Rapport d'experts externes sur les enjeux technico-constructifs, d'exploitation, organisationnels et juridiques ainsi que les conditions cadres pour une utilisation multifonctionnelle des infrastructures de routes nationales et/ou des réseaux ferroviaires

Rapport final

Juin 2016

Mentions légales

Mandant

Office fédéral du développement territorial ARE, Direction Mobilité, territoire et infrastructure, Planifications fédérales

Auteurs

Erdjan Opan, OPAN concept SA
Isabel Kiefer, OPAN concept SA

Membres du groupe de travail

Lena Poschet, Office fédéral du développement territorial (ARE)
Mattia Cattaneo, Office fédéral du développement territorial (ARE)
Leonhard Zwiauer, Office fédéral du développement territorial (ARE)
Bernard Gogniat, Office fédéral des routes (OFROU)
Frédéric Barman, Office fédéral des transports (OFT)
Markus Hoenke, Office fédéral des transports (OFT)
Dario Marty, Inspection fédérale des installations à courant fort (ESTI)
Walter Schlegel, Office fédéral de l'énergie (OFEN)
Elisabeth Suter, Office fédéral de l'environnement (OFEV)
Martin Weber, Swissgrid

Adresse des auteurs

OPAN concept SA
Ruelle Vaucher 22
Case postale 686
2002 Neuchâtel

Tel. +41 32 723 77 77
neuchatel@opan.ch
www.opan.ch

Préambule

Le présent rapport se fonde sur le cahier des charges ARE et l'offre OPAN (du 6 août 2015). Il a été réalisé pour un budget et une planification tous deux serrés qui étaient prédéfinis par le MO.

Il s'agit d'une étude exploratoire basée sur l'état actuel des connaissances. Elle est principalement fondée sur les workshops réalisés avec les différents offices concernés et les règles reconnues des différents métiers liés aux infrastructures concernées. La mise en commun de celles-ci pose de nouvelles contraintes non réglementées qui ont été mises en évidence dans le rapport avec toute la diligence requise.

Le présent rapport résume et tient compte dans la mesure du possible des positions et visions, parfois divergentes, des différents intervenants.

Les résultats ne doivent pas être utilisés de manière partielle ni pour un but autre que celui convenu. Nous déclinons toutes responsabilités pour les dommages qui pourraient en résulter.

Résumé

Par une approche généraliste et globale, la présente étude fait le point sur les différents enjeux liés à une utilisation multifonctionnelle des infrastructures linéaires (routes nationales et réseau ferroviaire) par le réseau électrique à très haute tension (NE1). Dans le but de faire ressortir les obstacles technico-constructifs, géographiques, organisationnels, d'exploitation, juridiques et financiers d'une utilisation multifonctionnelle des infrastructures des recherches ont été réalisées dans chacun de ces domaines.

Comme la plupart des infrastructures sont existantes, trois cas ont été étudiés : un ajout de câbles NE1 dans les nouvelles constructions, lors de gros travaux d'entretien et dans les infrastructures existantes[1]. Le niveau de puissance des lignes NE1 (220 kV et 380 kV) est très important. Les mesures de sécurité, les rayonnements, les quantités de chaleur dégagées sont à l'image de ces puissances. Dès lors, la pose de câbles souterrains en lieu et place de lignes aériennes n'est pas triviale et nécessite également de très grands moyens et beaucoup de place dans le sous-sol. L'équivalent de minimum six câbles (deux fois trois phases) d'un diamètre d'environ 125 à 200 mm doit être posé dans un bloc de câbles d'une section d'environ 1.2 à 1.5 m^2 (voir chapitre 2.2.1).

Les points clés suivants ressortent des workshops, discussions, expériences et recherches entrepris :

1) Les catégories d'**enjeux d'une utilisation multifonctionnelle** font ressortir différentes problématiques.

Les <u>obstacles techniques</u> n'empêchent pas l'utilisation multifonctionnelle si l'on fait abstraction des coûts et des contraintes d'exploitation imposées à l'autre infrastructure. Les technologies des solutions de câbles pour la très haute tension sont encore en plein développement et seulement quelques projets pilotes ont déjà été réalisés. Des constructions d'emprise plus petite sont attendues. L'intégration des chambres de tirage (tous les 700 à 1000 m) dans les infrastructures de transport reste néanmoins un défi majeur au niveau de l'emprise et des conditions d'accès, en particulier dans les infrastructures existantes.

Les <u>obstacles d'organisation</u> et de coordination temporelle entre les acteurs des différents réseaux sont majeurs. Les différentes durées de vie, les cycles d'entretien et de renouvellement peuvent causer des conflits lorsque les deux systèmes combinés ne sont pas entièrement indépendants en termes de planification, d'exploitation et d'entretien. Une nouvelle approche de coordination entre les différents offices fédéraux et propriétaires privés des réseaux d'infrastructures linéaires serait nécessaire. Une solution générale applicable à tous les cas n'est toutefois pas réaliste.

Les <u>obstacles d'exploitation</u> majeurs concernent les défaillances et les durées de réparation des câbles. Les pannes sont moins fréquentes mais souvent plus graves dans les câbles souterrains que dans les lignes aériennes. En raison de leur accessibilité, ces dernières peuvent être réparées rapidement. Une défaillance dans un câble NE1 peut, par contre, nécessiter plusieurs jours, semaines ou même mois de réparation ce qui peut avoir des conséquences sur les autres infrastructures. Comparée aux niveaux de tension plus bas, l'interruption d'une ligne de transport NE1 est particulièrement lourde de conséquence pour le réseau électrique. Un câble de réserve pourrait combler la panne dans certaines situations. Cependant, quand les distances entre les câbles ne sont pas suffisamment grandes pour respecter la valeur limite du champ magnétique pour les places de travail (500 µT), tous les câbles doivent être mis hors tension pour la durée de la réparation.

[1] Dans le cas d'infrastructures existantes, l'unique intervention consiste en la mise en place de câbles à très haute tension, sans d'autres travaux annexes.

Du point de vue financier, il apparait que les développements en cours devraient permettre de construire plus économiquement dans le futur. Mais comme les lignes électriques aériennes connaîtront probablement des progrès permettant de limiter les pertes d'énergie lors du transport, les différences entre les coûts de cycle de vie de ces deux techniques de construction (enterrée et aérienne) ne changeront probablement que peu.

2) Le **réseau ferroviaire** montre un **plus faible potentiel** pour une utilisation multifonctionnelle que le réseau des routes nationales.

Le réseau ferroviaire est moins adapté à l'utilisation multifonctionnelle car ses tracés sont considérablement plus étroits que ceux des routes nationales. L'implémentation d'un bloc de câbles ou d'une galerie sous les voies est très difficile. Le réseau ferroviaire est en outre moins flexible que le réseau routier quand il s'agit de dévier le trafic en cas de problème. L'accès aux chambres de tirage (tous les 700 à 1000 m) par un train chantier est envisageable ; l'occupation de la voie pendant plusieurs heures lors du tirage ou en cas de problème n'est néanmoins pas réaliste comme des répercussions sur le réseau entier sont probables si le tronçon est d'une seule voie dans chaque direction. Étant sur une partie majoritaire à l'écart des routes, un accès par poids lourds demanderait la mise en place de pistes d'accès systématiques afin de garantir la construction et l'entretien des câbles.

3) Les chances de l'utilisation multifonctionnelles pour la **protection du paysage** sont confrontées aux caractéristiques et au **fonctionnement des routes nationales**.

Du point de vue de la protection du paysage, une implémentation de blocs de câbles dans l'emprise des routes nationales semble optimale. L'utilisation du sol est réduite, les atteintes aux zones de protection sont minimisées (forêt, biotopes, surfaces d'assolement, etc.) et l'infrastructure d'accès est disponible si l'accès peut se faire par l'autoroute. Aussi, le franchissement d'obstacles topographiques serait réglé et – en cas de compatibilité avec les besoins du réseau électrique – les tracés seraient directs et souvent le plus court possible. Bien que les contraintes mentionnées au paragraphe ci-dessous ainsi que les coûts rendent cette solution très difficile à mettre en œuvre, l'utilisation multifonctionnelle serait – en cas de mise en souterrain des câbles – un grand avantage pour la protection du paysage.

Du point de vue de la route nationale, une telle réalisation s'avère très compliquée. En effet, le sous-sol des routes nationales est déjà très fortement utilisé. Dans une zone jusqu'à environ -2 m (sauf cas particulier), des conduites pour l'évacuation des eaux et leurs traversées jusqu'aux collecteurs principaux sont très fréquentes. L'implémentation de câbles électriques devrait ainsi se faire à une profondeur plus importante. Longeant les routes, au-delà des dispositifs de retenue de véhicules, des chambres des collecteurs d'eau ainsi que des équipements électromécaniques sont placées à intervalle de 50 à 100 m, respectivement de 300 m environ. Les fondations pour les portiques et potences de la signalisation routière se trouvent également dans cette zone. Une intégration continue d'un bloc de tubes pour les câbles électriques NE1 ainsi que de leurs chambres de tirage dans le bord de la route s'avère de ce fait difficile et doit être compatible avec les ouvrages existants et coordonné avec leurs exploitants.

En conclusion, l'implémentation de lignes électriques dans une infrastructure existante n'est pas recommandée. Par contre, en cas de gros travaux d'entretien, l'opportunité d'une infrastructure multifonctionnelle doit être considérée. Finalement, les nouveaux tronçons et surtout les nouveaux gros ouvrages (p.ex. tunnel ou évitement de localités) représentent une grande opportunité pour une planification commune et une utilisation multifonctionnelle. Dans tous les cas, une importante coordination et une volonté de collaboration sont indispensables.

Les évaluations ci-dessous (Figure 1) sont des généralités permettant de comparer l'importance des obstacles pour les différents types d'intervention. Chaque tronçon du réseau routier ou ferroviaire a ses propres caractéristiques. Selon le tronçon considéré, de grandes différences surtout au niveau des enjeux technico-constructifs, géographiques et financiers sont à prévoir. Ainsi, il n'est pas possible de tirer des conclusions systématiques valables pour l'entier des réseaux de routes nationales, ferroviaire et électrique. Les spécifications géographiques d'un tronçon, l'espace disponible pour des câbles, la solution technique optimale et également les possibilités de coordination de la planification devront être examinés au cas par cas.

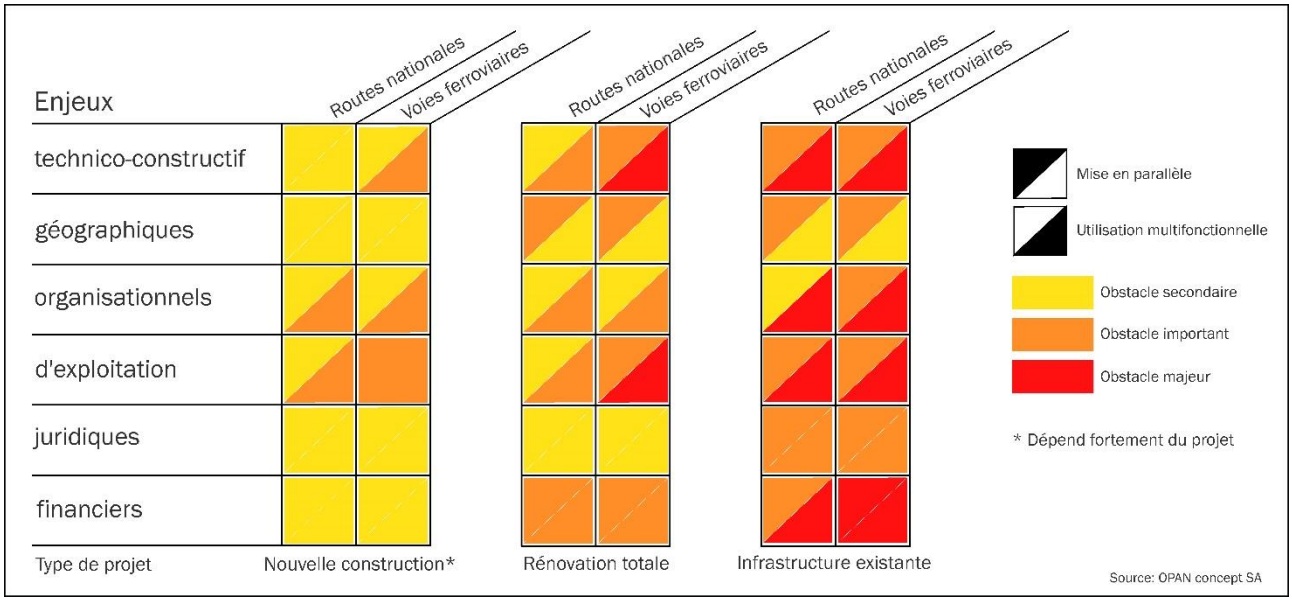


Figure 1 : Matrice indicative des obstacles qui s'opposent à une utilisation multifonctionnelle des routes nationales

Glossaire

Ligne à très haute tension ou réseau NE1	Lignes électriques à 220 ou 380 kV
Mise en souterrain ou câblage souterrain	Variante technique enterrée des câbles électriques NE1 (« Netzebene 1 »)
Bloc de câbles	Batterie de câbles souterrains (en général par lot de six pour les voltages NE1), voir schémas chapitre 2.2.1
Chambre de tirage	Chambre permettant de tirer les câbles à la construction du tronçon souterrain ; pour les variantes techniques non accessibles (blocs de câbles ou forage dirigé), la chambre de tirage permet également les jonctions entre les câbles, liant deux extrémités de câbles
Multifonctionnalité	Utilisation multiple d'une infrastructure
Aménagement / rénovation totale	Gros travaux permettant d'accéder au sous-sol du réseau des routes nationales et ferroviaire
Autorité compétente	Instance décisionnelle, assure la haute surveillance et donne les autorisations nécessaires
Infrastructure multifonctionnelle	voir 1.3 Définitions
Mise en parallèle / regroupement	voir 1.3 Définitions

Contenu

Mentions légales ... 3
Résumé ... 5
Glossaire ... 8
Contenu ... 9
1 Introduction ... 11
1.1 Contexte ... 11
1.2 Objectifs ... 11
1.3 Définitions ... 12
1.4 Démarche ... 13
2 Enjeux et obstacles ... 16
2.1 Principes ... 16
2.2 Aspects technico-constructifs ... 16
2.2.1 Technologies ... 16
2.2.2 Typologie des tracés ... 19
2.2.3 Matrice des enjeux technico-constructifs ... 27
2.3 Aspects géographiques ... 29
2.3.1 Réseau des routes nationales ... 29
2.3.2 Réseau ferroviaire ... 31
2.3.3 Réseau électrique des lignes à très haute tension ... 33
2.3.4 Réseau électrique à des niveaux de tension plus bas ... 34
2.3.5 Zones urbaines ... 35
2.3.6 Compatibilité des tracés ... 37
2.3.7 Matrice des enjeux géographiques ... 38
2.4 Aspects organisationnels ... 41
2.4.1 Acteurs ... 41
2.4.2 Outils existants ... 42
2.4.3 Planification et coordination temporelle ... 43
2.4.4 Coordination d'exploitation et d'entretien ... 43
2.4.5 Matrice des enjeux organisationnels ... 44
2.5 Aspects d'exploitation ... 46
2.5.1 Sécurité ... 46
2.5.2 Fiabilité ... 47
2.5.3 Matrice des enjeux d'exploitation ... 49

2.6 Aspects juridiques 51
2.6.1 Matrice des enjeux juridiques 54
2.7 Aspects financiers 56
2.7.1 Matrice des enjeux financiers 58
3 Projets actuels 60
3.1 Critères actuels d'évaluation de variantes 60
3.1.1 Lignes électriques 60
3.1.2 Routes nationales 60
3.1.3 Réseau ferroviaire 61
3.2 Exemples de projets avec utilisation multifonctionnelle 61
3.2.1 Câbles 62
3.2.2 Lignes aériennes 63
4 Limites de l'étude 64
5 Perspectives 65
5.1 Propositions et pistes de réflexion 65
5.1.1 Définition de corridors d'infrastructure 65
5.1.2 Coordination et utilisation des instruments existants 65
5.1.3 Disponibilité des routes nationales 67
5.1.4 Projet pilote de multifonctionnalité et workshops bilatéraux 67
5.1.5 Projets de mise en souterrain NE1 à l'étranger 67
5.1.6 Best practices 67
5.1.7 Anticipation des besoins futurs 68
6 Bibliographie 69
Annexes 74

1 Introduction

1.1 Contexte

Avec le Postulat 08.3017 Rechsteiner intitulé « Routes nationales multifonctionnelles pour préserver le paysage », le conseil fédéral a été chargé d'évaluer l'utilisation multifonctionnelle des routes nationales. Le mandat du parlement est le suivant :

Le Conseil fédéral est chargé d'établir un rapport qui exposera d'un point de vue scientifique le rôle multifonctionnel que peuvent jouer les routes nationales en répondant aux questions suivantes :

1. Dans quelle mesure les routes nationales peuvent-elles servir de support à des infrastructures d'importance nationale, notamment :

a. en tant que tracés de conduites électriques enterrées ou aériennes des réseaux de moyenne et haute tension ?

b. en tant que supports d'autres infrastructures organisées en réseaux, de conduites, d'antennes de téléphonie mobile, de production d'énergie, etc. ?

2. Quels sont les modèles juridiques appropriés pour instaurer une multifonctionnalité adéquate en calculant les coûts par rapport à l'utilité ?

3. Quelles sont les possibilités existantes pour accélérer la procédure d'autorisation concernant les conduites enterrées ?

4. Ce rapport pourrait-il expliquer de façon impartiale dans quelle mesure les réseaux électriques enterrés permettent de réduire les pertes énergétiques et l'électrosmog ? Quelles sont les conditions requises pour atteindre ce but ? Le rapport demandé pourrait-il également dire comment la technique du courant continu pourrait contribuer à réduire les pertes énergétiques et à augmenter la capacité des réseaux ?

5. La technique en courant continu développée par ABB ("HVDC Light") pourrait-elle aider à résoudre les problèmes de congestion et d'électrosmog en Suisse ?

6. Comment la question de la multifonctionnalité des autoroutes est-elle résolue dans d'autres pays ?

7. Quelles sont les autres conditions nécessaires pour éviter de porter atteinte au paysage et aux habitants dans certaines zones sensibles ?

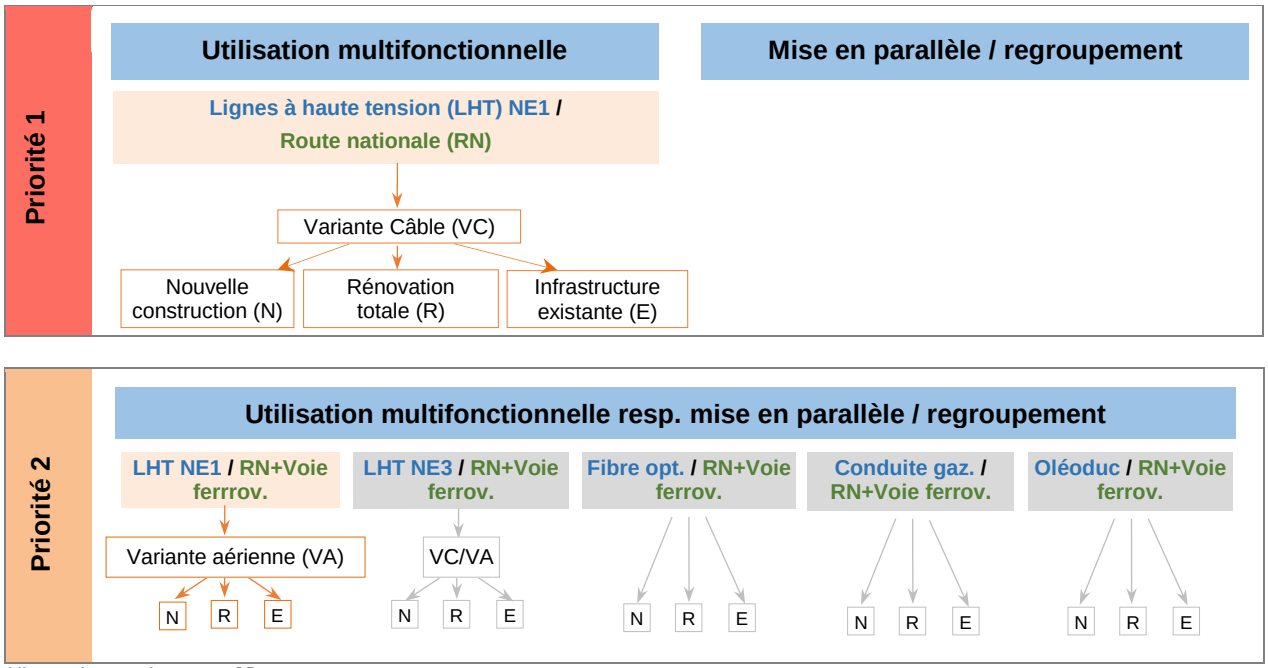
(Postulat Rechsteiner 08.3017)

L'analyse de la problématique a été confiée à l'office fédéral du développement territorial (ARE) et un groupe de travail composé de représentants des offices ARE, OFROU, OFT, OFEN et OFEV ainsi que de l'ESTI et Swissgrid. En septembre 2015, le bureau OPAN concept SA a été mandaté afin d'évaluer les enjeux technico-constructifs, d'exploitation, organisationnels et juridiques ainsi que les conditions cadres pour une utilisation multifonctionnelle des infrastructures de routes nationales et/ou des réseaux ferrés.

1.2 Objectifs

Les objectifs de la présente étude se basent sur les priorités définies par l'ARE lors de la première séance du groupe de travail sur le postulat Rechsteiner (extrait du PV du 30 mars 2015 *[I]*) :

« Le focus sera mis – au vu du texte du postulat et de leurs implications territoriales – sur les lignes à haute tension Netzebene 1 (NE1) en lien avec les routes nationales. En première instance, les travaux se concentrent sur l'utilisation multifonctionnelle (multifunktionale Nutzung) des variantes souterraines.



(Illustration : selon ARE *[I]*)

Le rapport traitera egalement – en deuxième priorité, comme proposé par l'ARE et confirmé par le groupe de travail – la thématique de l'utilisation multifonctionelle des axes de transports en y integrant aussi les lignes de chemin de fer. Du fait qu'il ne s'agit pas d'infrastructures lineaires, l'ARE estime qu'il est pertinent de laisser de côté les antennes de télephonie mobile et de donner plus de poids aux lignes à très haute tension. » D'autres infrastructures linéaires comme la fibre optique sont déjà principalement mises sous terre ou encore combinées avec d'autres systèmes. « Dans ce sens, si les lignes à très haute tension NE1 ont été traitées en première priorité dans leur variante souterraine sur le terrain des routes nationales, elles reviennent en deuxième priorité dans leur variante aérienne. » *[I]*.

1.3 Définitions

Lors de l'analyse d'une mutualisation des infrastructures linéaires, il faut distinguer entre deux méthodes.

L'**utilisation multifonctionnelle** (*multifunktionale Nutzung*) des infrastructures linéaires : L'approche de l'utilisation multifonctionnelle se focalise sur une utilisation commune des parcelles (ou équipements) appartenant (ou destinées) aux routes nationales ainsi qu'au réseau ferroviaire. L'emprise au sol par les infrastructures de transport ne sera ainsi pas augmentée, mais utilisée plus intensément. L'implémentation de câbles est ici plus probable que celle de lignes aériennes pour des raisons de place et de respect des valeurs limites des rayonnements non-ionisants.

La **mise en parallèle** / le **regroupement** (*Bündelung*) des infrastructures linéaires : L'approche de la mise en parallèle focalise sur une proximité spatiale resp. un développement territorial commun de différentes infrastructures. Cette méthode comprend la conduite parallèle tant de câbles que de lignes aériennes à très haute tension le long des parcelles autoroutières ou ferroviaires. Ces dernières ne sont ainsi pas directement touchées par le réseau électrique. Néanmoins, les différentes infrastructures côtoient le même corridor. Ainsi,

il n'y a pas de réduction de surfaces utilisées par des infrastructures, mais une concentration des nuisances dans une même zone.

Ces deux méthodes peuvent poser des problèmes différents et demander des solutions adaptées. Néanmoins, les obstacles à leur réalisation sont souvent similaires, et ne diffèrent que par leur importance dans un cas ou l'autre. Si ce n'est pas spécifiquement précisé, les conclusions dans les différents chapitres comprennent ainsi les deux approches.

1.4 Démarche

L'analyse de la problématique présentée dans ce rapport se base principalement sur les trois étapes suivantes :

1) Une vaste recherche documentaire a été réalisée concernant des projets existants et futurs ayant un lien avec les infrastructures multifonctionnelles. Ainsi, une première vue globale de la problématique a pu être établie, en matière de bonnes pratiques dans les différents domaines (critères d'évaluation de variantes, durées des projets, dimensions et espaces, utilisation multifonctionnelle ou mise en parallèle déjà effectuée). En respect du cahier des charges, une analyse internationale spécifique n'a pas été effectuée.

2) Une stratégie d'analyse par obstacle a été adoptée. Plutôt que d'identifier les points favorables, le potentiel de l'utilisation multifonctionnelle ou mise en parallèle est déterminé en identifiant les obstacles et principaux problèmes. Ainsi, non seulement les possibilités existantes en découlent, mais les changements ou adaptations à entreprendre en faveur de l'utilisation multifonctionnelle sont ciblés plus précisément. Les enjeux sont répartis en six catégories (voir aussi le mindmap en annexe A) :

- Technique/construction,
- Géographie,
- Organisation,
- Exploitation,
- Droit,
- Finance.

Les aspects financiers ne sont pas traités en détail, car très peu d'exemples concrets existent et les coûts peuvent fortement varier en fonction des paramètres spécifiques à un certain tronçon. En outre, il existe déjà une réglementation pour l'évaluation des coûts, comprise dans le modèle d'évaluation pour les lignes de transport d'électricité (OFEN, OFEV & ARE, 2013*a*).

3) Jusqu'à ce jour, la thématique de l'utilisation multifonctionnelle d'infrastructures linéaires ou la mise en parallèle n'a pas encore été étudiée systématiquement. Certaines considérations se basent en conséquence sur des informations fournies par les experts des offices et autorités fédéraux concernés pendant les trois workshops (voir organigramme en annexe) avec :

a. l'OFROU pour le domaine des routes nationales, *[II]*
b. l'OFT et les CFF pour le domaine du réseau ferroviaire, *[III]*
c. l'OFEN, l'ESTI et Swissgrid pour le domaine de l'électricité à haute tension. *[IV]*

Lors des discussions, des schémas types de routes nationales, de voies ferroviaires normales et de différentes solutions de câblages électriques ainsi que d'une ligne aérienne ont servis de base de discussion concernant les emplacements possibles de blocs de câbles dans l'emprise routière ou ferroviaire (voir chapitre 2.2.2).

Les obstacles à et les chances d'une utilisation multifonctionnelle des deux principales infrastructures linéaires de transport suisses (routes nationales et réseau ferroviaire) ont été établis avec chaque office concerné. En analysant ceux-ci selon les différentes catégories d'enjeux définies (voir page précédente et chapitre 2), le potentiel de chaque domaine peut en être déduit. La somme de ces potentiels permet de définir le potentiel réel de l'utilisation multifonctionnelle ou de mise en parallèle des infrastructures linéaires prises en compte.

Les enjeux ont été classés en deux groupes : extérieurs et internes.

Les enjeux extérieurs donnent un cadre général à la potentialité. Ce sont les aspects techniques des réseaux existants ainsi que le développement technologique dans les différents domaines qui imposent des limites à l'utilisation. Il en va de même pour des facteurs environnementaux, topographiques et en rapport avec l'emplacement et les besoins des réseaux existants (aspects géographiques). Les enjeux extérieurs sont considérés comme statiques ou invariables. Il en découle le potentiel théorique d'une utilisation multifonctionnelle ou mise en parallèle. Leur réalisation doit, le cas échéant, s'adapter à ces conditions extérieures.

Les enjeux internes sont, à l'inverse, liés aux législations respectives, au fonctionnement des autorités et aux contraintes financières auxquelles sont associés les différents domaines. Ces enjeux peuvent d'une part avoir une influence sur la décision politique du pour ou du contre les infrastructures multifonctionnelles. D'autre part, ce sont ces contraintes qui sont également adaptables et/ou modifiables et qui pourraient ainsi augmenter le potentiel réel d'une utilisation multifonctionnelle des réseaux.

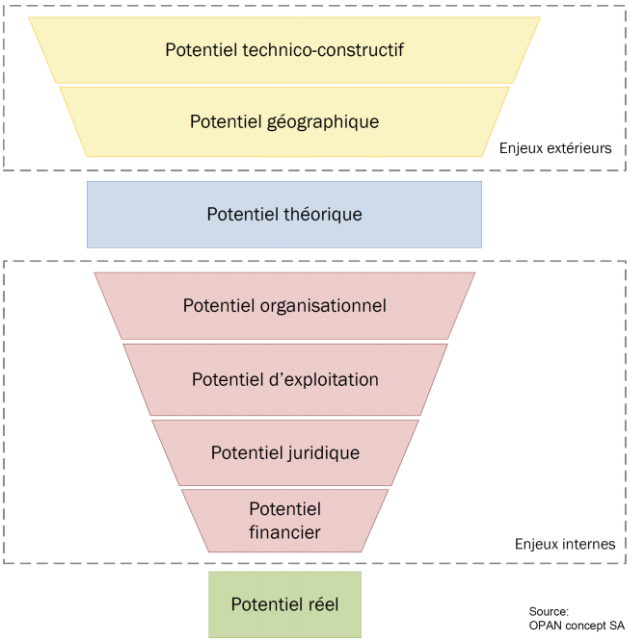


Figure 2: Schéma du potentiel réel d'une utilisation multifonctionnelle des infrastructures linéaires

De plus, les conditions cadres et le potentiel réel seront très différents selon les types d'intervention qui ont été structurés en trois catégories :

1. Nouvelle construction,
2. Gros travaux d'entretien ou d'aménagement,
3. Infrastructure existante.

Le potentiel de réalisation d'infrastructures multifonctionnelle est défini dans le cadre de ce rapport selon ces trois catégories.

2 Enjeux et obstacles

2.1 Principes

Les chapitres suivants traitent des différents domaines en lien avec l'utilisation multifonctionnelle ou la mise en parallèle : les aspects technico-constructifs, géographiques, d'exploitation, organisationnels, juridiques et financiers. Après une partie descriptive présentant des informations théoriques par rapport au domaine en question, les obstacles clés seront décrits de manière détaillée. Chaque section est complétée par la matrice des enjeux hiérarchisant les obstacles selon leur importance, donnant ainsi une indication du potentiel de l'utilisation multifonctionnelle ou de la mise en parallèle du domaine traité.

Les chances d'une utilisation multifonctionnelle ont également été discutées par les différents offices fédéraux, Swissgrid et les CFF. Elles n'ont pas été traitées en détail mais seront résumées à la fin de chaque aspect traité.

2.2 Aspects technico-constructifs

Les aspects technico-constructifs d'une utilisation multifonctionnelle ont été jugés surmontables (selon les participants des trois workshops). En effet, pour la plupart des situations, des solutions techniques peuvent être trouvées.

Ce chapitre présente les variantes technologiques possibles, utilisées comme base de discussion lors des workshops et résume les solutions possibles pour différents ouvrages. Ensuite, les questions de sécurité sont abordées. Finalement, les obstacles principaux identifiés sont résumés sous forme de tableau.

2.2.1 Technologies

Câbles

Les technologies de câbles ont fortement évolué ces dernières années et sont susceptibles d'évoluer encore. Les schémas présentés ci-dessous proviennent de projets réalisés ou en phase de planification (câblage partiel de Raesfeld (D)[2] ; câblage Riniken[3] ; PSE Airolo-Lavorgo[4]). L'évacuation de la chaleur y est optimisée grâce à des dimensions généreuses. Sur des petites distances, il peut être recouru à des solutions plus compactes.

Les considérations par rapport aux technologies des câbles (diamètre d'environ 110 à 136 mm ; Brugg Cables, 2015) sont basées sur le type avec une isolation XLPE (cross-linked polyethylene, en français : polyéthylène réticulé). Ce type de câble est actuellement parmi les plus utilisés pour la haute tension (CIGRE WG B1.10, 2009). Pour l'utilisation à 380 kV, ces câbles sont typiquement livrés en longueur de 700 à 1000 m ; ils peuvent néanmoins atteindre des longueurs jusqu'à 1150 m au maximum (ENTSO-E & Europacable, 2011). En effet, les limites sont celles du transport et de sa logistique : le poids (environ 10 à 25 t – dépendant de la capacité – pour 700 m ; Brugg Cables, 2015) et la taille des bobines (diamètre total environ 2.5 à 3 m) sont les facteurs

[2] Netzausbau - Zwischenverkabelung in Raesfeld, Amprion, 2014
[3] 380-KV-Leitung Beznau-Birr, Abschnitt: Mast 28 (exkl.) Bis Mast 32 (exkl.), Technischer Bericht, Swissgrid, Axpo, 27.09.2013
[4] LT Airolo-Lavorgo, 380-kV-Leitungen Airolo-Lavorgo, 132-kV-UL Airolo-Pollegio, Verkabelungsstudie – Bericht für Begleitgruppe, AF-Consult & Alpiq EnerTrans AG, 2012

limitants essentiels. Dépendant du courant nécessaire, deux blocs à 3 câbles ou deux blocs à six câbles sont implémentés (voir Figure 3). Si l'on souhaite la redondance, ce qui est souvent le cas pour assurer l'approvisionnement, un tube vide doit être ajouté à chaque bloc.

Jusqu'à présent, pour de multiples raisons (voir également les chapitres 2.7 et 3.1.1), la variante aérienne a été préférée à la variante souterraine dans la vaste majorité du réseau NE1. Récemment, des améliorations dans la conception des installations souterraines ont été possibles p. ex. concernant la largeur des tracés nécessaires, la capacité de courant ou la protection contre des dommages mécaniques (Brakelmann et al., 2013), ce qui rend la pose de câbles toujours plus intéressante. La durée de vie des câbles est actuellement estimée à environ 40 ans (selon Swissgrid *[IV]*).

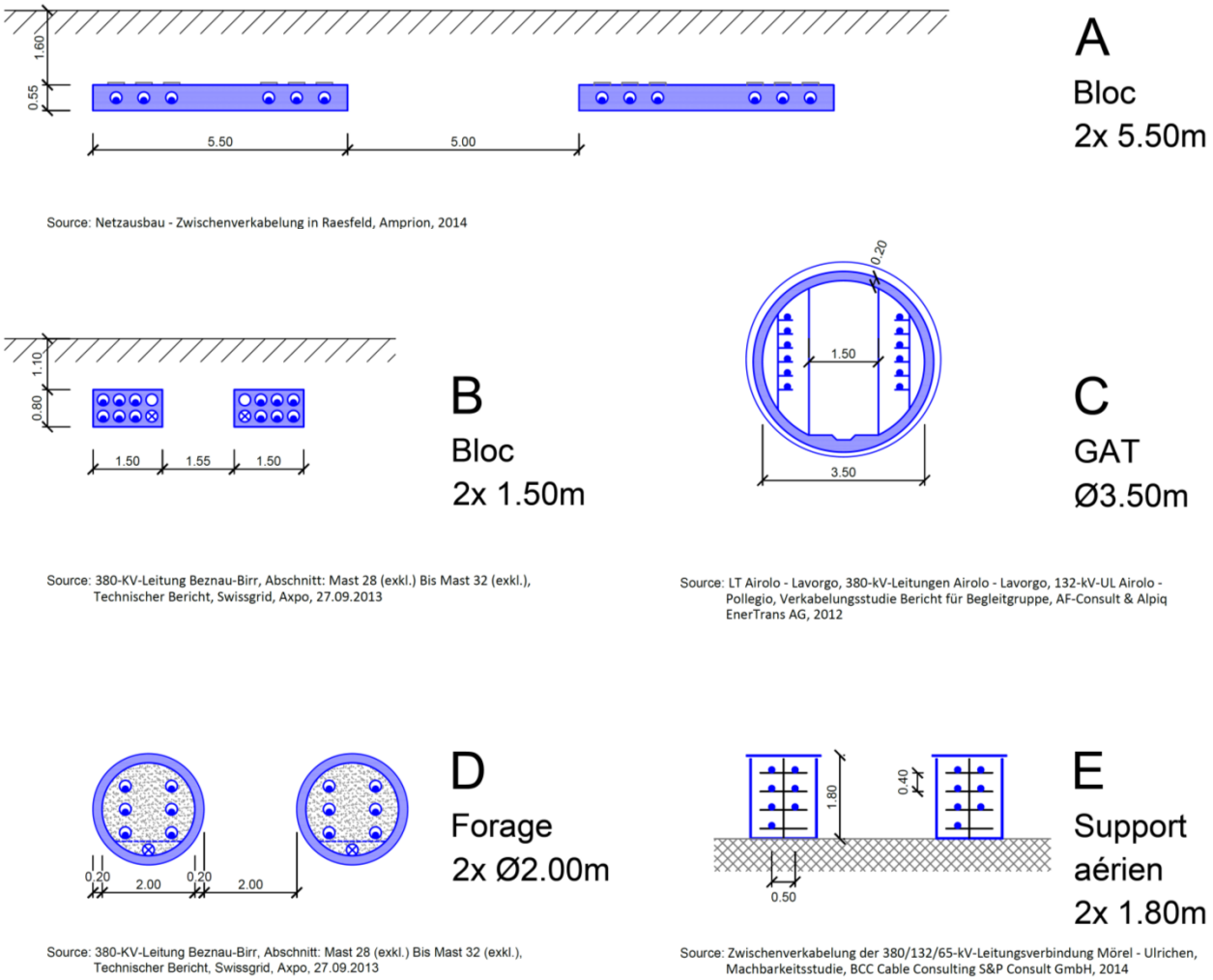


Figure 3 : Solutions de mise en souterrain de lignes électriques à 220/380 kV selon Amprion (2014), Swissgrid/Axpo (2013), Brakelmann & Ghaderi (2014) et AF-Consult & Alpiq EnerTrans AG (2012).

Le choix de la variante technique dépend du cadre de son utilisation. Les schémas types discutés lors des workshops (Figure 3) couvrent plusieurs cas de figure. Les blocs de câbles enterrés (schéma A et B) sont construits par tranchée ouverte. Après remblayage, les câbles y sont accessibles uniquement au niveau des chambres de tirage. La galerie technique (schéma C) permet un passage pour l'inspection tout le long du tracé mais sa construction est chère et complexe. Le forage dirigé (schéma D) est utilisé typiquement pour des courtes distances, des passages sous d'autres réseaux ou p. ex. des cours d'eau. Le support hors sol (schéma

E) est appliqué dans les zones des sous-stations, afin de lier les câbles à la station. Cette solution n'est donc pas utilisée pour des tracés en dehors des stations électriques.

La durée de construction de ces différentes méthodes ne doit pas être sous-estimée (p. ex. environ 1.5 mois par km pour les variantes A et B).

Un point critique concernant l'utilisation multifonctionnelle avec des câbles souterrains est le besoin en chambres de raccordement et de tirage (voir Figure 4 et l'annexe F). Celles-ci doivent être prévues tous les 700 à 1000 m afin de relier les tronçons de câbles. Ces chambres ne posent en soi pas de problèmes techniques, mais induisent des défis au niveau de l'espace nécessaire. Plus la tension est élevée, plus les dimensions des chambres de tirage seront grandes. Selon Swissgrid, il faut compter avec des chambres de dimensions 15 · 2.8 · 2.5 m (longueur, largeur, profondeur) pour des câbles de 380 kV *[IV].* D'autres sources indiquent des chambres un peu plus petites de 10 · 2.5 · 2.1 m (ENTSO-E & Europacable, 2011). Dépendant du terrain et du nombre de systèmes de câbles à intégrer, ces dimensions peuvent varier. Outre le besoin en espace pour les chambres, une contrainte très importante est l'accès et le stationnement par camion (60 t) qui doit être assuré aux deux côtés dans la prolongation des chambres. Ceci est nécessaire tant pour le montage initial qu'en cas de remplacement de câbles (exceptionnellement, l'accès d'un seul côté est possible).

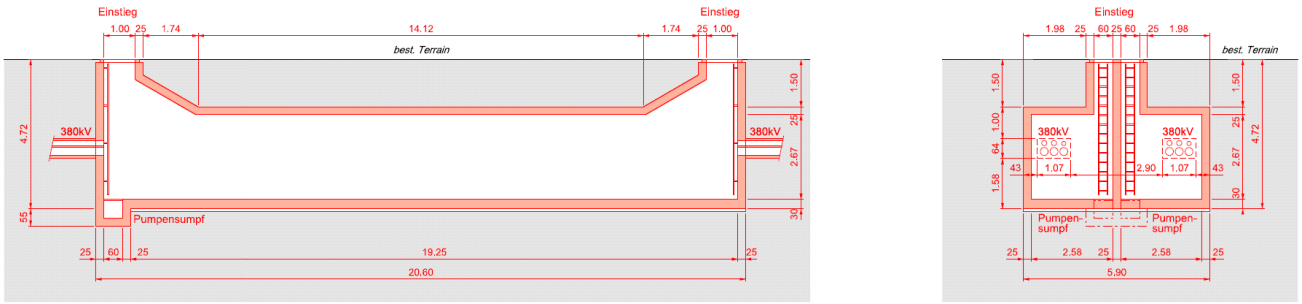


Figure 4 : Chambre de tirage et de joints (Muffenschacht), Vorprojekt 380 kV Leitung ewz (Plan par Hans H. Moser AG, Ingenieurbüro, Zürich)

Lignes aériennes

Les lignes aériennes à très haute tension ont typiquement une hauteur de 55 à 70 m, dépendant de la charge de courant et de la configuration des câbles conducteurs. Comme cette variante n'est considérée qu'en deuxième priorité dans cette étude, sa technologie n'est pas traitée en détail. Plusieurs points sont cependant à noter : (i) L'impact visuel des lignes aériennes est considérablement plus fort que celui des câbles enterrés. Cet aspect est fortement perçu à la fois à proximité des zones d'habitation et lors des traversées de paysages naturels, comme au passage des Alpes. (ii) Leur champ magnétique est – en utilisant la technologie standard – environ cinq à sept fois plus large que celui d'un bloc de câble ou d'une galerie de câbles (voir champs magnétiques en annexe B). Ayant une forte influence sur le paysage et le bien-être des riverains, ces deux critères mènent à une plus faible acceptation par la population (Arlt et al., 2011 ; Consentec, 2013 ; OFEN, 1997) et peuvent bloquer ou ralentir les procédures d'autorisation.

Les lignes aériennes ont néanmoins aussi des avantages. (iii) Leur impact au sol se limite en principe aux semelles des pylônes, gardant les zones sous les lignes aériennes libres à l'utilisation agricole ou forestière. (iv) Les lignes aériennes sont fiables et rapidement réparables en cas de panne (voir chapitre 2.5.2). (v) Leur construction est moins chère que celle de câbles souterrains. Enfin (vi), la durée de vie est deux fois plus importante que celle des câbles, c'est-à-dire environ 80 ans (selon Swissgrid *[IV]*).

