État de Caroline du Nord, une technique a été mise au point pour transmettre de l'énergie sans fil d'une source fixe à un récepteur mobile. Un tel système peut consister en l'installation de postes de chargement le long d'une route. Chaque fois qu'un véhicule passe devant la station, une quantité d'énergie

¹⁰ Optimiseur multimodal de l'espace routier en Europe (MORE), D3.2 Besoins futurs des usagers de la route, septembre 2018

est chargée. Cela peut augmenter considérablement l'autonomie d'un véhicule électrique. Le « Solar Roadways Project » vise à remplacer l'asphalte ou le béton par des revêtements dotés de panneaux solaires intégrés pour la construction de routes, de pistes cyclables et de parkings. Les panneaux solaires produisent de l'électricité verte, mais aussi de l'éclairage, de la chaleur pour faire fondre la neige ou la glace et, par induction, ils peuvent également recharger les véhicules électriques lorsqu'ils circulent sur la surface.

5.1.3. Et si MaaS et IoT devenaient des modèles de marché

standard ? Impact sur les modes de transport et le transport

Pour que le MaaS soit un succès, il faut que tous les systèmes de transport soient intégrés et que tous les prestataires de transport coopèrent entre eux. Toute la mobilité devient une. L'intégration des systèmes de transport est indiquée par des termes tels que multimodalité, intermodalité ou combimodalité. Quel que soit le terme utilisé, le système repose sur un passage rapide et facile d'un mode à l'autre via des hubs. La succession de hubs à différents endroits et à différentes échelles conduit au concept de « chapelet de perles » de hubs. Cela est comparable à la succession de complexes de jonctions et d'échangeurs le long du réseau routier actuel ou aux différentes gares locales, supra-locales et internationales du réseau ferroviaire. La différence essentielle est que dans le système actuel, ces perles et le cordon sont pour la plupart unimodaux, alors que dans le système futur, chaque perle est un point combimodal sur un réseau combimodal.

Le principe du réseau de hubs a également un angle opérationnel important. Le principe du MaaS suppose une unité de tarification et de mode de paiement, le client payant pour un seul trajet de A à B, quels que soient le mode de transport et l'opérateur. Le système de réservation doit également faire appel à une plateforme numérique intégrée. Cela nécessite une coopération et une coordination entre différents opérateurs et exploitants, cela peut également nécessiter une coopération et une coordination de grande envergure entre les fournisseurs publics et privés de systèmes de transport.

Dans le domaine du transport de marchandises, le concept de l'internet physique se traduit principalement par le développement de réseaux de services (principalement logistiques) entièrement connectés et ouverts dans lesquels des objets physiques sont déplacés, stockés, livrés et utilisés. Les plateformes logistiques se connectent de préférence à différents modes de transport : route, eau et rail, mais aussi à de nouvelles formes d'infrastructures de transport telles que les systèmes souterrains de transport de marchandises, les hyperloops ou les corridors de drones.

La question est de savoir quelle place les piétons et les cyclistes occuperont dans ces réseaux. L'importance de ces modes de transport doux est susceptible de diminuer à mesure que des modes de transport rapides et confortables deviennent accessibles à l'utilisateur grâce à une connectivité accrue. Cela est certainement vrai pour les voyages sur de longues distances.

Changement des besoins de mobilité

Dans MaaS, les besoins du voyageur en matière de déplacement sont au centre des préoccupations. La flexibilité et la liberté de choix jouent un rôle important à cet égard. En outre, il faut tenir compte du budget, de la durabilité et du temps de trajet. Parce qu'un système de transport efficace est proposé partout et à tout moment, adapté à chaque client, chaque demande de mobilité peut être satisfaite, ce qui peut conduire à une augmentation de la demande globale de mobilité. Cependant, le facteur coût entre en ligne de compte. Si ces services de mobilité sont très coûteux, une forme de « pauvreté en matière de transport » peut apparaître, le besoin de mobilité demeurant, mais la demande réelle de mobilité pouvant diminuer.

L'Internet physique devrait offrir une alternative logistique à la chaîne d'approvisionnement classique. Elle nécessite des réseaux entièrement ouverts et connectés dans lesquels les entrepôts, les terminaux et les transports sont partagés. On s'attend à ce que le transport de marchandises soit plus efficace. Grâce à une meilleure coordination automatisée entre les différents flux de marchandises, les déplacements non rentables (par exemple, le retour d'un camion vide après une livraison) peuvent être réduits au minimum. Il y a donc une évolution vers des transports moins nombreux mais plus efficaces, avec un meilleur taux d'utilisation des transports. Cela s'accompagnera également d'une meilleure répartition des transports dans le temps. Grâce à l'interconnexion entre les personnes, les biens et les services, il est possible de travailler avec des créneaux horaires et des créneaux tarifaires pour éviter la congestion des routes principales. Cela nécessite un réseau hautement connecté, associé à une réglementation et un contrôle efficaces, par le gouvernement ou autre.