2.2.2 Typologie des tracés

De par leurs caractéristiques constructives, les réseaux routier et ferroviaire présentent plusieurs emplacements possibles pour des câbles à très haute tension. Cette section définit les exigences techniques des deux infrastructures linéaires, ainsi que des solutions possibles pour une utilisation multifonctionnelle de différents types d'ouvrages d'art.

Réseau routier

La Figure 5 ci-dessous permet d'identifier les éléments clés d'une infrastructure de route nationale. Les aspects fonciers sont définis par deux limites essentielles :

Les parcelles, propriété de l'OFROU, longent la route avec une limite cadastrale fixée, en principe, en bas ou en haut du déblai ou remblai, ou se situent le long de l'emprise des ouvrages d'art (ponts, tunnels, murs de soutènement, tranchées couvertes, etc.).

Les alignements longent les routes nationales des deux côtés. Ils sont définis par une distance de 25 m depuis l'axe de la route et servent de réserve en cas d'élargissement. L'expropriation pour des buts nationaux y est facilitée.

Sur cette base, six zones susceptibles d'accueillir des blocs de tubes pour câbles ont été définies (Figure 5).

Zone 1	Sous terre-plein central
Zone 2	Sous chaussée
Zone 3	Sous accotement
Zone 4	Dans la limite de la parcelle OFROU
Zone 5	Dans l'alignement RN
Zone 6	En dehors de l'alignement

Selon la définition retenue, l'utilisation multifonctionnelle concerne les zones 1 à 4 (ou 5), la mise en parallèle la zone 5 ou celle immédiatement en dehors de l'alignement (zone 6).

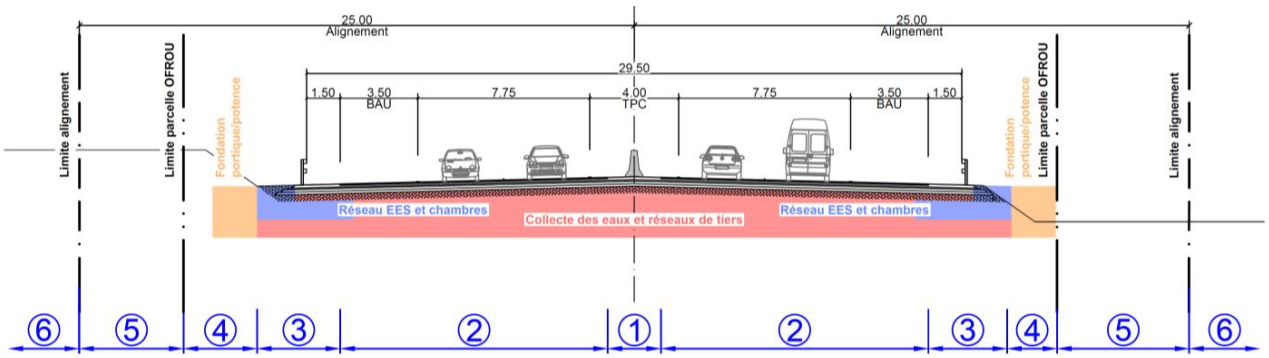


Figure 5 : Profil type RN 1ère classe 4 voies, selon (OFROU, Office fédéral des routes, 2002), EES : équipement d'exploitation et de sécurité.

Le schéma de la Figure 5 montre les emprises des réseaux propres à la route nationale (principalement l'équipement d'exploitation et de sécurité (EES) en bleu, et la collecte des eaux en rouge) et de tiers qui

peuvent passer en-dessous des routes, les longer ou les croiser. Il y est visible que jusqu'à une profondeur d'environ 2 m (sauf cas particulier), il n'y a pas d'espace continu disponible sous les routes nationales. Ces réseaux constituent des obstacles qui doivent être examinés spécifiquement pour chaque tronçon considéré.

En bord de route, les réseaux (collecteurs d'eau, EES) et surtout leurs chambres associées (tous les 50 à 300 m selon les réseaux) doivent être pris en compte dans la réflexion. S'y ajoutent les semelles des portiques et potences (représentés en jaune dans la Figure 5), comprenant également des chambres EES, pour le réseau d'information lié à la signalisation routière, posées également à distances régulières.

Tracé normal

Câbles

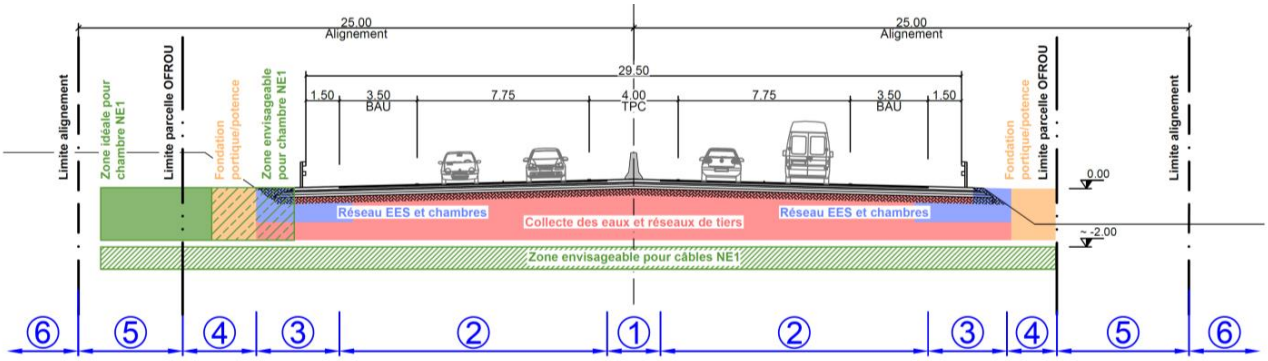


Figure 6 : Emplacements possibles de câbles et chambres NE1 (zones 1 à 6 des câbles dans la route nationale), EES : équipement d'exploitation et de sécurité.

L'OFROU demande que l'accès aux câbles se trouve hors chaussée, ou même plutôt hors des limites de la parcelle autoroutière (hors zone 4) *[II]* afin de garantir une disponibilité maximale du réseau qui lui est imposée (Conseil fédéral, message 09.084, 2009). Cependant, en vue des conditions d'accès aux chambres de tirage nécessaires pour les transports par camion (voir chapitre 2.2.1), seul un accès par la route nationale est envisageable, ce qui implique une forte contradiction avec les exigences OFROU. En cas d'utilisation des bords de route, un futur élargissement des routes nationales doit cependant toujours être pris en compte. S'y ajoutent les réseaux propres aux routes nationales, ainsi que ceux de tiers (pas toujours identifiés) passant sous la chaussée. Des éventuels blocs de câbles doivent ainsi se trouver à une profondeur de 2 m minimum (zone verte, Figure 6).

L'utilisation des zones 1, 2 ou 3 impliquerait une déviation des câbles vers le bord de route au droit de chaque chambre de tirage, ce qui est techniquement faisable mais semble incohérent. Logiquement, les batteries de tubes devraient se trouver au plus proche possible des chambres de tirage dans l'alignement horizontal et à la même profondeur.

Il est envisageable d'implémenter une galerie technique visitable (schéma C, Figure 3), ayant des accès en dehors de la parcelle, ou au moins de la chaussée. Les questions d'aération, de sorties de secours et d'évacuation des eaux doivent dans ce cas être résolues.

En général, une implémentation de câbles dans les zones sous la chaussée (indépendamment de la technologie choisie) pourrait uniquement être envisagée lors d'une nouvelle construction ou de gros travaux d'assainissement ou d'entretien (zones 2 et 3) en concertation avec l'OFROU. Il s'y ajoute le fait que les chambres des installations propres à la route nationale sont intégrées uniquement en-dehors de la chaussée

pour des questions d'entretien et d'exploitation (p. ex. selon la norme VSS SN 640 039-1, 2001). Les installations de tiers devraient donc également respecter cette règle.

L'emplacement de câbles (et de chambres de tirage) dans le talus (zone 4) ne doit pas perturber les fonctions écologiques de ce dernier *[II]*. Les semelles de portiques et potences, à des distances régulières, peuvent devenir des obstacles dans cette zone (Figure 6).

D'un point de vue routier, la zone 5 paraît être la plus favorable aux câbles et chambres NE1, mais doit rester disponible en cas d'élargissement de la route nationale. Une implémentation doit ainsi tenir compte de futurs travaux. En dehors de l'alignement, l'implémentation de câbles (et de chambres de tirage) est en dehors de la compétence OFROU. Par contre, l'accord de chaque propriétaire de parcelle devrait être obtenu ce qui est une contrainte importante considérant leur nombre.

Ainsi, il peut être conclu que l'exigence OFROU d'accès aux chambres de tirage NE1 depuis l'extérieur de l'emprise autoroutière rend l'utilisation multifonctionnelle du réseau existant quasi impossible et diminue considérablement l'intérêt d'une mise en parallèle, même sur un tronçon neuf. Cette exigence est donc clé pour une utilisation multifonctionnelle des infrastructures. Il est toutefois à noter que cette exigence a une origine politique (garantir la disponibilité maximale du réseau de routes nationales) qui pourrait être remise en question.

Lignes aériennes

L'emplacement de lignes aériennes se limite aux zones 4 et 5. La mise en place de mâts dans la parcelle de l'OFROU (zone 4) est néanmoins soumise à de très fortes restrictions. La distance entre la chaussée et la limite de la parcelle doit être suffisante pour (i) limiter le risque d'impact en cas d'accident et (ii) avoir suffisamment de place à disposition pour une semelle de mât. Dans certains cas, des adaptations techniques spécifiques afin de diminuer fortement le champ magnétique, nécessaire au respect de l'ORNI (l'Ordonnance sur la protection contre le rayonnement non ionisant, voir chapitre 2.3.5), peuvent être nécessaires. Une utilisation multifonctionnelle des routes nationales pour les lignes aériennes est difficilement réalisable.

Figure 7 : Exemple de ligne aérienne dans la parcelle OFROU (zone 4 de Figure 5 et 6) (Google Street View, Roche, VD)

Une implémentation de lignes aériennes dans la zone 5 est possible et a déjà été réalisée à plusieurs reprises. Néanmoins, un éventuel élargissement futur de la route nationale causera un conflit important.

La mise en parallèle dans la zone 6 est également appliquée à plusieurs endroits (Figure 8).

Figure 8 : Exemple de ligne aérienne dans l'alignement d'une route nationale (zone 5 de Figure 5) (Google Street View, Ried bei Kerzers, FR)

Les paragraphes suivants, traitant plusieurs types d'ouvrages d'art, s'appliquent surtout à la technologie des câbles souterrains. Les lignes aériennes devraient dans ces cas là suivre d'autres tracés le long de ces ouvrages ou être mises en souterrain s'il s'agit d'infrastructures d'une longueur significative (p. ex. tunnels). Autrement, le besoin en espace et l'impact sur le paysage dus aux ouvrages de transition entre l'aérien et le souterrain seraient excessivement grands et les coûts supplémentaires très élevés.

Ponts routiers

En Suisse, les ponts et passages supérieurs sont, pour la plupart, d'une longueur inférieure à 1 km. Il est ainsi théoriquement possible de placer une chambre de tirage des deux côtés de l'ouvrage. Lorsqu'un ouvrage d'une longueur plus importante est concerné, la mise en parallèle doit être favorisée, en faisant passer les câbles dans le sol à côté du pont ou par un tracé aérien.

L'interface entre le tracé normal et l'ouvrage est difficile à gérer, dû aux rayons horizontaux et verticaux à respecter au niveau des culées *[II]*. En outre, un calcul statique prenant en compte le poids des câbles doit être réalisé. Pour une nouvelle construction, un bloc de câbles peut plus facilement être intégré dans la structure (exemple d'un pont piéton Swissgrid / Frutiger AG, 2014). A noter que l'accès permanent aux câbles n'est normalement pas nécessaire (Swissgrid / Frutiger AG, 2014).

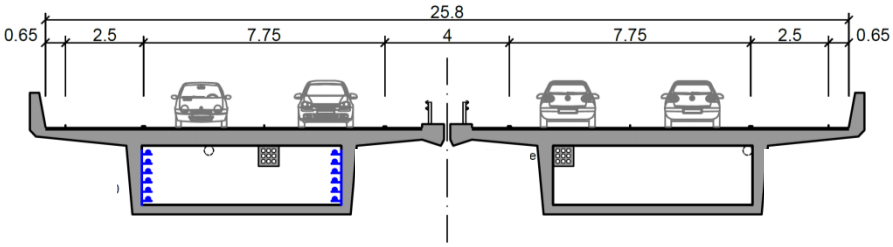


Figure 9 : Exemple d'intégration d'un bloc de câbles dans la section d'un pont routier (ce dernier est dimensionné selon OFROU, 2002 ; les équipements d'exploitation et de sécurité, ainsi que la conduite d'évacuation des eaux de chaussée sont également montrés).

Selon Swissgrid, les câbles à très haute tension de technologie actuelle ne provoquent pas de courants vagabonds. Aucune protection anticorrosion spécifique ne serait de ce fait nécessaire.

Tunnels routiers

Comme les ponts, les tunnels présentent des difficultés au niveau des interfaces avec le tracé normal. Ceci est surtout valable si le profil type des câbles utilisé pour le passage en tunnel diffère de celui le long du tracé normal. Dans un tunnel, il y a deux solutions possibles :

1) Câbles sous la chaussée dans la gaine technique
2) Tunnel individuel parallèle au tube principal, spécifiquement pour les câbles

La première variante est plus facilement réalisable pour des tunnels d'une longueur inférieure à 1 km, si l'on doit garantir des chambres de tirage hors chaussée. En cas de tunnel plus longs, une solution serait d'élargir ponctuellement le profil du tunnel pour y intégrer une chambre de tirage. Sans élargissements latéraux du profil du tunnel pour permettre le stationnement de poids lourds hors chaussée, des fortes perturbations de circulation seraient provoquées en cas de travaux de réparation ou de remplacement de câbles.

La deuxième variante quant à elle ne présente plus l'avantage d'une utilisation multifonctionnelle et est nettement plus chère. Selon l'OFROU, un tube parallèle devrait garder une distance du tube principal correspondant au diamètre de ce dernier *[II]*.

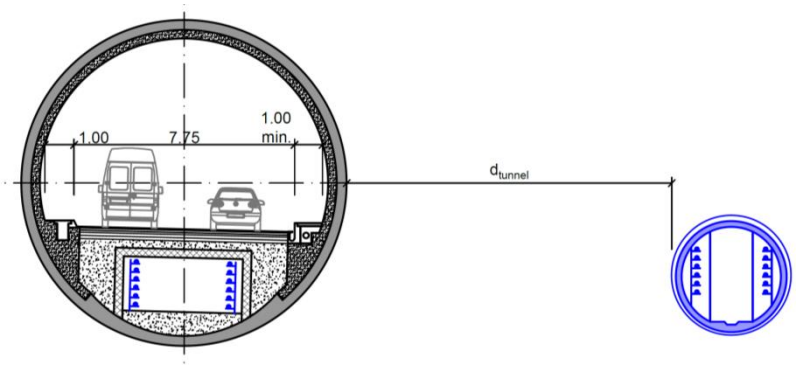


Figure 10: Exemple d'intégration de câbles électriques dans la section d'un tunnel routier (ce dernier est dimensionné selon (OFROU, 2002)) ou dans des tunnels parallèles.

Il est à relever que plusieurs projets routiers et ferroviaires actuels prévoient ou prévoyaient des câbles dans la galerie technique sous la chaussée ou à côté des voies (voir chapitre 3.2).

Réseau ferroviaire

A l'image de ce qui a été fait dans le chapitre précédent, la Figure 11 permet d'identifier les éléments clés d'une infrastructure ferroviaire.

Câbles

Afin de délimiter une zone de réserve pour les voies ferroviaires, les CFF ont défini la « ligne d'intérêt » qui n'est pas ancrée légalement, mais qui fait foi dans la pratique. Les lignes d'intérêt définissent les zones le long de voies existantes à l'intérieur desquelles sont prévus à long terme des aménagements ferroviaires. Les demandes de permis de construire de tiers touchant cette zone peuvent être refusées par les entreprises ferroviaires respectivement l'OFT, qui est l'autorité compétente pour toute question juridique (Art. 18m LCdF).

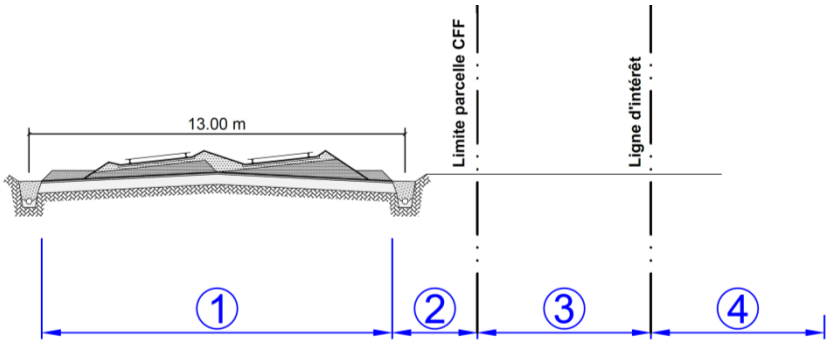


Figure 11: Profil voie normale selon (VÖV UTP, Union des transports publics, 2005). Les éléments ajoutés en bleu désignent les emplacements possibles pour les blocs de câbles.

De par ces critères de délimitations, quatre zones possibles pour un emplacement de blocs de câbles ont été définies. L'utilisation multifonctionnelle concernerait les zones 1 à 2 (ou 3), la mise en parallèle la zone 3 ou celle immédiatement en dehors de la ligne d'intérêt (zone 4).

Zone 1	Sous voies
Zone 2	Sous accotement – dans la limite de la propriété ferroviaire
Zone 3	Dans l'alignement (ligne d'intérêt)
Zone 4	En dehors de l'alignement

L'OFT et les CFF excluent un emplacement de câbles sous les voies (zone 1) *[III]* car une distance insuffisante par rapport aux câbles pourrait causer des endommagements des installations électriques en cas de travaux de maintenance des voies. En outre, si ces deux infrastructures sont trop proches, l'entretien sur une ne peut pas être effectué sans interrompre l'autre. En général, il est interdit d'interrompre la marche du train (une condition essentielle pour maintenir une exploitation ferroviaire dense), ce qui ne peut être dérogé qu'en situations exceptionnelles (VÖV UTP, 2012). Seulement un bloc de câbles très profond est envisageable en zone 1, mais les conséquences des vibrations par les trains doivent encore être examinées.

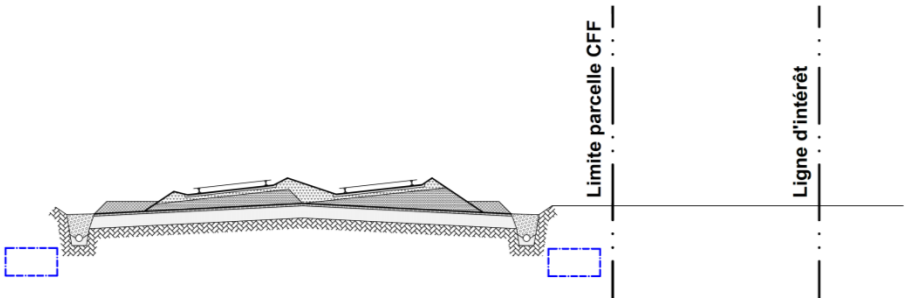
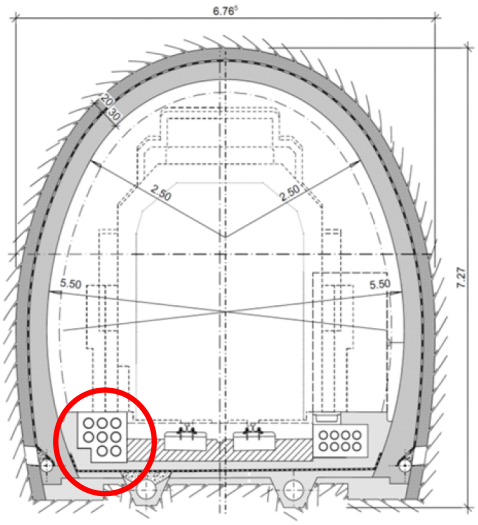


Figure 12 : Emplacement possible de deux blocs de câbles dans le réseau ferroviaire (voir chapitre 2.2.1).

Lors d'une nouvelle construction ou lors de gros travaux, l'implémentation de câbles sous l'accotement (zone 2) ou à l'intérieur des lignes d'intérêt (zone 3) est, en principe, possible. Des installations fixes peuvent cependant y poser problème lors d'un élargissement. La mise en place de câbles électriques hors lignes d'intérêt (zone 4) est possible, indépendamment de projets ferroviaires. Il est pourtant à retenir que les lignes d'intérêt peuvent être renouvelées ou adaptées et écartées ce qui peut poser problème dans cette zone. Comme pour les routes nationales, les propriétaires des parcelles privées le long des voies ferroviaires doivent consentir à une telle solution ce qui est – en vue de leur nombre – très contraignant.

Le réseau ferroviaire est moins adapté à l'utilisation multifonctionnelle que les routes nationales, essentiellement pour quatre raisons. Premièrement, les espaces sont encore plus contraignants que pour les routes. Deuxièmement, dans les zones jusqu'à présent non desservies de routes, l'accès aux chambres de tirage devrait se faire par voies ferrées. Pendant la durée du tirage des câbles ainsi qu'en cas de problème, le trafic ferroviaire serait fortement perturbé. Troisièmement, un bloc de câbles à proximité des voies ferroviaires doit être réalisé avec le plus grand soin pour éviter les tassements différentiels. Finalement, la problématique des vibrations doit être maîtrisée.

Tunnels ferroviaires



Comme il a été mentionné ci-dessus, l'emplacement de câbles sous les voies devrait être exclu *[III]*. Ceci est également le cas pour les tunnels ferroviaires. Néanmoins, un positionnement à côté des voies est envisageable comme le montre l'exemple du projet pour le tunnel de l'Albula (Figure 13). Comme dans l'éventuel futur tunnel du Grimsel (voir chapitre 3.2.1), une galerie latérale pour la très haute tension est également envisageable.

Figure 13 : Profil du projet de la nouvelle construction du tunnel de l'Albula (Rhätische Bahn, 2012). A gauche, un bloc de câbles à haute tension (courant de traction ferroviaire 132kV) est prévu (cercle rouge), à droite la basse tension.

Ponts ferroviaires

La diversité des types de matériaux de construction ainsi que l'étroitesse des ponts rendent difficile la disposition de blocs de câbles à l'intérieur de caissons de ponts ferroviaires. C'est pourquoi, les câbles devraient être ici guidés en parallèle et enterrés à côté du pont. La problématique de la charge supplémentaire est également à étudier, si ces câbles sont accrochés au pont.

Mur de soutènement ou paroi anti-bruit

L'espace disponible pour les câbles quand un mur ou une paroi longe une route ou une voie ferroviaire est encore plus limité, le potentiel d'utilisation devient ainsi très faible. Néanmoins, l'implémentation d'un bloc de câbles n'est pas exclue, quand il s'agit d'une nouvelle construction. Quand il est question de seulement croiser l'ouvrage, un forage dirigé (micro-tunnelier ou galerie technique) est envisageable, même en cas d'ouvrage existant. La stabilité de l'ouvrage ne doit cependant pas être influencée.

Zone urbaine

Câbles

La mise en parallèle est également difficile ou impossible à réaliser, quand les conditions spatiales ne sont pas suffisantes. Cependant, l'emplacement de blocs de câbles sous la chaussée en bord de route reste possible en zone urbaine. L'accès aux chambres de tirage pourrait se faire depuis l'extérieur, si le réseau routier urbain le permet. Toutefois, la dimension des chambres en plus du respect de l'ORNI (voir chapitre 2.3.5) sont les obstacles majeurs dans une réalisation en zone urbaine.

Ligne aérienne

De par son grand champ magnétique (voir également l'annexe B) et son fort impact visuel, la variante aérienne est difficile voir impossible à implémenter dans des zones urbaines. Bien que le champ magnétique puisse être fortement réduit par des mesures techniques *[III]*, l'espace disponible n'est souvent pas suffisant pour garantir le respect de l'ORNI. Cette solution devrait donc uniquement être examinée quand le câblage est impossible.

En ce qui concerne la voie ferroviaire, le respect de l'ORNI s'avère encore plus difficile, tant pour les lignes aériennes que pour les câbles, dû aux distances plus faibles des voies CFF par rapport aux habitations (voir chapitre 2.3.5).

2.2.3 Matrice des enjeux technico-constructifs

Obstacles par entité	N°	OFROU - ASTRA	OFT - BAV, CFF- SBB	OFEN - BFE, ESTI, Swissgrid
Obstacles majeurs	1.1	Intervention sur l'emprise routière (perturbation du réseau qui est déjà à ses limites) → chambres NE1 et accès depuis l'extérieur des clôtures	Problématique de la résonance sur le réseau 132 kV en cas de mise en câble des lignes du courant de traction	Sécurité pour l'autre infrastructure (p. ex. autoroute)
	1.2	Gestion des différents ouvrages et interfaces ; conflit avec réseaux de tiers traversant et avec réseaux EES ; conflits technologiques des réseaux	Combinaison ligne aérienne CFF - câble THT dépendant de la topographie éventuellement pas possible sur même tracé	Sécurité pour le câble (p. ex. feu de voiture)
	1.3			Chambres de tirage tous les ~700-1000 m (dimensions ~15 · 2.5 · 2.8m) ; accès nécessaire pour 60 t
Obstacles importants	2.1	Espaces limités : dimensions des blocs de câbles NE1 et des chambres ainsi qu'interaction entre les blocs NE1 et d'autres réseaux	Influences mécaniques entre différentes infrastructures si petite distance (vibrations, pression etc. par trains)	Disponibilité des ouvrages (construction et entretien)
	2.2			Influence mutuelle
	2.3			Mesures de protection additionnelles
Obstacles secondaires	3.1	Courants vagabonds, corrosion		Avoir recours à des règles d'ingénierie neutre technologiquement pour une occupation efficace à long terme
	3.2	Intégration des réseaux tiers dans le profil normal		Séparation complexe des systèmes
	3.3			Prise en compte de futures conduites transversales sous la chaussée

Conclusion :

L'utilisation multifonctionnelle des infrastructures est techniquement faisable, en particulier pour les routes nationales. Il en résulte cependant un degré de complexité et des mesures de protection mutuelle accrus. Une planification détaillée pour prendre en compte les futurs aménagements ou ajouts d'autres réseaux souterrains liés aux routes ou voies ferroviaires serait ainsi nécessaire. S'y additionne la nécessité d'intégrer des chambres de tirage tous les 700 à 1000 m demandant plus d'espace et nécessitant des chemins d'accès pour véhicules lourds de transport et de manutention (60 t). Un accès systématique par l'extérieur de l'emprise autoroutière (comme exigé par l'OFROU) afin de garantir une disponibilité maximale de la route nationale semble – sous ces conditions – disproportionné.

La discussion sur l'emplacement des câbles dans l'emprise de la route nationale a fait ressortir une forte divergence entre Swissgrid et l'OFROU. Cette divergence n'est pas tant due aux défis techniques, qui

semblent surmontables, mais provient surtout des réserves pour l'exploitation ou les aménagements futurs (voir chapitre 2.5).

Les critères mentionnés ci-dessus ont également une grande influence sur les coûts d'un tel projet. Si cette volonté d'une utilisation multifonctionnelle est confirmée, une pesée d'intérêts politiques par rapport aux priorités des différents réseaux doit être entreprise.

Obstacles :

Les obstacles à l'utilisation multifonctionnelle sont très forts pour les infrastructures existantes et moindres pour les nouvelles constructions. Premièrement, il se pose la question de la place disponible, ce qui est difficile à gérer pour des infrastructures existantes. Dans le cas d'une infrastructure existante, la perturbation du réseau routier ou ferroviaire en phase de construction est un des obstacles majeurs. Lors d'une mise en parallèle et d'accès en dehors des réseaux existants, les perturbations peuvent être évitées. Cependant, les pistes d'accès aux chambres de tirage devraient dans tous les cas être spécifiquement aménagées, engendrant des coûts importants et des conflits d'espaces, ainsi que des problèmes dans les zones protégées[5].

L'intégration de réseaux de tiers dans le profil normal est limitée par les réseaux existants appartenant à la route nationale elle-même (électromécanique, évacuation des eaux, etc. ; *[II]*) et d'autres réseaux tiers traversant ou longeant le tracé routier en souterrain.

Le placement des chambres de tirage tous les 700 à 1000 m et l'accès à celles-ci représentent dans tous les cas un défi majeur.

Chances :

L'utilisation commune des infrastructures de base lors de nouvelles constructions est vue comme une chance *[IV].* De plus, le désenclavement des zones difficiles d'accès pourrait être effectué de manière commune et coordonnée.

Potentiel[6] :

Élevé pour les constructions nouvelles, **moyen** pour les rénovations totales ou aménagements importants, **très faible** pour les infrastructures existantes.

[5] Par zones protégées on entend toutes les zones qui sont protégées au niveau fédéral par une législation spécifique.
[6] Remarque : C'est ici que les divergences entre Swissgrid et l'OFROU sont les plus grandes. En effet, Swissgrid propose de conclure sur un meilleur potentiel technique qu'évalué ici, alors que l'OFROU propose un potentiel plus faible pour les rénovations totales ou aménagements.

2.3 Aspects géographiques

Le chapitre des enjeux géographiques traite d'abord brièvement des particularités des réseaux existants (routes nationales, voies ferroviaires et réseau électrique NE1). Ensuite, les projets de construction ou de rénovation jusqu'en 2050 des différents réseaux sont synthétisés. Finalement, les obstacles identifiés lors des workshops (voir chapitre 1.4) sont discutés et résumés sous forme de tableau.

2.3.1 Réseau des routes nationales

Le réseau des routes nationales consiste en ~1800 km de routes (unidirectionnel ; OFROU Route et trafic, 2015), la majeure partie étant située sur le plateau. Il appartient à la Confédération et est géré par l'Office fédéral des routes (OFROU)[7].

Outre les délimitations des parcelles et des alignements (décrits au chapitre 2.2.2), un troisième facteur géographique doit être pris en compte : le périmètre d'entretien des routes nationales « UHPeri » (Unterhalts-perimeter) *[II]*. Ce dernier est la base pour le règlement de transfert de propriété ainsi que pour la délimitation de l'entretien courant et du gros entretien. Tout projet touchant aux routes nationales doit ainsi inclure cette délimitation.

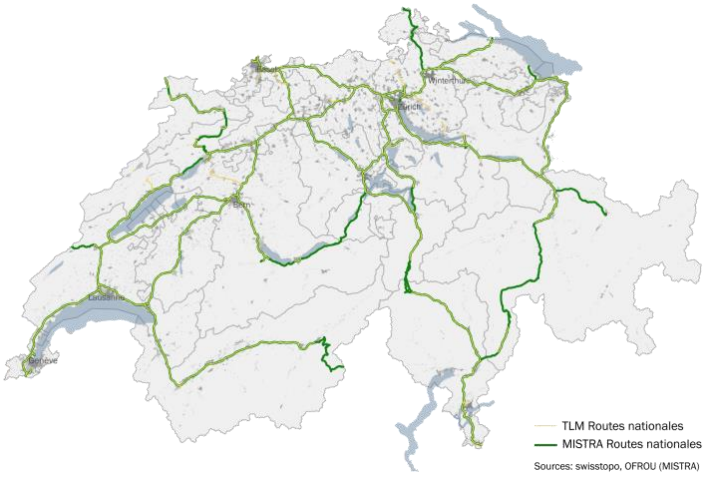


Figure 14: Réseau des routes nationales (2015)

L'analyse des ouvrages permet d'estimer le nombre de kilomètres qui devraient être effectués sous des conditions plus difficiles (Tableau 1). Avec les données Mistra, il a également été possible d'estimer le nombre de routes d'accès et d'entrées, ce qui indique le nombre d'interruptions attendues sur le tracé d'un bloc de câbles en cas de mise en parallèle. De plus, chaque ouvrage d'art implique deux interfaces nécessitant une transition spécifique (voir Figure 15). Il est à noter que ces estimations n'incluent pas tous les types d'ouvrages (p. ex. murs de soutènement, murs et parois anti-bruit) pouvant représenter des obstacles importants.

[7] Les autoroutes cantonales (p. ex. Berne-Bienne ou dans l'Oberland Zurichois) ne sont pas traitées ici, mais sont, à priori, de même nature que les routes nationales. Les conclusions relatives à ces dernières restent donc valables également pour les autoroutes cantonales.

Tableau 1: Caractéristiques du réseau existant des routes nationales (issu des données cartographiques swisstopo MTP et Mistra, OFROU)

Ouvrages d'art	km	%
Total	*~1800*	*100*
Aucun	1458	81
Ponts	144	8
Ponts avec galerie	0.36	0.02
Galeries	10.8	0.6
Tunnels	198	11
Passages inférieurs	1.8	0.1

Routes d'accès	Nombre
Accès[8]	435
Entrée[9]	1382

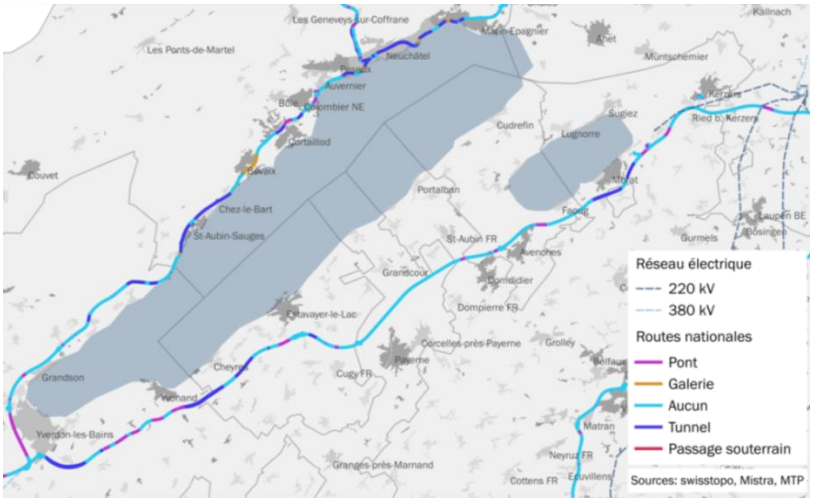


Figure 15: Exemple de l'hétérogénéité de la typologie des routes nationales autour du lac de Neuchâtel (données cartographiques swisstopo MTP, Mistra).

A chaque interface de tracé « normal » avec un ouvrage, les exigences d'espace pour un système de câbles changeraient (p. ex. il y a plus de 100 interfaces unidirectionnelles sur la rive nord-ouest du lac de Neuchâtel, Figure 15). Bien que faible en kilomètres totaux, ces ouvrages ont un impact négatif sur le potentiel de l'utilisation des tracés des routes nationales. En outre, les zones urbaines s'avèrent être particulièrement compliquées pour une utilisation multifonctionnelle (chapitre 2.1.5).

Projets de construction et d'assainissement jusqu'en 2025

Le réseau des routes nationales est presque achevé, à l'exception de l'A9 Viège – Sierre et quelques autres tronçons plus courts. Néanmoins, plusieurs aménagements ou réfections importants sont prévus. En raison de leur nombre, ce chapitre ne traite que quelques exemples choisis de projets autoroutiers présentant un potentiel pour une utilisation multifonctionnelle. Étant partiellement déjà en construction, ces projets montrent des cas concrets, où une implémentation simultanée d'un bloc de câbles (ou d'une galerie de câbles) pourrait ou aurait pu être réalisée.

[8] Accès : Voie d'accès permettant la liaison entre les entrées/sorties de routes à grand débit et les routes principales. Les voies circulation ne sont pas à direction séparée.
[9] Entrée : Voie de circulation à direction séparée allant dans un seul sens, permettant l'entrée (ou la sortie) sur les autoroutes et semi-autoroutes.

Tableau 2: Sélection d'exemples de travaux autoroutiers actuels et futurs (selon OFROU (www.astra.admin.ch), Planification de l'entretien)

Travaux	Projet	Période	Possibilités d'utilisation multifonctionnelle
Tunnels, galeries de sécurité	A8 Tunnels	2014/2021	Lors des constructions de galeries de sécurité, prévoir les emplacements des blocs de câbles et chambres de tirage
	A8 Tunnel Sachseln	2014/2019	
	A4 Galgenbrucktunnel	2013/20XX	
	A13 Viamala	2014/2017	
Elargissements	A6 RBAU Wankdorf-Muri	2017/2018	Prévoir les galeries ou blocs de câbles à la limite de la chaussée, ainsi que les chambres de tirage en dehors celle-ci
	A1 Luterbach-Härkingen à 6 voies	XX	
Assainissements	A6 Rubigen-Thun-Spiez	2013/2024	Prévoir les galeries ou blocs de câbles à la limite de la chaussée, ainsi que les chambres de tirage en dehors celle-ci
	A2P Schöllenen	2014/2019	
Nouvelles constructions	A9 Visp-Siders	2009/202X	Prévoir les galeries ou blocs de câbles à la limite de la chaussée, ainsi que les chambres de tirage en dehors de celle-ci
	A16 Transjurane	2005/2016	

Il est à noter que dans le cadre du projet « Leitungszug Waldegg-Wollishofen » (objet 700 du PSE ; OFEN, 2015), un bloc de câbles est prévu sous la chaussée de l'Üetlibergtunnel (voir chapitre 3.2.1).

Conclusion :

Des nouvelles constructions, des gros travaux d'entretien (UPlaNS), ainsi que des aménagements importants sont prévus régulièrement sur l'ensemble du réseau des routes nationales (OFROU, Planification de l'entretien). Il est recommandé de considérer l'utilisation multifonctionnelle « au bon moment » de la planification afin d'en déterminer spécifiquement le potentiel pour chaque tronçon.

2.3.2 Réseau ferroviaire

Le réseau ferroviaire consiste en ~3800 kilomètres de voies normales (écartement 1.435 m), en comptant uniquement une direction. Les parcelles qui comprennent les voies ferroviaires appartiennent aux exploitants privés des chemins de fer, soit pour la majorité aux CFF (Chemins de Fer Fédéraux suisses).

Tableau 3: Caractéristiques du réseau ferroviaire existant – voies normales (issu des données cartographique MTP, OFT)

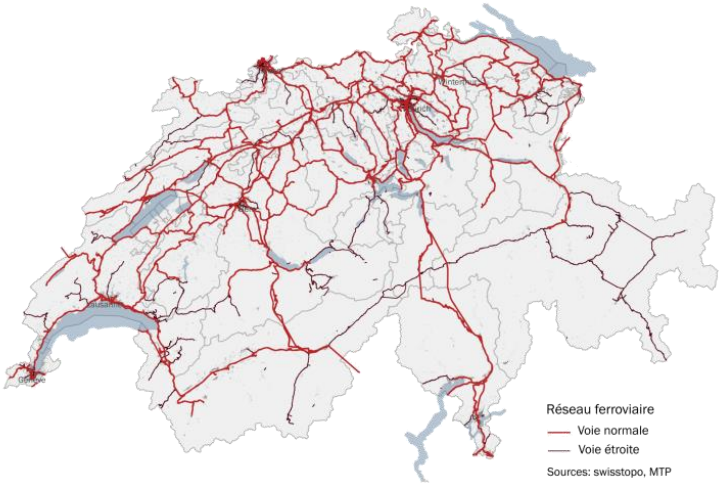


Figure 16: Réseau ferroviaire (2015)

Ouvrage		km	%
Total		*~3800*	*100*
Aucun		3306	87
Ponts		91	2.4
Ponts avec galerie		0.076	0.002
Galeries		1.9	0.05
Tunnels		380	10
Passages inférieurs		3.8	0.1

Seules les voies ferroviaires normales sont prises en compte, les voies étroites n'étant pas considérées dans ce rapport. Comme pour les routes nationales, l'hétérogénéité du réseau et le nombre d'interfaces présentent un obstacle important à une utilisation multifonctionnelle. La mise en parallèle pourrait réduire le nombre d'interfaces en contournant certains ouvrages, mais causerait de plus grands problèmes lors des traversées de localités (chapitre 2.3.5).

Projets de construction et d'assainissement jusqu'en 2025

Le réseau ferroviaire ne verra plus de changements considérables au niveau des tracés, mais des extensions de tracés existants sont prévues. Ces dernières découlent de l'augmentation des utilisateurs sur certains tronçons (Lausanne – Genève/Yverdon, Zürich – Basel – Bern, agglomération zurichoise, Winterthur – St-Gall) (OFT, 2014). La construction de nouvelles transversales à travers les Alpes ou autres obstacles majeurs (tunnel de base du Saint-Gothard, du Ceneri, du Lötschberg et du Zimmerberg *[III]* dans lesquels des emplacements de câbles ont été prévus) doit être vue comme une opportunité pour une utilisation multifonctionnelle. Une telle solution est aussi envisageable dans un éventuel futur tunnel du Grimsel (voir chapitre 3.2.1).

Tout comme pour les routes nationales, l'entretien planifié de voies existantes est également à prendre en compte.

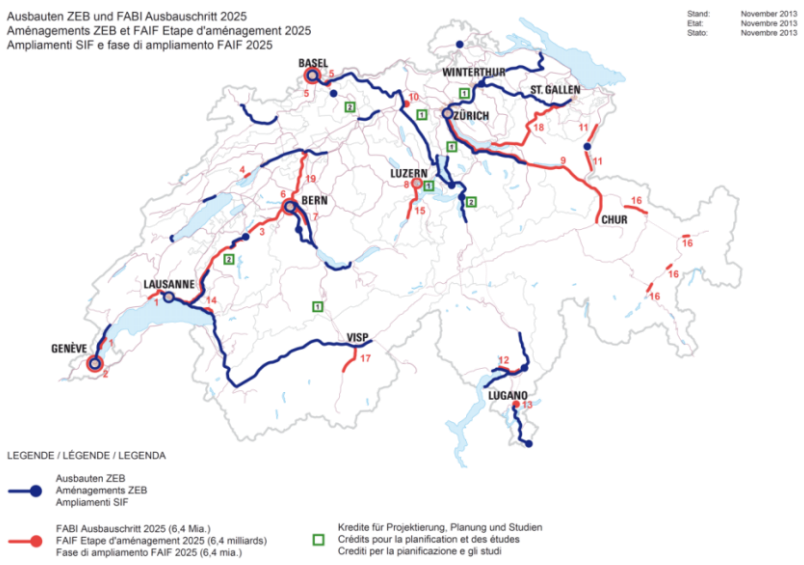


Figure 17 : Expansions ZEB (développement de l'infrastructure ferroviaire) et FAIF (financement et aménagement de l'infrastructure ferroviaire (FABI en all.)) (OFT, 2013)

Conclusion :

Vu le faible nombre de nouveaux projets, une utilisation multifonctionnelle des infrastructures ferroviaires devrait s'inscrire dans un réseau quasiment achevé ou sur les quelques tracés en expansion. Cependant, la construction de nouveaux ouvrages de franchissement importants (p. ex. sous les Alpes) représente une grande opportunité pour une utilisation multifonctionnelle.

2.3.3 Réseau électrique des lignes à très haute tension

Le réseau électrique à très haute tension (220 & 380 kV) est géré par Swissgrid. Le réseau de transport suisse NE1 mesure 3500 kilomètres de tracés (6700 kilomètres de phases), indiqué par la longueur des conducteurs, dont seulement 5 km sont actuellement sous terre (SG-DETEC, 2010 ; Swissgrid, 2014). Depuis quelques temps, cette solution revient souvent sur la table car la variante de tronçons souterrains est de plus en plus demandée par la population[10].

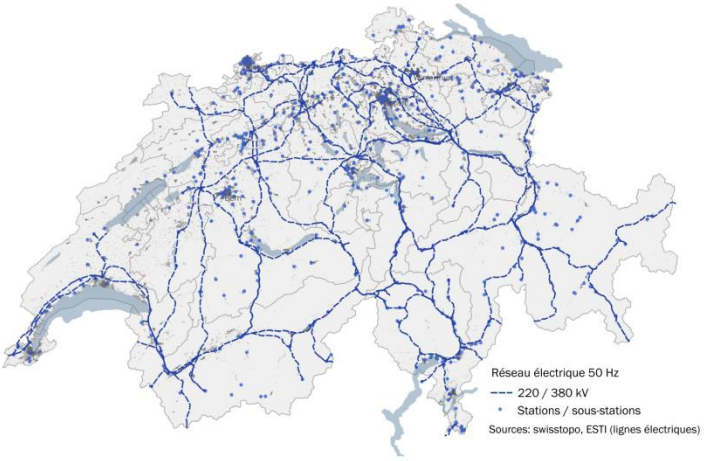


Figure 18 : Réseau électrique 220/380 kV (données 2011, ESTI)

Projets de construction et d'assainissement jusqu'en 2025

Les projets d'extension du réseau électrique consistent majoritairement en des remplacements de lignes afin d'augmenter le niveau de tension sur des tracés existants. Le réseau en soi ne verra plus de grands changements. Selon le Rapport sur le réseau stratégique 2025 (Swissgrid, 2015), 370 km de nouvelles constructions de lignes sur des nouveaux tracés sont encore prévus (extension du réseau), comparé à 193 km d'augmentation de tension de 220 à 380 kV sur des lignes dimensionnées et approuvées (optimisation du réseau) et 87 km de remplacement de lignes existantes pour l'augmentation de la tension de 220 à 380 kV (renforcement du réseau) (Figure 19 ; Swissgrid, 2015).

[10] Voir également l'association HTST (Haute tension sous terre, www.hsub.ch)

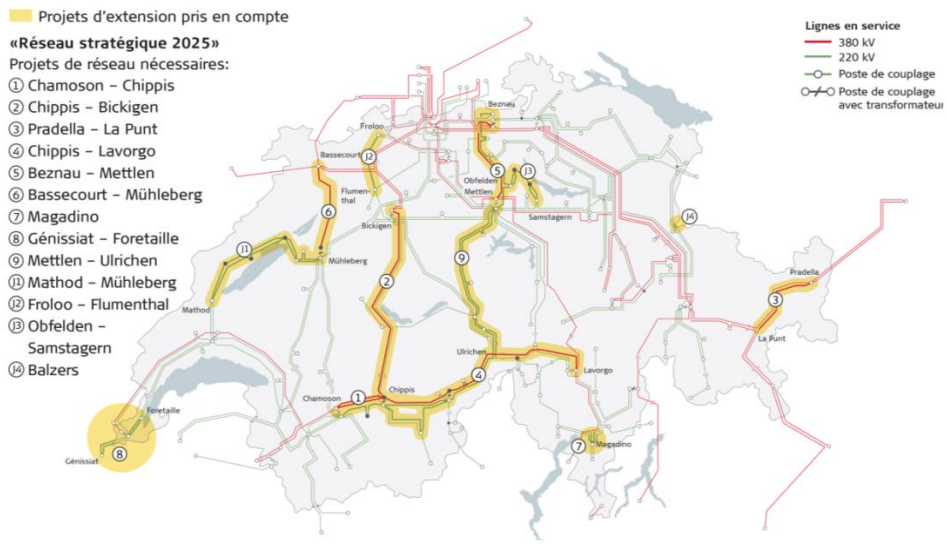


Figure 19: « Réseau stratégique 2025 », en jaune les projets d'extension (Swissgrid, 2015)

Conclusion :

La mise en souterrain de câbles à très haute tension est pour l'instant exceptionnelle en Suisse, la quasi-totalité du réseau consistant en lignes aériennes. Le réseau est presque achevé, laissant dans le futur surtout les projets de remplacements ou d'augmentation de capacité comme possibilités d'une utilisation multifonctionnelle.

Définis par les emplacements des sous-stations, des centrales de production et de distribution ou des lieux de consommation, les points de départ et d'arrivée d'une ligne constituent un obstacle, car ils ne se situent souvent pas à proximité ou le long des routes nationales ou des voies de chemin de fer.

2.3.4 Réseau électrique à des niveaux de tension plus bas

Les lignes électriques à plus basse tension (la distribution suprarégionale de 50 à 150kV et le transport du courant de traction CFF à 132 kV (fréquence de 16.7 Hz)) ne sont pas traitées spécifiquement dans ce rapport. Trois points doivent cependant être mentionnés :

1) Plus le niveau de tension est bas, moins il y a d'obstacles à une utilisation multifonctionnelle des infrastructures linéaires. En effet, le besoin en espace pour les blocs de câbles ou mâts est plus petit, les champs magnétiques sont moins forts et les travaux de construction ou en cas de panne sont de plus petite envergure. Ceci dit, le concept détaillé de la Stratégie énergétique 2050 prévoit la mise en souterrain de lignes électriques pour les tensions de 110 kV et plus basses (Conseil fédéral, 2013 ; Conseil fédéral, 2016). Dès lors, l'effort nécessaire à la mise en parallèle ou l'utilisation multifonctionnelle est plus faible que pour le réseau à très haute tension. Néanmoins, le potentiel d'amélioration est également plus faible. L'impact visuel et sur le morcellement du paysage qu'ont ces lignes à moyenne ou à haute tension est considérablement plus faible, que celui des lignes aériennes à très haute tension.

2) Le schéma d'évaluation des projets de lignes électriques contient un critère de combinaison de plusieurs niveaux de tension (voir chapitre 3.1.1). La mise en parallèle de différents réseaux électriques entre eux fait déjà partie des pratiques habituelles.

3) Les CFF sont propriétaire de plus de 1800 kilomètres de lignes de transport. Une tension de 132kV (16.7 Hertz) est utilisée pour le réseau de transport de l'énergie de traction. En raison de la problématique de la résonance, il n'est quasiment plus possible de mettre les lignes de transport en souterrain (Aeberhard et al., 2012). Dans le cadre de plusieurs projets, la combinaison de lignes à très haute tension avec des lignes de transport CFF sur les mêmes pylônes a été étudiée et réalisée. Quand l'utilisation multifonctionnelle ou la mise en parallèle du réseau à très haute tension avec le réseau routier ou ferroviaire n'est pas faisable, une combinaison aérienne CFF / NE1 devrait être analysée (voir également 5.1.1).

2.3.5 Zones urbaines

Une difficulté commune à la multifonctionnalité est la traversée de localités. Le fort développement des zones urbaines de ces dernières décennies à conduit à ce que les zones préalablement dédiées exclusivement aux infrastructures (routières, ferroviaires, électriques, etc.) se retrouvent aujourd'hui entourées de zones d'habitations. À cette évolution s'est ajoutée l'entrée en vigueur de l'Ordonnance sur la protection contre le rayonnement non ionisant (ORNI) le 1er février 2000 qui n'est pas rétroactive. Ces « nouvelles » contraintes compliquent cependant toute modification du réseau électrique NE1 dans l'environnement urbain.

Problématique du rayonnement non-ionisant (ORNI)

En phase d'exploitation, les lignes à très haute tension nouvelles ou modifiées doivent désormais répondre aux exigences de l'ORNI. Dans les « lieux à utilisation sensible » (LUS), la valeur efficace de la densité de flux magnétique ne doit pas dépasser la valeur limite de l'installation de 1 µT (ORNI, annexe 1).[11]

Les lieux à séjour momentané (LSM) sont des lieux accessibles aux personnes qui ne sont pas considérés comme des LUS. Dans les LSM, il ne faut que respecter la valeur limite d'immission qui est de 100 µT (ORNI, annexe 2).[12]

En considérant ces listes de lieux, il est évident, que l'ORNI est une contrainte importante dans les zones urbaines.

Exemple de conflits existants

Afin de visualiser une situation réelle suisse de forte densité urbaine et des problèmes d'espace déjà présents, le canton de Zürich a été choisi comme exemple. Les réseaux routier et ferroviaire y sont également très denses, ce qui permet de démontrer un « worst case scenario » par rapport à l'ensemble de la Suisse.

Les conflits existants autour des réseaux routier et ferroviaire en zone urbaine peuvent être analysés à l'aide d'un système d'information géographique (SIG ; Figure 20). Dans ce but, une zone (un tampon) ayant la largeur de l'alignement (25 m) est définie autour des routes nationales, ainsi qu'autour des voies ferrées avec la largeur d'une ligne d'intérêt, estimée ici à 10 m. Les zones urbaines sont représentées par les zones à bâtir.

[11] Les LUS sont par exemple des locaux d'habitation, des écoles et cours d'écoles, des hôpitaux ou homes pour personnes âgées et homes médicalisés, des postes de travail permanents ou des places de jeux.
[12] Ce sont par exemple les garages et places de stationnement, les cages d'escaliers, les entrepôts, les zones agricoles, les routes et trottoirs, les jardins et les installations sportives et de loisirs.

Toutes les intersections entre les réseaux (dont les limites sont représentées par les alignements resp. les lignes d'intérêt) et les zones urbaines sont visibles sur la Figure 20. Ainsi, les tracés où l'espacement existant est déjà très limité deviennent apparents. Les tronçons de tunnels ont été exclus du calcul, les ponts et galeries ont été considérés.

Pour respecter l'ORNI par rapport aux lieux à utilisation sensible (LUS), une distance aux câbles souterrains d'enivron 6 à 10 m est nécessaire, dépendant du nombre de systèmes et de la profondeur d'enfouissement (Brakelmann & Ghaderi, 2014 ; Annexe B). Les lignes aériennes standards doivent se trouver à une distance de 55 à 70 m des LUS (voir champs magnétiques en annexe B). Les intersections entre les différentes zones (Figure 20) permettent d'estimer visuellement les zones où les délimitations du réseau routier ou ferroviaire touchent déjà aux zones d'habitation. En cas d'ajout d'une infrastructure d'électricité, le respect de l'ORNI sur ces tronçons s'avérera donc particulièrement difficile. La mise en parallèle nécessitant une plus grande surface supplémentaire que l'utilisation multifonctionnelle, elle serait encore plus difficilement réalisable, voire impossible en zones urbaines. En raison de la topographie de la Suisse et de l'espace généralement limité, l'utilisation multifonctionnelle semble plus réaliste que la mise en parallèle.

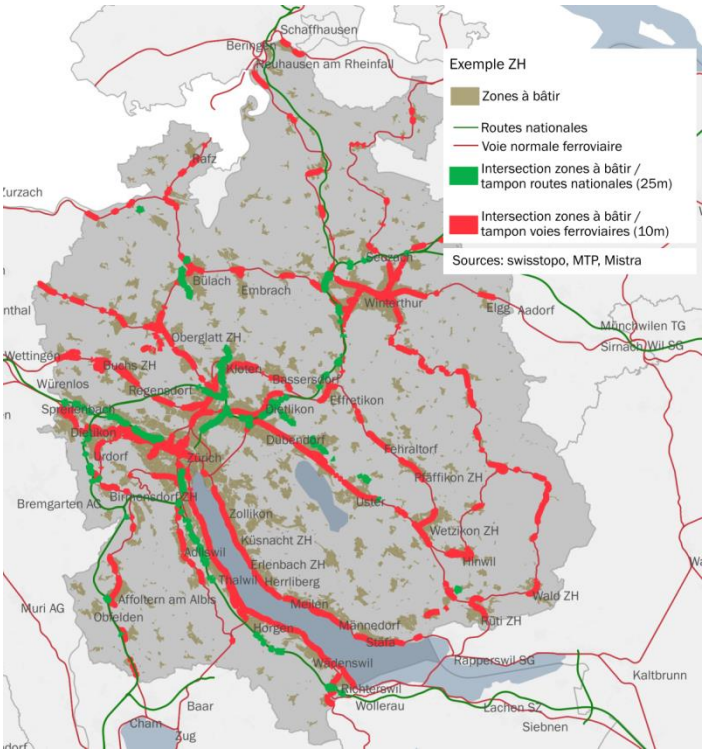


Figure 20: Exemple de la proximité des zones à bâtir et des réseaux routier et ferroviaire existants, canton de Zürich

Il est également visible que le réseau ferroviaire est plus fortement touché par cette problématique. Une grande proportion du réseau ferroviaire rencontre déjà actuellement des problèmes (voir Figure 20, exemple de Zürich). Même si le tampon (correspondant à une ligne d'intérêt ferroviaire estimée de 10 m) choisi pour l'intersection est considérablement plus petit que celui pour les routes nationales (alignement de 25 m), le nombre de conflits est plus grand. Et comme chaque gare se trouve en zone urbaine très dense, le réseau ferroviaire est en conséquence beaucoup moins adapté à une utilisation multifonctionnelle.

2.3.6 Compatibilité des tracés

La compatibilité des tracés des différents réseaux est analysée par une superposition du réseau électrique NE1 d'abord avec le réseau des routes nationales (Figure 21), puis avec le réseau ferroviaire (Figure 22). Cette première estimation est basée sur les données géo-référencées de swisstopo, de l'ESTI, de l'OFROU et de l'ARE.

Afin de déterminer les tronçons du réseau électrique qui existent déjà parallèlement aux réseaux routier et ferroviaire, une zone (tampon) de 5 km a été définie autour des routes nationales et des voies ferrées. La distance de 5 km est jugée suffisamment petite pour considérer les lignes électriques à l'intérieur de la zone comme étant parallèles au réseau respectif. En recoupant ces zones avec les lignes électriques, il peut être observé que de grandes parties du réseau électrique s'étendent déjà le long des réseaux routier et ferroviaire. Ceci est surtout le cas pour les zones présentant une topographie particulière, comme les vallées (Valais et Tessin, vallée du Rhin) ou certaines traversées nord-sud (Alpes). Les tronçons parallèles sur le plateau (est-ouest) divergent d'avantage.

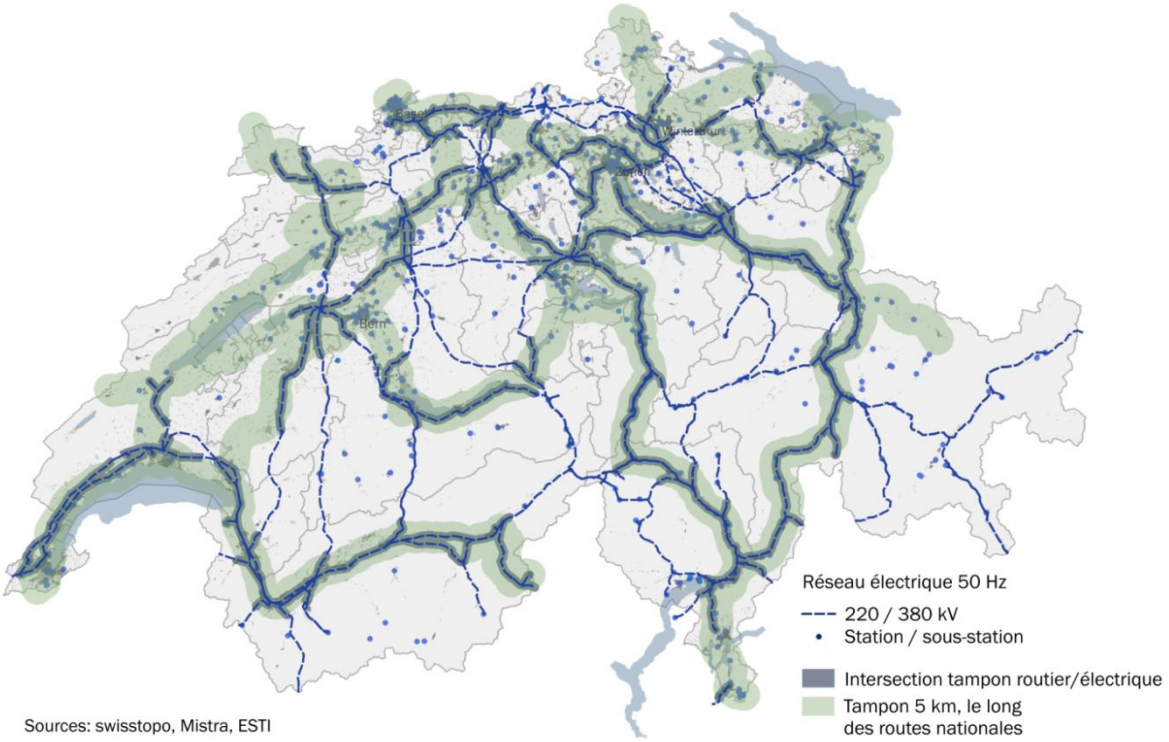


Figure 21: Intersection (bleu foncé, trait épais) des lignes du réseau électrique (bleu, pointillée) avec la zone de 5 km autour des routes nationales (zone verte)

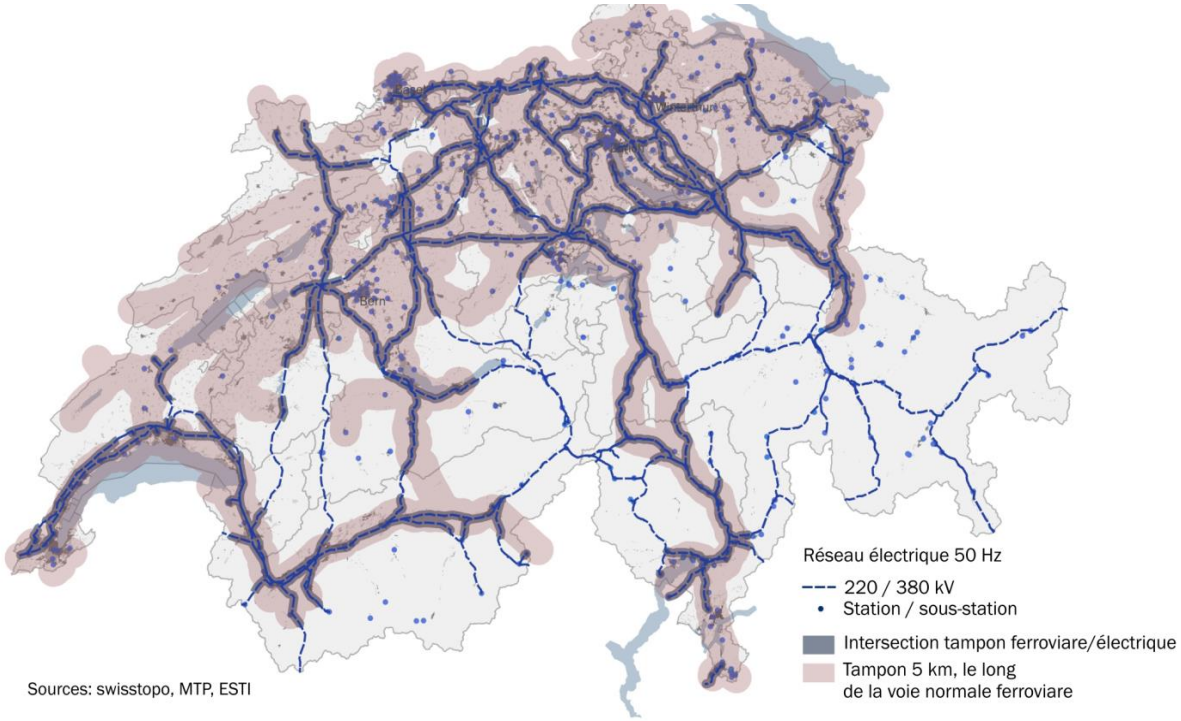


Figure 22: Intersection (bleu foncé, trait épais) des lignes du réseau électrique (bleu, pointillée) avec la zone de 5 km autour des voies ferroviaires (voies normales, zone rouge)

À noter que, sur ces représentations, seules les lignes électriques parallèles aux routes nationales ou aux voies ferrées doivent être considérées comme tronçons compatibles. Les tronçons à l'intérieur des zones de 5 km, perpendiculaires aux autres infrastructures sont certes à proximité, mais doivent logiquement être exclus.

2.3.7 Matrice des enjeux géographiques

Obstacles par entité	N°	OFROU - ASTRA	OFT - BAV, CFF- SBB	OFEN - BFE, ESTI, Swissgrid
Obstacles majeurs	1.1	Réseau quasiment achevé : solutions techniques très contraignantes	Hétérogénéité de la typologie et densité du réseau ferroviaire	Enjeux stratégiques nationaux, la volonté politique a été déficiente jusqu'à présent
	1.2	Hétérogénéité du réseau complexe	Goulets d'étranglement dans les zones urbaines, espaces pour entretien et agrandissement déjà très limités	Incompatibilité des tracés (point de départ et d'arrivée fixés par centres de production et de consommation)
	1.3			Analyse des risques par corridor nécessaire
Obstacles importants	2.1	Construction hors parcelle OFROU et dans limite d'alignement → création de servitude ou expropriation	Limitations des tracés par rapport à l'infrastructure la moins flexible	Champs magnétiques, LUS
	2.2		Desserte différente route / rail en dehors des centres urbains	Limitation des variantes

	2.3		Localisation du réseau routier/rail dans l'espace actuel ; structure existante difficile à changer	Concentration des nuisances
Obstacles secondaires	3.1	Géométrie routière (zones sinuosité, cols)		Gares sont toujours au milieu des zones urbaines
	3.2	Compatibilité du tracé RN avec tracé réseaux, potentiel limité pour les fournisseurs d'énergie		Besoins d'espace lors des traversées de zones urbaines
	3.3	Perturbation des fonctions écologiques des talus		

Conclusion :

Un positionnement général par rapport au potentiel géographique de l'utilisation multifonctionnelle n'est pas possible. Le vrai potentiel géographique d'un tronçon doit être considéré au cas par cas. Outre la compatibilité des tracés, les zones traversées (zones de protection, zones urbaines etc.) ainsi que les ouvrages existants et les espaces disponibles pour les blocs de câbles et (surtout) les chambres de tirage doivent être analysés. Le réseau ferroviaire apparait comme moins adapté à l'utilisation multifonctionnelle que le réseau des routes nationales (proximité de zones d'habitation, sensibilité des voies ferroviaires aux terrassements).

Obstacles :

Les tracés du réseau électrique doivent relier les centrales de production et les centres de distribution. L'utilisation des tronçons des réseaux routier et ferroviaire est ainsi limitée car ces réseaux ne relient pas forcément ces deux types d'infrastructures ponctuelles. L'hétérogénéité de la typologie des réseaux routier et ferroviaire est une difficulté supplémentaire. Les interfaces entre ouvrages (ponts, tunnels, galeries, murs, etc.) et le tracé normal sont nombreux, nécessitant des concepts différents et des solutions individuelles à chaque tronçon, voire à chaque interface.

La traversée de zones urbaines est également un obstacle majeur. Ces espaces déjà restreints ne permettent pas d'implémentation assurée de lignes à très haute tension dans les tronçons autoroutiers ou ferroviaires. De plus, le respect de l'ORNI doit également être assuré, ce qui peut s'avérer difficile (techniquement possible, mais avec de grandes répercussions sur les coûts).

Chances :

La compatibilité des tracés est un obstacle et une chance à la fois. Une partie non-négligeable du réseau électrique suit déjà des tracés parallèles aux routes nationales ou aux voies ferrées. Sur ces tronçons, les besoins géographiques des réseaux sont semblables ce qui facilite l'utilisation commune du même corridor. Ceci réduirait l'impact des réseaux sur le paysage, en concentrant les nuisances et l'emprise au sol (spécifiquement aux surfaces agricoles et d'assolement), un critère qui s'inscrit dans les exigences de la planification du territoire (OFEN, 2013b).

En outre, le passage commun en tunnel sous les Alpes est également une opportunité pour une utilisation multifonctionnelle.

Potentiel :

Moyen. Faible sur des tronçons non parallèles (Plateau et nord-est de la Suisse) ; plus élevé sur les tronçons parallèles (Valais et Tessin, vallée du Rhin, certaines traversées des Alpes), qui ont également un taux de traversée de zones urbaines plus faible. Pour ces régions, une nouvelle construction ou le remplacement de ligne couplé à une élévation de tension est une réelle opportunité.

2.4 Aspects organisationnels

En raison du nombre d'offices fédéraux et d'autorités fédérales concernés par une utilisation multifonctionnelle, les aspects organisationnels ont été classés parmi les plus compliqués par les participants des différents workshops. Ces aspects font cependant partie des enjeux internes, fortement liés à la structure, au fonctionnement et aux mandats des différents offices fédéraux. Les problèmes pourraient ainsi être résolus par une nouvelle définition des responsabilités imposée par le DETEC, comme p. ex. la création d'une autorité centrale de coordination (voir chapitre 5.1.2).

2.4.1 Acteurs

Pour le réseau électrique à très haute tension NE1, Swissgrid est propriétaire et exploitant alors que l'OFEN est le responsable du plan sectoriel. L'ESTI est l'autorité compétente qui assure la haute surveillance et donne les autorisations nécessaires ; en cas d'oppositions, la décision d'approbation des plans est prise par l'OFEN. Pour les routes nationales, l'OFROU cumule les fonctions d'autorité compétente pour le plan sectoriel, de propriétaire et d'exploitant. Pour le réseau ferroviaire national, les CFF (ainsi que d'autres entreprises) sont propriétaires et exploitants alors que l'OFT est l'autorité compétente pour le plan sectoriel.

Le schéma illustratif ci-dessous montre l'important nombre d'acteurs impliqués et la complexité que cela génère. Les services fédéraux compétents élaborent les conceptions et les plans sectoriels, leurs adaptations et les études de base nécessaires en étroite collaboration avec l'ARE (Art. 17 Ordonnance sur l'aménagement du territoire, OAT).

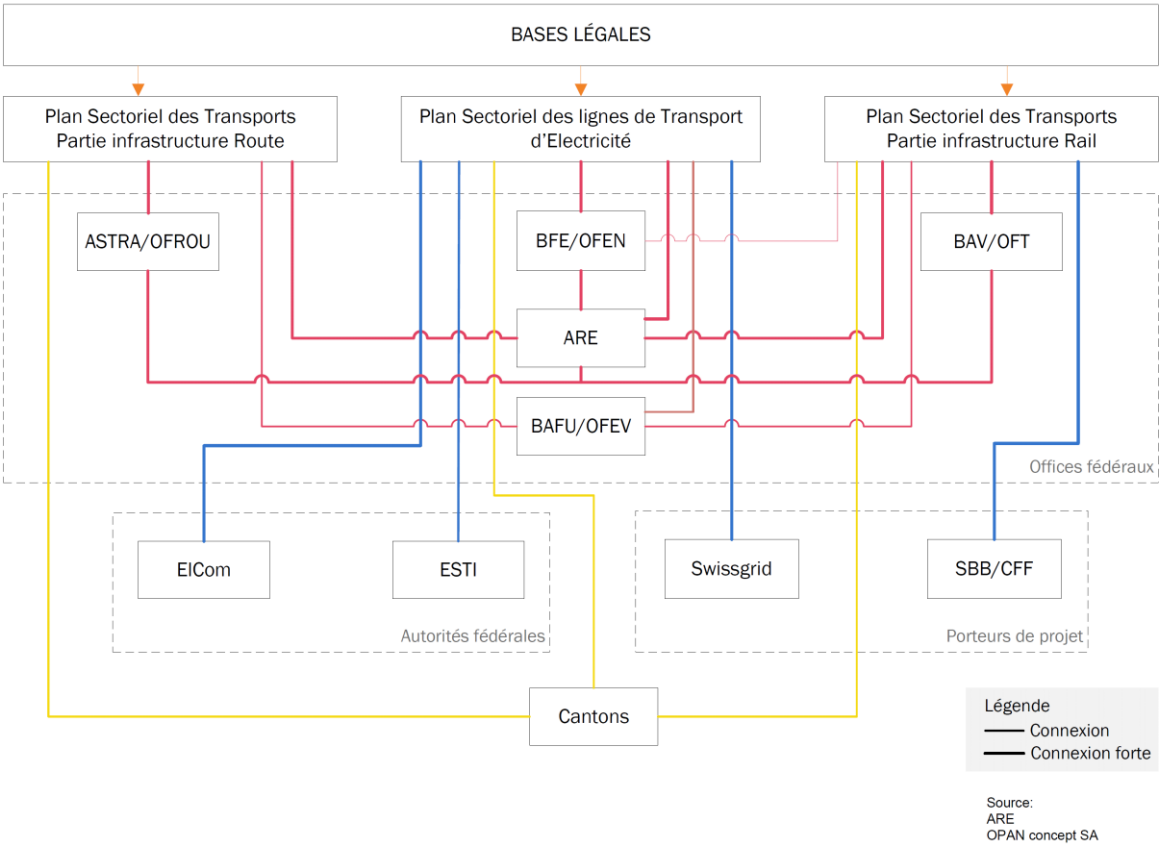


Figure 23 : Schéma illustratif des acteurs impliqués dans les infrastructures multifonctionnelles

L'OFEN, en collaboration avec l'ARE, est responsable de l'établissement du plan sectoriel des lignes de transport d'électricité (PSE). Celui-ci est le « principal instrument de planification et de coordination de la Confédération pour la construction et l'extension des lignes à haute tension » (220/380 kV) (OFEN, 2015a). Pour chaque objet du PSE, un groupe d'accompagnement spécifique au projet est créé, composé de représentants de l'ARE, de l'OFEV, d'autres offices fédéraux (en fonction des situations), de l'ElCom, de l'ESTI, de chaque canton concerné, des organisations nationales de protection de l'environnement et des initiateurs du projet (art. 1c al. 1, Ordonnance sur la procédure d'approbation des plans des installations électriques, OPIE).

Les trois réseaux (électrique, routier et ferroviaire) ont des cycles de vie (investissement, renouvellement) différents, subissent des changements technologiques différents et n'ont pas les mêmes horizons de planification. C'est pourquoi, une collaboration entre les responsables de la planification des différents réseaux augmenterait les chances d'une utilisation multifonctionnelle de ces réseaux.

2.4.2 Outils existants

Les plans sectoriels de la Confédération ont été créés pour disposer d'un instrument de planification afin de « coordonner entre elles ses activités à incidences territoriales et de les harmoniser avec les efforts déployés par les cantons »[13]. Ces plans sont en cours de conception ou dans certains cas, déjà appliqués. Cet instrument existant semble – quand utilisé de manière adéquate – très puissant. L'outil pourrait représenter le cadre idéal pour l'analyse de la faisabilité d'une utilisation multifonctionnelle ou mise en parallèle au cas par cas, en coordonnant entre eux les plans sectoriels des différents domaines.

Tableau 4 : Plans sectoriels fédéraux

Domaine	Plan	Abréviation	Autorité compétente	Version
Planification des transports	Plan sectoriel des transports, partie programme	PST	ARE	2006
Planification des transports	Plan sectoriel des transports, partie Infrastructure route	SIN	OFROU	En cours d'élaboration
Planification des transports	Plan sectoriel des transports, partie Infrastructure rail	SIS	OFT	2012 (actualisé 2015)
Planification des infrastructures	Plan sectoriel des lignes de transport d'électricité	PSE	OFEN	2009
Paysage	Conception paysage suisse	CPS	OFEV	2012

Les synergies possibles de planification entre les différents offices fédéraux et les exploitants des réseaux électriques impliqués dans l'établissement des plans sectoriels sont à examiner[14].

[13] http://www.are.admin.ch/sachplan/index.html?lang=fr
[14] Aperçu visuel : https://map.geo.admin.ch/?Y=653400.00&X=229284.00&zoom=3&bgLayer=ch.swisstopo.pixelkarte-grau&lang=fr&topic=sachplan&catalogNodes=419,420,421,426,427,430,1245,1654,424,418&layers=ch.bav.sachplan-infrastruktur-schiene_kraft

2.4.3 Planification et coordination temporelle

Chacune des infrastructures multifonctionnelles a ses propres contraintes temporelles liées aux autorisations, aux mises à l'enquête, aux acquisitions de terrain ou encore aux phases de projets qui peuvent différer. Il est ainsi probable que la planification et la durée jusqu'à la réalisation seront prolongées pour des infrastructures multifonctionnelles.

Les horizons de planification des réseaux diffèrent également. En effet, le programme de développement stratégique de l'infrastructure (PRODES) des routes nationales (via le FORTA[15]) prévoit la suppression des goulets d'étranglement par deux étapes (2030 et 2040). Le PRODES du réseau ferroviaire (via le FAIF[16]) prévoit des étapes détaillées jusqu'en 2030 et un programme provisoire jusqu'en 2040. La stratégie du réseau de Swissgrid (NE1), quant à elle, s'étend de manière détaillée jusqu'en 2025 et provisoirement jusqu'à 2035.

Concernant la durée de vie des infrastructures, le revêtement d'une route nationale est changé tous les 15 ans environ, alors que le renouvellement des voies ferroviaires se fait approximativement tous les 33 à 37 ans (SRF, 2014). Les câbles électriques ont une durée de vie estimée d'environ 40 ans (actuellement les premiers câbles de type XLPE[17] atteignent cet âge) et les lignes aériennes d'environ 80 ans (Swissgrid *[IV]*).

En vue des nombreux paramètres inconnus, une planification à plus long terme est difficile à réaliser. Seules les durées de vie des différentes infrastructures peuvent être déterminées. Le développement démographique et l'urbanisation, la pénurie de ressources fossiles et l'évolution technologique par contre ne montrent pas de tendances claires (Roduner & Sieber, 2012). Il n'est ainsi pas prévisible dans quelle mesure les infrastructures existantes seront renouvelées, agrandies ou abandonnées à long terme.

Les décalages temporels (durée de planification, différentes durées de vie, cycles d'entretien) paraissent être un des plus grands problèmes organisationnels (*[II], [III], [IV]*). Il a cependant été remarqué que les conflits de coordination seraient grands, surtout dans la première phase d'une collaboration. Avec l'expérience, ces difficultés pourraient se réduire fortement *[IV]*.

Afin de surmonter les différences temporelles, la mise en place de blocs de câbles « anticipés » pourrait être envisagée, au fur et à mesure de l'avancement des gros travaux d'entretien. Cette mesure nécessite néanmoins des analyses détaillées des besoins futurs des différents réseaux, ce qui n'est – à cause des insécurités mentionnées – pas toujours réalisable.

2.4.4 Coordination d'exploitation et d'entretien

Figure 24 : Planification de l'entretien (www.astra.admin.ch)

Les enjeux organisationnels ne concernent pas uniquement des questions d'avant-projet (ici surtout compris comme la définition de corridors et de l'horizon temporel des travaux). Des obstacles majeurs sont également identifiés dans la coordination de l'exploitation (compétences et responsabilités en cas d'évènement ou d'accident) et de travaux d'entretien ou d'aménagement.

[15] Fonds pour les routes nationales et le trafic d'agglomération (OFROU, FORTA, 2016)
[16] Financement et aménagement de l'infrastructure ferroviaire (OFT, FAIF, 2014c)
[17] XLPE: Câbles ayant une isolation polyéthylène réticulé, voir chapitres 2.1.1 et 2.5.2

Le bon fonctionnement des routes nationales est un intérêt primordial pour la Confédération. Les embouteillages fréquents ont des conséquences sur le réseau routier secondaire, y compris les transports publics, et des effets négatifs sur les agglomérations (bruit, pollution atmosphérique, etc.) (Conseil fédéral, 2009). Les travaux de réfection totale de tronçons autoroutiers sont ainsi soumis à des conditions strictes par rapport à la durée des travaux, aux perturbations du trafic mais aussi aux coûts de construction et à la sécurité (OFROU, Planification de l'entretien, astra.admin.ch). Les projets de maintenance ne dépassent pas 5 km. La distance entre deux chantiers doit être d'au moins 30 km (Figure 24) et au minimum 15 ans doivent séparer des travaux avec impact sur le trafic sur le même tronçon.

En cas d'implémentation de câbles NE1 lors de gros travaux d'entretien, ces conditions devraient être respectées

Ces conditions ne permettent pas d'implémentation continue de câbles dans le périmètre des routes nationales, sauf dans le cas de nouvelles constructions.

2.4.5 Matrice des enjeux organisationnels

Obstacles par entité	N°	OFROU - ASTRA	OFT - BAV, CFF- SBB	OFEN - BFE, ESTI, Swissgrid
Obstacles majeurs	1.1	Maîtrise des réseaux : compétences et responsabilités en cas d'évènement, d'accident	Prolongation de la durée jusqu'à réalisation par 10-15 ans dépendant de l'envergure du projet	Organisation de planification, de construction et d'exploitation plus compliquée
	1.2	Coordination des enjeux (projet, travaux, exploitation, entretien) ; manque de connaissances de tous les scénarios possibles sur l'entier des cycles de vie des deux systèmes, y compris changements technologiques		Cycles de planification, de maintenance et d'entretien différents ; durées de vie différentes
Obstacles importants	2.1	Plusieurs propriétaires et intervenants	Nécessité de coordination élevée et multiplication des intersections ; cycles d'investissement et de renouvellement différents	Détermination prématurée du potentiel de mise en commun lors de la planification
	2.2	Pilotage et responsabilités	Moins d'acceptation dans la population	Accès pour construction, entretien, dépannage doit toujours être possible à court terme
	2.3	Répartition organisationnelle différentielle avec les filiales		Coordination accrue lors de la construction et de l'exploitation, entre les différents utilisateurs d'une même infrastructure
Obstacles secondaires	3.1	Standards et méthodes différents		
	3.2	Compétences des tiers par rapport à la technique routière		
	3.3	Communication		
	3.4	Critères de sélection des corridors possiblement différents		

Conclusion :

Les enjeux organisationnels posent de grandes contraintes à une utilisation multifonctionnelle et, de manière légèrement atténuée, à une mise en parallèle. D'une part, les différentes méthodes et réglementations issues du fonctionnement des offices fédéraux impliqués représentent des exigences et compétences (métiers) différentes et des interfaces complexes à gérer. D'autre part, les contraintes temporelles posées par les différents réseaux (avancements des technologies variables, différents cycles d'entretien et de renouvellement) sont plus difficiles à surmonter.

Du point de vue du postulat et des offices des infrastructures de transport, le réseau électrique devrait se subordonner *[III]*. Mais, l'inverse pourrait aussi être envisagé en cas de projet de ligne NE1 *[IV]*. En outre, en cas d'utilisation multifonctionnelle, les priorités nationales devront être définies entre la sécurité d'approvisionnement et la stabilité du réseau électrique (empêchement d'un black-out / en cas de défaillance ou d'accident) et une fermeture partielle ou totale provisoire d'un tronçon de route nationale.

Obstacles :

La gestion des responsabilités est un obstacle organisationnel majeur, tant pour la planification et la construction (plusieurs propriétaires, différentes autorités) que pour l'exploitation (en cas d'incidents). Les différences temporelles au niveau de la planification, des cycles d'entretien et de renouvellement ajoutent une complexité supplémentaire.

De plus, il est probable que, à cause de la multitude d'acteurs impliqués, la procédure d'autorisation pour une infrastructure multifonctionnelle soit plus longue que pour les réseaux de transport individuels.

L'utilisation de standards et méthodes différents parmi les divers acteurs est vue comme un obstacle secondaire. Il en va de même pour la communication nécessaire entre les différents domaines *[II]*.

Chances :

Les chances organisationnelles comportent l'établissement de recommandations claires qui permettront de déterminer quand et quelles installations pourraient être combinées, et sous quelles conditions *[IV]*. L'établissement de plans sectoriels contraignants et utilisables comme base de planification par les différents acteurs impliqués, est également vu comme une chance.

La procédure d'autorisation du point de vue du réseau électrique pourrait être facilitée. Il est supposé que la population accepterait plus facilement une solution souterraine (Arlt et al., 2011) ou une concentration des nuisances (mise en parallèle).

Potentiel :

Faible à **moyen** ; une meilleure coordination entre les offices et autorités fédéraux pourrait améliorer le potentiel (chapitre 5.1.2).

2.5 Aspects d'exploitation

Comme les enjeux organisationnels, les enjeux d'exploitation sont à considérer comme des défis majeurs. En effet, les différentes règles de fonctionnement des offices fédéraux et des procédures, les priorités fixées par la Confédération (p. ex. garantie de disponibilité maximale des routes nationales), les différentes normes et règlements ou les différents métiers liés à chacune des infrastructures rendent une exploitation commune difficile.

Par exemple, du point de vue de l'OFROU, un accès aux installations de transport d'électricité via la chaussée doit être exclu *[II]*. Ceci rend la problématique de l'accès aux chambres de tirage NE1 quasi insoluble. Cette question doit être traitée dans le cadre d'une pesée d'intérêts politiques (cf. enjeux internes, chapitre 1.4) qui dépasse le cadre de la présente étude. Ces divergences de vues entre Swissgrid et l'OFROU se font de nouveau ressentir au sujet de l'exploitation (voir également chapitre 2.2).

De manière générale, les aspects d'organisation (chapitre 2.4), d'exploitation et d'entretien sont très liés. De ce fait, les aspects d'exploitation traités ci-dessous doivent être vus comme un complément des aspects organisationnels traités précédemment.

2.5.1 Sécurité

Construction

Les questions de sécurité sont à clarifier dès le début d'un projet d'utilisation multifonctionnelle. Les employés de chantier doivent respecter les directives de sécurité propres à chaque réseau impliqué (routes nationales : OFROU 86024 (2011), voies ferroviaires : VÖV UTP RTE 20100 (2012), réseau électrique : ESTI 245.0311 (2011) et OLEl).

Exploitation

La sécurité des futurs utilisateurs des réseaux doit être garantie. Ils doivent être protégés de tout impact négatif dû aux câbles. L'ORNI (chapitre 2.3.5) doit être respectée et les accidents issus d'interactions entre deux systèmes doivent être évités tant au niveau des câbles (p. ex. court-circuit, incendie de câbles) qu'au niveau des utilisateurs des réseaux routier et ferroviaire (p. ex. choc, incendie, déraillement).