Caractéristiques modifiées des infrastructures et du développement spatial

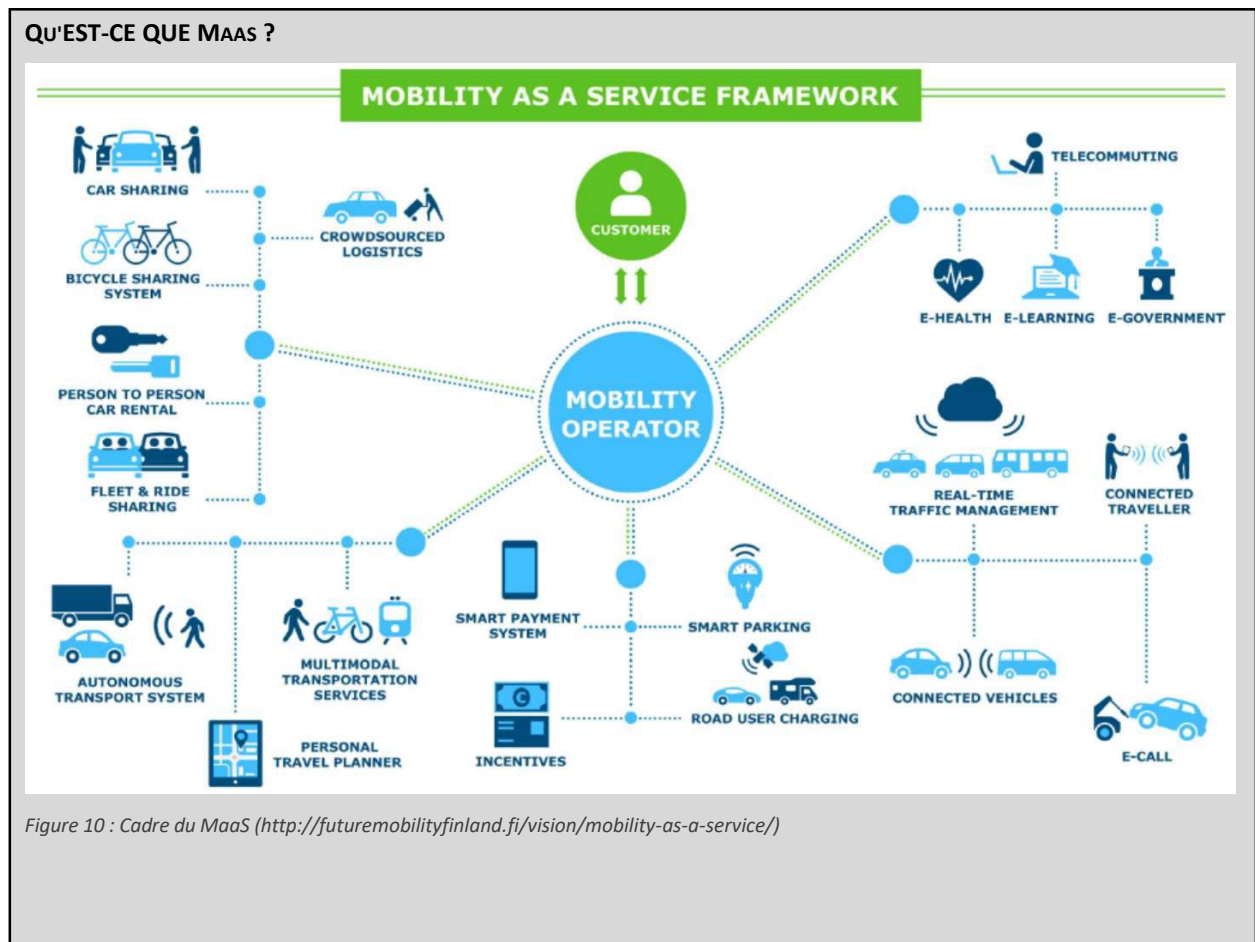
Tant le MaaS (plus axé sur le transport de passagers) que le Laas et l'IoT (notamment pour la logistique) nécessitent la création de hubs multimodaux à des endroits cruciaux sur les voies d'accès aux villes ou aux zones d'activités. Les principales liaisons de transport public, de préférence de haute qualité, telles que les lignes de tramway rapide, les lignes de métro ou les trains urbains, y sont reliées. Pour créer ces hubs, il faut qu'il y ait suffisamment d'espace au niveau des nœuds entre les différentes infrastructures de transport. La question est de savoir si ces centres doivent être situés autour du RO ou plus loin en dehors de la ville.

L'ampleur de ces centres est préoccupante. Une gamme variée de tailles peut être nécessaire, allant de petits pôles au niveau de la micro-mobilité à de véritables pôles de grande capacité avec, par exemple, des échangeurs d'une capacité de 10 000 véhicules ou plus. L'aspect de l'échelle est directement lié à la question de l'occupation des sols.

L'essentiel dans l'application des concepts MaaS et IoT est que le système de mobilité passe d'un modèle de suivi de la demande à un modèle axé sur la demande. Cela signifie que les services de mobilité sont proposés sur la base des ressources et des capacités disponibles et que, sur cette base, la solution la plus optimale peut toujours être proposée au client. Le principe est d'utiliser au maximum la capacité tampon de l'infrastructure de transport, ce qui signifie que l'infrastructure ne doit plus être dimensionnée sur la base des pics de charge suivant la demande. Par conséquent, la capacité est de préférence une caractéristique dynamique plutôt que statique d'une infrastructure. Pour cela, il faut une infrastructure de transport qui puisse être utilisée de manière flexible et qui s'intègre également dans l'internet physique et communique ainsi avec les autres éléments et personnes du réseau. Un exemple est celui d'une autoroute où le nombre de voies par direction peut être ajusté de manière continue et dynamique, de sorte que dans le cadre du concept MaaS, la capacité maximale peut toujours être utilisée.

Incertitudes pertinentes

- L'importance de la gestion et du contrôle des données est cruciale. La qualité et la vitesse des données doivent être élevées. Une infrastructure numérique appropriée sera nécessaire.
- Le choix du lieu de vie et de travail reste crucial pour l'organisation efficace de nouveaux systèmes et demeure important pour la mobilité. La façon dont nous organisons nos vies reste également cruciale. Les évolutions futures de la RV/RA (réalité virtuelle et réalité augmentée), par exemple sur notre façon de travailler et de nous recréer, sont incertaines mais ont un impact majeur sur le déploiement efficace et rentable de concepts tels que le MaaS.
- Les systèmes de transport logistique ont une logique différente en termes de temps et de coût de celle du transport de passagers. Peut-être restera-t-il difficile d'aligner ou d'intégrer les deux.
- Selon certains participants, le concept MaaS et les modèles de service qui l'accompagnent ne sont pas axés sur la demande, mais au contraire suivent la demande.
- Quel est le rôle du gouvernement dans les nouveaux systèmes de mobilité intelligents et intégrés : organisateur, facilitateur ou régulateur ?