La stabilité du réseau électrique à très haute tension doit également être assurée. Les solutions techniques choisies doivent permettre d'accéder à chacun des réseaux sans nécessiter un arrêt de l'autre. En milieu urbain, cela est parfois déjà difficile aujourd'hui *[III]*. En outre, la valeur limite de la SUVA pour les places de travail propre à l'installation induisant le champ magnétique est de 500 µT (SUVA, 2015 ; *[IV]*) ce qui impose des contraintes supplémentaires.

Enfin, la question de la sécurité nationale doit être abordée. En cas de vandalisme ou de terrorisme, les infrastructures multifonctionnelles seront plus vulnérables qu'une seule infrastructure. Cependant, il existe d'ores et déjà des intersections entre les différents réseaux. Un seul acte ciblé pourrait en conséquence déjà aujourd'hui toucher plusieurs infrastructures en même temps.

La mise en parallèle présente un avantage par rapport à l'utilisation multifonctionnelle tant pendant la construction que pendant l'exploitation. En effet, plus la distance entre les systèmes est grande, moins il y aura d'interactions. Mais comme précisé dans le chapitre 2.2.2, les espaces à disposition pour les réseaux

routier et ferroviaire sont souvent confinés. Dès lors, l'utilisation multifonctionnelle est la seule solution possible sur une grande partie du réseau.

2.5.2 Fiabilité

Câbles

Les informations sur les défaillances des câbles présentées ci-dessous sont tirées du rapport sur les expériences d'exploitation de systèmes de câbles à haute tension du CIGRE (Conseil International des Grands Réseaux Electriques) (CIGRE WG B1.10, 2009). C'est une référence reconnue de l'ENTSO-E (European Network of transmission system operators for electricity) et de l'association des producteurs de câbles européens (Europacable). Cité dans l'étude de faisabilité de câblage dans la région de la Binna (Brakelmann & Ghaderi, 2014), ce rapport a servi de base pour des études en Suisse. Il constituait également une des références pour la décision du tribunal fédéral dans la question du câblage partiel d'une ligne à haute tension dans la commune de Riniken (Tribunal fédéral ; BGE 137 II 266, 2011). Le focus est de nouveau mis sur les câbles XLPE (Extruded Cross Linked Polyethylene with or without a water barrier or with a laminated barrier ; CIGRE WG B1.10, 2009).

Tableau 5: Occurrence moyenne de défaillances sur une année pour un câble XLPE de 220-500 kV et de 60-219 kV (CIGRE WG B1.10, 2009).

Type	Priorité multif.	Tension	Composant	Unité	Défaillances totales
Câbles XLPE (AC)	1er	220-500 kV	Câble	Déf./an 100 km de circuit	0.133
			Joint	Déf./an 100 comp.	0.048
			Terminaison	Déf./an 100 comp.	0.050
	2ème	60-219 kV	Câble	Déf./an 100 km de circuit	0.085
			Joint	Déf./an 100 comp.	0.007
			Terminaison	Déf./an 100 comp.	0.011

Les défaillances dans les câbles sont exprimées en nombre de défaillances par année, par 100 km de circuit. L'unité pour les joints et terminaisons consiste en défaillances par année et par 100 composants. En raison des unités différentes, les valeurs ne peuvent pas être cumulées ni comparées. Néanmoins, en moyenne, une défaillance sur la très haute tension peut être observée tous les ~7.5 ans sur une longueur de 100 km de câbles. Pour les joints et terminaisons, il s'agit d'une défaillance tous les ~20 ans pour 100 composants.

En ce qui concerne la durée de non-disponibilité des systèmes à haute tension, les câbles nécessitent des temps de réparation considérablement plus long que les lignes aériennes. Néanmoins, la disponibilité d'un tracé de câbles est du même ordre de grandeur que celui d'une ligne aérienne en prenant en compte que la dernière est plus vulnérable aux défaillances (Glavitsch, 2014).

Tableau 6: Durée moyenne de réparation d'un câble XLPE (CIGRE WG B1.10, 2009).

Type	Priorité multifonctionnalité	Tension	Temps moyen de réparation [j]
Câbles XLPE (AC)	1er	220-500 kV	25
	2ème	60-219 kV	15

Les données récoltées par le CIGRE révèlent des durées de réparation entre moins d'un jour et plus de six mois, dépendant entre autres de la priorité donnée à la réparation au cas par cas (CIGRE WG B1.10, 2009). En moyenne, le temps de réparation est plus long pour les niveaux de tension plus élevés (Tableau 6). Les réparations dans des tuyaux, passages ou tunnels demandent – surtout pour les très hautes tensions – plus de temps que dans le cas d'enfouissements directs (45 jours, par rapport à 25 jours pour l'enfouissement direct ; données de câbles extrudés ou de type SCOF (AC) ; CIGRE WG B1.10, 2009).

Ces probabilités de défaillance et de durée moyenne de réparation doivent être prises en compte dans la discussion concernant les infrastructures multifonctionnelles. En cas de redondance de câbles, le temps d'interruption du réseau électrique pourrait être diminué considérablement. Ainsi, les réparations sont moins urgentes et pourraient être prévues et planifies à un moment propice. Néanmoins, la durée de la réparation ne serait pas moindre. Quand il existe une influence mutuelle en cas d'accès et/ou de travaux, les problématiques du nombre d'interventions et de leur durée deviennent donc primordiales.

Il est néanmoins admis que si un bloc de câbles est intégré dans la route nationale, les perturbations du trafic dues aux accidents routiers seront considérablement plus fréquentes que ne le seraient les perturbations dues à une intervention sur les câbles électriques liée à une défaillance.

A noter qu'en cas d'indépendance totale (accès, réparations, etc.) entre les infrastructures sur le même tracé ou mises en parallèle, ce sujet perd en importance.

Lignes aériennes

De par leur situation exposée, les lignes aériennes sont plus sujettes aux défaillances. Mais, il faut partir du principe que dans la plupart des cas, un dégât à une ligne aérienne peut être trouvé et réparé au bout de quelques heures, au maximum en une journée (Macharey et al., 2013).

2.5.3 Matrice des enjeux d'exploitation

Obstacles par entité	N°	OFROU - ASTRA	OFT - BAV, CFF- SBB	OFEN - BFE, ESTI, Swissgrid
Obstacles majeurs	1.1	Assurer l'exploitation du réseau RN en service 24/7 ; beaucoup de RN déjà à la limite de leur capacité	Lors de la construction et du renouvellement, les infrastructures se gênent mutuellement, p. ex. fermeture prolongée de tronçons → redondance dans le réseau nécessaire	Sécurité lors de l'exploitation et de la maintenance
	1.2	Sécurité d'exploitation	La construction sans interruption de l'exploitation pour toutes les infrastructures (surtout Swissgrid) peut avoir des conséquences techniques / financières	Priorité dans l'exploitation des infrastructures ; construction et entretien doivent toujours être possibles
	1.3		Conséquences des accidents augmentent	Restrictions dans l'exploitation, p. ex. lors de maintenance, entretien, renouvellement
Obstacles importants	2.1	Accès sur RN pour entretien et exploitation	Mise en danger du trafic ferroviaire par des défaillances sur d'autres IS et inversement	Gros risque
	2.2	Dégâts collatéraux, préjudices, incidents (accidents, déversements de substances, etc.)	Déjà aujourd'hui, seuls de courtes fenêtres temporelles sont disponibles pour les travaux de réparation	Sécurité N-1
	2.3			Danger accru lors d'incidents dans / sur ouvrages d'art
Obstacles secondaires	3.1	Compatibilité des méthodes et des techniques		Adaptation des règles pour assurer la sécurité des biens et des personnes, ORNI, etc.
	3.2	Règles communes à définir		Dangers naturels
	3.3	Contrôles d'exploitation		

Conclusion :

Pour les enjeux d'exploitation, les questions de sécurité et de fiabilité des systèmes sont centrales. L'utilisation multifonctionnelle ne doit pas augmenter le risque d'accidents ou de défaillances dans les différents systèmes qui sont combinés. La sécurité du fonctionnement des réseaux ainsi que de ses utilisateurs doit être garantie. Ainsi, il faut pouvoir limiter les conséquences d'un accident à un des réseaux sur l'autre infrastructure.

Selon les statistiques, les câbles ont des défaillances tous les ~7.5 ans par 100 km et tous les ~20 ans par 100 composants (joints, terminaisons).

Obstacles :

L'utilisation multifonctionnelle sans accès via l'emprise autoroutière (bande d'arrêt d'urgence) tel qu'exigée par l'OFROU n'est que très difficilement réalisable et uniquement dans certains cas. Il apparaît que cette exigence est de caractère technico-politique et doit être clarifiée avant de déterminer le potentiel réel de l'utilisation multifonctionnelle.

En admettant l'accès aux chambres de tirage (tous les 700 à 1000 m) par la bande d'arrêt d'urgence, les obstacles majeurs en exploitation sont les incidents qui perturbent le fonctionnement des deux réseaux (p. ex. accidents, déversements de substances, défaillances de câbles électriques). Un danger accru est présent sur les ouvrages d'art (espaces restreints, accessibilité difficile). Ces événements sont imprévisibles, les interventions nécessaires à leur résolution peuvent cependant être planifiées. Des surcoûts liés à la sécurité du trafic et des travaux doivent être pris en compte.

La compatibilité des méthodes et des techniques est considérée comme un obstacle secondaire. Les différents réseaux doivent rester disponibles lors de la mise en œuvre, de l'entretien et de l'intervention en cas d'incident sur l'une ou l'autre des infrastructures. La sécurité des usagers doit être garantie. Ceci nécessiterait l'adaptation des règles existantes et la définition de nouvelles règles communes.

Le réseau ferroviaire présente de nombreux désavantages lors de l'exploitation. Comme pour la plupart du réseau il n'y a pas de routes d'accès aux voies ferroviaires, l'entretien ou les réparations en cas de panne sont difficiles[18]. De plus, les périodes temporelles disponibles pour des travaux sur le réseau ferroviaire sont déjà très limitées. La multifonctionnalité aggraverait encore davantage cette situation.

Chances :

Les chances de l'utilisation multifonctionnelle liées à l'exploitation des réseaux sont difficiles à identifier. Un avantage se présente cependant par rapport à l'utilisation du sol. Pendant toute sa durée de vie, l'emprise des blocs de câbles – un critère souvent cité parmi les désavantages des variantes souterraines[19] – est minimisé, voire négligeable, en réutilisant des zones déjà fortement atteintes. Le risque de dommage par des dangers naturels en proximité des routes nationales ou voies ferrées est également atténué car celles-ci sont déjà fortement protégées.

La mise en parallèle de lignes aériennes montre – en dehors des zones urbaines – également des avantages. Les nuisances de routes et lignes électriques seraient ainsi concentrées, réduisant le morcellement du paysage.

Potentiel :

Route : **Très faible** (si l'accès à l'infrastructure d'électricité par l'autoroute est interdit)
Moyen-élevé (si l'accès à l'infrastructure d'électricité par l'autoroute est possible)

Ferroviaire : **Très faible** en raison du manque de place et de la disponibilité réduite de voies d'accès routier au domaine ferroviaire.

[18] Voir « Externe Kosten der Übertragung und Verteilung von Elektrizität », OFEN, 1997
[19] Voir également « Metastudie Merkmale von Freileitungen und Erdkabelleitungen », Arlt et al., 2011

2.6 Aspects juridiques

Ce chapitre présente les lois et les ordonnances les plus importantes par rapport à une utilisation multifonctionnelle ou à une mise en parallèle. Comme c'est l'utilisation du réseau routier qui est visée principalement, la question a été traitée de manière plus détaillée. La situation juridique actuelle et les obstacles juridiques qu'elle engendre ont été analysés avec le soutien du service juridique (division affaires de la direction ; service juridique et acquisition de terrain) de l'OFROU *[VI]* ; ils seront décrits ci-dessous et doivent être compris à ce stade comme des hypothèses de travail.

Réseau routier

- Loi sur les routes nationales (LRN ; RS 725.11)[20]
- Ordonnance sur les routes nationales (ORN ; RS 725.111)[21]

Pour l'essentiel, ce sont la loi sur les routes nationales (LRN) et l'ordonnance sur les routes nationales (ORN) qui contiennent et déterminent les principes relatifs à la construction, à l'aménagement, à l'entretien et à l'exploitation des routes nationales. La loi fixe dans les grandes lignes les procédures de planification et d'approbation des plans ainsi que les compétences. L'utilisation du domaine des routes nationales par des tiers est réglée dans l'ordonnance (art. 29). Le financement est quant à lui réglementé dans d'autres lois, notamment la loi fédérale concernant l'utilisation de l'impôt sur les huiles minérales à affectation obligatoire et de la redevance autoroutière (LUMin ; RS 725.116.2).

Comme on peut le constater, l'utilisation du domaine public des routes nationales ne fait l'objet que d'un seul article dans l'ordonnance, tandis que les constructions touchant aux routes nationales font l'objet d'un article dans la loi et de deux dans l'ordonnance. Il s'agit de règles ouvrant la possibilité pour les tiers d'obtenir selon certaines conditions, le « droit » d'une utilisation du domaine des routes nationales. En revanche, l'utilisation multifonctionnelle en tant que telle n'est pas directement réglementée. De telles utilisations se font sur la base des autorisations d'utilisation ou de conventions faisant appel de manière indirecte à d'innombrables autres dispositions légales destinées à gérer la cohabitation : droit de la responsabilité civile, droit contractuel, droit des réels, droit de l'expropriation, droit des constructions (donc également aux droits cantonal et communal).

Le Postulat Rechsteiner pose la question des « modèles juridiques appropriés pour instaurer une multifonctionnalité adéquate en calculant les coûts par rapport à l'utilité ». Deux situations de fait différentes peuvent constituer une utilisation multifonctionnelle des routes nationales :

1) La mise en souterrain des câbles électriques sous une route nationale peut être considérée comme un usage en commun du sol. Si une route nationale est préexistante, il s'agit de régler l'usage de l'infrastructure des routes nationales par une infrastructure d'une autre nature qui vient s'y installer dans un deuxième temps. Les coûts sont alors proportionnés aux travaux à réaliser pour pouvoir installer un réseau électrique sous une route existante. En revanche, si une route nationale n'existe pas encore, on pourrait se demander si un usage commun avec une construction simultanée des deux infrastructures ne devrait pas faire l'objet d'une réglementation différente, notamment au niveau du partage des coûts. Mais se posera alors la question de la conduite du projet puisque le système juridique actuel détermine qui est l'autorité de conduite du projet, ce qui

[20] Art. 5, 6, 8, 14, 15, 16, 19, 23, 24, 44, 45, 47 et 51
[21] Art. 13, 15, 29, 30, 46 et 54

détermine le droit applicable pour tout le projet et peut avoir des conséquences considérables du point de vue procédural.

2) L'application par analogie de l'art. 35 de la loi fédérale sur les télécommunications (LTC ; RS 784.10) est également envisageable. Le propriétaire d'un terrain qui fait partie du domaine public (comme l'est l'OFROU pour les routes nationales) est obligé de tolérer les fournisseurs de services de télécommunication à y installer et exploiter des lignes dans la mesure où ces installations n'entravent pas l'usage général. L'OFROU devrait être indemnisé de manière appropriée, ce qui couvrirait cependant uniquement les frais dus à l'installation en tant que telle. Toutefois, la mise en œuvre de l'art. 35 LTC peut engendrer de très nombreux problèmes que des partenaires forcés à collaborer ne parviennent pas à résoudre de manière simple.

Le paquet législatif devrait régler des questions de propriété, de location, d'utilisation et de responsabilités. Des questions de droit foncier se posent également, notamment lorsque les lignes sortiraient du domaine des routes nationales. Enfin, de nouvelles règles procédurales et la désignation d'autorités compétentes pourraient se révéler nécessaires. Il serait dès lors indispensable que le législateur donne des règles afin de protéger les intérêts de la Confédération au moment de mettre en œuvre de telles collaborations.

Les propriétaires des lignes devront supporter l'intégralité des coûts engendrés aux routes nationales pour satisfaire leurs besoins. Il faudrait également tenir compte des coûts subis par les usagers de la route qui auraient à subir de nouveaux et de plus nombreux désagréments pour des travaux sans lien direct avec l'exploitation des routes nationales. Ces coûts devraient être calculés sans qu'il soit tenu compte de l'âge des tronçons concernés, c'est-à-dire indépendamment de toute question de durée d'amortissement. Enfin, il devrait être renoncé à la gratuité qui engendre des subventionnements cachés à charge des routes nationales au profit de tiers utilisateurs, ainsi que des coûts nouveaux et supplémentaires liés à ladite coopération.

Possibilités légales existantes d'une utilisation multifonctionnelle des routes nationales

Dans le périmètre des routes nationales, il faut distinguer entre le propriétaire foncier et le propriétaire d'ouvrage. Dans le cadre du réseau routier la Confédération, représentée par l'OFROU, est – presque toujours – à la fois propriétaire foncier et propriétaire d'ouvrage. Il faut cependant ajouter que les alignements ne se trouvent pas nécessairement sur le terrain de la Confédération, mais plutôt sur les terrains de tiers. Le terrain entre les alignements doit généralement rester libre. Néanmoins, il peut être utilisé par les propriétaires si toute construction peut être éliminée rapidement en cas de besoin. Actuellement, un programme de vérification des alignements de l'OFROU est en cours. Des conclusions y relatives ne pourront pas être faites avant plusieurs années.

Ceci étant dit, il n'y a actuellement aucune règle légale qui interdirait le passage d'une ligne électrique sous une route nationale et la réglementation en vigueur le permettrait aujourd'hui déjà. En effet, il y a déjà de nombreuses autres installations souterraines qui traversent ou longent les routes nationales. Il faudrait cependant noter que les dimensions de ces dernières sont plus petites que celles des éventuelles installations du réseau électrique NE1.

Impact sur les routes nationales

Une éventuelle utilisation multifonctionnelle des routes nationales ou une mise en parallèle aux routes nationales ne doivent pas entraver les tâches de l'OFROU *[II]*. L'objectif principal est d'assurer le fonctionnement du réseau des routes nationales et principales, c'est-à-dire la disponibilité et l'aptitude au service en permanence, sans gêne ni danger pour leurs usagers et sans nouveau coût à charge de la Confédération. La sécurité routière doit être garantie. Or, toute intrusion sur la chaussée ou toute infrastructure touchant à la chaussée entraîne un nouveau risque. Du point de vue financier, il doit être exclu que les routes nationales aient à supporter le moindre coût en relation avec une telle utilisation et c'est aux entreprises tierces utilisatrices du domaine des routes nationales de supporter l'intégralité des coûts.

Autorité sur le sous-sol des routes nationales

D'après le code civil (CC, art. 667), la propriété foncière s'étend dans le sous-sol et au-dessus du sol aussi loin qu'il existe un intérêt pour l'exercice du droit de propriété, le reste est du ressort des cantons (CC, art. 664, cette étendue n'est cependant pas précisément réglée et donc très disputée). L'OFROU est ainsi également propriétaire du sous-sol des routes nationales. Or, la propriété du sous-sol entraîne des questions en relation avec les aspects environnementaux du dit sous-sol (protection des eaux, de la nappe etc.). De même, il est des cas où des voies de chemins de fer passent sous les routes nationales, ou directement à côté. Il serait alors nécessaire de prévoir également des règles dans les lois topiques destinées à régler les éventuels conflits de propriété et de responsabilité. De même, il faudrait des règles empêchant tout conflit lorsque le domaine des routes nationales est déjà utilisé par des tiers, comme c'est le cas par exemple des réseaux de fibres optiques s'étendant de Genève à Bâle ou de Bâle à Chiasso.

Etapes pour une éventuelle modification de la loi

À priori, il n'y a, à ce stade, pas d'obstacles juridiques interdisant une utilisation multifonctionnelle. Des règles plus précises, destinées à fixer les conditions cadres en relation avec les aspects financiers et procéduraux d'une utilisation multifonctionnelle, devraient pourtant être créées. Il s'agirait d'un paquet législatif, car non seulement la loi sur les routes nationales devrait être révisée, mais aussi d'autres lois nationales (p.ex. loi sur les chemins de fer, loi sur les télécommunications, etc.).

Réseaux ferroviaire et électrique

Les aspects juridiques des deux autres réseaux d'infrastructures n'ont pas été traités en détail. Néanmoins, les textes de loi suivants ont été identifiés en lien avec l'utilisation multifonctionnelle.

Aménagement du territoire

- LAT, Loi sur l'aménagement du territoire (en particulier l'art. 13)
- OAT, Ordonnance sur l'aménagement du territoire

Réseau ferroviaire

- LCdF, Loi fédérale sur les chemins de fer

Réseau électrique

- LIE, Loi concernant les installations électriques à faible et à fort courant
- LApEl, Loi sur l'approvisionnement en électricité
- OLEl, Ordonnance sur les lignes électriques (contenant des règles techniques)
- ORNI, Ordonnance sur la protection contre le rayonnement non ionisant
- OPIE, Ordonnance sur la procédure d'approbation des plans des installations électriques

2.6.1 Matrice des enjeux juridiques

Obstacles par entité	N°	OFROU - ASTRA	OFT - BAV, CFF- SBB	OFEN - BFE, ESTI, Swissgrid
Obstacles majeurs	1.1	Respect de la LRN	Assurer l'égalité de traitement sur les tracés à disposition	Procédures d'autorisation différentes
	1.2	Conventions juridiques		Entités d'autorisation différentes (surveillance), bases légales pour coordination manquantes
	1.3			Limitations sur la pesée d'intérêts globale exigée par la loi
Obstacles importants	2.1	Litiges, règlement des litiges	Responsabilité pour les installations respectives	Obligation de mettre en commun à entériner au niveau légal
	2.2	Confédération ←→ sociétés privés		Base juridique par rapport au financement à clarifier
	2.3			Procédures et règlements des procédures différents
Obstacles secondaires	3.1		Construction (procédure d'approbation des plans) selon LCdF, resp. selon l'autorité compétente (adaptation)	Bases légales différentes
	3.2		Séparation entre compétence d'autorisation et compétence de surveillance	Contrats conclus à long terme pour l'utilisation par des tiers des infrastructures ne peuvent pas être changés à court terme
	3.3			

Conclusion :

L'OFEN a relevé que les bases législatives existantes sont suffisantes pour permettre une utilisation multifonctionnelle ou mise en parallèle *[IV]*. L'OFROU le confirme également. La création de nouvelles bases légales pourrait perturber l'équilibre entre les différents domaines actuellement considérés dans la planification des lignes électriques. Néanmoins, l'incitation renforcée à l'utilisation multifonctionnelle nécessiterait des clarifications, notamment en termes de répartition financière.

Obstacles :

Il n'y a en principe pas d'obstacles juridiques interdisant le passage de câbles électriques sous les routes nationales. Un tel projet nécessiterait néanmoins la création de conventions tenant compte d'une multitude de législations afin de couvrir les aspects de propriété et d'expropriation, de contrats, de droit de service, de responsabilité civile et de financement.

L'objectif principal de l'OFROU, d'assurer le fonctionnement des routes nationales, c'est-à-dire la disponibilité et l'aptitude au service en permanence, sans gêne ni danger pour leurs usagers et sans nouveau coût à charge est déjà complexe à réaliser. Une utilisation multifonctionnelle rendrait la tâche de l'OFROU encore plus complexe.

Les entités et les procédures d'autorisation sont actuellement différentes pour chaque domaine, ce qui compliquerait les décisions et l'avancement d'un tel projet. Les bases juridiques par rapport au financement et la répartition des coûts seraient également à clarifier.

Swissgrid relève en outre qu'il existe des contrats avec des tiers, conclus à long terme, pour l'utilisation de leur infrastructure existante.

Chances :

Selon l'OFT, une utilisation multifonctionnelle pourrait induire des allègements dans la procédure d'autorisation *[III]*. L'acquisition de droits dans un fonds public pourrait également être facilitée *[IV]*.

Potentiel :

Moyen à **élevé**.

2.7 Aspects financiers

Les finances constituent un des piliers d'évaluation du plan sectoriel des lignes de transport d'électricité (voir chapitres 3.1.1 et 4.2). Ainsi, ces aspects font partie intégrante des critères utilisés pour le choix de la variante optimale *[IV].* Il n'y a cependant, au niveau financier, pas de pondération des critères. Bien qu'une variante souterraine doive être examinée pour chaque projet, elle a souvent été considérée comme étant trop chère (voir également Consentec, 2013[22]), ce qui peut expliquer le faible pourcentage souterrain du réseau NE1. Ce chapitre indique des ordres de grandeur pour les coûts de construction et les coûts totaux de variantes avec des câbles et des lignes aériennes, basés sur des projets types en cours de réalisation ou de planification détaillée.

Il est majoritairement admis que la réalisation d'une utilisation multifonctionnelle engendrerait des coûts supplémentaires, surtout lors de l'intégration dans une infrastructure existante. Pour une nouvelle construction, ces surcoûts pourraient être modérés par un chantier (ou une fouille) commune, ainsi que par le partage des coûts pour de grands ouvrages, tels que des ponts, passages ou tunnels (voir chapitre 3.2.1, projet Grimsel).

Comme chaque tronçon individuel montre des caractéristiques différentes, une généralisation des coûts n'est pas réaliste et une comparaison directe entre une ligne aérienne et sa version en câble, ainsi qu'entre différents projets doit être effectuée avec précaution.

Tableau 7 : Comparaison des coûts *de construction* de variantes aériennes et souterraines (= câbles).

		Coûts de **construction**		
Projet	**Longueur [km]**	**Ligne aérienne**	**Câbles**	**Facteur**
Raesfeld DE[23]	3.4	~ 1.4 Mio. EUR / km	~ 8 Mio. EUR / km	~ 6
Airolo-Lavorgo[24]	~ 22	47.7-68.5 Mio. CHF	424-612 Mio. CHF	~ 6-13
Salzburgerring Vollverkabelung[25]	109	1 Mio EUR / km	14.5 Mio. EUR / km	~ 15
Salzburgerring Teilverkabelung[25]	6	1 Mio EUR / km	9.8 Mio. EUR / km	~ 10
Binnaquerung V1[26]	~ 9.1	20 Mio. CHF	177 Mio. CHF[27]	~ 9
Binnaquerung V2[26]	~ 4.3	9.6 Mio. CHF	125.5 Mio. CHF	~ 13
Binnaquerung V3[26]	~ 3	6.7 Mio. CHF	89.6 Mio. CHF	13.4

[22] Cette étude traite uniquement les NE3 à NE7. Il est admis que les coûts pour le NE1 seront proportionnellement plus élevés.
[23] Selon « Netzausbau – Zwischenverkabelung in Raesfeld (Pilotprojekt) », Amprion, C. Gehlen, 2014; conditions favorables car terrain plat et bien accessible. En juin 2016, une mise à jour des coûts est prévue.
[24] Selon « Sachplanverfahren 106 Airolo-Lavorgo », Variante « Montagna » et Variante « Vollverkabelung », Alpiq (Swissgrid), CFF, 2013
[25] Selon « Umweltverträglichkeitserklärung – 380-kV-Salzburgleitung Netzknoten St. Peter – Netzknoten Tauern, Fachbereich: Technische Alternative », APG H. Luschitz, A. Holzmann, 2013
[26] Selon « Machbarkeitsstudie Binnaquerung », Brakelmann & Ghaderi, 2014
[27] Ces coûts bénéficient de l'existence d'une galerie d'eau de 3 km.

De plus, l'analyse des coûts doit intégrer le cycle de vie complet de l'infrastructure pour être comparable. Les tableaux 7 et 8 regroupent – sans considérer les coûts supplémentaires d'une utilisation multifonctionnelle – les différences de coûts entre une ligne aérienne et sa variante en câbles pour plusieurs projets. Il est à noter que les tracés des deux variantes ne sont pas toujours identiques, ni en longueur, ni en situation géographique. Les facteurs entre ces deux technologies diffèrent considérablement d'un projet à l'autre, notamment à cause des conditions topographiques ou géologiques spécifiques résultant dans des coûts plus ou moins favorables (cf. les explications en bas de page).

Selon l'ENTSO-E et Europacable (2011), les coûts d'investissement des projets câbles XLPE de 400 kV (enterrés et complétés en Europe) de ces 10 dernières années étaient entre 5 et 10 fois plus élevés, que ceux d'une ligne aérienne. En cas de conditions favorables pour la pose de câbles ou en cas d'une ligne aérienne coûteuse, ce facteur peut être réduit jusqu'à 3. À l'inverse, des facteurs jusqu'à 15 ou plus doivent être attendus en cas de liaisons de doubles circuits à haute capacité et si de gros travaux de génie civil sont nécessaire (ENTSO-E & Europacable, 2011). Il faut noter que les coûts liés aux interfaces aériens / enterrés ne sont pas inclus dans ces chiffres.

Les coûts du cycle de vie complet sont à considérer, soit les coûts de construction, les coûts d'entretien et les pertes d'énergie. Ce calcul doit en conséquence être réalisé spécifiquement pour chaque projet (exemples au tableau 8).

Tableau 8 : Comparaison des coûts *totaux* de variantes aériennes et souterraines.

		Coûts **totaux (ensemble du cycle de vie)**		
Projet	**Longueur [km]**	**Coûts ligne aérienne**	**Coûts câbles**	**Facteur**
Salzburgerring Vollverkabelung[28]	109	1.5 Mio EUR / km	15.5 Mio. EUR	9.8
Salzburgerring Teilverkabelung[28]	6	1.5 Mio EUR / km	10.2 Mio. EUR	6.8
Binnaquerung V1[29] I = 1200 A	~ 9.1	47.7 Mio CHF	186.5 Mio CHF[30]	3.9
Binnaquerung V2[29] I = 1200 A	~ 4.3	22.9 Mio. CHF	129.8 Mio. CHF	5.7
Binnaquerung V3[29] I = 1200 A	~ 3	15.9 Mio. CHF	93.2 Mio. CHF	5.9

Les pertes d'énergie varient fortement en fonction de la charge totale du câble ou de la ligne aérienne. En admettant une charge électrique de I = 1600 A, les facteurs de coûts entre la solution aérienne et souterraine baissent à 2.9, 4.2 et 4.4 respectivement pour les variantes V1, V2 et V3 de l'étude de faisabilité Binnaquerung (Brakelmann & Ghaderi, 2014). À l'inverse, une ligne aérienne optimisée[31] (diamètre des câbles conducteurs plus épais) contre les pertes fait remonter le facteur à 4.3, 6.2 et 6.4 respectivement pour V1, V2 et V3 (avec

[28] Selon « Umweltverträglichkeitserklärung – 380-kV-Salzburgleitung Netzknoten St. Peter – Netzknoten Tauern, Fachbereich: Technische Alternative », APG H. Luschitz, A. Holzmann, 2013
[29] Selon « Machbarkeitsstudie Binnaquerung »
[30] Ces coûts bénéficient de l'existence d'une galerie d'eau de 3 km.
[31] Cette technologie sera toujours utilisée dans l'avenir.

une charge électrique de I = 1200 A). Comme cela est techniquement possible, la réduction de ces pertes – indépendamment de la solution aérienne ou souterraine choisie – devrait être incitée, en vue de l'augmentation continue de la demande.

Les estimations de coûts ci-dessus comprennent la servitude pour l'occupation des surfaces et les prestations compensatoires prévues par la loi pour les aspects en lien avec le paysage, la faune et la flore. Elles ne prennent cependant pas en compte la monétarisation d'effets externes des lignes aériennes ou câbles souterrains, comme l'éventuel impact sur le tourisme, l'atteinte visuelle au paysage, ou l'atteinte aux structures urbaines. Ces deux dernières sont plus fortement affectées par les lignes aériennes que par les câbles.

Selon une étude de l'OFEN (OFEN, 1997), les coûts d'évitement des effets externes des lignes aériennes, c'est-à-dire les surcoûts du câblage pour la production d'électricité pendant la durée de vie d'un câble de 30 à 40 ans (env. 2000 Mia. kWh) sont d'environ 3 cts./kWh. Cette étude devrait cependant être actualisée afin de pouvoir en tirer des conclusions valables.

Il est évident que ces calculs ne prennent pas encore en compte d'éventuels surcoûts liés à l'utilisation multifonctionnelle.

2.7.1 Matrice des enjeux financiers

Obstacles par entité	N°	OFROU - ASTRA	OFT - BAV, CFF- SBB	OFEN - BFE, ESTI, Swissgrid
Obstacles majeurs	1.1	Surcoûts pour l'infrastructure routière ne sont pas estimables si influence sur le trafic	Généralement des coûts plus élevés pour la construction et l'entretien	Règlement des coûts pour l'investissement et l'exploitation
	1.2	Répartition des coûts		Les coûts totaux ont tendance à être plus élevés ; économies d'échelle douteuses
Obstacles importants	2.1	Surcoûts de construction		Modèles de dédommagement pour l'utilisation des infrastructures communes
	2.2	Surcoûts lors de l'exploitation et l'entretien		Investissement d'exploitation plus élevé en raison d'un besoin de coordination accru
	2.3	Coûts pour la gestion des aléas non-prévisibles		Financement différent
Obstacles secondaires	3.1	Coûts d'exploitation, d'entretien à long terme	Procédures d'approbation des plans peuvent devenir très complexes (nombre de recours, pesées d'intérêt plus dispendieuses)	Harmonisation des conditions d'accès
	3.2	Report de coûts de tiers sur le budget des RN		Sécurité à long terme sur l'investissement
	3.3	Rapport utilité / coûts de la nouvelle installation		

Conclusion :

Les coûts totaux des technologies de câblage (sur l'entier du cycle de vie : construction, entretien, pertes) sont aujourd'hui admis à 3 à 10 fois plus chers que les variantes aériennes. Néanmoins, chaque tronçon a ses caractéristiques spécifiques et les différentes technologies doivent en principe être comparées en détail pour chaque cas avant de se prononcer définitivement. Plusieurs critères non-monétarisés devraient également être pris en compte (atteinte visuelle sur le paysage, impact sur le tourisme, etc.). Comme ils sont difficiles à estimer, ils ne sont généralement pas intégrés dans les calculs d'investissements.

Obstacles :

Des surcoûts engendrés par l'utilisation multifonctionnelle sont attendus lors de la construction, l'exploitation et l'entretien. Ces coûts sont difficiles à estimer en raison du manque d'exemples de telles réalisations. Une part imprévisible liée aux incidents doit également être considérée. La répartition des coûts entre les différents acteurs, tant pour la construction que pour les aléas non-prévisibles est à réglementer à l'avance.

Chances :

Des économies d'échelle sont attendues lors d'une construction nouvelle commune. Ceci concerne surtout les nouvelles grandes infrastructures de franchissement, comme des tunnels ou ponts, permettant un partage des coûts.

Potentiel :

Faible sur les infrastructures existantes, **moyen** à **élevé** pour les nouvelles constructions.

3 Projets actuels

3.1 Critères actuels d'évaluation de variantes

Dans ce chapitre, sont exposées les méthodes d'évaluation des différentes infrastructures.

3.1.1 Lignes électriques

Pour la détermination des corridors pour les lignes électriques, l'Office fédéral de l'énergie se réunit avec les offices fédéraux du développement territorial et de l'environnement ainsi que le secrétariat technique de la Commission de l'électricité (ElCom). La base du système d'évaluation est le « Modèle d'évaluation pour lignes de transport » établi en 2013 et son manuel explicatif (OFEN, OFEV, ARE, Secrétariat technique de l'ElCom, 2013a). Dans le plan sectoriel des lignes de transport d'électricité, PSE, cette procédure doit être appliquée dans le but d'évaluer les variantes de corridors tant pour les lignes aériennes que pour les câbles à partir de 220 kV (50 Hz). Toutefois, le schéma ne doit pas anticiper le choix du corridor final, mais servir de base équilibrée pour une recommandation, tenant compte de tous les intérêts pour l'autorité directrice.

Le modèle d'évaluation prend en compte quatre piliers d'importance égale : i) la préservation de l'environnement, ii) le développement du territoire, iii) les aspects techniques et iv) la rentabilité du projet.

Le premier pilier se focalise sur la protection contre les immissions, la protection du paysage, les forêts et biotopes ainsi que l'eau souterraine, le sol et les espaces réservés aux eaux. Parmi les exigences concernant le développement territorial, le deuxième pilier, se trouvent la protection de l'espace urbain, le respect des buts de planification du développement territorial et la préservation des ressources. Sous ce dernier critère, les mises en parallèle des lignes électriques entre elles et avec des infrastructures linéaires sont explicitement mentionnées. Contrairement au postulat Rechsteiner, le but n'y est pas la décharge visuelle du paysage mais l'utilisation raisonnable du sol et la limitation des surfaces réservées aux infrastructures. Le troisième pilier couvrant les aspects techniques comprend les critères d'exploitation du réseau, de fiabilité et sécurité ainsi que du cycle de vie. Enfin, sous le pilier de rentabilité sont examinés les coûts effectifs, l'efficacité et les coûts normés (OFEN, ARE, OFEV, ElCom 2013a). Dès lors, bien que ce point ne soit pas spécifiquement mis en avant dans ce modèle d'évaluation, on peut partir du principe que la mise en parallèle ou l'utilisation multifonctionnelle a dû être considérée de manière systématique dans les projets dès 2013.

3.1.2 Routes nationales

Les projets d'infrastructure routière sont évalués d'une part par les indicateurs du développement durable pour les projets d'infrastructure routière (NISTRA ; OFROU & Ecoplan, 2003), d'autre part par l'analyse coûts/avantages (KNA) selon les normes VSS SN 641 820 à SN 641 828 (Ecoplan, 2010). En somme, les indicateurs sont séparés en trois thématiques : la dimension sociale, la dimension économique et la dimension environnementale. Ainsi, un outil d'évaluation (eNISTRA) est disponible, combinant les deux méthodes (NISTRA et KNA) complémentaires (Ecoplan, 2010).

La dimension sociale vise à assurer la desserte de base, promouvoir la solidarité sociale et garantir l'acceptation, la participation et la coordination. La dimension économique se focalise sur la création d'un bon rapport entre les coûts et les avantages directs, l'optimisation des effets économiques indirects et la rentabilité. Enfin, la dimension environnementale se concentre sur la réduction à long terme des atteintes

environnementales, sur le plan local, national et transfrontalier (imputables aux transports), sur la réduction des polluants atmosphériques qui détériorent le climat ainsi que sur la préservation des ressources.

La mise en parallèle n'est pas directement traitée parmi les indicateurs eNISTRA. Toutefois, la réalisation d'une utilisation multiple d'un même corridor pourrait avoir un effet positif sur les objectifs partiels « Réduire l'utilisation du sol » ainsi que « Réduire la dégradation du paysage et des habitats » (fragmentation, image du site) faisant partie du premier point de la dimension environnementale.

3.1.3 Réseau ferroviaire

Les projets de constructions d'ouvrages, d'aménagements d'infrastructure et de mesures concernant l'offre dans le réseau ferroviaire sont évalués selon les indicateurs de durabilité pour les projets d'infrastructure ferroviaire (NIBA). Plusieurs cas de figure peuvent être examinés : la réalisation vs. la non-réalisation, la comparaison de variantes ou la priorisation de plusieurs projets indépendants (OFT & Ernst Basler + Partner, 2006). Comme pour les routes nationales, l'évaluation est basée sur le système d'objectifs et d'indicateurs des transports durables du DETEC (DETEC, 2001), examinant les trois domaines écologique, économique et social. À part les indicateurs d'analyse coûts-utilité macroéconomique, des indicateurs descriptifs sont recensés. Les objectifs génériques du domaine écologique sont la diminution de la pollution de l'environnement locale, nationale et transfrontalière, la diminution de la pollution atmosphérique de l'environnement ainsi que le ménagement des ressources. Dans la catégorie économique, le focus est mis sur le bon rapport entre coûts directs et utilité, l'optimisation des effets indirects économiques et l'autofinancement. Les objectifs du domaine social sont la garantie de la desserte de base, l'encouragement de la solidarité sociale, ainsi que la garantie de l'acceptation, de la participation et de la coordination.

En complément de l'analyse coûts-utilité macroéconomique, les effets sur le trafic des voyageurs et des marchandises ainsi que sur l'infrastructure sont recensés et la rentabilité est calculée. Au final, les projets sont examinés selon leur adéquation avec la stratégie à long terme Rail et les objectifs de développement territorial.

De nouveau, la combinaison avec d'autres infrastructures n'est pas spécialement mise en avant. Parmi les indicateurs du premier objectif écologique on trouve cependant le morcellement du paysage et l'imperméabilisation du sol. Les objectifs du développement territorial comprennent en outre l'urbanisation ordonnée et une utilisation parcimonieuse du sol. La mise en parallèle d'infrastructures dans des corridors communs peut implicitement y jouer un rôle.

3.2 Exemples de projets avec utilisation multifonctionnelle

L'utilisation multifonctionnelle des infrastructures linéaires considérées dans ce rapport (routes nationales, voies normales ferroviaires, électricité NE1) n'est pas appliquée de manière systématique en Suisse. En raison du déclin de surfaces utilisables pour les infrastructures et de l'intérêt croissant pour la préservation de la ressource sol, une utilisation commune de l'espace disponible gagne en importance.

Il existe actuellement plusieurs exemples de projets planifiés (câbles souterrains) ou réalisés (lignes aériennes), dont certains sont présentés ci-après.

3.2.1 Câbles

Les projets présentés ci-dessous ne correspondent pas toujours à la variante définitive et peuvent également se trouver en différents phases de développement. Ils ont été sélectionnés afin de présenter un spectre de différentes applications possibles de l'utilisation multifonctionnelle.

Aéroport de Genève – route nationale

Dans le cadre du concept d'intervention sur la jonction du Grand-Saconnex, la mise en souterrain d'une ligne Swissgrid de 220 kV est proposée (Réseau stratégique 2025 sans congestion n-1, Swissgrid, 2015). Le tronçon autoroutier le long de l'aéroport de Genève est particulièrement sollicité par des ouvrages (entre autres plusieurs murs de soutènement), la proximité des bâtiments et la grande charge de trafic. Ce projet pourrait être un indicateur pour des réalisations futures. Vu la longue durée de planification et d'approbation, la réalisation n'est pourtant pas probable avant 2025.

Grimsel – tunnel ferroviaire

L'utilisation commune d'un éventuel futur tunnel à travers le massif du Grimsel par le réseau ferroviaire (voie étroite) et la très haute tension de Swissgrid est actuellement à l'étude (Swissgrid, 2016). De la sorte, 121 mâts électriques et 22 kilomètres de ligne aérienne pourraient être démontés. Le projet est estimé à 580 Mio. CHF au total. Le tunnel ferroviaire réalisé seul est estimé à 430 Mio. CHF, une galerie à câbles à 490 Mio. CHF (Teuscher, 2016). Une nouvelle ligne aérienne à travers le col est estimée à 100-150 Mio. CHF (Swissgrid[32]).

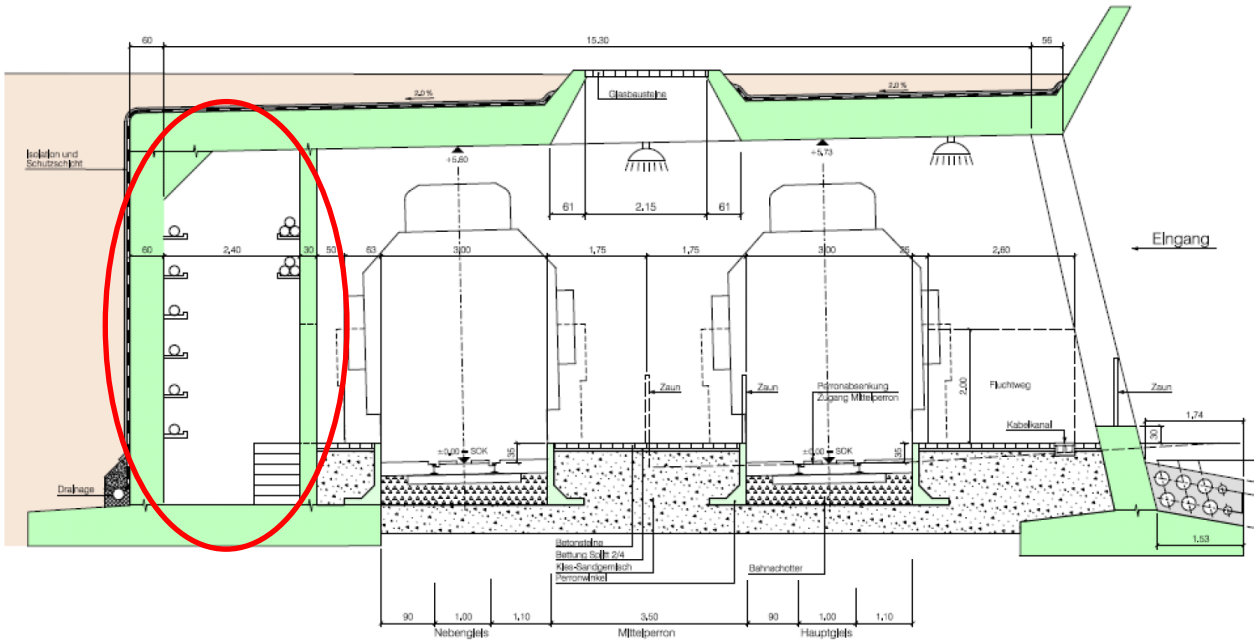


Figure 25 : Schéma « Bahnhof Guttannen / Kreuzungsstelle » de l'éventuel futur tunnel du Grimsel (Teuscher, 2016) ; le cercle rouge montre la galerie pour les câbles NE1.

[32] Note interne « Grimsel-Projekt : Sprachregelung und Q&A, Version 2.2.2016 » (fourni par l'OFEN)

La somme des coûts de cette dernière et d'un tunnel ferroviaire réalisé seul revient pratiquement au montant nécessaire pour un tunnel commun pour les deux réseaux. Les éléments en faveur du câblage dans le tunnel par rapport à la ligne aérienne semblent cependant prédominer. En effet, les conditions géologiques à la surface (dangers de glissement de terrain et d'avalanche) sont relativement difficiles. Au niveau du paysage d'importance nationale du Grimsel (objets IFP 1507 et 1710[33]), les impacts seraient moindres et enfin l'acceptation par la population probablement plus élevée, ce qui éviterait des retards dans la procédure d'autorisation.[34]

Kilchberg-Waldegg – tunnel routier

Une ligne électrique souterraine (220/380 kV) d'une longueur d'environ 7 kilomètres est prévue entre Kilchberg et Waldegg (canton de Zürich) (OFEN, 2015b). Sur le premier tronçon de Frohalp jusqu'à la centrale d'aération Reppischtal, le câble devrait passer par le tunnel de l'Uetliberg (longueur : 4420 m). Des blocs de tubes ont déjà été posés sous les chaussées à la construction de ce tunnel afin d'intégrer des câbles électriques. L'utilisation du périmètre de la route nationale a été réglée par la décision de concession du canton de Zurich, du 31 août 2005. Les instructions de l'OFROU seront à suivre pour la conception future (OFEN, 2015b).

Airolo-Varenzo – route nationale et cantonale

Faisant partie du PSE 106 entre Airolo et Lavorgo, la variante « Dalpe » prévoyait un câblage partiel entre Airolo et Varenzo (Alpiq/Swissgrid/CFF, 2013). Sur environ 11.6 km, les méthodes de forage et construction à ciel ouvert étaient proposées. Le long de l'aéroport d'Ambri, les blocs de tubes auraient été mis en parallèle avec la route nationale sur environ 3.4 km. La partie souterraine aurait été divisé en 18 tronçons de câbles d'environ 650 m chacun, nécessitant 17 chambres de manchons et de tirage de dimensions minimales de 13 · 7 · 2.5 m (longueur, largeur, hauteur). Après évaluation cette variante n'a pourtant pas été retenue.

3.2.2 Lignes aériennes

Des exemples de lignes aériennes dans ou en parallèle des emprises de routes nationales sont donnés au chapitre 2.2.2 (Tracé normal).

[33] https://map.geo.admin.ch/?topic=bafu&lang=fr&bgLayer=ch.swisstopo.pixelkarte-grau&layers=ch.bafu.bundesinventare-bln&layers_opacity=0.75&catalogNodes=766,767,784,798,804,806&X=157617.89&Y=668871.91&zoom=8
[34] Note interne « Grimsel-Projekt : Sprachregelung und Q&A, Version 2.2.2016 » (fourni par l'OFEN)

4 Limites de l'étude

Considérant la complexité liée à la combinaison de différentes infrastructures, le budget et le temps à disposition pour cette étude, tous les aspects y relatifs n'ont pas toujours pu être traités en détail. Dépassant le cadre de ce rapport, des investigations plus poussées devront encore être faites pour plusieurs points abordés dans les chapitres ci-dessus. En voici une liste non-exhaustive :

1) Cette étude s'est limitée à l'examen de la mise en parallèle et de la multifonctionnalité de la très haute tension (NE1). Les réseaux des niveaux de basse tension (NE7 et NE5) sont en général déjà mis sous terre le long de routes. Cette approche pourrait aussi être poursuivie pour le réseau NE3 et examinée de manière détaillée.

2) Les infrastructures linéaires examinées dans le cadre de ce rapport sont les routes nationales en première priorité et les voies ferroviaires en deuxième priorité. Les deux réseaux sont quasiment achevés et sont d'une grande complexité propre à leur système. La multifonctionnalité pour les infrastructures existantes ne se résume pas à l'addition de leurs complexités mais à leurs multiplications ou même a une fonction exponentielle. Il serait, dès lors, intéressant d'analyser également une multifonctionnalité avec d'autres projets souterrains qui sont au début de leur phase de planification (à l'exemple du projet « Cargo Sous Terrain »[35] qui semble déjà avoir retenu cette possibilité).

3) Comme le potentiel réel de l'utilisation multifonctionnelle est fortement dépendant des caractéristiques d'un tronçon spécifique, une étude d'un tronçon réel par enjeu serait souhaitable afin de détailler les problèmes et solutions.

4) Il a été proposé de définir des corridors regroupant toutes les infrastructures nationales avant de se focaliser sur certaines d'entre elles *[II]*. Cette suggestion est difficilement applicable à des réseaux déjà achevés, c'est pourquoi la présente étude n'a pas considéré cette possibilité. La liaison des nœuds de production d'électricité dans les Alpes n'est en outre que partiellement couverte par d'autres réseaux. Néanmoins, cette suggestion devrait être examinée en détail, prenant en compte un horizon temporel large, afin de qualifier son potentiel (voir chapitre 5.1.1).

5) L'aspect financier a été analysé grossièrement en tenant compte des différences entre les lignes aériennes et leurs variantes souterraines. Les éventuels surcoûts ou économies liés à l'utilisation multifonctionnelle n'ont pas pu être quantifiés. L'analyse d'un tronçon spécifique permettrait une première estimation. Les questions de répartition financière pourraient ainsi également être abordées.

6) L'examen de l'aspect juridique s'est focalisé sur les routes nationales. Bien que la législation actuelle permette l'utilisation multifonctionnelle, il a été relevé que celle-ci aurait une influence sur plusieurs autres lois, liées aux responsabilités civiles, aux conditions contractuelles, aux propriétés et aux financements. La possibilité de réaliser un modèle juridique (voir Postulat Rechsteiner, chapitre 1.1) n'est pas indispensable, mais reste à analyser plus en détail si le projet se poursuit.

7) Les technologies de câbles et de leur disposition sont en évolution continue. Les exemples présentés dans le chapitre des aspects technico-constructifs (2.1) ne doivent ainsi pas être pris comme seules solutions. D'autres approches (exclues de ce mandat), comme le principe des tubes à double enveloppe (Brakelmann et al., 2013) et du courant continu, pourraient être analysées plus en détail.

8) Une recherche des projets et pratiques à l'étranger doit être faite car le mandat ne la comprenait pas.

[35] Voir également http://www.cargosousterrain.ch/fr/

5 Perspectives

Ce dernier chapitre propose des perspectives et les prochaines étapes à entreprendre afin de détailler le potentiel de l'utilisation multifonctionnelle et d'en réduire certains des obstacles s'y opposant. Regroupant les résultats clés de l'étude et les mesures encore nécessaires, un schéma décisionnel est présenté ce qui permet d'estimer la faisabilité de l'utilisation multifonctionnelle sur un tronçon donné.

5.1 Propositions et pistes de réflexion

5.1.1 Définition de corridors d'infrastructure

Le rapport du conseil fédéral sur l'avenir des réseaux d'infrastructure nationaux en Suisse (SG-DETEC, 2010) a pour objectif II à l'horizon 2030 de protéger l'homme, l'environnement et les infrastructures. Entre autres l'aménagement du territoire et l'évolution des infrastructures doivent être coordonnés. Le regroupement des réseaux d'infrastructure avec incidences spatiales dans des corridors réservés à cet effet doit être prévu, avec prise en compte de la dimension verticale (SG-DETEC, 2010). La volonté de combiner les infrastructures semble donnée au plus haut niveau et devrait être renforcée. Nous retrouvons ainsi la suggestion de délimiter des corridors adaptés à combiner plusieurs infrastructures d'importance nationale (voir chapitre 4, point 4). Une étude particulière devrait être menée pour en identifier le potentiel réel (voir point 5.1.4).

5.1.2 Coordination et utilisation des instruments existants

À part d'une éventuelle détermination de corridors communs, le potentiel des outils existants devrait être exploité entièrement. Les plans sectoriels des différentes infrastructures nationales devraient être utilisés comme outils pour une meilleure coordination entre les diverses autorités fédérales et propriétaires des réseaux. Connus et utilisés principalement au sein des offices fédéraux concernés (OFEN, OFT, OFROU) ou par les propriétaires et exploitants du réseau respectif (Swissgrid, CFF), ces informations devraient être étudiées et prises en compte par les acteurs des autres réseaux également. Une implication de l'OFROU dans les groupes d'accompagnement du PSE devrait être envisagée en cas de projets parallèles (route – électricité). Afin de faciliter d'avantage la coordination, il est proposé d'évaluer la création d'une nouvelle autorité centrale de coordination fédérale permettant de récolter et synthétiser les informations des différents réseaux et d'analyser les possibilités de coordination et coopération de manière neutre dès le lancement du projet. La prise en compte des cycles de vie, des phases de projet et de l'exploitation des différents réseaux, ainsi que des futurs assainissements/extensions, permettra de mieux cerner les potentialités de chaque projet. Une alternative serait un groupe de travail, chargé d'évaluer les possibles synergies entre les différents projets de plans sectoriels. Ce groupe, composé de représentants des différents offices fédéraux, autorités fédérales et porteurs de projets, pourrait se réunir tous les 3 à 4 ans afin d'évaluer les possibilités de l'utilisation multifonctionnelle ou de la mise en parallèle dans les 10 ans à venir.

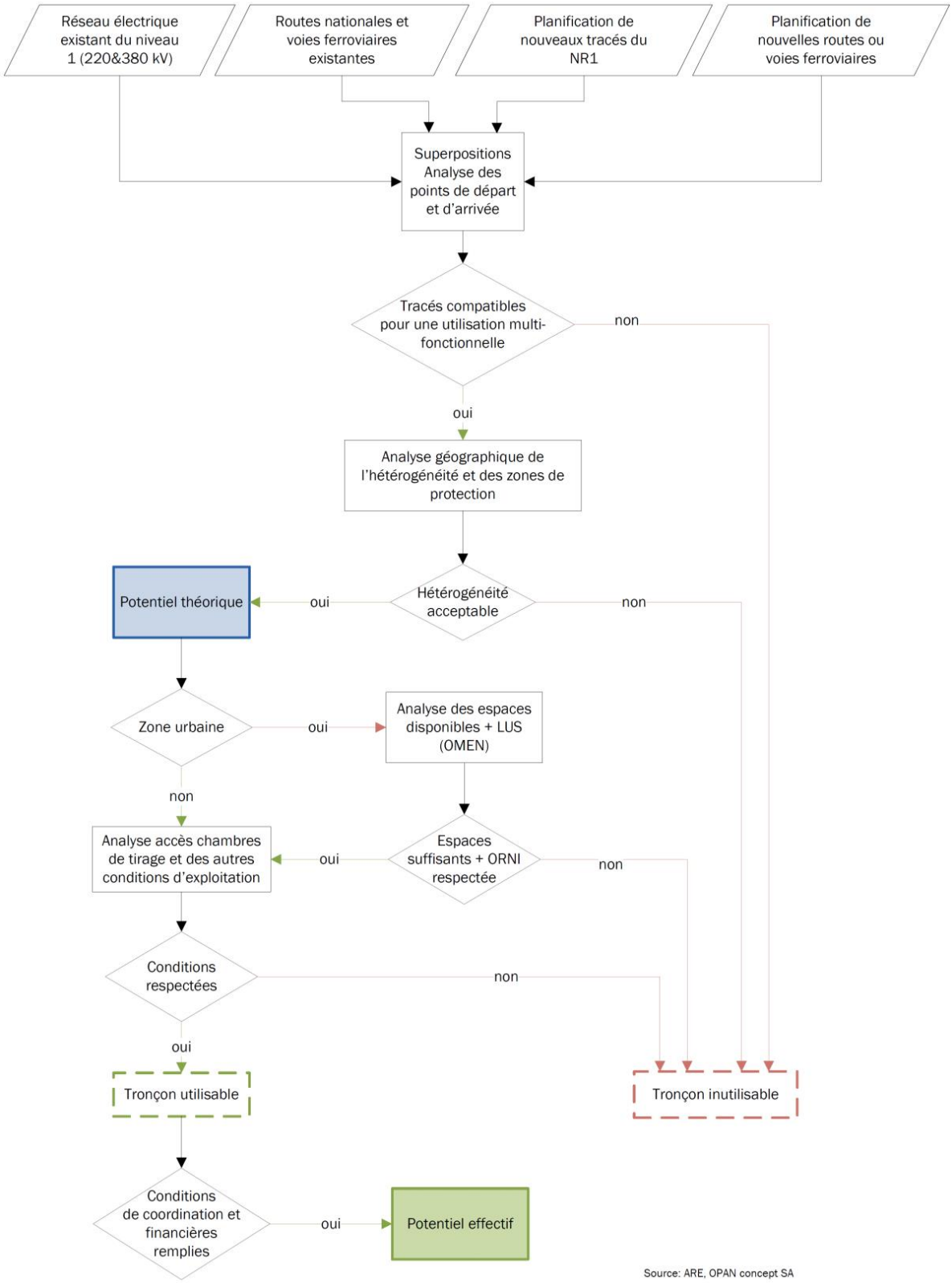


Figure 26 : Schéma décisionnel pour l'évaluation du potentiel de l'utilisation multifonctionnelle sur un tronçon spécifique.

5.1.3 Disponibilité des routes nationales

La question centrale qu'il s'agit de clarifier est celle de l'accès aux réseaux de tiers via la route nationale. Ceci est actuellement refusé par l'OFROU afin de garantir une disponibilité maximale du réseau, comme p. ex. imposé dans le « Message relatif au programme d'élimination des goulets d'étranglement du réseau des routes nationales […] » par le Conseil fédéral suisse (message 09.084, 2009) et intégré dans planification de l'entretien de l'OFROU. Cette décision de « disponibilité maximale », appliquée strictement par l'OFROU, doit être, si nécessaire, reconsidérée au niveau politique, en pesant les intérêts nationaux et en définissant des priorités concernant le fonctionnement des différents réseaux, l'utilisation du sol et les conséquences financières supportables.

5.1.4 Projet pilote de multifonctionnalité et workshops bilatéraux

Comme mentionné à plusieurs reprises dans ce rapport, le potentiel réel de l'utilisation multifonctionnelle (voir Figure 2) est spécifique à chaque tronçon et doit être analysé au cas par cas. Le schéma décisionnel (Figure 26) peut être utilisé dans une première approche. Au même temps, ce schéma est basé sur la connaissance et la coordination des différents plans sectoriels (voir point 5.1.2). Parallèlement à la détermination des tronçons « utilisables », les conditions de coordination et de planification doivent donc être prises en compte. Il est recommandé d'effectuer un projet « test » sur un tronçon réel du réseau électrique, faisant partie de la stratégie du réseau 2025 (Swissgrid, 2015), comme p. ex. le renforcement de la ligne 220 kV à 380 kV entre Mettlen et Ulrichen. D'autres projets potentiels pourraient être identifiés sur la base du plan de la Figure 21.

Etant donné les divergences de vue entre Swissgrid et l'OFROU concernant le potentiel technique et d'exploitation (voir fin des chapitres 2.2 et 2.5), l'opportunité d'un projet pilote et/ou des workshops bilatéraux est renforcée, car ils permettraient de clarifier les positions et proposer des solutions sur la base d'un exemple concret. A l'occasion des workshops, différentes propositions faites par Swissgrid dans le cadre de cette étude pourraient être analysées avec l'OFROU.

5.1.5 Projets de mise en souterrain NE1 à l'étranger

La mise en souterrain des lignes électriques NE1 – indépendamment de l'utilisation multifonctionnelle – n'a été faite que lors de quelques premiers projets pilotes en Europe et dans le monde. Ces projets sont à étudier objectivement et en détail pour apprendre des expériences faites en dehors de la Suisse. En particulier, une analyse visant la compréhension des problématiques d'accès et d'exploitation à l'étranger permettrait d'identifier des solutions aux divergences de vue entre Swissgrid et l'OFROU. Ces informations mises en commun avec l'étude pilote proposée au chapitre 5.1.4 permettraient de mieux concrétiser le potentiel d'utilisation multifonctionnelle des infrastructures en Suisse.

5.1.6 Best practices

Afin de proposer une base d'aide à la décision, des recommandations regroupant des solutions techniques de câblage applicables aux différents cas d'utilisation multifonctionnelle rencontrés en Suisse (ouvrages, interfaces, croisement de réseaux, zones urbaines, zones protégés, géologie, topographie, etc.) devraient être établies. Le développement de technologies ou méthodes spécifiques à l'utilisation multifonctionnelle est également à considérer. Il est en outre à définir quand et comment l'implémentation d'une ligne électrique tant souterraine qu'aérienne dans le réseau des routes nationales (et dans une moindre mesure dans le réseau

ferroviaire) peut être réalisée, dépendant du type d'intervention (construction nouvelle, gros travaux d'entretien, infrastructure existante).

5.1.7 Anticipation des besoins futurs

Même si les possibilités de multifonctionnalité paraissent faibles actuellement, nous sommes convaincus qu'anticipées et cordonnées, elles pourraient être nettement plus évidentes dans une ou deux décennies.

Des mesures anticipées pourraient être prises de suite (prévoir des blocs de câbles / galeries) lors de gros travaux, même si l'implémentation des câbles et l'utilisation se feront plus tard (comme cela a déjà été fait dans certains tunnels). La prise en charge des frais d'un tel décalage temporel doit cependant encore être règlementée. S'il n'y a pas de mise en place directe d'une ligne électrique, les coûts ne peuvent être imputés au réseau électrique. Le financement et les intérêts de tels travaux et installations anticipés sont à clarifier.

Il n'est pas réaliste d'obliger une utilisation multifonctionnelle sur l'entier des réseaux. Par contre, les planifications des réseaux, tant pour les nouvelles constructions que pour les gros travaux de rénovation, devraient être connues mutuellement et – si possible – coordonnées entre les différents acteurs. Ainsi, p. ex. lors de la réaffectation d'une bande d'arrêt d'urgence, d'un élargissement de route ou d'une construction d'un nouveau tunnel, des emplacements de câbles NE1 dans un futur proche pourraient être prévus. La transition pourrait ainsi se faire au rythme de l'évolution de chacun des réseaux.

6 Bibliographie

Aeberhard M., Vollenwyder R., Haag C., Aeberhardt B. Resonanzproblematik im SBB Energienetz [Rapport]. - 2012.

AF-Consult & Alpiq EnerTrans AG LT Airolo – Lavorgo, 380-kV-Leitungen Airolo – Lavorgo, 132-kV-UL Airolo – Pollegio, Verkabelungsstudie Bericht für Begleitgruppe. - 2012

Alpiq EnerTrans AG, Alpiq Netz AG Gösgen/Laufenburg c/o Swissgrid AG, Schweizerische Bundesbahnen SBB Sachplanverfahren 106 Airolo – Lavorgo Freileitung Variante „Montagna“ [Rapport] : Grundlage für die Anwendung des Beurteilungsschemas. - 2013

Alpiq EnerTrans AG, Alpiq Netz AG Gösgen/Laufenburg c/o Swissgrid AG, Schweizerische Bundesbahnen SBB Sachplanverfahren 106 Airolo – Lavorgo Variante „Vollverkabelung“ [Rapport] : Grundlage für die Anwendung des Beurteilungsschemas. – 2013

Alpiq EnerTrans AG, Alpiq Netz AG Gösgen/Laufenburg c/o Swissgrid AG, Schweizerische Bundesbahnen SBB Sachplanverfahren 106 Airolo – Lavorgo Teilverkabelungsstudie Variante „Dalpe“ [Rapport]. - 2013

ARE, Office fédéral du développement territorial Plans sectoriels de la Confédération [En ligne]. - 17 décembre 2015. - http://www.are.admin.ch/sachplan/index.html?lang=fr.

Arlt D., Novitzkij A., Westermann D., Wolling J. Metastudie über Merkmale von Freileitungen und Erdkabelleitungen [Rapport]. Technische Universität Ilmenau -2011

Brakelmann H. & Ghaderi S. Zwischenverkabelung der 380/132/65-kV-Leitungsverbindung Mörel - Ulrichen [Rapport] : Machbarkeitsstudie. - Rheinberg / Bochum, 2014. - Sur la demande de: Swissgrid AG, Frick, Schweiz.

Brakelmann H. & Dong T. Transiente Überspannungen bei der Zwischenverkabelung der 380-kV-Leitungsverbindung Chippis-Ulrichen [Rapport] : BCC Cable Consulting. - Rheinberg, Aschaffenburg, 2014. - Sur la demande de: Swissgrid AG, Frick, Schweiz.

Brakelmann H., Stein D., Waschk V. Effiziente Kabelanordnung im Doppelmantelrohr [Article] // ew - Magazin der Energiewirtschaft. - Frankfurt am Main : EW Medien und Kongresse GmbH, 2013. - 14 : Vol. 112.

Brugg Cables XDRCU-ALT Einleiter-Hochspannungskabel für 380/220 (420) kV – Aluminiumleiter [Fiche technique]. - www.bruggcables.com. 2015

Brugg Cables XDRCU-ALT Einleiter-Hochspannungskabel für 380/220 (420) kV – Kupferleiter [Fiche technique]. - www.bruggcables.com. 2015

CFF, Chemins de fer fédéraux suisses Courant de traction et courant domestique [En ligne]. - 2015. - 4 janvier 2016. - http://www.cff.ch/groupe/les-cff-comme-partenaire-commercial/offres-pour-etf/energie/courant-de-traction-et-courant-domestique.html.

CIGRE WG B1.10 Update of Service Experience of HV Underground and Submarine Cable Systems [Rapport] / Conseil International des Grands Réseaux Électriques. - April 2009. - N° 379.

Conseil fédéral suisse 09.084 Message relatif au programme d'élimination des goulets d'étranglement du réseau des routes nationales et à l'allocation des moyens financiers nécessaires. - 2009.

Conseil fédéral suisse Stratégie Réseaux électriques ; concept détaillé dans le cadre de la Stratégie énergétique 2050. - 2013.

Conseil fédéral suisse 16.035 Message relatif à la loi fédérale sur la transformation et l'extension des réseaux électriques. - 2016.

Conseil national Postulat Rechsteiner Rudolf. Routes nationales fonctionnelles pour préserver le paysage [Discussion]. Session de printemps 2010, sixième séance du 08 mars 2010. - http://www.parlament.ch/ab/frameset/f/n/4813/320568/f_n_4813_320568_321201.htm

Consentec GmbH Grundlagen für eine Berechnungsmethode zum Kostenvergleich zwischen Kabeln und Freileitungen sowie zur Festlegung eines Mehrkostenfaktors [Rapport]. - Sur la demande de l'OFEN - 2013.

DETEC, Département fédéral des transports de l'énergie et de la communication Plan sectoriel des transports, partie Infrastructure rail. Adaptations et compléments 2015, Rapport explicatif. - 4 décembre 2015.

DETEC, Département fédéral des transports de l'énergie et de la communication, ARE, Office fédéral du développement territorial Système d'objectifs et d'indicateurs des transports durables du DETEC (ZINV UVEK), 2001 (mise à jour 2008)

Ecoplan eNISTRA: un outil conçu pour deux méthodes complémentaires d'évaluation d'infrastructure routière: NISTRA: indicateurs du développement durable pour les projets d'infrastructure routière, KNA: analyse coûts/avantages selon les normes VSS SN 641 820 - 828, Manuel eNISTRA / Office fédéral des routes, OFROU. - Berne et Altdorf, 2010.

ENTSO-E & Europacable Joint Paper : Feasibility and technical aspects of partial undergrounding of extra high voltage power transmission lines [Rapport] / Bruxelles. - Décembre 2010.

ESTI, Inspection fédérale des installations à courant fort 245.0311 Règles de sécurité pour les travaux sur les lignes aériennes à haute tension [Rapport]. - 2011.

Frutiger AG Kabelstudie Binnaquerung, Machbarkeitsstudie Brücke [Rapport] : Machbarkeitsstudie. - Thun, 2014. - Auftraggeber: Swissgrid AG.

Gehlen C. Zwischenverkabelung in Raesfeld (Pilotprojekt) [Présentation]. AMPRION GmbH – 2014. 19 février 2016. - http://www.vde.com/de/Regionalorganisation/Bezirksvereine/Rhein-Ruhr/Ueber%20Uns/Documents/PilotprojektRaesfeld_Mrz.2015.pdf

Glavitsch H. Begleitung und Begutachtung der Studie zu einer Zwischenverkabelung der 380/132/65-kV Leitungsverbindung Mörel - Ulrichen (Hauptstudie und Beilagen) [Rapport] : Expertenbericht. - 2014.

Lugschitz H. & Holzmann A. Umweltverträglichkeitserklärung -380-kV-Salzburgleitung Netzknoten St. Peter – Netzknoten Tauern, Fachbereich: Technische Alternative [Rapport] : APG - 2013.

Macharey U., Nailis D., Ritznau M, Brakelmann H. & Erlich I. Vergleich der Zwischenverkabelung des EnLAG-Vorhabens 15 im Bereich Hürth mit einer reinen Freileitungsauslegung unter Berücksichtigung der Mitführung der bestehenden 220-kV- und 110-kV-Leitungen [Rapport]. - 2013. Auftraggeber: AMPRION GmbH.

OFEFP Office fédéral de l'environnement, des forêts et du paysage L'électrosmog dans l'environnement [Rapport]. - 2005.

OFEN, Office fédéral de l'énergie, ARE, Office fédéral du développement territorial 132 kV-Leitungsprojekt Rapperswil-Ricken (-Gossau), SBB - Erläuternder Bericht zu den Objektblättern Nr. 819/819.10, Sachplan Übertragungsleitungen [Rapport]. - 2005.

OFEN, Office fédéral de l'énergie Externe Kosten der Übertragung und Verteilung von Elektrizität [En ligne]. - 1997. - 1 mars 2016. http://www.bfe.admin.ch/dokumentation/publikationen/index.html?start=0&lang=de&marker_suche=1&ps_text=%FCbertragung+und+verteilung+elektrizit%E4t&ps_nr=&ps_date_day=Tag&ps_date_month=Monat&ps_ddat_year=Jahr&ps_autor=&ps_date2_day=Tag&ps_date2_month=Monat&ps_date2_year=Jahr&ps_show_tyt=no&ps_show_kat=no.

OFEN, Office fédéral de l'énergie Plan sectoriel des lignes de transport d'électricité (PSE). Adaptations 2008. - 2009. - http://www.bfe.admin.ch/themen/00544/00624/index.html?lang=fr&dossier_id=02171.

OFEN, Office fédéral de l'énergie Plan sectoriel des lignes de transport d'électricité (PSE) [En ligne]. - 2015**a**. - 5 janvier 2016. - http://www.bfe.admin.ch/themen/00544/00624/index.html?lang=fr.

OFEN, Office fédéral de l'énergie Sachplan Übertragungsleitungen 700 - Leitungszug Waldegg-Wollishofen [Rapport] : Erläuternder Bericht gemäss Bundesratsbeschluss vom 15. Dezember 2015. - Berne, 2015**b**.

OFEN, Office fédéral de l'énergie; OFEV, Office fédéral de l'environnement, ARE, Office fédéral du developpement territorial, Secrétariat technique de l'ElCom Modèle d'évaluation pour les lignes de transport d'électricité. - 2013**a**.

OFEN, Office fédéral de l'énergie; OFEV, Office fédéral de l'environnement, ARE, Office fédéral du developpement territorial, Secrétariat technique de l'ElCom Manuel relatif au Modèle d'évaluation pour les lignes de transport d'électricité. - 2013**b**.

OFROU, Office fédéral des routes Directive - Profils types, aires de repos et de ravitaillement des routes nationales. - Berne, 2002.

OFROU, Office fédéral des routes & Ecoplan NISTRA: Indicateurs du développement durable pour les projets d'infrastructure routière. - Berne, 2003

OFROU, Office fédéral des routes ASTRA 86024 Comportement lors de travaux sur les RN [Rapport]. - 2011.

OFROU, Office fédéral des routes OFROU 2015, Route et trafic - Chiffres et faits [Rapport]. - Berne, 2015.

OFROU, Office fédéral des routes Planification de l'entretien [En ligne]. - 11 janvier 2016. - http://www.astra.admin.ch/autobahnschweiz/01069/01095/index.html?lang=fr.

OFROU, Office fédéral des routes Ouverture de la consultation FORTA [En ligne]. -26.02.2016. - http://www.astra.admin.ch/themen/06035/06041/06400/index.html?lang=fr

OFT, Office fédéral des transports Documentation des bases de planification PRODES, étape d'aménagement 2030 [Rapport]. - 2014**a**.

OFT, Office fédéral des transports L'OFT crée de la marge de manoeuvre pour le câblage de lignes de courant de traction [En ligne]. - 2014**b**. - 4 janvier 2016. - http://www.bav.admin.ch/aktuell/00479/index.html?lang=fr&msg-id=52543.

OFT, Office fédéral des transports Infrastructure : PRODES étape d'aménagement 2030 [En ligne]. - 2014**c**. - 17 février 2016. - http://www.bav.admin.ch/fabi/04578/index.html?lang=fr

OFT & Ernst Basler + Partner NIBA : Indicateurs de durabilité pour projets d'infrastructure ferroviaire, 2006

Rhätische Bahn Neubau Albulatunnel II, Beilage Medienorientierung 21.12.2012. Technischer Kurzbericht [Rapport] - 2012. - 24 février 2016. - http://www.bahnonline.ch/wp/wp-content/uploads/2012/12/Albula_PGV-Medieninfo-54851_01.pdf

Rechsteiner R. 08.3017 – Postulat, Routes nationales multifonctionnelles pour préserver le paysage, déposé au conseil national le 04 mars 2008. - http://www.parlament.ch/f/suche/Pages/geschaefte.aspx?gesch_id=20083017.

Roduner A. & Sieber M. Prioritäten bei der Engpassbeseitigung, Strassenverkehr Schweiz 2013, 2012

SG-DETEC, Sécrétariat général du Département fédéral de l'environnement, des transports, de l'énergie et de la communication L'avenir des réseaux d'infrastructure nationaux en Suisse [Rapport] : Rapport du Conseil fédéral du 17 septembre 32010. - 2010.

SRF Schweizer Radio und Fernsehen Grosser Nachholbedarf bei Schienen-Sanierung, 21.05.2014 [En ligne]. - 2014. - 17 février 2016. http://www.srf.ch/news/schweiz/grosser-nachholbedarf-bei-schienen-sanierung.

SUVA Valeurs limites d'exposition aux postes de travail 2015 – 1903.f [En ligne]. - 2015. 10 février 2016. - https://extra.suva.ch/webshop/54/54BC7469D03481C0E10080000A63035B.pdf.

Swissgrid Daten und Fakten zum Schweizer Stromübertragungsnetz [En ligne]. - 2014. - 12 janvier 2016. - https://www.swissgrid.ch/swissgrid/de/home/reliability/griddata.html.

Swissgrid Rapport sur le réseau stratégique 2025 [Rapport]. - 2015.

Swissgrid Infrastrukturpartnerschaften schaffen Mehrwert [Conférence de presse]. - 4 février 2016.

Teuscher P. (Einfache Gesellschaft Grimseltunnel) Das Projekt Hochspannungsleitungen und Bahn im Grimsel - Medienkonferenz [Présentation]. - 4 février 2016. - https://www.be.ch/portal/de/index/mediencenter/medienmitteilungen.assetref/dam/documents/portal/Medienmitteilungen/de/2016/02/2016-02-04-grimselbahn-folienpr%C3%A4sentation-teuscher-de.pdf.

Tribunal fédéral 35. Auszug aus dem Urteil der I. öffentlich-rechtlichen Abteilung i.S. Einfache Gesellschaft 380/132/65 kV-Gommerleitung, bestehend aus Swissgrid AG und Schweizerische Bundesbahnen SBB gegen Beschwerdegegner 1-21 und BFE 1C_175/2013 vom 11. September 2013 : BGE 139 II 499. - 2013.

Tribunal fédéral Auszug aus dem Urteil der I. öffentlich-rechtlichen Abteilung i.S. Gemeinde Riniken und Mitb. gegen Axpo AG und Bundesamt für Energie 1C_398/2010 vom 5. April 2011 : BGE 137 II 266. - 2011.

VÖV UTP, Union des transports publics R RTE 21110 Infrastructure et ballast - Voie normale (et métrique) : RTE - Ouvrage de référence en matière de technique ferroviare. - 2005.

VÖV UTP, Union des transports publics RTE 20100 Sécurité lors des travaux sur et aux abords des voies. - 2012

VSS, Association suisse des professionnels de la route et du trafic SN 640 039-1, Projets routiers. Ouvrages routiers – conception favorable à leur entretien. - 2001

Workshops, séances, réunions

[I] **ARE, Office fédéral du développement territorial** Po Rechsteiner 08.3017 – Première séance du groupe de travail du 30 mars 2015 // Procès-verbal. - 2015.

[II] **OFROU, Office fédéral des routes** Workshop OFROU du 29.10.2015 // Procès verbal. - 2015.

[III] **OFT, Office fédéral des transports; CFF, Chemins de fer fédéraux suisses** Workshop du 12.11.2015 // Procès verbal. - 2015.

[IV] **OFEN, Office fédéral de l'énergie; Swissgrid** Workshop du 14.12.2015 // Procès verbal. - 2015.

[V] **ARE Office fédéral du développement territorial** Po Rechsteiner 08.3017 – Séance du groupe de travail, discussion du rapport externe, version intermédiaire du 04.02.2016 // Procès-verbal. - 2016.

[VI] **OFROU, Office fédéral des routes** Analyse juridique de la mise en œuvre d'une utilisation multifonctionnelle en Suisse, Service juridique OFROU, Division Affaires de la direction. 18 janvier 2016.

ARE, Office fédéral du développement territorial Séance Kick-off pour la réalisation du rapport externe Po Rechsteiner du 13 septembre 2015 // Procès-verbal. - 2015.

Annexes

Annexe A : Mindmap des enjeux d'une utilisation multifonctionnelle

Annexe B : Exemples de champs magnétiques

Annexe C : Base de données cartographiques

Annexe D : Réponses détaillées de l'OFROU aux questions juridiques

Annexe E : Photos d'exemples de réalisations de lignes électriques aériennes et souterraines

Annexe F : Exemples de chambres de tirage

Annexe G : Tableaux des obstacles d'une utilisation multifonctionnelle remplis par les différents offices fédéraux

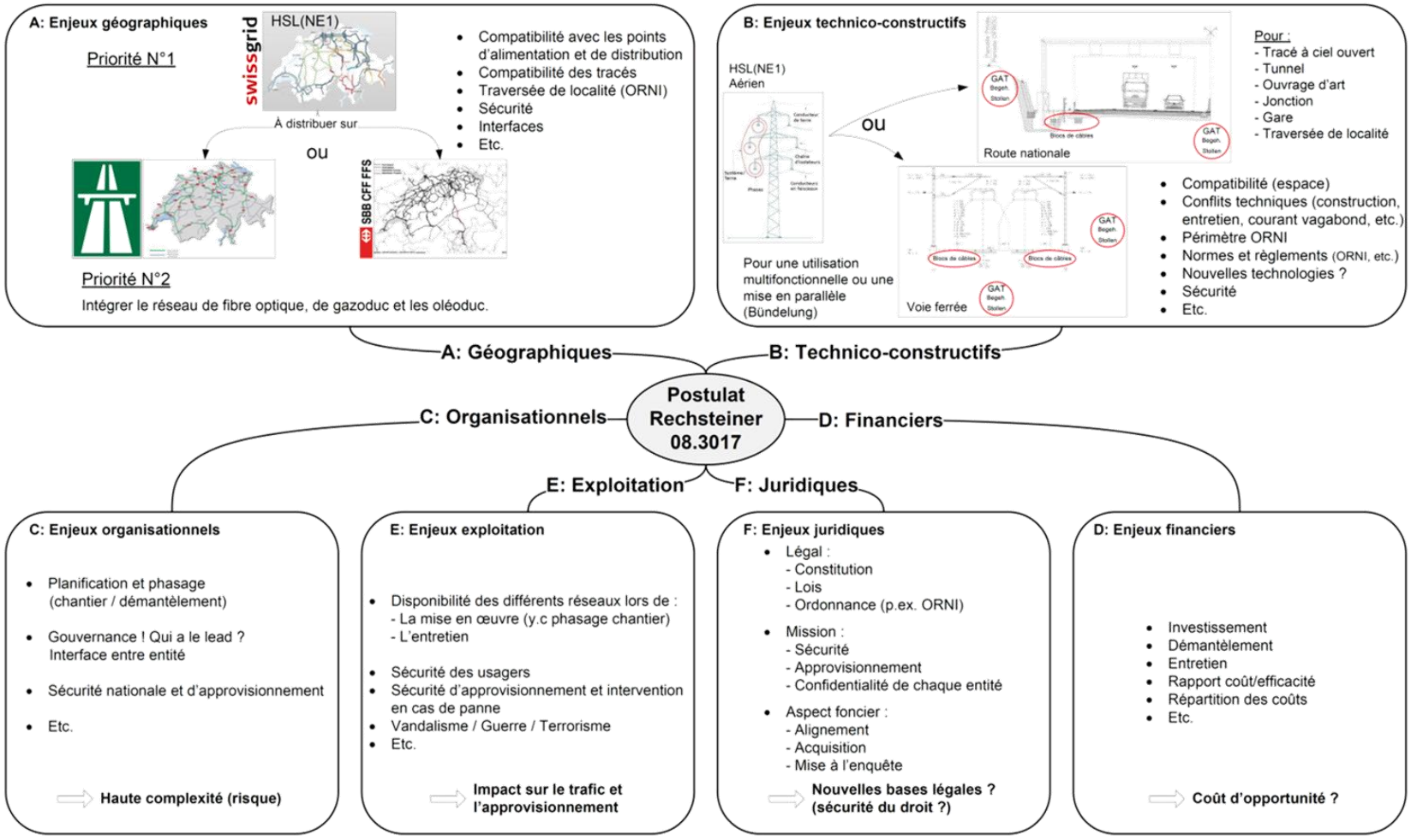
Annexe H : PV des Workshops

Annexe I : Réseaux sous la route nationale avec exemple de la N1 entre Lausanne et Yverdon-les-Bains

Annexe J : Organigramme des participants des Workshops

26801 – ARE / Infrastructures multifonctionnelles (Po Rechsteiner)

Annexe A



Note : Les aspects paysagés ne sont pas intégrés dans ce mandat.

OPAN concept Neuchâtel SA Bureau d'ingénieurs civils SIA

Ruelle Vaucher 22 Case postale 686 CH-2002 Neuchâtel

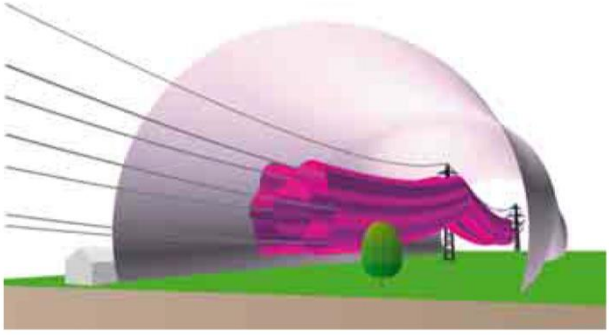
Tél. +41 (0)32 723 77 77 Fax +41 (0)32 723 77 78 neuchatel@opan.ch

26801 – ARE / Infrastructures multifonctionnelles (Po Rechsteiner)

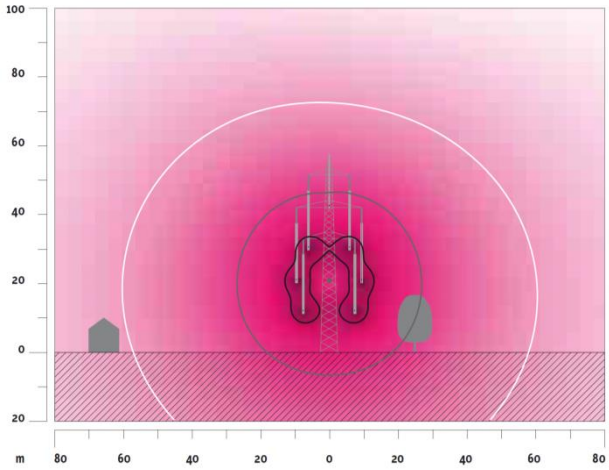
Rapport d'experts externes sur les enjeux technico-constructifs, d'exploitation, organisationnels et juridiques ainsi que les conditions cadres pour une utilisation multifonctionnelle des infrastructures de routes nationales et/ou des réseaux ferroviaires

Annexe B
Champs magnétiques

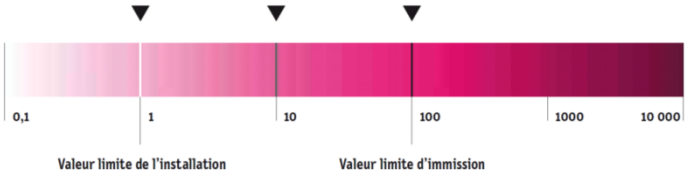
Les graphiques suivants montrent des exemples de champs magnétiques autour de lignes électriques aériennes ou mises sous terre issus de la brochure « L'électrosmog dans l'environnement » (OFEFP, 2005).