La mobilité en tant que service (MaaS) représente une nouvelle forme de mobilité, dans laquelle le consommateur a accès à la mobilité sous forme de services, plutôt que d'investir dans son propre moyen de transport ou d'utiliser des services distincts tels que les transports publics. Les mots clés sont : accessibilité, rapidité, fiabilité, accessibilité financière, confort, commodité et flexibilité. MaaS intègre différents moyens de transport, tant publics que privés, et les propose via une plateforme numérique. Le prestataire fait le lien entre la demande de mobilité (le voyageur ou l'utilisateur) et l'offre de mobilité (les opérateurs de transport). Un concept similaire existe pour le transport de marchandises : la logistique en tant que service (Laas).

QU'EST-CE QUE L'INTERNET PHYSIQUE - L'INTERNET DES OBJETS (IOT) ?



En 1999, Kevin Ashton, directeur chez Procter & Gamble, a introduit le terme « Internet des objets » : « *L'ajout de l'identification par radiofréquence et d'autres capteurs aux objets quotidiens créera un Internet des objets et jettera les bases d'une nouvelle ère de perception des machines* ».

En dotant tous les objets, y compris les personnes, d'identifiants, le monde réel pourrait être inventorié et géré par des ordinateurs. On songe, par exemple, au suivi du transport des colis. Une définition contemporaine de l'Internet des objets est « une proposition de développement de l'Internet dans laquelle les objets du quotidien sont connectés au réseau et peuvent échanger des données »¹¹. L'Internet physique suppose donc que, grâce au développement de l'IdO, les produits deviendront intelligents. Cette intelligence peut être utilisée pour prendre des décisions. La disponibilité des données est ce faisant essentielle.

Par analogie avec l'envoi de courriers électroniques, en tant qu'expéditeur, vous êtes occupé par le message, mais la manière dont il parvient finalement au destinataire n'a aucune importance. Le fait est qu'un courriel est décomposé en petits morceaux et arrive en un seul morceau au destinataire via différents hubs. Ces hubs sont interconnectés. Dans le concept de l'Internet physique, cette analogie se traduit par des réseaux logistiques et de transport dans lesquels les biens ou les personnes arrivent au bon endroit au bon moment, peu importe en fait *comment*.

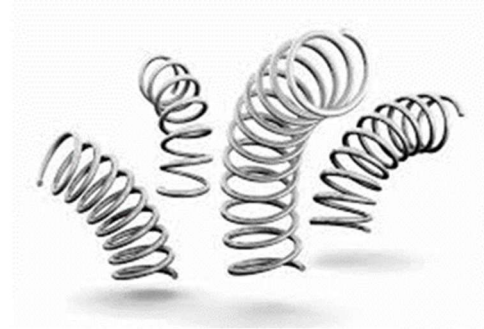
¹¹ Dictionnaires Oxford

5.2. Critères retenus

Dans l'approche de l'aspect évolutif au sein du processus de planification intégrée pour le RO-Nord, le choix est fait de se concentrer sur 2 stratégies¹² : la robustesse et la flexibilité. Ce sont également les deux critères qui ont été mentionnés le plus souvent dans l'étude de Masood comme étant les critères de pérennité les plus pertinents. Ces deux stratégies sont utilisées comme critères pour commencer à évaluer les différentes alternatives de plan pour le réaménagement du RO-Nord.

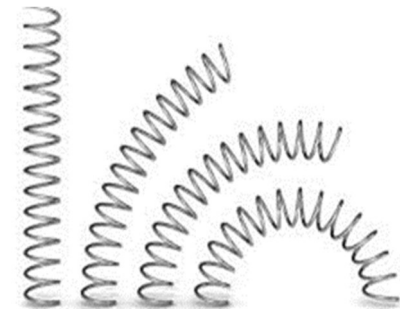
1. Résilience ou robustesse de l'infrastructure

Cette propriété fait référence à la capacité de l'infrastructure à maintenir ou à rétablir son fonctionnement normal pendant ou après des évolutions ou des événements imprévus. Cela inclut, par exemple, la capacité à résister aux changements climatiques, aux inondations ou même aux attaques terroristes. La résilience ou la robustesse sont également déterminées par la mesure dans laquelle l'infrastructure peut faire face à de nouvelles fonctions ou à d'autres besoins, sans devoir subir de modifications structurelles majeures. Ce dernier point est déjà lié à l'aspect de la flexibilité.



2. Adaptabilité ou flexibilité de l'infrastructure

Cette propriété fait référence aux capacités de l'infrastructure à répondre à un avenir inattendu ou incertain. Cela signifie qu'il faut tenir compte dès aujourd'hui des besoins futurs en termes de capacité, d'adéquation, de facilité d'utilisation et d'opportunité. L'adaptabilité ou la flexibilité est déterminée par la mesure dans laquelle l'infrastructure peut être ajustée pour accueillir de nouvelles fonctions ou pour répondre à un environnement modifié.



La rapidité est un aspect important de la flexibilité. La rapidité avec laquelle une infrastructure peut être adaptée à de nouvelles fonctions ou exigences est essentielle pour évaluer le degré de flexibilité. La flexibilité entre les différents systèmes est également importante. Par exemple, la récente crise sanitaire de 2020 a conduit à la modification rapide du système routier par la construction de pistes cyclables supplémentaires afin de tenir compte du passage de l'utilisation des transports publics à celle de la bicyclette¹³. Cela montre que les systèmes doivent être adaptés les uns aux autres afin de pouvoir répondre de manière flexible à des demandes de mobilité qui changent parfois soudainement.

Les deux stratégies exigent que l'impact négatif des développements futurs soit évité ou limité et que les questions sociales importantes liées aux développements futurs (climat, pollution atmosphérique, sources d'énergie, santé, ...) soient prises en compte à l'avance dans le processus de conception (gestion du changement).


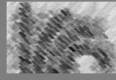
¹² Basé sur Masood, T, McFarlane, DC, Parlikad, AK, Dora, J, Ellis, A, et Schooling, J (2015) Towards the Futureproofing of UK Infrastructure, ICE Journal of Infrastructure Asset Management, accepté le 27 juillet 2015, révisé le 23 octobre 2015.

¹³ Voir par exemple bruzz.be le 29-08-2020 : « 10 kilomètres supplémentaires de piste cyclable Corona en route ».