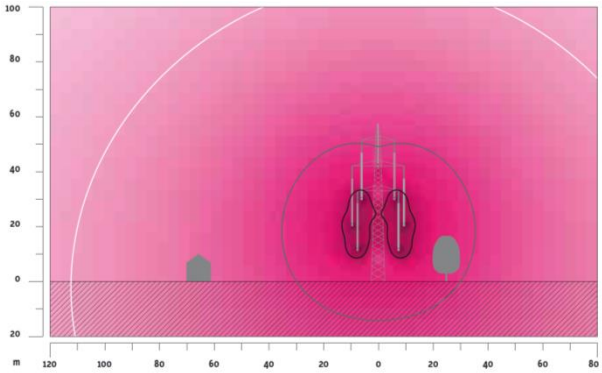
Représentation en perspective du champ magnétique d'une ligne à haute tension typique de 380 kV à deux ternes, à pleine charge (1920 A). La charge la plus forte se manifeste autour des six câbles conducteurs; elle dépasse les 100 microtesla (µT) à l'intérieur des cylindres rouges et s'élève encore à 1 µT au niveau de l'enveloppe du grand tunnel.



Coupe transversale du champ magnétique de la ligne à haute tension représentée ci-dessus à mi-distance entre deux pylônes, là où les câbles conducteurs sont le plus proche du sol. La charge diminue à mesure de l'éloignement par rapport à la ligne et n'est pas influencée par les murs des bâtiments, les arbres ou le terrain. La valeur des champs au niveau des lignes tracées est indiquée dans l'échelle de couleurs ci-dessous.

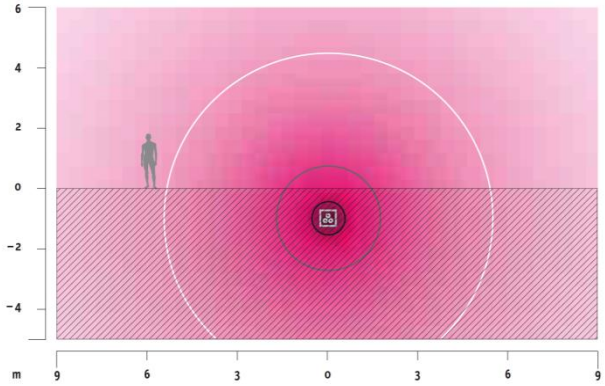


Échelle de la densité de flux magnétique en microtesla (µT).



Une disposition favorable des câbles conducteurs et une optimisation de l'ordre des phases permettent de réduire de manière significative la dimension spatiale du champ magnétique des lignes aériennes. La figure ci-dessus montre le champ magnétique d'une ligne à haute tension de 380 kV à deux ternes, dont les phases ont été optimisées. La figure ci-dessous représente la même ligne avec un ordre des phases défavorable. La valeur des champs au niveau des lignes tracées est indiquée dans l'échelle de couleurs.

OPAN concept Neuchâtel SA Bureau d'ingénieurs civils SIA
Ruelle Vaucher 22 Case postale 686 CH-2002 Neuchâtel
Tél. +41 (0)32 723 77 77 Fax +41 (0)32 723 77 78 neuchatel@opan.ch



Coupe transversale du champ magnétique d'une ligne en câbles enterrée. Le bloc de tubes se trouve ici à 0,8 mètre sous la surface du sol. Les conducteurs de courant de 745 A étant à une faible distance les uns des autres, la dimension spatiale du champ magnétique est nettement moindre que celle des lignes aériennes; la charge diminue aussi plus rapidement avec l'éloignement.

OPAN concept Neuchâtel SA Bureau d'ingénieurs civils SIA
Ruelle Vaucher 22 Case postale 686 CH-2002 Neuchâtel
Tél. +41 (0)32 723 77 77 Fax +41 (0)32 723 77 78 neuchatel@opan.ch

26801 – ARE / Infrastructures multifonctionnelles (Po Rechsteiner)

Rapport d'experts externes sur les enjeux technico-constructifs, d'exploitation, organisationnels et juridiques ainsi que les conditions cadres pour une utilisation multifonctionnelle des infrastructures de routes nationales et/ou des réseaux ferroviaires

Annexe C

Base des données cartographiques

Les données cartographiques suivantes ont été rassemblées par l'ARE, en accord avec l'OFROU, les CFF et l'ESTI.

- Zones à bâtir
- Modèle topographique du terrain, MTP
  - Routes nationales
  - Réseau ferré
- Mistra
  - Axes des routes nationales
  - Objets d'inventaires
- Voie ferroviaire

Les données géographiques suisses (pays, cantons, districts, lacs, noms etc.) ont été téléchargées gratuitement du toposhop de swisstopo (toposhop.admin.ch).

Préparation pour l'analyse statistique

Routes nationales, basées sur MTP : Uniquement les données ayant le champ OBJEKTART = « Autobahn », « Einfahrt », « Zufahrt » ou « Raststätte » ont été gardées. Parmi les trois derniers, les tronçons très courts et loin des tracés principaux n'ont également pas été pris en compte. Enfin, les longueurs calculées ont été divisées par deux, afin de compter ensemble les deux directions.

Réseau ferré, basé sur MTP : Uniquement les données ayant le champ OBJEKTART = « Normalspur » ou « Schmalspur mit Normalspur » ont été retenues. Pour le calcul de la longueur du réseau, les données ayant le champ « ANSCHLUSS » = « wahr » et « ACHSE_DKM » = « Falsch » ont en plus été enlevées, afin de retenir surtout les tracés principaux.

OPAN concept Neuchâtel SA Bureau d'ingénieurs civils SIA

Ruelle Vaucher 22 Case postale 686 CH-2002 Neuchâtel

Tél. +41 (0)32 723 77 77 Fax +41 (0)32 723 77 78 neuchatel@opan.ch

26801 – ARE / Infrastructures multifonctionnelles (Po Rechsteiner)

Rapport d'experts externes sur les enjeux technico-constructifs, d'exploitation, organisationnels et juridiques ainsi que les conditions cadres pour une utilisation multifonctionnelle des infrastructures de routes nationales et/ou des réseaux ferroviaires

Annexe D

Réponses détaillées de l'OFROU aux questions juridiques (Mail, L. Fankhauser, 18.01.2016)

Le Postulat Rechsteiner pose la question des « modèles juridiques appropriés pour instaurer une multifonctionnalité adéquate en calculant les coûts par rapport à l'utilité ». Est-ce que vous pourriez imaginer un tel « paquet juridique » lié à l'utilisation multifonctionnelle ou la mise en parallèle des routes nationales avec des lignes à haute tension ? Comment ce paquet pourrait-il être structuré du point de vue juridique?

Auf Grund der noch sehr offenen Ausgestaltung einer solchen möglichen multifunktionalen Nutzung von Nationalstrassen oder der Bündelung der Nationalstrasse und der Stromnetze, müssen nachfolgende Vorgehensweisen nur als Hypothesen angesehen werden.

Für den Fall, dass die Verlegung des Stromnetzes als eine Art Mitbenützung der Nationalstrasseninfrastruktur angesehen werden könnte, würde sich allenfalls eine analoge Anwendung der Kostenhandhabung wie bei der Mitbenützung von Infrastrukturanlagen anbieten.

Es drängt sich jedoch auch die Möglichkeit einer analogen Anwendung von Art. 35 FMG auf, wonach Eigentümer von Boden im Gemeingebrauch, wie es das ASTRA für die Nationalstrassen ist, verpflichtet sind, den Anbieterinnen von Fernmeldediensten die Benutzung dieses Bodens für Bau und Betrieb von Leitungen und öffentlichen Sprechstellen zu bewilligen, sofern diese Einrichtungen den Gemeingebrauch nicht beeinträchtigen. Dem ASTRA müsste eine angemessene Entschädigung bezahlt werden, welche jedoch nur kostendeckende Wirkung haben würde.

Toutefois, la mise en oeuvre de l'art. 35 FMG a engendré de très nombreux problèmes que des partenaires obligés de collaborer ne parviennent pas à résoudre de manière simple. Comme vous le dites, c'est un paquet législatif réglant les questions de propriété, location, utilisation, responsabilités; des questions de droit foncier se posent également, notamment lorsque les lignes sortiraient du domaine des routes nationales. Il devrait être clairement énoncé que les propriétaires des lignes devront supporter l'intégralité des coûts engendrés aux routes nationales pour satisfaire leur besoin et que ces coûts seront calculés sans qu'il soit tenu compte de l'âge des tronçons concernés, soit indépendamment de toute question de durée d'amortissement. Enfin, il devrait être renoncé à la gratuité qui engendre des subventionnements cachés à charge des routes nationales au profit de tiers utilisateurs, ainsi que des coûts nouveaux et supplémentaires liés à la dite coopération. Il serait dès lors indispensable que le législateur donne des règles afin de protéger les intérêts de la Confédération au moment de mettre en œuvre de telles collaborations.

Du point de vue des routes nationales, une utilisation multifonctionnelle est-elle légalement possible et justifiée (on peut faire la différence entre la chaussée, la parcelle OFROU et hors de la parcelle mais dans les alignements ou les zones réservées) ? Est-ce qu'il existe un (des) obstacle(s) juridique(s) concernant cette utilisation, un No-Go ? Ces obstacles éventuels sont-ils de quelle nature (par exemple obstacles liés à la législation actuelle, à la sécurité ou à la propriété) ?

OPAN concept Neuchâtel SA Bureau d'ingénieurs civils SIA

Ruelle Vaucher 22 Case postale 686 CH-2002 Neuchâtel

Tél. +41 (0)32 723 77 77 Fax +41 (0)32 723 77 78 neuchatel@opan.ch

Im Rahmen des Nationalstrassenareals ist grundsätzlich zwischen dem Grundeigentümer und dem Werkeigentümer zu unterscheiden. Im Rahmen des Nationalstrassennetzes, kann davon ausgegangen werden, dass in fast allen Fällen, der Bund, vertreten durch das Bundesamt für Strassen (ASTRA) als Werkeigentümerin der Nationalstrasse gleichzeitig die Grundeigentümerin ist.

Es ist anzumerken, dass die Baulinien nicht zwingend auf dem Grundstück des Bundes verlaufen muss, vielmehr sind es in der Regel Grundstücke Dritter. Dennoch ist bei der Erteilung einer allfälligen Baubewilligung innerhalb der Baulinien folgendes zu ergänzen:

Nach dem Randtitel zu den Art. 22-25 NSG („Freihaltung des Strassenraumes“) sowie eines Bundesgerichtsentscheids des Jahres 1971 (BGE 97 I 286) soll der Strassenraum durch die Baulinien in bestimmten Grenzen grundsätzlich freigehalten werden. Zwischen den Baulinien dürfen weder Neubauten erstellt noch Umbauten vorgenommen werden, es sei denn, es liege eine Bewilligung vor (Art. 23 NSG). Letztere darf gemäss Art. 24 NSG nur dann erteilt werden, wenn die gemäss Art. 22 zu wahrenden öffentlichen Interessen nicht verletzt werden, d.h. wenn einem allfälligen Ausbaus der Strasse, den Anforderungen der Verkehrssicherheit sowie der Wohnhygiene Rechnung getragen wird. In Anbetracht der rasanten Entwicklung des Nationalstrassenbaus, die eine grössere Toleranz bei der Erteilung von Ausnahmebewilligungen nach sich rief, ist der sich auf kantonales Recht stützende Beseitigungsrevers[1] ein geeignetes Mittel, mit welchem innerhalb der Baulinien dann trotzdem gebaut werden kann, wenn die Voraussetzungen für eine Verweigerung der Baubewilligung gegeben sind. Die Baute muss dann bei Bedarf der Nationalstrasse unverzüglich und auf Kosten des Eigentümers aufgehoben werden können (vgl. BGE Ia 482 und BGE 109 Ib 116). Dieser Beseitigungsreversentspricht insbesondere dem staatsrechtlichen Verhältnismässigkeitsprinzip, wonach die Massnahme, also die Eigentumsbeschränkung, erforderlich, geeignet und für den Betroffenen zumutbar sein muss. Er ermöglicht insbesondere eine aktuelle Nutzung des Grundeigentums, auch wenn ein Strassenprojekt erst in mehreren Jahren ausgeführt werden soll.

Baulinien sind in der Regel entschädigungslos zu dulden, weshalb nach Art. 25 NSG eine Beschränkung des Grundeigentums nur dann zu einem Anspruch auf Entschädigung führt, wenn sie in ihrer Wirkung einer Enteignung gleichkommt. Zur Zeit ist ein längerfristiges Projekt betreffend Baulinien am Laufen, welches das Ziel hat, alle Baulinien des ASTRA zu verifizieren. Es sind noch keine abschliessenden Rückschlüsse möglich.

Ceci étant, il n'y a cependant actuellement pas de no go juridique absolu au passage d'une ligne électrique sous une route nationale. Il y a déjà de nombreuses autres installations souterraines qui traversent ou longent les routes nationales.

Selon le workshop que nous avons réalisé avec les spécialistes il ressort que :

- *Die Diskussion geht davon aus, dass zwischen dem Neubau einer NS-Trasse und der Nutzung einer existierenden Trasse unterschieden werden muss. Auf einer existierenden Strecke ist die Integration schwierig und die Hindernisse sehr gross. Bei einem Neubau gäbe es eher Möglichkeiten und weniger starke Hindernisse. Fast das ganze Strassennetz ist jedoch bereits erstellt und die neuen Strecken sind sehr beschränkt.*
- *Eine Autobahntrasse ist ein sehr heikler und sensibler Bereich, wo eine Intervention soweit wie möglich vermieden werden muss.*

OPAN concept Neuchâtel SA Bureau d'ingénieurs civils SIA

Ruelle Vaucher 22 Case postale 686 CH-2002 Neuchâtel

Tél. +41 (0)32 723 77 77 Fax +41 (0)32 723 77 78 neuchatel@opan.ch

- *Generell ist eine multifunktionale Nutzung oder Bündelung der Nationalstrassen für Hochspannungsleitungen sehr schwierig wegen die Heterogenität der Trasse. Es muss jedoch für jede Strecke eine detaillierte Untersuchung gemacht werden.*
- *In keinem Fall ist ein Zugang zu den Kabeln über die Fahrbahn möglich. Der Zugang muss völlig unabhängig von der Strasse (ausserhalb des Schutzzauns) möglich sein.*
- *Eine Bündelung scheint bei bestehenden NS-Trasses die einzig mögliche Lösung.*

Avez-vous un avis juridique sur ces points ?

Aus juristischer Sicht, ist den obgenannten Punkten beizupflichten und zu ergänze, dass eine allfällige multifunktionale Nutzung oder Bündelung der Nationalstrassen nicht mit den Aufgaben des ASTRA korrelieren darf. Das ASTRA als Bundesamt für Strassen hat als oberstes Ziel, die Sicherstellung der Funktionsfähigkeit des Nationalstrassen und Hauptstrassennetzes zu gewährleisten. Dazu hat das ASTRA die Verfügbarkeit des Nationalstrassen- und Hauptstrassennetzes, aber auch die Gebrauchstauglichkeit des Nationalstrassennetzes, sicherzustellen. Nicht zuletzt ist die Verbesserung der Strassenverkehrssicherheit anzustreben, welche wie im Workshop bereits diskutiert, bei einem Zugang der Kabel über die Fahrbahn nicht gewährleistet wäre. Du point de vue financier, il doit être exclu que les routes nationales aient à supporter de moindre coût en relation avec une telle utilisation et qu'il revient aux entreprises tierces utilisatrices du domaine des routes nationales d'en supporter l'intégralité des coûts.

Nous avons identifié les articles suivants :

- *5, 6, 8, 14, 15, 16, 19, 23, 24, 44, 45, 47, et 51 de la LRN*
- *13, 15, 29, 30 et 54 de l'ORN*

en lien direct ou indirect avec une utilisation multifonctionnelle ou mise en parallèle. Est-ce que vous en voyez d'autres ?

Art. 46 NSV

1 Das ASTRA sorgt für einen technisch ausreichenden und kostengünstigen Unterhalt und überprüft periodisch den Zustand der Strassenanlage.

2 Es plant Unterhaltsmassnahmen langfristig. Die Massnahmen sind so zu koordinieren, dass die Leistungsfähigkeit der Nationalstrassen sichergestellt ist und die Anzahl der Baustellen auf einem Abschnitt möglichst gering gehalten werden kann

Les articles de loi que vous citez ne concernent qu'une étape dans le processus de collaboration. Il s'agit de règles générales fixées par le législateur pour ouvrir la possibilité aux tiers d'obtenir selon certaines conditions, le "droit" à une utilisation du domaine des routes nationales. En revanche, l'utilisation multifonctionnelle fait appel de manière indirecte à d'innombrables autres dispositions légales destinées à gérer la cohabitation: droit de la responsabilité civile, droit contractuel, droit des réels, droit de l'expropriation, droit des constructions (donc également droit cantonal et communal).

Par rapport à l'Art. 8 LRN : Le sous-sol des routes nationales est-il bien sous l'autorité et la propriété de la Confédération ? Qu'en est-il du sous-sol des alignements ou des zones réservées?

OPAN concept Neuchâtel SA Bureau d'ingénieurs civils SIA

Ruelle Vaucher 22 Case postale 686 CH-2002 Neuchâtel

Tél. +41 (0)32 723 77 77 Fax +41 (0)32 723 77 78 neuchatel@opan.ch

Gemäss Art. 667 ZGB erstreckt sich das Eigentum an Grund und Boden nach oben und unten auf den Luftraum und das Erdreich, soweit für die Ausübung des Eigentums ein Interesse besteht.

Unter den angesprochenen „reservierten Zonen“, sind wohl die Zonen innerhalb der Baulinien gemeint, welche für allfällige weitere Bauvorhaben für die Nationalstrasse reserviert sind. Bezüglich der Eigentumsverhältnisse innerhalb der Baulinien ist auf das vorangesagt zu verweisen.

Eigentümerin der Nationalstrassen und dementsprechend auch Eigentümerin möglicher betroffener Infrastrukturanlagen ist die Schweizerische Eidgenossenschaft, vertreten durch das Bundesamt für Strassen (ASTRA). Damit ist das ASTRA ebenfalls Eigentümerin des Untergrundes auf ihren Grundstücken.

Es ist darauf hinzuweisen, dass die bauliche Nutzung des Untergrundes sehr komplex ist. Neben den eigentlichen eigentumsrechtlichen Verhältnisse, sind auch die umweltrechtlichen Aspekte zu beachten. So sind die gewässerschutz- und die grundwassertechnischen Angelegenheiten ebenfalls zu berücksichtigen. De même, il est des cas où des voies de chemins de fer passent sous les routes nationales, ou juste à côté. Il serait alors nécessaire de prévoir également des règles à introduire dans les lois ad hoc à même de régler les éventuels conflits; de même faudrait-il des règles de conflit lorsque le domaine des routes nationales est déjà utilisé par des tiers, comme c'est le cas par exemple des réseaux de fibres optiques s'étendant de Genève à Bâle ou de Bâle à Chiasso.

Beim den Grundstücke, auf welchen sich das Nationalstrassennetz befindet, handelt es sich nicht überall um Privateigentum, sondern vielmehr um eine öffentliche Sache im Gemeingebrauch. Um diese Definition zu erfüllen muss das Eigentum, der unmittelbaren Erfüllung eines öffentlichen Zwecks dienen und einem offenen Benutzerkreis zur Verfügung stehen. Öffentliche Sachen im Gemeingebrauch stehen bereits definitionsgemäss unbeschränkt vielen Personen zur Benutzung offen. Allerdings nicht für jegliche Art der Benutzung, sondern nur für den bestimmungsgemässen Gebrauch. Die öffentliche Sache dient durch Widmung nämlich einem ganz bestimmten Zweck. Die Benützung kann aber auch Einschränkungen erfahren, muss aber auch dann noch unbeschränkt vielen Personen offen stehen.

Für die Nutzung der Nationalstrasse als öffentliche Sache im Gemeingebrauch gilt aber, dass der Gebrauch der Sache einerseits so zu erfolgen hat dass die gleichzeitige Benützung durch andere Personen nicht erheblich erschwert wird. Andererseits muss allen Benutzern grundsätzlich das gleiche Recht auf Benutzung zustehen. Wird die Nationalstrasse in einer Art und Weise genutzt, die nicht ihrer Widmung entspricht oder wird sie so intensiv genutzt, dass eine gleichzeitige Mitbenutzung durch die anderen Benutzer nicht mehr möglich ist, dann spricht man von einem gesteigerten Gemeingebrauch, welcher bewilligungspflichtig ist. Vorliegend aber, müsste zuerst aus bautechnischer Basis eruiert werden, ob überhaupt eine gleichzeitige Nutzung des Nationalstrassengrundstückes durch die Nationalstrasse und der Stromnetze möglich ist.

Comment sont considérés juridiquement des ouvrages/installations qui ne font pas partie des installations annexes au sens de l’art. 7 LRN, ni des installations routières (jonctions, ponts, tunnels etc.), mais qui se trouvent sur la propriété (ou dans les alignements) des routes nationales (ou qui y seront construits) (Art. 44, 45 LRN; Art. 2, 6, 29 ORN) ? Qui est propriétaire ? Quels sont les servitudes possibles ou les droits d'utilisation?

OPAN concept Neuchâtel SA Bureau d’ingénieurs civils SIA

Ruelle Vaucher 22 Case postale 686 CH-2002 Neuchâtel

Tél. +41 (0)32 723 77 77 Fax +41 (0)32 723 77 78 neuchatel@opan.ch

Nebenanlagen wie bspw. Raststätten im Sinne von Art. 7 NSG in Verbindung mit Art. 6 NSV, stehen im Eigentum der Kantone (Art. 8 Abs. 2 NSG). Die davon tangierten Grundstücke werden vom Kanton parzelliert. Il va de soi que là encore des règles spécifiques devraient être créées pour permettre le passage obligatoire de lignes sur les domaines cantonaux.

Si l'utilisation multifonctionnelle des routes nationales n'est juridiquement pas (ou peu) possible aujourd'hui une modification légale en faveur de cette thématique est-elle de votre point de vue envisageable ? Quels seraient les étapes nécessaires pour une telle modification ? Quels points seraient à règlementer pour permettre ou faciliter une utilisation multifonctionnelle des routes nationales (parcelle OFROU et alignements) ?

Soweit in diesem Stadium der Findung beurteilt werden kann, scheinen aus juristischer Sicht grundsätzlich keine direkten Hinderungsgründe zu bestehen, welche eine multifunktionale Nutzung von Nationalstrassen nicht ermöglichen würden. Jedoch müssten wohl für die neu zu schaffenden Rahmenbedingungen eine gesetzliche Grundlage geschaffen werden, welche die finanztechnischen Aspekte dieses Vorhabend regelt.

Sollte eine solche Gesetzesänderung nötig sein, so müsste ein Gesetzgebungsverfahren eingeleitet werden. Der Anstoss für eine Gesetzesänderung kann sowohl Initiativphase vom Bundesrat oder in diesem Fall von Herrn Rechsteiner (Parlamentarische Initiative) direkt gegeben werden.

Hier nur abstrakt aufgezeigt, wie das allgemeine Gesetzgebungsverfahren in der Schweiz vonstattengeht. Die Ausarbeitung eines ersten Gesetzesentwurfes wird in der Bundesverwaltung, vom zuständigen Bundesamt, durchgeführt. Ausnahmsweise kann der Bundesrat zuerst eine Expertenkommission beauftragen, um einen ersten Entwurf zu formulieren. Nach dem anschliessende Vernehmlassungsverfahren, wird der Gesetzesentwurf durch das zuständige Departement überarbeitet und zur Prüfung dem Bundesrat unterbreitet. Ist der Bundesrat mit der Formulierung einverstanden, überweist dieser den Entwurf zusammen mit der Botschaft des Bundesrates an den National- und Ständerat. Ansonsten geht der Entwurf zur nochmaligen Überarbeitung an die Verwaltung zurück.

Im Rahmen der Überprüfungsphase, werden der Text bzw. der Gesetzesentwurf und die Überlegungen dazu in den zuständigen Kommissionen beiden Räten diskutiert. Bei unterschiedlicher Beurteilung des Gesetzestextes ist ein Differenzbereinigungsverfahren notwendig. Wird der Vorschlag hingegen von beiden Kammern angenommen, kommt es zur abschliessenden und in beiden Kammern gleichzeitigen Abstimmung, der sogenannten Schlussabstimmung. Damit ist das parlamentarische Verfahren abgeschlossen. Falls die Vorlage in der Schlussabstimmung angenommen wird, wird das Gesetz im Bundesblatt publiziert. Ein in Kraft treten der Gesetzesänderung ist vorbehältlich eines obligatorischen (wenn der Beschluss die Bundesverfassung betrifft) oder fakultativen Referendums möglich.

Dem ersten Anschein nach, scheint sich eine nötige Gesetzesänderung vor allem aus das Bundesgesetz über die Nationalstrassen zu fokussieren, doch es sind ebenfalls diverse anderer tangierter Bundesgesetze (Fernmeldegesetz, Eisenbahngesetz) ins Auge zu fassen.

Pouvez-vous valider ou compléter la colonne « Droit » du tableau des obstacles tel que finalisé lors de notre Workshop avec vos collègues techniques des RN. Il est joint en annexe.

OPAN concept Neuchâtel SA Bureau d'ingénieurs civils SIA

Ruelle Vaucher 22 Case postale 686 CH-2002 Neuchâtel

Tél. +41 (0)32 723 77 77 Fax +41 (0)32 723 77 78 neuchatel@opan.ch

Das Bundesamt für Strassen, als Eigentümerin des Nationalstrassennetzes, einem der grössten Grundstückinhaberin, ist sehr wohl bereit für eine wirtschaftliche und ökologische Nutzung ihres Baugrundes, weswegen grundsätzlich eine Multifunktionale Nutzung von Nationalstrassen begrüsst würde, jedoch unter der Berücksichtigung der Vereinbarkeit ihrer Kerngeschäfte, u.a. der Gewährleistung der Verkehrssicherheit. Es ist jedoch zu ergänzen, dass bei einer Interessenabwägung in Bezug auf eine Drittnutzung, zugunsten der Interessen der Nationalstrassen zu entscheiden wäre.

Die vorhandene Infrastruktur der Nationalstrassen (Kunstbauten, u.a.) ist für eine Drittnutzung in Form einer Multifunktionale Nutzung nicht ausgelegt und somit nicht unbedingt brauchbar. Es ist, wie bereits mehrfach erwähnt, jederzeit der uneingeschränkte Betrieb inkl. Ausbau und Unterhalt der vorhandenen Nationalstrassen sicher zu stellen.

OPAN concept Neuchâtel SA Bureau d'ingénieurs civils SIA

Ruelle Vaucher 22 Case postale 686 CH-2002 Neuchâtel

Tél. +41 (0)32 723 77 77 Fax +41 (0)32 723 77 78 neuchatel@opan.ch

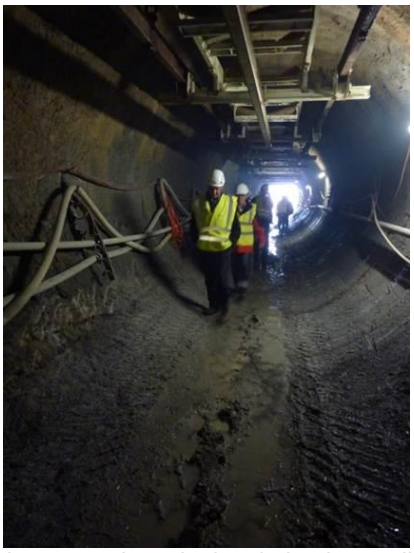
26801 – ARE / Infrastructures multifonctionnelles (Po Rechsteiner)

Rapport d'experts externes sur les enjeux technico-constructifs, d'exploitation, organisationnels et juridiques ainsi que les conditions cadres pour une utilisation multifonctionnelle des infrastructures de routes nationales et/ou des réseaux ferroviaires

Annexe E

Photos d'exemples de réalisations de lignes électriques aériennes et souterraines (fournies par Swissgrid)

150-132 kV Tunnel Vezia (CH/TI) - Stollenzugang

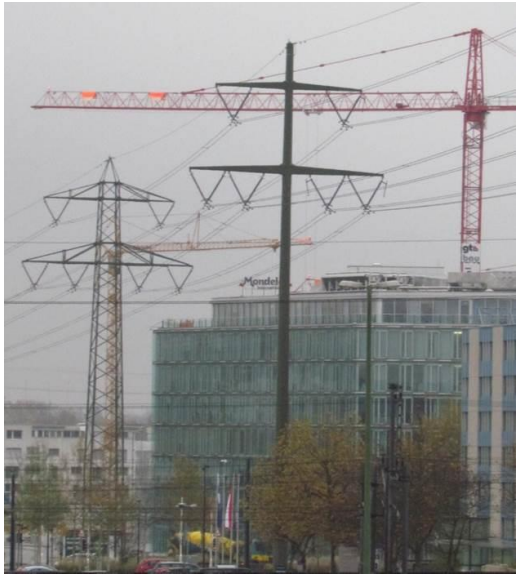


150-132 kV Tunnel Vezia (CH/TI) – im Stollen

150-132 kV Tunnel Vezia (CH/TI) – Stollenauskleidung und Bohrmaschine

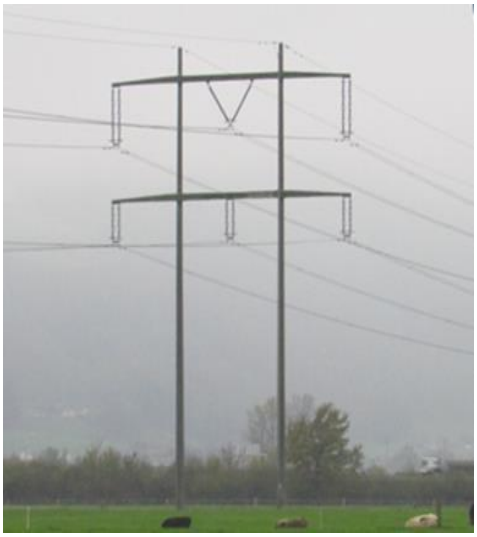
400 kV Freileitung CH, Stahl Standard

OPAN concept Neuchâtel SA Bureau d'ingénieurs civils SIA
Ruelle Vaucher 22 Case postale 686 CH-2002 Neuchâtel
Tél. +41 (0)32 723 77 77 Fax +41 (0)32 723 77 78 neuchatel@opan.ch



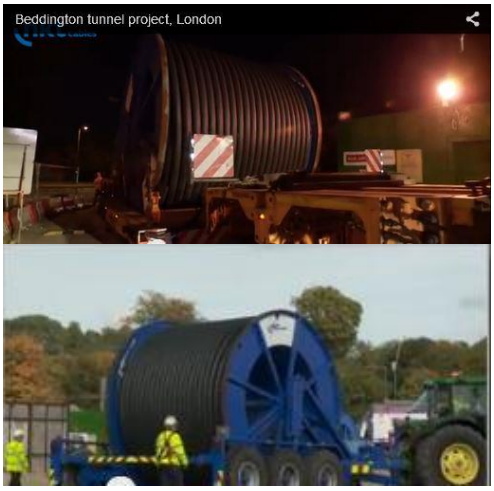
400 kV Freileitung, CH, einstielig

400 kV Freileitung, CH, kompakt



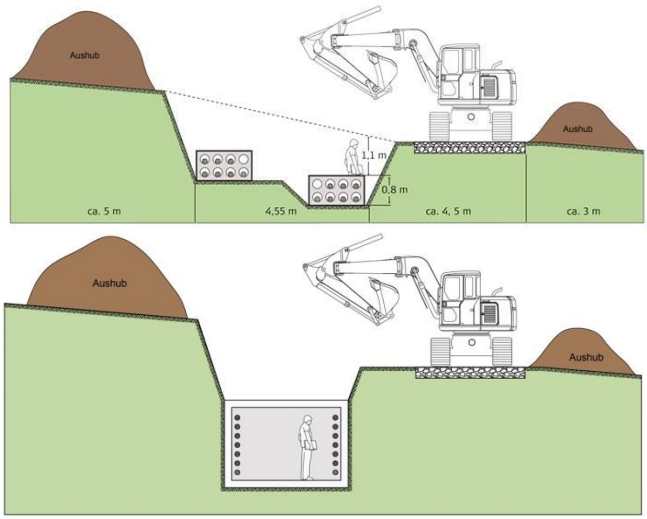
400 kV Freileitung, CH, Beton, 2 Systeme

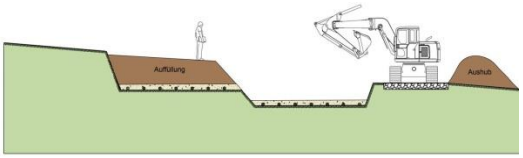
400 kV Freileitung, CH, Beton, 3 Systeme



400 kV Kabel, Beddington, London

OPAN concept Neuchâtel SA Bureau d'ingénieurs civils SIA
Ruelle Vaucher 22 Case postale 686 CH-2002 Neuchâtel
Tél. +41 (0)32 723 77 77 Fax +41 (0)32 723 77 78 neuchatel@opan.ch





400 kV Kabeltrasse Riniken, 3 Varianten

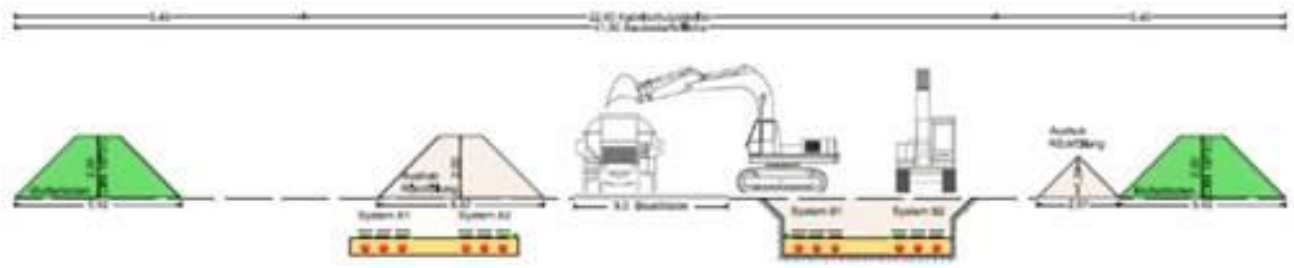
400 kV Kabeltunnel, Berlin

400 kV Kabeltunnel, Berlin, Hängebahn für Kontrollen

400 kV Teilverkabelung Raesfeld (D), 1 System

400 kV Teilverkabelung Raesfeld (D), Trassee

OPAN concept Neuchâtel SA Bureau d'ingénieurs civils SIA
Ruelle Vaucher 22 Case postale 686 CH-2002 Neuchâtel
Tél. +41 (0)32 723 77 77 Fax +41 (0)32 723 77 78 neuchatel@opan.ch



400 kV Teilverkabelung Raesfeld (D), Prinzipschema

Kabeltransport im Gebirge

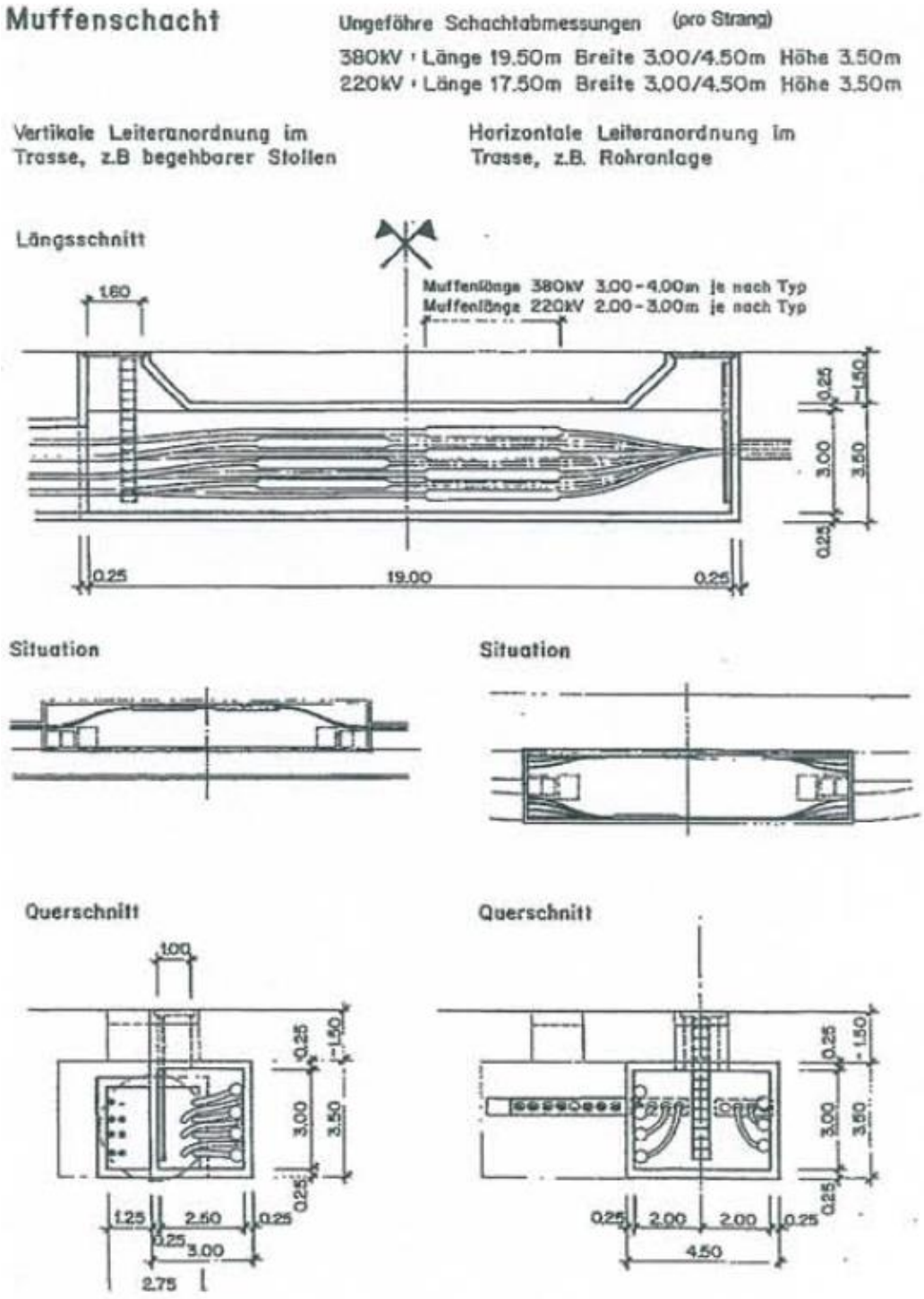
OPAN concept Neuchâtel SA Bureau d'ingénieurs civils SIA
Ruelle Vaucher 22 Case postale 686 CH-2002 Neuchâtel
Tél. +41 (0)32 723 77 77 Fax +41 (0)32 723 77 78 neuchatel@opan.ch

26801 – ARE / Infrastructures multifonctionnelles (Po Rechsteiner)

Rapport d'experts externes sur les enjeux technico-constructifs, d'exploitation, organisationnels et juridiques ainsi que les conditions cadres pour une utilisation multifonctionnelle des infrastructures de routes nationales et/ou des réseaux ferroviaires

Annexe F

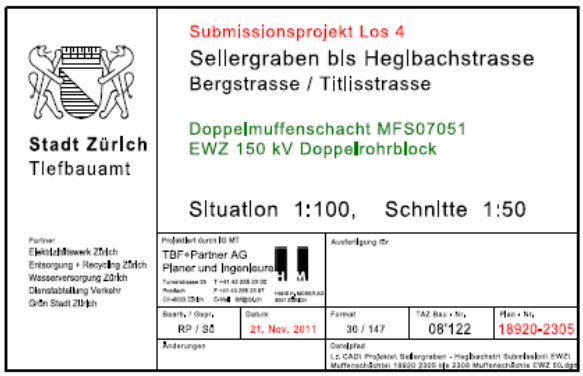
Exemples de chambres de tirage (fournies par Swissgrid)

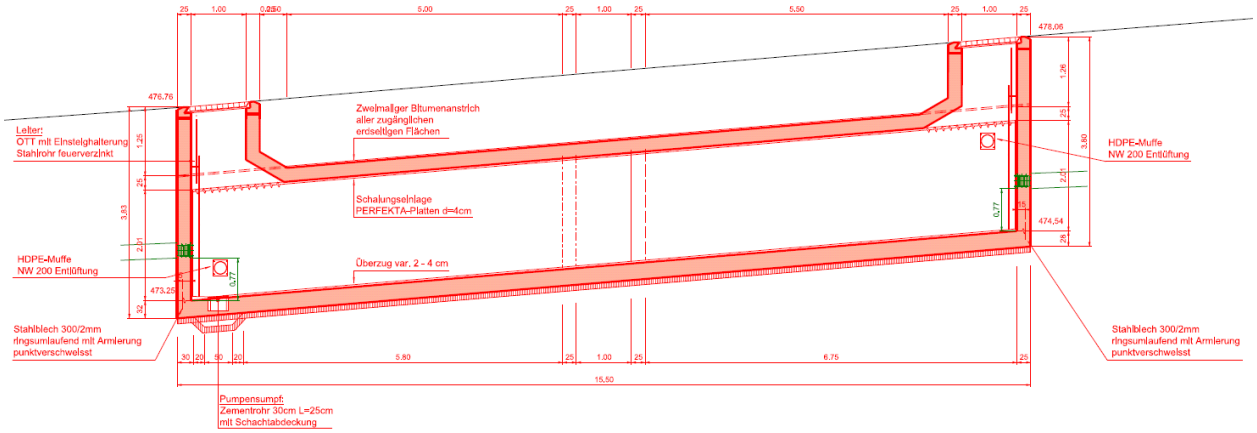


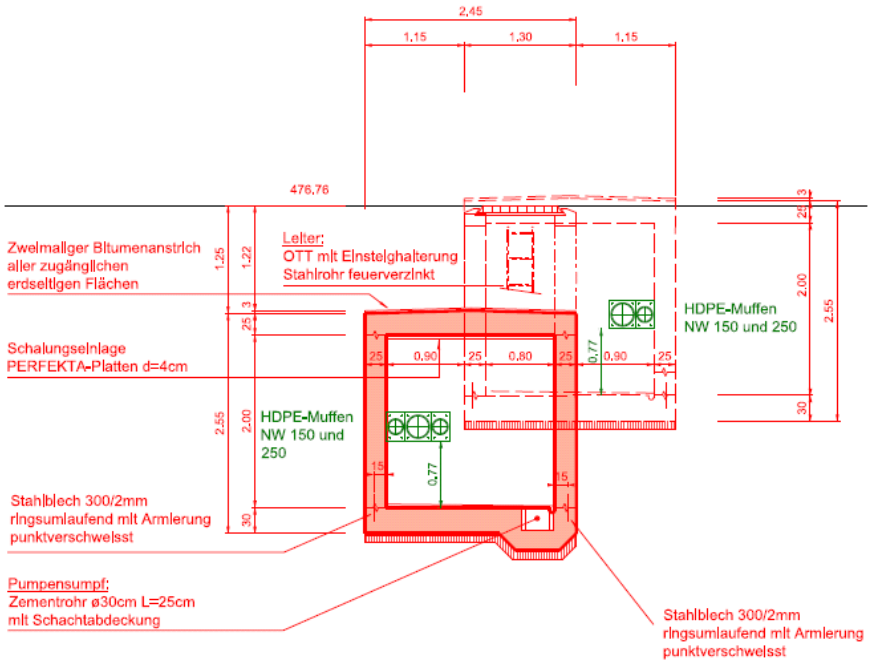
Source: Kabelstudie NOK für Riniken; Muffenschacht für 380 kV.