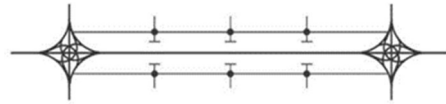
5.3. Appréciation des alternatives

5.3.1. Groupe d'alternatives light


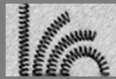













		ROBUSTE 	FLEXIBLE 
Changement climatique	👍	En limitant la superficie, la taille et la complexité des infrastructures, on réduit le coût de la réparation des dommages causés par les phénomènes météorologiques extrêmes.	👍
	👍	De forts changements climatiques peuvent entraîner une réduction de l'utilisation des modes doux et une augmentation du nombre de véhicules à traiter sur le Ring.	👍
Systèmes autonomes	👍	Plus d'espace de connexion pour regrouper les infrastructures traditionnelles avec les nouvelles infrastructures.	👍
	👍	Le compactage de l'espace de circulation est possible sans impact supplémentaire sur l'espace ou avec une réduction supplémentaire effective de l'espace requis (par exemple, en réduisant la largeur de la voie).	👎
MaaS et IoT	👍	Une répartition plus efficace du trafic dans le temps et dans l'espace accroît l'efficacité des transports et évite que les infrastructures soient dimensionnées pour des charges de pointe. Chaque concept d'éclairage est donc plus conforme au principe d'orientation vers la demande.	👍
	👍	Une infrastructure moins complexe simplifie les possibilités d'unifier l'exploitation et la gestion.	👎

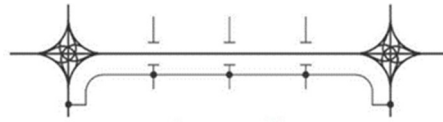
5.3.2. Groupe d'alternatives parallèle



Not

		ROBUSTE 	FLEXIBLE 
Changement climatique		De forts changements climatiques peuvent mener à une augmentation de l'utilisation des véhicules et à une moindre utilisation des modes doux. Cela nécessite une plus grande capacité routière, qui peut être offerte dans ce système.	 À l'avenir, les espaces résiduels entre les routes de transit et les routes parallèles pourront être utilisés pour des infrastructures périphériques répondant aux nouvelles technologies ou à la climatisation.
		L'augmentation des surfaces pavées nuit à la gestion du changement climatique en termes de chaleur et de précipitations.	 Les infrastructures routières vastes et complexes augmentent la complexité et les coûts d'adaptation aux conditions extérieures extrêmes.
Systèmes autonomes		Le système parallèle peut mieux répondre à une éventuelle demande croissante de mobilité.	 Le système séparé peut être utilisé pour des formes futures de systèmes de transport séparés.
		Une capacité plus élevée potentielle et plus de possibilités de passer à la 3D et 4D. Le compactage de l'espace de circulation n'entraîne pas nécessairement une réduction de l'occupation de l'espace total en raison de la présence supplémentaire de structures parallèles.	 Les systèmes qui visent une forme spécifique de séparation des flux de trafic (traversant / local) auront plus de mal à assurer la transition vers une autre forme de séparation (par exemple, la conduite autonome / non autonome).
MaaS et IoT		Des systèmes de circulation distincts peuvent être utilisés pour différents modes d'exploitation en fonction du concept MaaS.	
		Une infrastructure complexe rend plus difficiles les possibilités d'uniformisation de l'exploitation et de la gestion.	 Les nœuds complexes et les échangeurs de trafic compliquent l'intégration de hubs simples et efficaces.

5.3.3. Groupe d'alternatives latéral



		ROBUSTE	FLEXIBLE
Changement climatique		Les routes latérales sont des infrastructures plus simples dont les coûts de réparation des dommages causés par des événements climatiques extrêmes sont plus limités.	
			Plus difficile d'intégrer des systèmes d'entraînement externes dans les routes latérales. Si les routes latérales sont gérées localement, cela nécessite une coordination entre les différents gestionnaires afin d'adapter les infrastructures aux besoins futurs.
Systèmes autonomes		Les systèmes autonomes sont difficiles à mettre en œuvre sur les routes latérales qui sont plus étroitement imbriquées dans le réseau routier local.	Les systèmes qui visent une forme spécifique de séparation des flux de trafic (traversant / local) auront plus de mal à s'adapter à une autre forme de séparation (par exemple, la conduite autonome / non autonome).
		Les routes latérales qui sont fortement imbriquées dans l'espace urbain sont difficiles à mettre à l'échelle en 3D ou 4D.	La juridiction et la gestion sont plus fragmentées pour les routes latérales qui peuvent être gérées localement et fortement imbriquées dans la structure locale.
MaaS et IoT		Les routes latérales constituent un intermédiaire entre le réseau routier principal (ou réseau autoroutier) et le réseau routier local, avec un plus grand potentiel d'échanges entre modes et échelles.	
		Une infrastructure complexe rend plus difficiles les possibilités d'uniformisation de l'exploitation et de la gestion.	Plus la complexité de l'infrastructure augmente, plus la complexité de la gestion des données numériques augmente. Les routes latérales sont plus susceptibles d'être des routes urbaines locales avec des intersections, des entrées de propriétés, etc... Cela semble plus difficile à gérer numériquement qu'un système léger ou parallèle plus autonome.

5.4. Test de résistance aux éléments clés

On ne peut nier que l'évaluation des alternatives pour chaque tendance est en soi sujette à interprétation et à incertitude, ne serait-ce que parce qu'un certain nombre d'incertitudes sont également associées à chaque tendance retenue. La synthèse en « éléments clés » sert à affiner l'évaluation des différentes alternatives en recherchant les différences les plus essentielles entre elles. Par

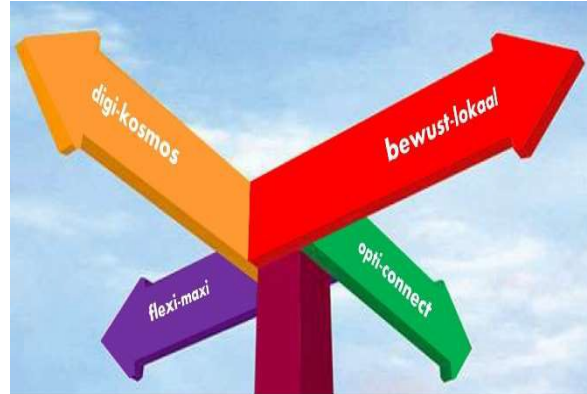
alternative, les avantages ou les inconvénients les plus importants sont mis en évidence. Ce type d'évaluation se concentre sur les distinctions pertinentes entre les alternatives et n'est pas conçu comme une conclusion générale et synthétique.

	LÉGER 	PARALLÈLE 	LATÉRAL 
LE CHANGEMENT-CLIMATIQUE SE POURSUIT FORTEMENT.	Plus d'espace autour de l'infrastructure comme un boisement supplémentaire ou une collecte d'eau.	L'augmentation des surfaces pavées nuit à la gestion du changement climatique en termes de chaleur et de précipitations.	Plus difficile d'intégrer des systèmes de propulsion externes en fonction de véhicules neutres pour le climat dans les voies latérales
LES SYSTÈMES AUTONOMES FONT UNE PERCÉE COMPLÈTE	Un système groupé offrant un haut degré de flexibilité et de contrôlabilité de la disposition des voies favorisera la mise en œuvre de systèmes automatisés.	Potentiellement plus de difficultés de monter en échelle de la 3D vers la 4D de sorte que divers systèmes puissent fonctionner l'un à côté de l'autre dans le temps et l'espace	Les systèmes autonomes sont difficiles à implémenter sur les voies latérales qui sont plus fortement imbriquées dans le réseau de voiries local.
LE MAAS ET INTERNET PHYSIQUE DEVIENNENT DES MODÈLES DE MARCHÉ STANDARDS	Si l'on considère que le concept MaaS est axé sur la demande plutôt que sur les besoins, un concept léger convient mieux.	Des systèmes de circulation séparés peuvent être utilisés pour les divers systèmes de transport et formes d'exploitation.	Les voies latérales constituent un intermédiaire entre le réseau autoroutier ou de voies principales et le réseau de voiries local, avec plus de potentiel pour un échange entre les modes et les niveaux d'échelle.
SYNTHÈSE PAR DES MÉTHODES ALTERNATIVES	L'alternative légère se révèle être à l'épreuve du climat, également en ce qui concerne l'environnement. Il s'agit d'un système de circulation flexible, qui correspond étroitement aux caractéristiques de systèmes tels que le MaaS et l'IoT.	Le système parallèle offre de bons potentiels pour agir sur le nouveau système de trafic et le contexte urbain, ce que démontre le mode de transport. La gestion flexible en séparant les systèmes de transport, surtout durant les périodes de transit, est essentielle. Le système est toutefois moins robuste en ce qui concerne le climat.	Par la construction en strates et l'interférence plus forte avec les forts potentiels latéraux alternatifs pour l'implémentation du MaaS et IoT. Le système semble toutefois moins flexible et robuste en ce qui concerne le climat.



6. PROJECTION FUTURE DU R0 : COMMENT LE RING FONCTIONNERA-T-IL DANS UN MONDE FUTUR VIRTUEL ?

L'exercice de projection dans l'avenir consiste à examiner quelles sont les alternatives les plus performantes dans les différents mondes ou comment elles peuvent être adaptées afin de s'intégrer dans le plus grand nombre de mondes possibles. Le monde dans lequel nous nous retrouvons n'a pas d'importance. Pour cet exercice, nous utilisons les 4 mondes futurs possibles tels qu'ils ont été élaborés dans l'étude politique « Mobilité dans le futur » du département de la mobilité et des travaux publics (MOW) du gouvernement flamand : digi-kosmos, flexi-maxi, opti-connect et conscioux-local.

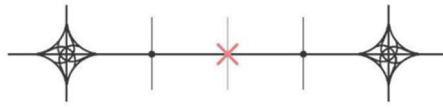






« Si j'avais demandé aux gens ce qu'ils voulaient, ils auraient dit des chevaux plus rapides. »

Henry Ford, industriel américain

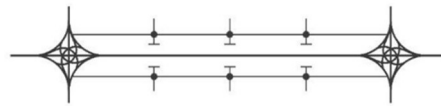
6.1. Appréciation des alternatives



6.1.1. Groupe d'alternatives light



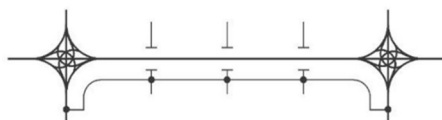
	<p>La réduction des déplacements physiques est cohérente avec le concept d'une alternative légère pour le futur RO. D'autre part, le transport est individuel plutôt que collectif. L'espace libéré par le transport de passagers est occupé par davantage de transport de marchandises sur les axes internationaux, ce qui peut entraîner une demande de capacité plus élevée sur le Ring. Le transport de marchandises est lié à une finition décentralisée qui nécessite un réseau de points de transbordement et de points de distribution. Le nombre plus limité de complexes de connexion constitue ici un inconvénient.</p>
	<p>En raison de l'augmentation du trafic de passagers et de marchandises, le RO menace de devenir un goulet d'étranglement dans le réseau de circulation européen, en raison du mélange de différents types de trafic motorisé (de transit, local, marchandises et voitures). Il existe un risque que les acteurs internationaux du marché des transports négligent Bruxelles et la Flandre, ce qui entraînerait une diminution de l'offre de transport en raison des possibilités d'investissement plus limitées et du pouvoir politique des gouvernements. Les systèmes 3D et 4D et les technologies de communication avancées peuvent toutefois absorber la demande supplémentaire, notamment pour le trafic de marchandises. Les options flexibles de classification dans le concept léger peuvent conduire à la création de voies dédiées ou de voies chaudes payantes (via des systèmes de transport à commande privée) et donc à une sous-utilisation de la capacité du système.</p>
	<p>Les besoins en matière de mobilité sont élevés, mais l'accent est fortement mis sur le MaaS et le Laas. Le transport modulaire nécessite une infrastructure de transport flexible et extensible. Le gouvernement a mis en place une réglementation stricte, notamment un système de licences (coûteuses) pour la circulation des personnes et des marchandises. La flexibilité de l'alternative légère s'inscrit dans ce monde. Cependant, les limites de la capacité des alternatives légères sont atteintes plus rapidement, il y a donc une forte demande pour fournir une capacité supplémentaire pour de nouveaux modes de transport. Le gouvernement assume ici son rôle de direction et de gestion afin que le MaaS et le Laas puissent s'accélérer encore davantage.</p>
	<p>La capacité n'est pas un facteur décisif. Il y a moins de trafic de pointe en raison de la diminution de l'importance des flux de navetteurs (moins de trafic et des distances plus courtes). De même, la vitesse de circulation ne prévaut plus (l'importance des livraisons en flux tendu s'affaiblit). Le trafic de transit plus limité est mélangé au reste du trafic sur RO. Il y a plus de petits trajets locaux, qui s'entrecroisent dans toutes les directions. Une bonne direction et une bonne connectivité sont nécessaires. La déconnexion possible des connexions locales est un inconvénient. L'espace disponible le long du RO est utilisé à la fois pour le développement urbain et la conservation de la nature.</p>