OPAN concept Neuchâtel SA Bureau d'ingénieurs civils SIA
Ruelle Vaucher 22 Case postale 686 CH-2002 Neuchâtel
Tél. +41 (0)32 723 77 77 Fax +41 (0)32 723 77 78 neuchatel@opan.ch

Exemple chambre de tirage 150 kV







OPAN concept Neuchâtel SA Bureau d'ingénieurs civils SIA
Ruelle Vaucher 22 Case postale 686 CH-2002 Neuchâtel
Tél. +41 (0)32 723 77 77 Fax +41 (0)32 723 77 78 neuchatel@opan.ch

26801 / ARE - Infrastructures multifonctionnelles

Obstacles - Hindernisse

Postulat Rechsteiner 08.3017

Entité - Organisation: OFROU (Complétion du tableau lors du Workshop 29.10.2015)

Noms(s) - Name(n): Gogniat Bernard / Seiler Luzia / Alvarez Manuel / Gammeter Christian / Fuchs Eugen (/ Trocmé Marguerite par protocol B. Gogniat)

Fonction(s) - Funktion(en): Risques Sécurité Audits / TRACE / OA / TUNNEL / EES (/ N-SSI) O383-0425

Explications: *En se servant du mindmap envoyé avec ce document comme base de réflexion, vous êtes priés de noter quels sont - selon vous et en fonction de vos responsabilités - les obstacles (points bloquants ou contraintes qui s'opposent à ou limitent une utilisation multifonctionnelle des infrastructures) dans le tableau ci-dessous. Les obstacles sont classées en trois catégories, une catégorie supplémentaire est prévue pour les éventuelles chances. Dans le tableau, il faudra respecter un style télégraphique et mentionner, si possible, les références aux lois/règlements/directives. Des explications/remarques plus longues peuvent être placées dans les lignes après le tableau, en faisant référence à la ligne et à la colonne concernée (exemple : B-1.2).*

Erklärungen: *Mit dem parallel zu diesem Dokument versandtem Mindmap als Überlegungsgrundlage, notieren Sie bitte in der Tabelle unten, was - Ihrer Meinung nach und im Rahmen Ihrer Verantwortungen - die Hindernisse (blockierende Punkte oder Zwänge, die sich einer multifunktionalen Infrastrukturnutzung entgegensetzen oder diese begrenzen) sind. Die Hindernisse werden in drei Kategorien eingeteilt, eine weitere Kategorie ist für mögliche Chancen vorgesehen.In der Tabelle sollte im Telegrammstil geschrieben werden und, wenn möglich, die Referenzen zu Gesetzen/Vorschriften/Richtlinien vermerkt werden. Längere Erklärungen/Bemerkungen können auf den Linien nach der Tabelle mit Referenz auf Spalte und Zeile (Beispiel: B-1.2) aufgeführt werden.*

Enjeux: Themen:		Pour plus de détails, voir le mindmap en annexe - Für weitere Details, siehe Mindmap im Anhang					
		A: Géographie Geografie	**B: Technique/construct. Technik/Bau**	**C: Organisation Organisation**	**D: Finances Finanzen**	**E: Exploitation Betrieb**	**F: Droit Recht**
1: Obstacles majeurs - Bedeutende Hindernisse (max 2):	1.1	Réseau en service quasiment achevé : **solutions techniques très contraignantes sur le réseau existant.**	**Chambres NE1 et accès à celles-ci hors des du périmètre de l'emprise routière (à l'extérieurs des clôtures). Voir E1 Toute intervention sur l'emprise routière doit être exclue.**	maîtrise des réseaux: **compétences et responsabilités en cas d'évènement, d'accident**	surcoûts pour l'infrastructure routière **ne sont pas estimables si influence sur le trafic**	assurer l'exploitation du réseau RN en service 24/7 : **point crucial! (art. 5, 16, 44, 51 LRN) beaucoup de RN déjà à la limite de capacité -> les accès au réseau électrique doivent être 100% indépendants avec des accès hors route nationale.**	LRN doit être appliquée dans tous les cas, **en particulier respect les articles : 5, 6, 8,14, 15,16, 19, 23, 24, 44,45,47,51 de la LRN et les art.15, 29, 30 et 54 de l'ORN.**
	1.2	**hétérogénéité du réseau complexe: ponts, tunnels, tranchées couvertes / semi-couvertes, murs de soutènement, ancrages, murs anti-bruit, jonctions, bretelles, passage inférieurs, passages supérieurs etc. PLUS: tronçons RN en zone urbaine, qui représentent une partie importante du réseau**	gestion **des différents ouvrages (voir 1.2 A ci-contre) / p.ex. tunnels, ponts, PS, PI, accès séparé aux câbles, chemins de fuite etc.** et interfaces tracé-tunnels-ponts et viaducs, **trace-jonctions, tracé-tranchées couvertes, murs etc. Conflit avec réseau de tires traversants.et avec réseaux EES. Conflits technologiques des réseaux**	coordination des enjeux (projet, travaux, exploitation, **entretien**); **manque de connaissances de tous les scénarios possibles sur l'entier de cycles de vie des deux systèmes, y compris changements technologiques (Art. 15 ORN)**	répartition des coûts **(selon art. 45, 47 LRN; 29 ORN ?)**	sécurité d'exploitation,	conventions juridiques

OPAN concept Neuchâtel SA Bureau d'ingénieurs civils SIA
Ruelle Vaucher 22 Case postale 686 CH-2002 Neuchâtel
Tél. +41 (0)32 723 77 77 Fax +41 (0)32 723 77 78 neuchatel@opan.ch

26801 / ARE - Infrastructures multifonctionnelles

Obstacles - Hindernisse

Postulat Rechsteiner 08.3017

Enjeux: Themen:		A: Géographie Geografie	B: Technique/construct. Technik/Bau	C: Organisation Organisation	D: Finances Finanzen	E: Exploitation Betrieb	F: Droit Recht
2: Obstacles importants - Grosse Hindernisse (max.3):	2.1	**Une construction hors parcelle OFROU et dans la limite d'alignement impose la création de servitude ou une expropriation. 3 délimitations importantes : Limite de parcelle, limite d'alignement, périmètre d'entretien des RN UH Peri (Art. 5, 6, 14, 15, 23, 24 LRN; Art. 30 ORN)**	**espaces limités <-> dimensions des blocs de câbles NE1 (schémas) et des chambres ainsi que interaction entre les blocs NE1 et d'autres réseaux**	plusieurs propriétaires et intervenants **(Art. 8 LRN; Art. 54 ORN)**	coûts de construction, surcoûts	accès sur RN pour entretien et exploitation	litiges, règlement des litiges
	2.2			qui commande ? qui gère ? qui est responsable ?	aussi pour les coûts d'exploitation et d'entretien	dégâts collatéraux, préjudices, **incidents (accidents, déversements de substances, etc.)**	Confédération - sociétés privées
	2.3			répartition organisationnelle différentielle avec filiales	coûts pour la gestion des aléas non-prévisibles		
3: Obstacles secondaires - Zweitrangige Hindernisse (max. 5):	3.1	géométrie routière (zones sinuosité, cols)	courants vagabonds, corrosion	standards différents	coûts d'exploitation à long terme	compatibilité des méthodes et des techniques	
	3.2	compatibilité du tracé RN avec tracé réseaux, **potentiel limité pour les fournisseurs d'énergie**	intégration des réseaux tiers dans profil normal	méthodes différentes	coûts d'entretien à long terme	règles communes à définir	
	3.3	**Les fonctions écologiques des talus ne doivent pas être dérangées (M. Trocmé).**		compétences des tiers par rapport à technique routière	report de coûts de tiers sur le budget des RN	contrôles d'exploitation	
	3.4			communication	rapport utilité/coûts de la nouvelle installation		
	3.5			**critères de séléction des corridors possiblement différents**			

OPAN concept Neuchâtel SA Bureau d'ingénieurs civils SIA
Ruelle Vaucher 22 Case postale 686 CH-2002 Neuchâtel
Tél. +41 (0)32 723 77 77 Fax +41 (0)32 723 77 78 neuchatel@opan.ch

26801 / ARE - Infrastructures multifonctionnelles

Obstacles - Hindernisse

Postulat Rechsteiner 08.3017

Enjeux: Themen:		A: Géographie Geografie	B: Technique/construct. Technik/Bau	C: Organisation Organisation	D: Finances Finanzen	E: Exploitation Betrieb	F: Droit Recht
4: Chances - Chancen (max. 3):	4.1	réduire l'impact des réseaux sur le paysage			économies d'échelle pour la construction **nouvelle**		
	4.2	enterrer les réseaux					
	4.3	achèvement du réseau RN et études opportunités					

Remarques ou explications détaillées - Bemerkungen oder detaillierte Erklärungen:

Document mis à jour suite au workshop du 29.10.15

OPAN concept Neuchâtel SA Bureau d'ingénieurs civils SIA
Ruelle Vaucher 22 Case postale 686 CH-2002 Neuchâtel
Tél. +41 (0)32 723 77 77 Fax +41 (0)32 723 77 78 neuchatel@opan.ch

26801 / ARE - Infrastructures multifonctionnelles

Obstacles - Hindernisse

Postulat Rechsteiner 08.3017

Entité - Organisation: Bundesamt für Verkehr (BAV), Schweizerische Bundesbahnen (SBB) - Vervollständigte Hindernistabelle Workshop BAV/SBB 12.11.2015

Noms(s) - Name(n): Markus Hoenke (BAV), Beat von Känel (BAV), Urs Rohrer (BAV), Frédéric Barman (BAV), Roland Bühler (SBB), François Berger (SBB), [Walter Schlegel (BFE)]

Fonction(s) - Funktion(en): -

Explications: *En se servant du mindmap envoyé avec ce document comme base de réflexion, vous êtes priés de noter quels sont - selon vous et en fonction de vos responsabilités - les obstacles (points bloquants ou contraintes qui s'opposent à ou limitent une utilisation multifonctionnelle des infrastructures) dans le tableau ci-dessous. Les obstacles sont classées en trois catégories, une catégorie supplémentaire est prévue pour les éventuelles chances. Dans le tableau, il faudra respecter un style télégraphique et mentionner, si possible, les références aux lois/règlements/directives. Des explications/remarques plus longues peuvent être placées dans les lignes après le tableau, en faisant référence à la ligne et à la colonne concernée (exemple : B-1.2).*

Erklärungen: *Mit dem parallel zu diesem Dokument versandtem Mindmap als Überlegungsgrundlage, notieren Sie bitte in der Tabelle unten, was - Ihrer Meinung nach und im Rahmen Ihrer Verantwortungen - die Hindernisse (blockierende Punkte oder Zwänge, die sich einer multifunktionalen Infrastrukturnutzung entgegensetzen oder diese begrenzen) sind. Die Hindernisse werden in drei Kategorien eingeteilt, eine weitere Kategorie ist für mögliche Chancen vorgesehen.In der Tabelle sollte im Telegrammstil geschrieben werden und, wenn möglich, die Referenzen zu Gesetzen/Vorschriften/Richtlinien vermerkt werden. Längere Erklärungen/Bemerkungen können auf den Linien nach der Tabelle mit Referenz auf Spalte und Zeile (Beispiel: B-1.2) aufgeführt werden.*

Enjeux: Themen:		Pour plus de détails, voir le mindmap en annexe - Für weitere Details, siehe Mindmap im Anhang					
		A: Géographie Geografie	**B: Technique/construct. Technik/Bau**	**C: Organisation Organisation**	**D: Finances Finanzen**	**E: Exploitation Betrieb**	**F: Droit Recht**
1: Obstacles majeurs - Bedeutende Hindernisse (max 2):	1.1	**Heterogenität der Typologie und Dichte des Schienennetzes**	Problématique de la résonance sur le réseau 132 kV en cas de mise en câble des lignes	**Verlängerung der Zeit zur Realisierung um 10-15 Jahre abhängig von der Grösse des Projekts**	Coût d'un **convertisseur** de fréquence 50 Hz -> 16.7 Hz	Bei Bau und Erneuerung behindern sich die Infrastrukturen gegenseitig, z.B. längere Streckensperren; **Redundanz im Netz notwendig**	**Sicherstellung der Gleichbehandlung** (z.B. bei Bewerbung um Land-Wasser-Land-Verbindung in einem bestimmten Kanal / Tunnel / auf einer Leitung etc.) ~~Nach welchen Kriterien erfolgt der "Zuschlag", da durchaus auch mehr Interessenten vorhanden sein könnten, als Leitungstrassen zur Verfügung stehen.~~
	1.2	**Engpässe in städtischen Bereichen, Platzverhältnisse für Unterhalt und Erweiterung bereits begrenzt**	**Kombination Freileitung SBB, Kabel Höchstspannung je nach Topographie nicht auf gleicher Trasse möglich**		Generell höhere Kosten bei Erstellung und Unterhalt durch multifunktionale Nutzung	Bauen unter Betrieb für alle IS (insbesondere swissgrid), kann technische/finanzielle Auswirkungen haben	
	1.3					Auswirkungen von Unfällen werden grösser	

OPAN concept Neuchâtel SA Bureau d'ingénieurs civils SIA
Ruelle Vaucher 22 Case postale 686 CH-2002 Neuchâtel
Tél. +41 (0)32 723 77 77 Fax +41 (0)32 723 77 78 neuchatel@opan.ch

26801 / ARE - Infrastructures multifonctionnelles

Obstacles - Hindernisse

Postulat Rechsteiner 08.3017

Enjeux: Themen:		A: Géographie Geografie	B: Technique/construct. Technik/Bau	C: Organisation Organisation	D: Finances Finanzen	E: Exploitation Betrieb	F: Droit Recht
2: Obstacles importants - Grosse Hindernisse (max.3):	2.1	Einschränkung der Linienführung auf die Infrastruktur mit geringsten Flexibilität	**Mechanische Beeinflussungen zwischen verschiedenen Infrastrukturen wenn in geringem Abstand (Vibrationen, Druck etc. durch Züge)**	Höherer Abstimmungsbedarf und Vervielfältigung der Schnittstellen; **Investitions- und Erneuerungszyklen sind nicht gleich**		Gefährdung des Bahnbetriebs durch Defekte an anderen Infrastrukturen und umgekehrt.	Verantwortlichkeit für die jeweiligen Anlagen
	2.2	Desserte différente route / rail en dehors des centres urbains		**Weniger Akzeptanz in der Bevölkerung**		**Bereits nur kurze Zeitfenster für Reparaturarbeiten verfügbar**	
	2.3	Localisation du réseau routier/rail dans l'espace actuel. Structure existante difficile à changer.					
3: Obstacles secondaires - Zweitrangige Hindernisse (max. 5):	3.1			Betreiber anderer IS müssen sich Eisenbahn unterordnen	Bündelung kann im PGV zu komplexeren Verfahren führen (Anzahl Einsprachen, aufwändigere Interessenawägungen)		Bau (PGV) nach Eisenbahnrecht, **resp. gemäss der jeweiligen Leitbehörde (Anpassung)**
	3.2						Auseinanderfallen von Bewilligungszuständigkeit und Aufsichtskompetenz
	3.3						
	3.4						
	3.5						

OPAN concept Neuchâtel SA Bureau d'ingénieurs civils SIA
Ruelle Vaucher 22 Case postale 686 CH-2002 Neuchâtel
Tél. +41 (0)32 723 77 77 Fax +41 (0)32 723 77 78 neuchatel@opan.ch

26801 / ARE - Infrastructures multifonctionnelles

Obstacles - Hindernisse

Postulat Rechsteiner 08.3017

Enjeux: Themen:		A: Géographie Geografie	B: Technique/construct. Technik/Bau	C: Organisation Organisation	D: Finances Finanzen	E: Exploitation Betrieb	F: Droit Recht
4: Chances - Chancen (max. 3):	4.1		Synergien durch 1 Stromnetz (mit x Hz) **--> finanzielle Nachteile da total Strompreise höher wären**	**Bei Kombination von SBB-Transport-leitungen und Swissgrid (Freileitung) übernimmt letztere die Planung (Nachteil: Anpassung an Swissgrid Trasse)**	Gemeinsame Nutzung teurer Infrastrukturen, insbesondere Tunnels und Brücken = Kostenteilung **bei Neubauten**		Erleichterungen im Genehmigungsverfahren
	4.2	Concentration des différentes nuisances (route, rail, courant)					
	4.3						

Remarques ou explications détaillées - Bemerkungen oder detaillierte Erklärungen:

4.1 B weniger Anlagen für (n-1)-Redundanz nur bei Systemen gleicher Frequenz und Spannung

4.2 A Bei einer Konzentration der Infrastrukturen werden auch die Auswirkungen konzentriert, das ist positiv. Sie werden aber auch potenziert und haben damit weitaus erheblichere Auswirkungen etwa auf die Landschaft / Gewässerschutz etc. als wenn die Infrastrukturen "verteilt" werden. Damit ist auch ein höheres Verfahrensrisiko verbunden, deshalb fraglich, ob das wirklich eine echte Chance ist (vgl. auch die Bemerkung zu 3.1 D).

3.3.2 F Bei mehreren Infrastrukturen, die in einem Projekt vereint werden, sind Kriterien festzulegen für die Zuständigkeit für die Baubewilligung, die Träger des Enteignungsrechts etc. Es ist davon auszugehen, dass in der Betriebsphase die "übliche" Zuständigkeitsordnung gilt bzw. die Aufsicht von den gemäss Spezialgesetzen zuständigen Behörden wahrgenommen wird, unabhängig davon, welche Leitbehörde die Genehmigung erteilt hat.

Tabelle vervollständigt gemäss Workshop vom 12.11.2015 (Änderungen bezüglich der ersten Einreichung **fettgedruckt**)

OPAN concept Neuchâtel SA Bureau d'ingénieurs civils SIA
Ruelle Vaucher 22 Case postale 686 CH-2002 Neuchâtel
Tél. +41 (0)32 723 77 77 Fax +41 (0)32 723 77 78 neuchatel@opan.ch

26801 / ARE - Infrastructures multifonctionnelles

Obstacles - Hindernisse

Postulat Rechsteiner 08.3017

Entité - Organisation:	Bundesamt für Energie (BFE)	Swissgrid
Noms(s) - Name(n):	Mohamed Benahmed, Martin Michel, Bruno Le Roy, Walter Schlegel, Werner Gander, Andreas Kohli, Olivier Klaus	Martin Weber, Hans Widmer
	Complétion lors du Workshop du 14.12.2015	Complétion lors du Workshop du 14.12.2015

Pour plus de détails, voir le mindmap en annexe - Für weitere Details, siehe Mindmap im Anhang

Enjeux: Themen:		**A: Géographie Geografie**		**B: Technique/construct. Technik/Bau**		**C: Organisation Organisation**		**D: Finances Finanzen**		**E: Exploitation Betrieb**		**F: Droit Recht**	
		BFE	ESTI / Swissgrid	BFE	ESTI / Swissgrid	BFE	ESTI / Swissgrid	BFE	ESTI / Swissgrid	BFE	ESTI / Swissgrid	BFE	ESTI / Swissgrid
1: Obstacles majeurs - Bedeutende Hindernisse (max 2):	1.1	Enjeux stratégiques nationaux, **politischer Wille zur Bündelung bisher eher mangelhaft**	Wegen der dichten Besiedelung gibt es keine freien Korridore für Infrastrukturanlagen.		Sicherheit für die andere benutzte Infrastruktur (zum Beispiel: Autobahn)	komplexe Planungs-, Bau- und Betriebsorganisation.	**Unterschiedliche Planungs-, Wartungs- und Unterhaltszyklen; unterschiedliche Lebensdauer**	Regelung der Kosten für Investion u. Betrieb		Sécurité lors de l'exploitation et de la maintenance	Betriebssicherheit	Unterschiedliche Bewilligungsverfahren	Schutzgebiete (z.B. Moorlandschaften, BLN etc.)
	1.2	Incompatibilité des tracés sowie Start- und Enpunkt Erfordert ggf. neue Linienführung (Korridor)	**Bestehende Produktions- und Verbraucherzentren bestimmen Linienführung**		Sicherheit für die Leitung (zum Beispiel: Autobrand)			tendenziell höhere Gesamtkosten, Skaleneffekte fraglich		Priorités dans l'exploitation des infrastructures	Bau und Unterhalt muss jederzeit sofort (im Störungsfall) gewährleistet sein.	Andere Bewilligungs-instanzen (Aufsicht) fehlende Rechtsgrundlagen für Koordination	
	1.3	Risikobetrachtung Korridor erforderlich			**Muffenstellen alle ca. 1000 m (Schacht 15 x 2.5 x 2.8 m); Zufahrt für 60 t notwendig**					Betriebliche Restriktionen bei Instandhaltung, Ersatz, Reparatur		Einschränkung bei der gesetzliche vorgeschriebenen umfassenden Interessenabwägung	
2: Obstacles importants - Grosse Hindernisse (max.3):	2.1	Pas de base de donnée nationale des emprises existantes	Elektromagnetische Felder. Nähe von Orten mit empfindlicher Nutzung	Disponibilité des ouvrages (bei Bau und Unterhalt)	Gegenseitige Beeinflussung	Détermination prématurée du potentiel de mise en commun lors de la planification	Zugänglichkeit für Bau, Unterhalt, Störungsbehe-bung muss jederzeit kurzfristig gewährleistet sein.	Modèles de dédommagement pour l'utilisation des infrastructures communes	Oft nur teure Verkabelung möglich	Klumpenrisiko	**Erhöhte Gefahr bei Störfällen in / auf Kunstbauten (Kurzschlüsse in Brücken, Tunnels etc.)**	Obligation de mettre en commun à entériner au niveau légal	Verordnung Schutz vor nichtionisierender Strahlung (NISV)
	2.2	Einschränkung der Varianten		erfordert ggf. andere technische Ausführung wegen gegenseitiger Beeinflussung	**Dimensionen Kabelblöcke und Kanäle je > je > die Spannung. Abstand zwischen Kabeln mind. 0.8 m**	Vermehrte Absprachen bei Bau und Betrieb, **coodination entre les différents utilisateurs d'une même infrastructure**		höherer Betriebsaufwand wegen höherem Koordinationsbedarf	Mehrkosten gegenüber Freileitungen müssen von der ElCom bewilligt werden, damit diese als Netzkosten anrechenbar sind.	N-1 Sicherheit		Base juridique pour D.1.	
	2.3	Konzentration der Belastungen		zusätzliche Schutzmassnahmen		Unterschiedliche Vorhaben-träger (Bauherren)		Unterschiedliche Finanzierung.				unterschiedliche Verfahren und Verfahrensvorschriften	
3: Obstacles secondaires - Zweitrangige Hindernisse (max. 5):	3.1	Raumbedarf bei Querung von Siedlungsgebieten	**Bündelung mit Bahntrassen schwierig da Bahnhöfe zwangsläufig mitten im Siedlungsgebiet**	Avoir recours à des règles d'ingéniérie neutres technolo-giquement pour une occupation efficace sur le long terme	**Berücksichtigung zukünftiger Querleitungen unter Strasse**			Harmoniser les conditions d'accès	Stromkonsumenten in der ganzen Schweiz zahlen die Mehrkosten die zu Gunsten weniger anfallen	Adapatation des règles pour assurer la sécurité des biens et des personnes, NIS etc.		Andere gesetzliche Grundlagen	**Langfristige Vertrags-verhältnisse (zur Mitnutzung der Infrastrukturen) mit Dritten können nicht kurzfristig geändert werden**
	3.2			komplexe Trennung der Système				Sécurité à long terme sur l'investissement		Naturgefahren			
	3.3												
	3.4												
	3.5												
4: Chances - Chancen (max. 3):	4.1	Allègement du paysage et de l'environnement	Erstellen von verbindlichen Sachplänen für alle Infrastrukturanlagen.	Nutzung gemeinsamer Basis Infrastruktur beim Bau (Erschliessung)	Gradlinige Trassee		Erstellen von Richtlinien wann welche Anlagen unter welchen Umständen kombiniert werden können.	Coûts de construction inférieurs à ceux d'infrastructures séparées?	Allfällige Synergien beim Bau	Konzentration des Betriebes, Synergiepotenzial			Einfacherer Rechtserwerb im öffentlichen Grund
	4.2	Konzentration der Belastungen											
	4.3	Raumbedarf insgesamt eher kleiner											

Remarques ou explications détaillées - Bemerkungen oder detaillierte Erklärungen:

BFE: Die ob genannten Hindernisse (1 - 3) erhöhen allgemein die Komplexität der Vorhaben und haben Auswirkungen auf die Kosten, die Risiken und den Realisierungszeitpunkt.

Die Unterscheidung in bedeutende, grosse und zweitrangige Hindernisse hängt weitgehend vom Standpunkt des Betrachters ab. Ihre Bedeutung erschliesst sich erst nach einer umfassenden Betrachtung und Interessenabwägung im Einzelfall.

Gesetzliche Grundlagen: LeV, StromVG, StromVV, EleG, Starkstromverordnung, Verordnung über das Eidgenössische Starkstrominspektorat, VPeA, RPG, RPV

OPAN concept Neuchâtel SA Bureau d'ingénieurs civils SIA
Ruelle Vaucher 22 Case postale 686 CH-2002 Neuchâtel
Tél. +41 (0)32 723 77 77 Fax +41 (0)32 723 77 78 neuchatel@opan.ch

26801 ARE – Multifunktionale Infrastrukturen / Infrastructures multifonctionnelles

Workshop ASTRA für den externen Bericht zum Po Rechsteiner

Protokoll des Workshops mit dem ASTRA

Versendet am : 25.11.2015

Sitzung vom: Donnerstag, 29.10.2015

Ort: Ittigen, Saal 004 ARE

Uhrzeit: 9-12 Uhr

Vorsitz: Mattia Cattaneo

Protokoll: Isabel Kiefer

Teilnehmer:

	Noms	Funktion	Initiales	Eingeladen	Anwesend	Entschuldigt	Abwesend	Verteiler	Nächste Sitzg.
ARE	**Cattaneo Mattia**	Projektleiter Po Rechsteiner, Sektion Bundesplanungen	MC	☑	☑	☐	☐	☐	☐
ASTRA	**Gogniat Bernard**	FaV Sicherheits- u. Risikomanagm., Sektion Risiken, Sicherheit, Audits	BG	☑	☑	☐	☐	☐	☐
ASTRA	**Seiler Luzia**	TRACE	LS	☑	☑	☐	☐	☐	☐
ASTRA	**Alvarez Manuel**	OA	MA	☑	☑	☐	☐	☐	☐
ASTRA	**Gammeter Christian**	TUNNEL	CG	☑	☑	☐	☐	☐	☐
ASTRA	**Joseph Cédric**	EES	CJ	☑	☐	☑	☐	☐	☐
ASTRA	**Fuchs Eugen, Stv. CJ**	EES	EF	☑	☑	☐	☐	☐	☐
OPAN concept	**Opan Erdjan**	Externer Projektleiter	EO	☑	☑	☐	☐	☐	☐
OPAN concept	**Kiefer Isabel**	Projektingenieurin	IK	☑	☑	☐	☐	☐	☐

Ziele der Sitzung:
- Diskussion zur Vervollständigung der vom ASTRA ausgefüllten Hindernistabelle.
- Festlegen des weiteren Vorgehens

Nächste Sitzung:
- Nicht definiert

Anhang:
1. Vervollständigte Hindernistabelle
2. Anhang zum Protokoll – Detaillierte Antworten zur Diskussion der Hindernistabelle
3. Verschiedene NS Normalprofile mit NE1

I : Information / E : Entscheidung / O : Offen

Thema		I/D/S	RESP	DELAIS
1.	**Begrüssung und Vorstellung der Teilnehmenden** (9h00) Mattia Cattaneo vom ARE begrüsst die Teilnehmenden am Workshop und führt kurz ins Thema ein. Das Ziel des Po Rechsteiner ist die multifunktionelle Nutzung der Nationalstrassen und anderer linearer Infrastrukturen zu untersuchen.	I	Alle	
2.	**Ziele der Sitzung** Diese Sitzung soll es ermöglichen, die Hindernisse von Seiten des ASTRA für eine multifunktionelle Nutzung und Bündelung zu identifizieren und ein mögliches Potenzial zu definieren. Alle Teilnehmenden stellen sich nacheinander vor.			
3.	**Offene Fragen**			
3.1	Die Resultate beziehen sich ausschliesslich auf Hochspannungsleitungen (nur 220 und 380 kV). Für eine multifunktionale Nutzung oder Bündelung mit anderen linearen Leitungen (Gas, Öl, Glasfaser etc.) muss eine separate Untersuchung gemacht werden.	E	Alle	
3.2	Die Definitionen für *multifunktionale Nutzung* und *Bündelung* werden klargestellt. *Multifunktionale Nutzung*: Linienführung innerhalb der Parzelle des ASTRA *Bündelung*: Linienführung ausserhalb der Parzellengrenze, aber innerhalb der Baulinie	E	ARE	
3.3	Das ASTRA schlägt dem ARE vor, allgemeine Korridore durch die Schweiz zu bestimmen, wo Strasse, Schiene, Leitungen etc. zusammengefasst werden können, bevor man detailliert ein spezifisches Netz betrachtet. Es solle raumplanerisch bestimmt werden, dass Hochspannungsleitungen in den gleichen Korridoren verlaufen wie Strassen, Schiene etc. Der Schritt, wie er im Postulat gefordert wird, erscheine etwas voreilig.	I	ASTRA	
3.4	Die Geschäftsleitung des ASTRA wird die Resultate des Schlussberichts betreffend der Nationalstrassen genehmigen.	I	ASTRA	
4.	**Diskussion der Hindernistabelle und des Fragenkatalogs**			
4.1	Die von Bernard Gogniat ausgefüllte Hindernistabelle wird präsentiert und von den Teilnehmenden kommentiert.			

	Die folgenden grundlegenden Punkte werden dargelegt: • Die Diskussion geht davon aus, dass zwischen dem Neubau einer NS-Trasse und der Nutzung einer existierenden Trasse unterschieden werden muss. Auf einer existierenden Strecke ist die Integration schwierig und die Hindernisse sehr gross. Bei einem Neubau gäbe es eher Möglichkeiten und weniger starke Hindernisse. Fast das ganze Strassennetz ist jedoch bereits erstellt und die neuen Strecken sind sehr beschränkt. • Eine Autobahntrasse ist ein sehr heikler und sensibler Bereich, wo eine Intervention soweit wie möglich vermieden werden muss. • Generell ist eine multifunktionale Nutzung oder Bündelung der Nationalstrassen für Hochspannungsleitungen sehr schwierig wegen die Heterogenität der Trasse. Es muss jedoch für jede Strecke eine detaillierte Untersuchung gemacht werden. • In **keinem** Fall ist ein Zugang zu den Kabeln über die Fahrbahn möglich. Der Zugang muss völlig unabhängig von der Strasse (ausserhalb des Schutzzauns) möglich sein. • Eine *Bündelung* scheint bei bestehenden NS-Trasses die einzig mögliche Lösung. Die Tabelle der verschiedenen Chancen und Hindernisse kann als Basis genutzt werden, das mögliche Potenzial einer multifunktionellen Nutzung oder Bündelung qualitativ zu analysieren. Der Schlussbericht soll klar erwähnen, dass für eine Lösungsfindung alle Hinderniskategorien gemeinsam betrachtet werden sollen. Aus der Diskussion ist eine grundsätzlich Frage zur Nutzung der Nationalstrassen aufgekommen: Mehrere Teilnehmer haben festgestellt, dass das Folgen der Nationalstrassen bei einer unterirdischen Kabelverlegung „nur“ zusätzliche Hindernisse und Risiken hervorruft. Bei einer unterirdischen Variante, die geografisch weniger eingeschränkt scheint als eine Freileitung, könnte theoretisch jede Zone unterquert und die Trassen mit mehr Freiheit gewählt werden. Es stellt sich damit die Frage, warum eine Verkabelung in einem so sensiblen Bereich wie dem der Nationalstrassen erfolgen muss, was zusätzliche grosse betriebliche, organisatorische und finanzielle Komplikationen hervorruft.	E	ASTRA	
4.2	Die Hindernisse werden nach Thematik geordnet besprochen.			
4.2.1	*Technik* • Die Linienführung unter der Fahrbahn ist nur möglich, wenn die Muffenstellen, Muffenbunker und Kontrollkammern jeweils von ausserhalb der Fahrbahn separat zugänglich sind (auch auf Fahrzeuge der Elektrizitätsunternehmen bezogen). Dabei wird von einem Neubau (oder einer grundlegenden Erneuerung) der NS-Trasse ausgegangen. Bei bestehenden Abschnitten ist eine Verkabelung unter der Fahrbahn nicht möglich (ausser im Fall einer gesamten Sanierung der betroffenen Strecke). • Für Zugänge zu den Kabeln oder zu einem Werkleitungskanal muss genügend vertikal Abstand zur Fahrbahn eingehalten werden, auch um einen eventuellen Ausbau der NS in keinerlei Weise zu behindern. • Eventuelle technologische Entwicklungen werden wahrscheinlich nicht	E	ASTRA	

	zeitgleich stattfinden, was Probleme bei der Koordination (für Ausbau) geben kann. • In Tunneln müssen externe begehbare Kabelröhren einen Abstand von der Strassentunnelröhre von mindestens einem Durchmesser der letzteren haben. • Begehbare Stollen müssen gut zugänglich sein, brauchen eine Belüftung, Fluchtwege auf beide Seiten und eine Entwässerung. • Überirdische Lösungen entlang der Strasse (siehe Schema) werden aufgrund der Unfallgefahr (Anprall bei Abkommen von Strasse) als sehr heikel angesehen. Dieses Risiko kann durch Hart-Leitplanken vermindert werden. Der Nebeneffekt dabei ist aber ein stark vergrössertes Todesfallrisiko für die Nützer der Autobahn. Ausserdem bleibt auch damit noch ein gewisses Restrisiko eines Anpralls bestehen. • Schnittstellen zwischen der normalen Trasse und Längsbauwerken wie Brücken, Tunnels, Unter- oder Überführungen sind - besonders auf der Höhe der Widerlager, Stützen und Eingänge - schwierig, aufgrund der einzuhaltenden horizontalen und vertikalen Radien. Die Platzverhältnisse sind oft beschränkt und das zusätzliche Gewicht (für Brücken) kann ebenfalls zu Problemen führen.			
	• Die Beeinflussung (Strahlung, Wärme, Interferenzen) von Hochspannungskabeln auf andere Rohrleitungen und die elektrische Infrastruktur der NS kann gross sein. Diese Systeme müssen daher örtlich getrennt und voreinander geschützt werden. Das ASTRA wird OPAN concept dazu eine Norm zukommen lassen.	O O	OPAN ASTRA (EF)	So bald wie möglich
4.2.2	*Geografie*			
	• Die Typologie der Nationalstrassen weist eine starke Heterogenität auf, was als grosses Hindernis angesehen wird: zahlreiche Tunnels, Brücken, Über- und Unterführungen, städtische Bereiche, Lärmschutzwände, Tagbautunnels, Stützmauern, verankerte und andere Bauwerke erschweren oder (in gewissen Fällen) verunmöglichen die multifunktionale Nutzung und erfordern streckenspezifische Lösungen. • Deshalb sind konkrete streckenspezifische Analysen notwendig um endgültige Aussagen bezüglich des Potenzials einer bestimmten Strecke zur multifunktionellen Nutzung zu machen.	E	ASTRA	
	• Es wird in Frage gestellt, ob bei einer (partiellen) Nutzung des Netzes der Nationalstrassen für Hochspannungsleitungen die Bedürfnisse der Stromversorger – hinsichtlich des Linienverlaufs – überhaupt erfüllt werden.	O	OPAN	
4.2.3	*Organisation*			
	Grosse Probleme werden im Bereich der Zuständigkeit und Verantwortlichkeit bei Ereignisfällen gesehen (Unfälle, Austritte von Substanzen etc.). • Die Koordination von Bau, Unterhalt/Reparaturen etc. wird als schwierig erachtet. • Die organisatorischen Hindernisse werden als noch schwerwiegender gewichtet als die technischen.	E	ASTRA	

4.2.4	*Finanzen* • Die Kosten auf die Strasse sind nicht abschätzbar, falls der Verkehr in irgendeiner Weise beeinflusst wird. • Generell müssen die Kosten in einer streckenspezifischen Studie analysiert werden.	E	ASTRA	
4.2.5	*Betrieb* Der Betrieb der Nationalstrassen darf auf **keinen** Fall beeinflusst werden. • Auch für die Zugänge zu den Kabeln oder zu einem Werkleitungskanal muss genügend Abstand zur Fahrbahn eingehalten werden, um einen eventuellen Ausbau der NS in keinerlei Weise zu behindern. • Der UH-Perimeter muss in jedem Fall zugänglich bleiben. • Unterhaltsarbeiten in Tunnels finden etwa alle 8 Jahre statt. Die vervollständigte Hindernistabelle sowie eine detaillierte Antwort zu den spezifisch gestellten Fragen dazu findet sich im Anhang.	E	ASTRA	
5.	**Analyse und Diskussion der Schemas**			
5.1	Eine generelle Antwort ist nicht möglich, im Einzelfall müssen für eine multifunktionelle Nutzung oder Bündelung die oben genannten Bedingungen erfüllt sein.	I		
6.	**Weiteres Vorgehen**			
6.1	Mit der Bestätigung/Vervollständigung der Hindernistabelle ist die Arbeit des ASTRA vorerst beendet. OPAN concept wird sich im Fall von spezifischen Fragen nochmals an die Teilnehmer des Workshops wenden.	O	Alle	
6.2	Der Schlussbericht im Frühjar 2016 wird dem ASTRA zugesendet.	O	OPAN	
7.	**Diverses**			
7.1	B. Gogniat händigte OPAN concept noch vor dem Workshop ein kurzes Protokoll der Sitzung mit Marguerite Trocmé (ASTRA N-SSI) aus. Generell stimmen die Aussagen mit den Resultaten des Workshops gut überein. Wichtigster Zusätz: Die ökologische Funktion der Böschungen darf nicht gestört werden.	I	ASTRA	
7.2	Mattia Cattaneo verweist darauf, dass die rechtlichen Fragen noch nicht konkret angesprochen wurden. Es wird vorgeschlagen, sich damit zuerst an den Rechtsdienst des UVEK zu wenden, damit nicht alles einzeln mit dem BAFU, dem BFE und Swissgrid nochmals gemacht werden muss. Herr Cattaneo bezweifelt, dass dieses Vorgehen das richtige ist und prüft das noch intern. *Anmerkung 11.11.2015: Die juristischen Fragen werden bilateral (trialteral) in den Ämtern diskutiert (OPAN concept – Amt – ARE). Die zuständige Ansprechperson für das ASTRA ist Frau Larissa Fankhauser (larissa.fankhauser@astra.admin.ch, +41 58 462 14 90). Herr Gogniat steht zur Verfügung im Bedarfsfall.*	O	ARE	

Neuchâtel, 23.11.2015 EO/IK

26801 ARE – Multifunktionale Infrastrukturen / Infrastructures multifonctionnelles

Workshop BAV & SBB für den externen Bericht zum Po Rechsteiner

Protokoll des Workshops mit BAV und SBB

Versendet am : 21.01.2015

Sitzung vom: Donnerstag, 12.11.2015

Ort: Ittigen, Saal 110 BAV

Uhrzeit: 13.30-15.30 Uhr

Vorsitz: Mattia Cattaneo

Protokoll: Isabel Kiefer

Teilnehmer:

	Noms	Fonctions	Initiales	Eingeladen	Anwesend	Entschuldigt	Abwesend	Verteiler	Nächst. Sitzg.
ARE	**Cattaneo Mattia**	Projektleiter Po Rechsteiner, Sektion Bundesplanungen		☑	☑	☐	☐	☐	☐
BAV	**Hoenke Markus**	Stv. Sektionschef, Projektleiter Langfristplan, Sektion Planung		☑	☑	☐	☐	☐	☐
BAV	**von Känel Beat**	Schienennetz		☑	☑	☐	☐	☐	☐
BAV	**Pianzola Pierre-André**	Bewilligungen II		☑	☐	☑	☐	☐	☐
BAV	**Rohrer Urs**	Bewilligungen II		☑	☑	☐	☐	☐	☐
BAV	**Beer Benedikt**			☑	☐	☑	☐	☐	☐
BAV	**Mayer Peter**	Bewilligungen I		☑	☐	☑	☐	☐	☐
BAV	**Willi Hermann**	Elektrische Anlagen		☑	☐	☑	☐	☐	☐
BAV	**Barman Frédéric**	Projektleiter Süd-Anschlüsse, Sektion Planung		☑	☑	☐	☐	☐	☐
SBB	**Bühler Roland**	Infrastruktur Netzkonzepte		☑	☑	☐	☐	☐	☐
SBB	**Berger François**	Bahnstrom		☑	☑	☐	☐	☐	☐
BFE	**Schlegel Walter**	Fachspezialist Netze, Sektion Netze		☑	☑	☐	☐	☐	☐
OPAN concept	**Opan Erdjan**	Externer Projektleiter		☑	☑	☐	☐	☐	☐
OPAN concept	**Kiefer Isabel**	Projektingenieurin		☑	☑	☐	☐	☐	☐

Ziele der Sitzung:
- Diskussion zur Vervollständigung der vom OFT ausgefüllten Hindernistabelle.
- Festlegen des weiteren Vorgehens