6.1.2. Groupe d'alternatives parallèle



	<p>Comme il y a moins de déplacements physiques, il y a moins besoin d'un système de plus grande capacité. Un contrôle limité (par le gouvernement) signifie également que des structures complexes telles qu'un système parallèle sont moins bien gérées, même si l'accent est mis sur le contrôle numérique. La gestion et l'entretien de l'espace (restant) entre les différentes routes sont vécus comme une charge importante.</p>
	<p>En raison de leur croissance, il y a plus de trafic entre et autour des grandes villes. Il est nécessaire de voyager plus et plus vite. D'où la nécessité de disposer de routes de transit fluides entre et autour des grandes villes. La séparation de la route de transit et des routes parallèles offre de nombreuses possibilités aux grands acteurs internationaux pour développer leur super-réseau dans lequel la vitesse de déplacement, la fiabilité et le confort sont primordiaux. L'interconnexion avec d'autres modes de transport se fait à des terminaux d'échange/transfert privés et verticaux.</p>
	<p>Il y a des besoins de mobilité élevés et des déplacements personnels nombreux et éloignés. Le système parallèle et la séparation du trafic de transit et du trafic local forment le cadre dans lequel de nouveaux systèmes connectés peuvent être introduits avec une capacité suffisamment élevée. Cependant, il est nécessaire de disposer d'une infrastructure dynamique et flexible construite autour de hubs et de systèmes intelligemment connectés avec une interopérabilité maximale.</p>
	<p>Il existe un grand besoin de transport collectif, à petite échelle. La structure parallèle est considérée comme étant en surcapacité. Les coûts d'entretien plus élevés sont considérés comme problématiques. Une route de transit rapide autour de la ville n'offre aucune valeur ajoutée. Le renforcement de l'effet de barrière et l'augmentation de l'occupation des sols entravent le développement urbain durable, le développement de l'agriculture écologique locale et le renforcement de la qualité écologique.</p>


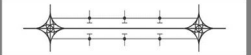


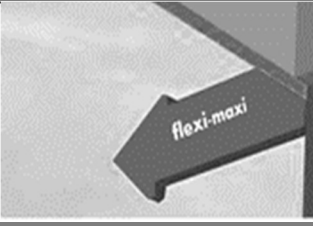
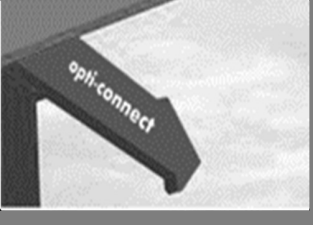

6.1.3. Groupe d'alternatives latéral



	<p>Dans ce monde, le besoin de combi-mobilité pour le transport de passagers est limité. La route latérale est comblée par une succession de plates-formes logistiques et de parkings pour camions. La faible qualité d'agrément du domaine public est peu propice au trafic de marchandises. Une capacité plus limitée du système de circulation du RO est moins problématique étant donné la diminution de la demande de mobilité.</p>
	<p>La séparation de la route de transit et de la route parallèle offre de nombreuses possibilités aux grands acteurs internationaux pour développer leur super-réseau dans lequel la vitesse de déplacement, la fiabilité et le confort sont primordiaux. La route principale est l'une des principales artères de cette grille européenne, tandis que la route latérale fonctionne comme un transferium allongé avec un mélange de (micro) modes de transport et de fonctions spatiales. La capacité plus limitée du passage RO est ici un inconvénient. Le long des routes latérales, on observe une dégénérescence des services et activités périphériques, ce qui a un impact majeur sur l'aspect spatial de la périphérie urbaine. L'importance des transports publics et collectifs diminue, et avec elle le potentiel de la route latérale comme boulevard urbain multimodal autour de la ville. Un système finement maillé de plates-formes de transport de marchandises sera mis en place par diverses parties privées. Cela augmente également la pression sur les routes latérales.</p>
	<p>Une grande attention est accordée aux moyens de se déplacer sans conflit et de manière confortable. Les hubs et les systèmes intelligents connectés sont importants. La séparation du trafic de transit et du trafic local reste une valeur ajoutée pertinente. Le système latéral en tire le meilleur parti et offre des possibilités pertinentes de créer des hubs et des points de transbordement à différents endroits et niveaux d'échelle. Le transport de marchandises met l'accent sur le regroupement des marchandises, les unités de transport modulaires et la multimodalité en temps réel. En reliant intelligemment les routes latérales et les routes de transit, un système performant peut être développé ici. Cependant, la demande de mobilité est forte, et l'infrastructure doit donc avant tout être efficace et prévisible. C'est potentiellement une faiblesse pour les routes latérales qui sont plus étroitement imbriquées dans le tissu urbain et le long desquelles la réglementation gouvernementale sera plus difficile.</p>
	<p>La route principale RO reste utilisée pour le trafic de transit (plus limité), la route latérale peut être utilisée pour un mélange de modes. La capacité inférieure du système RO ne pose pas de problème étant donné la réduction du trafic de naveteurs et les besoins de mobilité moindres. La demande accrue de déplacements fréquents mais courts est conforme à l'idée de la route latérale comme boulevard urbain. Sous la pression sociale, seuls les modes de transport durables sont autorisés. Ils sont collectifs et connectés. Les routes latérales, intermédiaires entre l'autoroute et la ville, répondent à ce besoin. Le long de la route latérale, un mélange de fonctions spatiales locales apparaît, avec le risque d'un développement dispersé de petits centres locaux qui se feront en outre concurrence entre eux et avec le centre-ville. Dans ce monde, la route latérale devient le porteur de l'anneau flamand 2.0.</p>

6.2. Éléments clés projection future

Comme pour l'analyse des tendances futures, l'évaluation des alternatives en fonction du monde futur est elle-même sujette à interprétation et à incertitude. La synthèse en « éléments clés » sert à affiner l'évaluation des différentes alternatives en recherchant les différences les plus essentielles entre elles. Par alternative, les avantages ou les inconvénients les plus importants sont mis en évidence. Ce type d'évaluation se concentre sur les distinctions pertinentes entre les alternatives, l'évaluation individuelle par alternative étant soutenue par une interchangeabilité plus relative entre les différentes alternatives.

	LIGHT	PARALLÈLE	LATÉRAL
			
	La réduction des déplacements physiques est cohérente avec le concept d'une alternative légère pour le futur RO.	En raison de la réduction de la demande de mobilité, l'infrastructure plus étendue et les surfaces pavées seront utilisées moins efficacement.	La route latérale offre des possibilités pour l'établissement de points de distribution et d'entreprises de finition.
	Espace disponible le long du RO pour de grandes plateformes logistiques	Plus de possibilités de combiner les infrastructures de transport traditionnelles avec de nouvelles structures innovantes telles que les couloirs aériens.	Des routes latérales plus difficiles à adapter aux nouveaux modes de transport innovants
	Les limites de la capacité du RO sont atteintes plus rapidement	Le système parallèle constitue le cadre dans lequel de nouveaux systèmes connectés peuvent être introduits avec une capacité suffisamment élevée	Le système latéral offre des possibilités pertinentes de créer un système stratifié de plates-formes et de points de transbordement
	L'espace disponible le long du RO est utilisé pour le développement urbain et la conservation de la nature.	L'effet de barrière renforcé entrave le développement urbain local	Le long de la route latérale, un mélange d'activités locales est créé.

7. RÉSUMÉ ET CONCLUSIONS

Après tout, on se rend de plus en plus compte que les infrastructures importantes doivent servir la société pendant une longue période, créant ainsi une société plus durable. C'est pourquoi, lors de la planification et de la conception des infrastructures, les concepteurs, les constructeurs, les gestionnaires et les exploitants doivent tenir compte des défis futurs possibles pour leurs projets d'infrastructure. Pour ce faire, une étude prospective a été réalisée dans le cadre du processus de planification intégrée du R0-Nord. Une exploration prospective est basée sur la confrontation entre les caractéristiques connues d'un plan ou d'un projet et les évolutions incertaines de l'environnement ou du contexte.

Il n'existe pas de méthodologie standard pour une telle enquête. Mais il est clair que, d'une part, des hypothèses doivent être formulées sur les scénarios futurs et, d'autre part, des critères doivent être définis afin de parvenir à une analyse et à une évaluation. C'est pourquoi l'étude prospective se base en partie sur l'étude prospective actuelle sur la « mobilité du futur » (fenêtre temporelle 2050). Cette étude a été lancée à la mi-2019 par le département de la mobilité et des travaux publics (MOW) du gouvernement flamand. Dans cette étude, l'étude prospective pour le R0-Nord est intégrée comme étude de cas. En fonction de cette recherche, la Werkvenootschap, le THV et MoVeRO, le ministère de l'Environnement et Tomorrowlab ont organisé des dialogues d'experts. Au cours de ces ateliers, des experts de divers secteurs et domaines d'action ont été réunis pour débattre, de manière interactive, des aspects du R0-Nord liés à l'avenir.

Sur la base des dialogues d'experts, complétés par une étude documentaire, trois tendances et évolutions pertinentes ont été sélectionnées pour l'étude prospective du R0-Nord : le changement climatique, la percée des systèmes de transport autonomes et l'évolution du transport de passagers et de marchandises vers un service. Les critères d'évaluation ont également été définis. L'accent est mis sur la robustesse et la flexibilité. Cette perspective a été élaborée dans une première méthodologie de recherche, décrite comme un « test de résistance ». Le **'test de résistance'** du R0-Nord consiste à évaluer la manière dont l'infrastructure routière du ring fonctionnera mieux ou moins bien si les tendances sélectionnées ou évolutions se poursuivent fortement. Une deuxième méthode de recherche est la « **projection future** ». L'exercice consiste à examiner si et comment les alternatives de reconception du R0 peuvent s'insérer dans différents mondes futurs. Pour cet exercice, nous utilisons les 4 mondes futurs possibles tels qu'ils ont été construits dans la prospective « Mobilité dans le futur ».

L'objet de l'évaluation est constitué par les trois groupes d'alternatives proposées pour le réaménagement du R0-Nord : alternatives légères, parallèles et latérales, respectivement. Sur la base des caractéristiques distinctives de ces trois groupes d'alternatives, une estimation du contenu « à l'épreuve du temps » de chaque alternative est réalisée, à la fois sur la base du test de résistance et de la projection future.

Le test de résistance évalue les groupes alternatifs à la lumière des tendances et des développements attendus en matière de changement climatique, de systèmes de transport autonomes et d'introduction des concepts MaaS et Laas.

1. Les alternatives légères semblent être largement flexibles et robustes en termes d'adaptation au climat et d'introduction de systèmes de transport autonomes. L'infrastructure routière « classique » compacte laisse plus d'espace libre pour la création de hubs à proximité de complexes de jonctions et d'échangeurs de trafic, ce qui facilite davantage la mise en œuvre de systèmes MaaS.
2. Un système parallèle offre également des perspectives intéressantes à la lumière des tendances et développements futurs des systèmes de transport autonomes et des services de mobilité. Son inconvénient est qu'il est trop proche des problèmes de mobilité actuels sur le R0-Nord et est donc considéré comme un système moins flexible dans les périodes de transition vers de nouveaux modes de transport. L'augmentation des surfaces pavées nuit toutefois à la gestion du changement climatique en termes de chaleur et de précipitations.
3. Le système latéral obtient de bons résultats en ce qui concerne le passage d'une offre de mobilité à la fourniture de services de mobilité, tant pour le transport de passagers que pour le transport de marchandises. Cependant, le système semble moins flexible et moins résistant au climat.

Si nous projetons les trois alternatives dans les mondes de l'avenir, la conclusion est moins claire. Selon le monde futur possible, une alternative est meilleure ou pire. Il est impossible de sélectionner une alternative qui, à elle seule, fonctionne de manière optimale dans tous les mondes possibles de l'avenir. En guise de conclusion générale, nous pouvons dire que chaque alternative possède des caractéristiques spécifiques pour être considérée comme robuste et/ou flexible dans des mondes futurs dans lesquels les tendances et développements sélectionnés se poursuivraient fortement. Une conclusion analogue s'applique au fonctionnement ou à l'adaptabilité des alternatives dans les différents mondes futurs possibles. La question principale est de sélectionner à partir de cet exercice un certain nombre de préoccupations claires qui nécessitent une enquête plus approfondie pour laquelle différentes alternatives devraient être prises en compte.

1. Le groupe léger réagit le mieux aux scénarios dans lesquels les déplacements sont moins nombreux, comme dans les mondes futurs du digi-kosmos ou du conscient-local. Dans d'autres mondes, les limites de capacité sont atteintes plus rapidement. Dans les mondes où une grande importance est accordée à la valeur ajoutée sociale, l'espace libre le long du RO est utilisé pour le développement de pôles multimodaux pour les personnes ou les marchandises ou pour le développement local urbain et naturel.
2. Le groupe parallèle offre des possibilités de développement, notamment dans les mondes futurs où il y aura beaucoup de déplacements et où différents systèmes devront être utilisés rapidement et avec souplesse. Cependant, la flexibilité pour répondre aux futurs systèmes de transport peut être remise en question, en particulier dans les périodes de transition.
3. Le système latéral semble entraver l'innovation dans les modes de transport mais offre la plupart des possibilités de développement spatial liées aux points de transbordement/d'échange multimodaux. Dans les mondes où la demande de mobilité est moindre, les routes latérales se transforment en axes de développement urbain ou local où il existe un risque de nouvelles formes d'émission.

En conclusion, il s'avère également utile d'examiner cette exploration prospective sous un autre angle : de quelle manière le RO-Nord peut-il stimuler les développements futurs dans le domaine des nouvelles technologies et des nouveaux services de transport ? Ceci est lié à la vision selon laquelle l'infrastructure de transport déterminera la manière dont l'environnement évoluera à l'avenir et non l'inverse. Cette vision fait partie du concept de développement orienté vers le transport de transit (TOD), un concept de transport public et d'aménagement du territoire dans lequel les infrastructures et l'aménagement du territoire sont abordés de manière intégrée au niveau de la planification, du financement et de l'exploitation. Avec les conclusions de cet exercice, cette perspective différente servira de point de départ à de nouvelles recherches sur le thème de l'avenir dans les prochaines étapes du processus de planification intégrée.

Annexe 1 - Participants dialogues d'experts

16 janvier 2020

Jan Adriaenssens, Jeroen Baeten, Paul Coomans, Alain Cox, Nele Degraeuwe, Bart Devoldere, Valère Donné, Marleen Govaerts, Sarah Hollander, Mark Keppens, Peter Lagey, Dorothy Mingneau, Stef Proost, Kristof Rombaut, Patrick Roothaer, Dieter Scheltjens, Peter Van Der Perre, Veerle Van Hassel, Frank Vanden Bulcke, Eva Vercamst, Bart Verhulst

13 février 2020

Jeroen Baeten, Elke Bossaert, Pascal Cappelmans, Alain Cox, Nele Degraeuwe, Bart Devoldere, Jo Discart, Marleen Govaerts, Sigert Hellinckx, Mark Keppens, Peter Lagey, Dorothy Migneau, Stef Proost, Patrick Roothaer, Barbara Sandra, Chris Tampere, Sofie Troch, René Van der Iecq, Veerle Van Hassel, Frank Vanden Bulcke, Eva Vercamst, Bart Verhulst

11 juin 2020

Jeroen Baeten, Elke Bossaert, Alain Cox, Heleen De Bock, Bart Devoldere, Koos Fransen, Marleen Govaerts, Sigert Hellinckx, Mark Keppens, Peter Lagey, Sven Maerivoet, Dorothy Mingneau, Stef Proost, Kristof Rombaut, Patrick Roothaer, Chris Tampere, Sofie Troch, Cedric Vaast, Veerle Van Hassel, Frank Vanden Bulcke, Eva Vercamst, Marijke Verhavert

Annexe 2 - Références

Arup Foresight + Research + Innovation, Future of Highways, 2014.

Alonso Raposo, M. (Ed.), Ciuffo, B. (Ed.), Ardente, F., Aurambout, J-P., Baldini, G., Braun, R., Christidis, P., Christodoulou, A., Duboz, A., Felici, S., Ferragut, J., Georgakaki, A., Gkoumas, K., Grosso, M., Iglesias, M., Julea, A., Krause, J., Martens, B., Mathieux, F., Menzel, G., Mondello, S., Navajas Cawood, E., Pekár, F., Raileanu, I-C., Scholz, H., Tamba, M., Tsakalidis, A., van Balen, M., Vandecasteele, I., The future of road transport - Implications of automated, connected, low-carbon and shared mobility, EUR 29748 FR, Office des Publications de l'Union européenne, Luxembourg, 2019, ISBN 978-92-76-03409-4, doi:10.2760/9247, JRC116644

Masood, McFarlane, Parlikad et al : Towards the future-proofing of UK infrastructure.

Optimiseur multimodal de l'espace routier en Europe (MORE), D3.2 Besoins futurs des usagers de la route, septembre 2018 <http://futuremobilityfinland.fi/vision/mobility-as-a-service>

2getthere, livre blanc « Quand le transport autonome deviendra-t-il une réalité ? », novembre 2017.