Nächste Sitzung:
- Nicht definiert

Anhang:
1. Vervollständigte Hindernistabelle
2. Verschiedene Schienen-Normalprofile mit NE1

I : Information / E : Entscheidung / O : Offen

Thema		I/D/S	RESP	DELAIS
1.	**Begrüssung und Vorstellung der Teilnehmenden** Mattia Cattaneo vom ARE begrüsst die Teilnehmenden am Workshop und erklärt die Hintergründe. 2014 hat das ARE das Postulat Rechsteiner von 2008 übenommen. Anfang 2015 wurde eine Arbeitsgruppe gegründet, mit einer ersten Sitzung Ende März. Im September dieses Jahres wurde dann ein externes Mandat an OPAN concept SA übertragen.	I	Alle	
2.	**Ziele der Sitzung**			
2.1	Das Postulat Rechsteiner spricht die Nutzung der Eisenbahninfrastruktur für die Bündelung oder multifunktionale Nutzung mit Hochspannungsleitugen nicht direkt an. Für das ARE haben diese jedoch, nach der Nutzung der Nationalstrassen, die zweithöchste Priorität.	I	ARE	
2.2	Die Sitzung soll es ermöglichen, die Hindernisse (aus der Sicht des BAV und der SBB) zu identifizieren, welche eine multifunktionelle Nutzung oder Bündelung von Schiene oder Bahnstrom mit Hochspannungsleitungen verhindern. Alle Teilnehmenden stellen sich nacheinander vor.	I	ARE	
3.	**Offene Fragen** Es gibt zu diesem Zeitpunkt keine offenen Fragen.	E	Alle	
4.	**Diskussion der Hindernistabelle und des Fragenkatalogs**			
4.1	Die von BAV (Markus Hoenke) ausgefüllte Hindernistabelle wird präsentiert und von den Teilnehmenden besprochen.			
4.2	*Grundlegende Punkte*			
4.2.1	• Die Entlastung der Landschaft ist das Hauptziel des Postulats.	I	ARE	
4.2.2	• Es wird zwischen dem Bahnstrom-Netz (Übertragungsleitungen der SBB) und dem Schienennetz unterschieden. Diese beiden sind einer getrennten Planung unterworfen und müssen jeweils andere Kriterien erfüllen. Beide jedoch müssen die NIS-Verordnung einhalten. Wenn nicht explizit erwähnt, wird hier generell vom Bahnstrom gesprochen.	E	Alle	
4.2.3	• Es wurde erst kürzlich anerkannt, dass es physikalisch, aufgrund des Resonanzproblems, nicht möglich ist, 132-kV-Leitungen zu verkabeln. Das Kontingent an Kabeln bis zum vollständigen Ausbau des Netzes beträgt nur noch 6 km. Mit einer Umrüstung der Lokomotiven und	I	SBB	

	weiteren Investitionen ist es möglich, noch maximal 100 km herauszuholen, immer noch sehr wenig. Die zu verkabelnden Strecken müssen noch festgelegt werden, betreffen aber voraussichtlich vorallem Agglomerationen, NIS-empfindliche Gebiete. Die Frage nach den ausländischen Zügen bleibt ungeklärt. Das Bundesgericht hat das Resonanzproblem anerkannt. Es wird bei der Beantwortung des Postulats daher davon ausgegangen, dass eine gemeinsame Verkabelung von Bahnstrom mit Höchst-stromleitungen aufgrund der sehr kurzen noch zur Verfügung stehenden Strecke (und den damit verbundenen Bedingungen) nicht möglich ist. Die Bündelung oder multifunktionale Nutzung mit *Bahnstrom* wird daher nur für Freileitungen analysiert.			
4.2.4	• Der Anteil erdverlegter NE1 Leitungen von Swissgrid ist noch tief, mit einer Zunahme wird aber auch dieses System später sehr wahrscheinlich mit Resonanz konfrontiert werden. Die Verkabelung von tieferen Spannungsebenen (≤ NE3) ist technisch einfacher realisierbar, bzw. die Obergrenze bis Resonanz ist höher.	I	SBB	
4.2.5	• Die Gleichstromtechnik wird erst ab Leitungslängen von 100-200 km kostenmässig interessant. Auf beiden Seiten ist ein (kostenintensiver) Umformer nötig und deren Verluste sind bei kürzeren Leitungen zu hoch. Für die Schweiz ist diese Technologie eher uninteressant.	I	SBB	
4.2.6	• Ein Anschluss direkt ans 50-Hz-Netz, mit Frequenzumformern (50-70 Mio. CHF pro Stück) vor den Unterwerken, birgt finanzielle Hindernisse. Der Bahnstrom muss zu einem bestimmten Preis abgegeben werden, der reichen sollte, auch die nötigen Investitionen im Netz zu tätigen. Juristisch gesehen entscheidet das BAV, welcher Preis zumutbar ist. Auch um konkurrenzfähig zu bleiben, sollten die Netzkosten mit denjenigen des Swissgrid-Netzes (hier entscheidet ElCom) vergleichbar sein. Es kommen technische Herausforderungen dazu, um die Stabilität des Netzes zu garantieren.	I	SBB / BAV	
4.2. 7	• Die Anlagen der SBB sind zur betrieblichen Sicherheit durchschnittlich nur etwa 20-30 % belastet. Zum einen gelten die Standards N-1, bei normalem Betrieb. Normaler Betrieb heisst, die kritischste Leitung ist ausgeschaltet. Zum anderen muss noch eine zusätzliche Leitung ausgeschaltet werden können, ohne dass das Netz zusammenbricht. Die Kompensation im Netz muss möglich sein, um den normalen Betrieb zu garantieren.	I	SBB	
4.2.8	• Die NIS-Verordnung ist 2000 in Kraft getreten. Beim Bau von neuen Leitungen oder Erneuerungen bestehender Leitungen muss die Verordnung eingehalten werden. Bei bestehenden Leitungen, welche die NIS heute nicht einhalten und erneuert werden müssen, kann das zu sehr grossen Schwierigkeiten führen.	I	BAV	
4.2.9	• Die LeV (Leitungsverordnung) hat einen Mindestabstand von 5 m um eine Freileitung definiert. Die zweite Dimension wird von der NIS gegeben. Das Magnetfeld hängt vom Strom und der Anordnung der Leitungen ab. Mit phase splitting kann etwa die Ausbreitung reduziert werden. Jede Leitung ist aber anders, es sollten keine generellen	I	BAV	

	Schlüsse gezogen. Generelle Schemas können nicht erstellt werden.			
4.2.10	• Innerhalb des BAFU gibt es einen Interessenskonflikt zwischen der Einhaltung der NIS-Verordnung zum einen und dem Landschaftsschutz zum anderen.	I	BAV	
4.2.11	• Erst seit 1985 gibt es laut Eisenbahngesetz eine Projektierungszone und eine Baulinie, gedacht als Instrument für künftige Ausbauten des Schienennetzes. In der Praxis sind die Voraussetzungen, bis eine Baulinie gesetzt ist, sehr hoch. Es gibt daher kein Beispiel einer Eisenbahnbaulinie. Die Projektierungszonen ihrerseits sind nur jeweils 5 Jahre gültig, was für die Planung nicht realistisch ist. • Die SBB hat daher intern die „Interessenlinie“ (= „ligne d'intérêt“) definiert, die geltend gemacht werden kann, wenn ein Bauprojekt in die Nähe eines Bahngeländes kommt. So wird der Art. 18*m* des Eisenbahngesetzes angewandt. Die Bestimmung der Interessenlinien hängt vom zukünftigen Angebotskonzept ab. • Die Entscheidungsbehörde für die Interessenlinien ist das BAV. Es gibt eine öffentliche Planungsauflage. In der Praxis hat diese Festlegung einen Wert, auch wenn sie gesetzlich nicht verankert ist.	I	SBB / BAV	
4.2.12	• Möglichkeiten für eine multifunktionelle Nutzung oder Bündelung werden fast ausschliesslich bei neuen Bauwerken gesehen.	E	Alle	
4.3	*Technik*			
4.3.1	• SBB-Freileitungen sind durchschnittlich 27 m hoch, Swissgrid-Leitungen etwa 56 m.	I	SBB	
4.3.2	• Im Netz der SBB beträgt der Bereich mit erhöhtem Magnetfeld (> 1µT) etwa 30 bis 50 m von der Achse der Leitung. Je weiter die Leiterseile auseinander sind, umso grösser das Magnetfeld. Es konnte aber bereits auf 8 m reduziert werden. Rein technisch sind also Kompensationsmassnahmen zur Reduzierung des Magnetfeldes sicher möglich, aber betrieblich ergibt das Nachteile, da die verschiedenen Leitungen sehr nahe zueinander geführt werden müssen.	I	SBB	
4.3.3	• Generell scheint technisch (ohne Einbezug der Kosten) sehr vieles machbar zu sein. Die Hauptprobleme liegen in den anderen Bereichen.	E	Alle	
4.4	*Geografie*			
4.4.1	• Die Bahnstrom-Leitungen werden bei Produktionsanlagen gebaut. Die Unterwerke sind normalerweise in der Nähe der Gleise, mit einem Transformator von 132 auf 15 kV. Gewisse Trassen von Übertragungsleitungen und Schiene verlaufen daher nahe zueinander.	I	SBB	
4.4.2	• Bereits heute gibt es dabei in städtischen Bereichen Probleme. Der Unterhalt beider Systeme ist schwierig weil man sie aufgrund der starken Auslastung nicht mehr beliebig abschalten kann.	I	SBB / BAV	
4.4.3	• Im Schienennetz müssen regionale und Haupt-Strecken unterschiedlich analysiert werden. Regionale Strecken sind weniger stark ausgelastet und bieten bsp. nachts ein längeres Zeitfenster für Bauarbeiten. Zudem sind die Platzverhältnisse in ländlichen Gebieten weniger beschränkt als im städtischen Raum, wo bei einem späteren Ausbau der Bahn	E	SBB / BAV	

	grosse Platzprobleme entstehen könnten.			
4.4.4	• Die Heterogenität der Typologie des Schienennetzes, sowie seine Dichte machen ein generelles Urteil schwierig, da es eine enorme Anzahl von Schnittpunkten, Übergängen, Tunnels, Brücken etc. zu berücksichtigen gibt.	E	Alle	
4.4.5	• Es gibt kein kartographisches Material, das spezifisch die verschiedenen Kategorien des Netzes oder die Abschnitte in dicht besiedelter Umgebung repräsentiert.	I	SBB	
4.4.6	• Projekte mit einer 132-kV-Freileitung und dazu einer NE1-Verkabelung wurden bereits angedacht (z.B. Binntal, Zürich). Je nach Gebiet (Topographie, etc.) muss aber für die beiden Systeme auf verschiedene Trassen ausgewichen werden.	I	SBB / BAV	
4.5	*Organisation*			
4.5.1	• Die SBB-Bahnstromlinien werden bereits mit anderen Leitungen kombiniert (40% aller Leitungen), hauptsächlich mit Swissgrid. Dadurch entstehen finanzielle Vorteile, aber auch betriebliche Einschränkungen. Da die Infrastruktur der SBB viel kleinere Ausmasse hat als diejenige von Swissgrid, wird die Planung von letzterer übernommen. Das birgt aber auch einen Nachteil, da die SBB sich an die für Swissgrid optimale Trasse anpassen muss.	I	SBB	
4.5.2	• Ein weiterer Nachteil bei der Zusammenarbeit mit Swissgrid ist, dass sich die Zeit bis zur Realisierung um 10 bis 15 Jahre verlängert und die Akzeptanz in der Bevölkerung kleiner ist (3.1 D). Ausserdem bestehen nicht die gleichen Investitions- und Erneuerungszyklen. Swissgrid-Freileitungen wurden selten gleichzeitig mit den SBB-Freileitungen gebaut. Beim Bau einer Gemeinschaftsleitung muss/müssen immer ein oderer mehrere Partner eine frühzeitige Abschreibung vornehmen.	I	SBB	
4.5.3	• Die SBB ist immer der Junior bei gemeinsamen Projekten mit NE1. Swissgrid wird Eigentümer des Netzes. Als Partner hat man ein Nutzungsrecht, einen Vertrag zur Nutzung der Infrastruktur.	I	SBB	
4.6	*Finanzen*			
	• Je mehr Betreiber und Nutzer es gibt, umso komplexer und teurer wird das System. Eine gute Absprache zwischen den verschiedenen Akteuren ist notwendig.			
4.6.1	• 1.1 D: „convertisseur de fréquence“, nicht modulateur	I	SBB	
4.7	*Betrieb*			
4.7.1	• Wenn durch die Nähe der Infrastrukturen untereinander ein Unterhalt nur bei Ausschaltung des jeweils anderen Systems möglich ist, stehen nur sehr geringe Zeitfenster zur Verfügung. Der Unterhalt der Hauptstrecken des Schienennetzes etwa wird bereits nachts durchgeführt. Gleiches gilt für andere Bauarbeiten in Gleisnähe.	I	SBB / BAV	
4.7.2	• Um die Ausschaltung gewisser Leitungsabschnitte zu ermöglichen, muss es im Netz die nötige Redundanz geben.	E	SBB / BAV	

4.7.3	• Auf Abschnitten, die für Bahnstrom oder Schienennetz vorgesehen sind, gibt es bereits unzählige Einschränkungen für Durchgänge und Unterhalt. Eine weitere Beanspruchung hinzuzufügen, ist schwierig.			
4.8	*Rechtliche Fragen*			
4.8.1	• 1.1 F: Es muss für alle Beteiligten stimmen, wenn man verschiedene Systeme zusammenlegen will → Kompromisse notwendig. Die SBB Energie zieht etwa bei einer Zusammenarbeit mit Swissgrid den Kürzeren.	I	SBB	
4.8.2	• 3.1 F: Nur eine Leitbehörde kann das Verfahren führen. Was am meisten beansprucht wird, bestimmt die entsprechende Leitbehörde. Z.B. bei einem Eisenbahnprojekt, welches auch eine Strasse betrifft, läuft alles über das BAV. Wenn es um eine Swissgrid-Leitung über die Eisenbahn geht, ist das BFE zuständig.	I	BAV	
4.9	*Chancen*			
4.9.1	• Bei bestehenden Bauwerken wird es immer schwieriger noch zusätzliche Infrastruktur einzubauen. Tunnels sind generell sehr schmal, die Züge aber immer höher und breiter. Chancen einer multifunktionellen Nutzung liegen vorallem bei **neuen** Bauwerken. (Beispiele: Gotthardbasistunnel, Lötschberg, Ceneri-Tunnel, Zimmerberg)	I	SBB / BAV	
4.9.2	• 4.1 F: Alles wird in einem Verfahren zusammengefasst: planerische Vorteile. Jedoch wird dieses, aufgrund seiner Komplexität, länger dauern.	I	BAV	
4.9.3	• 4.1 D: Chance bei Zusammenarbeit z.B. beim Neubau eines Tunnels für die Bahn. Gemeinsame Nutzung und Finanzierung, z.B. Binnaquerung mit zusätzlicher Nutzung als Fussgängerbrücke.	E	Alle	
5.	**Analyse und Diskussion der Schemas**			
5.1	*Generell*: Das Netz muss unabhängig sein, damit Betrieb und Unterhalt des Schienen- oder Bahnstromnetzes nicht gestört werden.	E	SBB / BAV	
5.2	Gibt es einen minimalen Abstand vom Gleis für einen Rohrblock von Netzebene 1 oder 3, damit die Kabel nicht ausgeschaltet werden müssen? Gibt es bestimmte Artikel oder Direktiven dazu? R. Bühler verspricht, sich dazu zu erkundigen.	O	SBB	Bereits erledigt: 20.11.2015
5.3	• Unterhalb der Gleise ist eine Kabelführung eigentlich ein No-Go (Zone 1). Wenn etwas am Bahnkörper unterhalten wird, ist eine zu nahe Kabelführung problematisch.	E	SBB / BAV	
5.4	• Ausserhalb der Gleise sind auf ganzem Netz Interessenlinien festgelegt, die Erweiterung möglich machen sollen (Zonen 2 und 3). • Fixe Bauwerke werden bei einem Ausbau zum Problem. Die Interessenlinien werden auch gelegentlich erneuert und bsp. weiter nach aussen versetzt (Zonen 3 und 4), wo es dann einen Engpass geben könnte.	E	SBB / BAV	
	H. Willi kann zu bau- und elektrotechnischen Abständen Auskunft geben.	O	BAV	So bald wie

				möglich
5.5	*Schema C oder D, oder ein sehr tief gelegener Kabelblock*: • Es muss abgeklärt werden, wie sensibel ein Kabelblock etwa auf Erschütterungen oder Vibrationen eines vorbeifahrenden Zuges reagiert, oder wie gut er gegen äussere Einwirkungen geschützt ist. • Das BAV sieht eigentlich keine technischen Einschränkungen, abgesehen von der Resonanzproblematik, die eine Verkabelung der SBB-Übertragungsleitungen verunmöglicht.	O E	OPAN BAV	
5.6	*Schema F:* • Freileitungen: mit der Durchfahrt der Züge wird ein Druck auf die Fundamente ausgeübt. Dadurch könnte mit der Zeit der Mast schief stehen. • Bei einer Parallelführung von Hochspannungsleitungen wird es möglicherweise ein neues NIS-Problem geben. Ingenieurtechnisch aber machbar, eventuell mit einer zusätzlichen Abschirmung.	I	SBB / BAV	
5.7	*Tunnel* • Die SBB hat Bahnstromkabel in Tunnels (wie auf Schema A, B) oder unter den Gleisen durchgeführt. Bei diesen wenigen Ausnahmen aber gibt es die grössten Probleme. Es werden spezielle Kabel gebraucht, bsp. Brandschutz (Simplon). Wenn Reparaturen am Schotter gemacht werden, müssen die Kabel aus Sicherheitsgründen ausgeschaltet sein → betriebliche Hindernisse (Redundanz). • Im Gotthardbasistunnel waren die Rohre ursprünglich für die SBB-Leitungen gedacht. Durch das Resonanzproblem sind sie vorerst ungenutzt. Ein Problem besteht darin, dass die SBB nur zwei Rohre brauchen würde, während bei 50-Hz-Strom drei oder besser noch vier Rohre nötig sind. • Im Ceneri-Tunnel und im Gotthard würden Rohre für 50-Hz zur Verfügung stehen. Auch im Zimmerbergtunnel wurden Kabel vorgesehen. Der Lötschbergtunnel wird von der SBB selbst genutzt.	I I	SBB SBB / BAV	
	P. Mayer könnte mehr Auskunft über die Bewilligungen geben.	O	BAV	So bald wie möglich
5.8	*Unfälle / Ereignisse* • Bei Freileitungen muss für den Fall einer Entgleisung an den Masten ein Abprallschutz installiert werden, wenn nahe an den Gleisen. • Der Kabelblock muss stabil genug sein, dass auch eine Lok darauf fallen könnte oder genügend tief, dass die Gleise oberhalb nach dem Ereignis wieder instand gesetzt werden können, ohne das Stromnetz zu beeinflussen. • Interferenzen mit den Sicherheitsanlagen der SBB müssen vermieden werden.	E	SBB / BAV	
5.9d	*Streuströme* Laut LeV müssen Streuströme verhindert werden (beim Bau).	I	SBB / BAV	
6.	**Weiteres Vorgehen**			
6.1	Der Zwischenbericht zum Po Rechsteiner wird wahrscheinlich der KVV präsentiert, und sicherlich in der Arbeitsgruppe diskutiert. Vielleicht wird er	I	ARE	Anfang 2016

	sogar den verschiedenen GL der Ämter präsentiert.			
6.2	M. Hoenke schlägt vor, den Bericht nach der Diskussion in der Arbeitsgruppe innerhalb des BAV zirkulieren zu lassen.	I	BAV	
6.3	M. Cattaneo erklärt, dass der Bericht von OPAN concept nicht die direkte Antwort auf das Postulat sein wird, sondern in einen globalen Bericht integriert wird.	I	ARE	
7.	**Diverses**			
7.1	-			

Neuchâtel, 21.01.2016 EO/IK

26801 ARE – Multifunktionale Infrastrukturen / Infrastructures multifonctionnelles

Workshop OFEN, ESTI, Swissgrid für den externen Bericht zum Po Rechsteiner

Protokoll des Workshop mit OFEN, ESTI & Swissgrid

Versendet am: 21.01.2016

Sitzung vom: Montag, 14.12.2015

Ort: Ittigen, ASTRA, Saal UVEK 1.00.084

Zeit: 13.00 – 16.00 Uhr

Vorsitz: Mattia Cattaneo

Protokoll: Isabel Kiefer, OPAN concept

Teilnehmer:

	Namen	Funktion	Eingeladen	Anwesend	Entschuldigt	Abwesend	Verteiler	Nächst. Sitzg.
ARE	**Cattaneo Mattia**	Projektleiter Po Rechsteiner, Sektion Bundesplanungen	☑	☑	☐	☐	☐	☐
BFE	**Schlegel Walter**	Fachspezialist Netze	☑	☑	☐	☐	☐	☐
BFE	**Oswald Thomas**	Leiter Elektrizitäts-/ Rohrleitungs-/ Wasserrecht	☑	☐	☑	☐	☐	☐
BFE	**Benahmed Mohamed**	Leiter Netze	☑	☑	☐	☐	☐	☐
BFE	**Gander Werner**	Fachspezialist EW, Elektrizitäts-/ Rohrleitungs-/ Wasserrecht (lic. Iur.)	☑	☑	☐	☐	☐	☐
BFE	**Klaus Olivier**	Leiter Sachplan- und Plangenehmigungsverfahren (lic. Iur.)	☑	☑	☐	☐	☐	☐
BFE	**Kohli Andreas**	Fachspezialist Sachplan- und Plangenehmigungsverfahren	☑	☑	☐	☐	☐	☐
BFE	**Michel Martin**	Fachspezialist Netze	☑	☐	☑	☐	☐	☐
BFE	**Le Roy Bruno**	Fachspezialist Netze	☑	☑	☐	☐	☐	☐
Swissgrid	**Weber Martin**	Principal Engineer Grid Infrastructure	☑	☑	☐	☐	☐	☐
Swissgrid	**Widmer Hans**	Senior Legal Counsel	☑	☑	☐	☐	☐	☐
ESTI	**Marty Dario**	Geschäftsführer ESTI	☑	☐	☑	☐	☐	☐
BAFU	**Suter Elisabeth**	Wissenschaftliche Mitarbeiterin, Sektion UVP und Raumordnung	☑	☑	☐	☐	☐	☐
OPAN concept	**Opan Erdjan**	Externer Projektleiter	☑	☑	☐	☐	☐	☐
OPAN concept	**Kiefer Isabel**	Projektingenieurin	☑	☑	☐	☐	☐	☐

Ziele der Sitzung :

- Diskussion zur Vervollständigung der von BFE, Swissgrid und ESTI ausgefüllten Hindernistabelle.
- Festlegen des weiteren Vorgehens

Nächste Sitzung :

- Nicht definiert

Anhang :

1. Vervollständigte Hindernistabelle BFE, Swissgrid
2. Verschiedene Normalprofile NS und Schiene mit NE1

I : Information / D : Décision / S : Suspens

Objet		I/D/S	RESP	DELAIS
1.	**Begrüssung und Vorstellung der Teilnehmenden**			
	Mattia Cattaneo vom ARE begrüsst die Teilnehmenden am Workshop und erklärt die Hintergründe. 2014 hat das ARE das Postulat Rechsteiner von 2008 übenommen. Anfang 2015 wurde eine Arbeitsgruppe gegründet, mit einer ersten Sitzung Ende März. Im September dieses Jahres wurde dann ein externes Mandat für den technischen Bericht an OPAN concept SA übertragen und die Kick-off Sitzung durchgeführt. Dieser Workshop mit BFE, ESTI und Swissgrid ist der dritte nach demjenigen mit dem ASTRA und einem zweiten mit dem BAV und den SBB.	I	Alle	
2.	**Ziele der Sitzung**			
2.1	Das Postulat Rechsteiner beinhaltet verschiedene Fragen. Zum einen soll die multifunktionale Nutzung von linearen Infrastrukturen gemäss verschiedenen Aspekten (technisch, organisatorisch etc.) untersucht werden. Zum anderen werden auch konkrete Fragen zum Stand der Technik gestellt, wie etwa betreffend Gleichstrom.	I	ARE	
2.2	Die Priorität des Postulats liegt bei Kabellösungen. Freileitungen sollen aber ebenfalls analysiert werden.	I	ARE	
2.3	Während des Workshops wird der Fokus ausschliesslich auf die multifunktionale Nutzung gelegt. Der Bereich Umwelt und Landschaft ist nicht Bestandteil des Mandats von OPAN concept.	I	ARE	
2.4	Von Seiten OPAN concept möchte man sich nicht direkt auf die Chancen, sondern vorallem auf die Hindernisse einer multifunktionalen Nutzung / Bündelung konzentrieren. Dabei wird zwischen geografischen, bautechnischen, juristischen und finanziellen Aspekten unterschieden. Die finanzielle Seite steht dabei am Schluss.	I	OPAN	
3.	**Offene Fragen**			
3.1	Es gibt zu diesem Zeitpunkt keine offenen Fragen.			
4.	**Diskussion der Hindernistabelle und des Fragenkatalogs**			
4.1	*Allgemeine Punkte*			
4.1.1	Das Bewertungsschema Sachplan Übertragungsleitungen, das seit mehreren Jahren vom BFE angewandt wird, beinhaltet bereits das Kriterium der Bündelung mit anderen Infrastrukturen. Die vier Pfeiler Raumplanung, Umwelt, Technik und Kosten werden dabei gleich gewichtet. Wenn aber bsp. ein	I	BFE	

	Unterwerk stark abseits steht, wird eine Bündelung von vornherein ausgeschlossen. Das Bewertungsschema gilt sowohl für Neubauten wie für grössere Änderungen am bestehenden Netz (Erweiterung, Ersatzbau, etc.).			
4.1.2	Die betroffenen Infrastrukturen (Strom, Nationalstrassen, Bahnlinien) sind heute grösstenteils fertiggestellt. Es muss bei der Beantwortung des Postulats daher auf den Umstand hingewiesen werden, dass von bestehenden Infrastrukturen ausgegangen wird. Die Bündelung bei einem kompletten Neubau der Systeme wäre bedeutend einfacher. Zwei bereits komplexe Systeme zu bündeln macht ein Projekt nicht nur doppelt so komplex, sondern um ein Vielfaches mehr.	I	SG	
4.1.3	Das Postulat möchte die Grundlage für eine politische Entscheidung legen, ob, in welchem Ausmass und zu welchen Bedingungen eine Bündelung gemacht werden soll. Neben einer Anpassung von Leitungen an andere Infrastrukturen ist umgekehrt auch die Anpassung von beispielsweise Nationalstrassen an Stromleitungen in Betracht zu ziehen (z.B auf der Strecke Hinwil-Schmerikon).	I	BFE	
4.1.4	Ein Ziel des technischen Berichtes ist es aufzuzeigen, wo geografische Synergien zwischen zukünftigen Projekten von ASTRA und BFE / Swissgrid vorhanden sind. Es kann sich dabei um Neubauten, aber vorallem auch um grössere Ersatz- und Ausbauten oder Unterhaltsplanungen handeln	D	OPAN	
4.1.5	Momentan gibt es bsp. Bündelungsprojekte für die Nutzung eines eventuellen zukünftigen Bahntunnels an der Grimsel, sowie einer geplanten, allerdings umstrittenen 2. Röhre des Gotthardstrassentunnels.	I	SG, ARE	
4.1.6	Die Direktion des BAFU vertritt die Haltung, dass bei Neubauten und Erweiterungen von bestehenden Autobahnen systematisch geprüft wird, ob eine Bündelung oder multifunktionale Nutzung mit Übertragungsleitungen sinnvoll resp. möglich wäre. Dieser Grundsatz wird von den Teilnehmern des Workshops begrüsst und unterstützt.	D I	BAFU Alle	
4.1.7	Hochspannungsleitungen, gleich welcher Technik, müssen nach rund 80-100 Jahren vollständig ersetzt bzw. neu gebaut werden. PE-Kabel haben eine Lebensdauer von lediglich 40-50 Jahren und müssen danach ersetzt werden.	I	BFE, SG	
4.1.8	Die Bündelung steht für Swissgrid im Vordergrund, Partner müssen aber ebenfalls mitziehen und Kompromisse eingehen wollen. Es wird und wurde bereits viel mit den SBB und Verteilnetzbetreibern gemeinsam gemacht (siehe 4.7.1).	D	SG	
4.1.9	In der Schweiz gibt es bisher nur 5 km verkabelte Höchstspannungsleitungen (abgesehen von Kraftwerksleitungen, die neu gebaut sind/werden und daher keine Betriebserfahrung besteht): Spreitenbach hat über 40-jährige Ölkabel (2 Leitungen 220kV mit 3 Phasen = 6 Kabel), die heute – im Hinblick auf mögliche Gewässerverschmutzungen – nur eingeschränkt verwendet werden dürfen; in Genf wird die 220-kV-Leitung beim Flugplatz als gasisolierte Leitung rund 300m entlang der Autobahn geführt, die unter dem Palexpo und weiteren Gebäuden verläuft. SF6-isolierte Anlagen dürfen wegen der extremen Umweltgefährdung nur dort gemacht werden, wo nichts anderes möglich ist (z.B. in Schaltanalgen).			
4.2	*Geografie*			
4.2.1	Punkt 1.1 A: Nationalstrassen werden als besonders wichtige, „unantastbare“ Infrastrukturen angesehen. Von Seiten ASTRA und BAV wurde bisher generell	I	BFE; SG	

	abgeblockt. Da das Postulat durch einen Politiker gestellt wurde, wird davon ausgegangen, dass auch von politischer Seite ein Interesse für die multifunktionale Nutzung besteht. Die Arbeitsgruppe zum Po Rechsteiner sollte dazu ihren Beitrag leisten.	I	BAFU	
4.2.2	Punkt 1.2 A: Bestehende Produktions- und Verbraucherzentren sowie Schaltanlagen (ca. 140 in der CH) müssen verbunden werden. Der Spielraum bei der Bestimmung des Korridors ist damit eingeschränkt. Das Netz der Nationalstrassen und elektrischen Leitungen dasjenige der Höchstspannungsleitungen decken sich bei drei Alpenquerungen (San Bernardino, Gotthard, Simplon), in diversen Alpentälern und zu einem gewissen Grad im Mittelland (das Höchstspannungsnetz hat weniger West-Ost-Verbindungen). Die Produktions- und Verteilerpunkte sollten somit auf einer Karte ebenfalls visualisiert werden, da sie Bedingungen für die Leitungsführung stellen.	I	SG	
4.2.3	Strategisches Netz 2025, 2035, 2050: Es existieren keine detaillierten Karten, da die Korridore grösstenteils noch nicht festgelegt sind. Start- und Endpunkte einer Linie sind jedoch definiert. Generell wird das Netz vorallem spannungsmässig ausgebaut, es kommen kaum Neubauten mit ensprechend neuen Trassen hinzu.	I	SG	
4.2.4	Die Bündelung mit Eisenbahntrassen ist schwierig, da sich diese zwangsläufig in den bewohnten Gebieten wiederfinden. Auch Nationalstrassen führen teilweise nahe an bewohnten Gebieten vorbei. Dies birgt sowohl für Freileitungen (Magnetfeld, visuelle Beeinträchtigung) als auch Kabelleitungen (Magnetfeld, Wärmeableitung, Zugänglichkeit) Probleme. Die technischen Probleme können generell gelöst werden, jedoch zu Ungunsten der Kosten.	I	SG	
4.3	*Bau / Technik*			
4.3.1	Bei Kabeln ist das Magnetfeld nicht so weit ausgedehnt wie bei Freileitungen. Die Feldstärke kann jedoch max. 20 cm über der Fahrbahn noch max. 100 µT betragen. Es hat schon Reklamationen von Autofahrern gegeben. Normalerweise werden Kabelblöcke etwa 1.2 m tief gelegt. Eine tiefere Verlegung ist technisch realisierbar, mit Einfluss auf die Kosten.	I	SG	
4.3.2	Normalerweise muss der Abstand zwischen Kabeln in offener Lagerung im Tunnel mind. 80 cm betragen. Im Rohrblock können die Abstände geringer sein (Beispiel Riniken).	I	SG	
4.3.3	Mit jeder Spannungsebene steigen auch die Dimensionen von Kabelblöcken, Muffenstellen etc. In Raesfeld (DE) bsp. war das Trasse für den Bau 42 m breit, der Schutzstreifen entlang der in sogenannten Flüssigboden verlegten Kabeln insgesamt beträgt 22 m. Die landwirtschaftliche Nutzung ist noch möglich, Bepflanzung durch Bäume nicht. Niedrigere Spannungsebenen (16-110 kV wären einfacher unterirdisch zu verlegen, zahlreiche Projekte wurden bereits realisiert) kommen im Postulat jedoch erst an dritter Stelle und werden im Rahmen dieses Berichts aus Zeitgründen nicht behandelt.	I	SG	
4.3.4	Muffenstellen für 380kV-Kabel müssen aus Transportgründen im Normalfall etwa alle 1000 m vorgesehen werden (max. 1.3 km). Deren Ausmasse sind etwa 15 x 2.5 x 2.8 m. Zufahrten müssen auf Lastwagen bis 60 t ausgelegt werden (siehe auch 5.5). Daher scheint es unsinnig, Zufahrten zu Muffenstellen	I	SG, BFE	

	ausserhalbt der Autobahn vorzusehen (wie vom ASTRA verlangt).			
4.3.5	Zukünftige Querleitungen (anderer Leitungssysteme, Entwässerung etc.), die eventuell nach dem Einbau der Kabel unter der Strasse geplant werden, müssen bereits so mitberücksichtigt werden, dass die Stromversorgung beim Bau letzterer nicht unterbrochen werden muss.	I	SG	
4.3.6	Im 50-Hz-Netz von Swissgrid steht die Resonanz als Problem nicht im Vordergrund. Teilweise werden Filteranlagen für Oberwellen notwendig. Die Resonanz steht der Verkabelung aber nicht im Weg.	I	SG	
4.4	*Organisation*			
4.4.1	Punkt 3.1 C: Die Koordination zwischen den verschiedenen Ämtern wird zunächst als grösseres Hindernis gesehen. Wenn es aber eine Vorgabe zur Bündelung geben wird, sollte die Abstimmung untereinander mit der Zeit auch eingespielt sein. Der Betrieb ist allerdings als aufwändiger einzustufen (verschieben in 2.2 C).	I I	SG BFE	
4.4.2	Da Planungsstart und Planungsdauer der verschiedenen Netze sehr unterschiedlich ist, ist die Koordination der Planung, Wartungs- und Unterhaltszyklen schwierig. Die Zusammenarbeit mit dem ASTRA war (daher) bisher nicht möglich, da die verschiedenen Projekte nicht in der gleichen Planungsphase waren. Aus diesem Grund ist eine multifunktionale Nutzung schwierig.	I I	SG SG, BFE, BAFU	
4.5	*Finanzen*			
4.5.1	Die finanziellen Aspekte dürfen nicht ganz aussen vorgelassen werden. Ein Pfeiler des Sachplanverfahrens Übertragungsleitungen (SÜL) sind die Kosten. Damit tragen diese einen wesentlichen Anteil zur Beurteilung einer Variante bei. Auch aus politischen Gründen soll dieser Aspekt im Bericht zumindest kurz besprochen werden (Vergleiche Freileitung vs. Kabel, Grössenordnung der Zusatzkosten bei Bündelung etc.).	D	BFE	
4.5.2	Wenn es politischer Wille wird, dass Stromleitungen verkabelt werden sollen, ist das technisch möglich. Für die Stromversorger müssen solche teureren Lösungen aber im Strompreis anrechenbar sein.	D	SG	
4.5.3	Das Postulat spricht die Finanzen nicht direkt an, es soll keine Interessenabwägung gemacht werden. Die ElCom war bei der ersten Sitzung der Arbeitsgruppe dabei, hat sich aber zurückgezogen als klar wurde, dass die Kostenfrage bei der Beantwortung nicht im Zentrum stehen wird.	I	ARE	
4.5.4	Die Auswirkungen auf die Konsumenten sollten ebenfalls in Betracht gezogen werden.	I	SG	
4.6	*Betrieb*			
4.6.1	Die Frage nach einem möglichen Zugang zu den Kabeln über die Fahrbahn (siehe auch 5.3 und 5.4) bleibt ungeklärt und abhängig von einer politischen Entscheidung über die Festlegung der Prioritäten und der nationalen Interessen. Anhand von Störstatistiken soll das Ausmass der gegenseitigen Beeinflussung abgeschätzt werden.	D	BFE	
4.6.2	Im Störfall (Stromnetz) muss relativ schnell reagiert werden, um die	I	SG,	

	Systemstabilität zu gewährleisten. Bis zum Finden der Schadenstelle und der Organisation der Aufgrabung kann mit etwa 1 Woche gerechnet werden. Die Reparaturzeit kann dann etwa 2 Wochen betragen. Störfälle, bei denen aufgegraben werden muss, sind aber relativ selten.		BFE	
4.6.3	Muffenstellen sind störungsanfälliger als die Kabel dazwischen. Parallele Kabelsysteme haben daher manchmal getrennte Muffenschächte.	I	SG	
4.6.4	Generell sind Kunstbauten stärker schadensgefährdet als Abschnitte, wo die Kabel in Rohranlagen im Erdreich verlegt sind.	I	SG	
4.6.5	*Tunnel*			
	Das ASTRA sieht im Rahmen der Planungsarbeiten für eine 2. Strassentunnelröhre am Gotthard einen Werkleitungskanal für eine 380kV-Hochspannungsleitung vor. Dieser liegt 0.75 m unter der Fahrbahn und beträgt etwa 2 x 2 m. Der Immissionsgrenzwert von 100 µT wird wenige Zentimeter unter der Fahrbahn unterschritten.	I	ARE	
	Bei Kurzschluss können Druckschäden entstehen.	I	SG	
	Ein Kabelbrand ist ebenfalls eine Gefahr, die nicht ausgeschlossen werden kann. Mit flammhemmenden Kabeln kann das Risiko vermindert, aber nicht ganz beseitigt werden.	I	SG	
4.6.6	*Brücken*			
	Bei Kurzschluss können Brückenabdeckungen (Schachtdeckel, Plattendecken etc.) durch den Druck in die Luft fliegen.	I	SG	
4.6.7	*Freileitungen*			
	Freileitungsmasten im Autobahnbereich sind vor Anprall zu schützen. Ausserdem besteht das Risiko eines Isolatoren-Ketten-Bruchs und des Herunterfallens von Leiterseilen auf die Fahrbahn.	I	SG	
	Zyklen für Instandhaltung: Begehung, Kontrolle = 1 x jährlich (und nach jedem Unterbuch (Blitzeinschläge etc.) Besichtigung Sockel, Risse = alle 5 Jahre Korrosionsschutz = alle 30 Jahre			
4.7	*Recht*			
4.7.1	Swissgrid führt 450 km Leitungen mit anderen Betreibern zusammen (SBB, Verteilnetzbetreiber). Dazu kommen Verträge zur Nutzung einer Leitung für Telekommunikationsdienste (Datenleitungen, Mobilfunkantennen auf Tragwerken). Diese langfristigen Verträge müssen bei neuen Bestimmungen der Leitungsführung ebenfalls berücksichtigt werden.	I	SG	
4.7.2	Es gibt kein Gesetz, das eine multifunktionale Nutzung untersagen würde. Wenn gute Gründe für eine Bündelung vorliegen, kann diese realisiert werden.	I	BFE	
4.7.3	Eine zusätzliche Gesetzgebung betreffend Bündelung wird nicht gebraucht. Auf Raumplanungsebene kann bereits jetzt sehr viel erreicht werden. Bei der jetzigen Interessenabwägung wird damit sichergestellt, dass die optimale Variante realisiert wird. Neue Gesetze zugunsten der Bündelung könnten eine ausgeglichene Gewichtung schwierig machen.	I	BFE, SG	

	Eine verwaltungsinterne Änderung der Haltung, namentlich des ASTRA, aufgrund von politischem Druck (durch BR oder UVEK) könnte jedoch förderlich sein.	I	SG	
4.7.4	Basis der Entscheidungen : Art. 13 des Raumplanungsgesetzes → Sachplanpflicht, Interessenabwägung für vernünftige Lösungen. Zusätzliche Gesetzestexte: - LeV, Leitungsverordnung (OLEl, Ordonnance sur les lignes électriques), beinhaltet technische Vorschriften - NISV, Verordnung über den Schutz vor nichtionisierender Strahlung - RPG, Raumplanungsgesetz (insbesonders Art. 13) - RPV, Raumplanungsverordnung			
4.8	*Chancen*			
4.8.1	Die Chancen für eine multifunktionale Nutzung sind bei einem Neubau sehr viel höher als bei der Integration in bestehende Strukturen (Platzverhältnisse, Dimensionen der Brücken und Tunnels etc.). Dies wird bei aktuellen Planungen bereits realisiert bzw. berücksichtigt (Üetlibergtunnel, Grimsel, Gotthard, etc.)	I	SG	
4.8.2	Die Landressourcen werden geschont, die Belastungen konzentriert. Bereits heute ist das Wohnen entlang einer Autobahn nicht ansprechend. Dies würde sich auch bei einer zusätzlichen Stromleitung nicht ändern, wobei damit anderswo neuer Freiraum entstehen könnte..			
5.	**Analyse und Diskussion der Schemas (basierend auf der Kabelstudie Binnaquerung von Brakelmann et al.)**			
5.1	Swissgrid wird schriftlich Stellung nehmen, welche vorgeschlagenen Schemas realistisch sind, welche nicht, bzw. wird Beispiele von realisierten Systemen geben (mit Massen und Distanzen für Einhaltung NIS). Dabei könnte auch die Grössenordnung der Kosten angegeben werden.	S	SG	Bereits erledigt (14.01.16)
5.2	Nach der ersten Betrachtung: - A: nicht NIS optimiert - B: führt wahrscheinlich zu wärmetechnischen Problemen, sollte daher zweigeteilt werden, mit einem Abstand von 3 m (wie im Fall Riniken) - C: eher für tiefere Spannungsebenen. Die Verluste werden bei Alurohren zu wirtschaftlichem Problem (bruchempfindlich) - D: nur für relativ kurze Distanzen geeignet (Unterstossen) : ≤ 500 m, da wärmetechnisch nicht optimal (sonst Platz für Kühlrohre notwendig) - E: möglich, jedoch zu wenig Platz eingerechnet. Wenn zu nahe beieinander muss bei Reparatur / Unterhalt jeweils alles ausgeschaltet werden. Schema E ist laut ASTRA sicherheitstechnisch auszu-schliessen. - Ligne aérienne: stimmt so für Neubauten (NISV Einhaltung).	I	SG	
5.3	Die Teilnehmer des Workshops mit dem ASTRA haben die Bedingung gestellt, dass Kabelblöcke in den Bereichen 1-4, unter der Fahrbahn, zwar nicht bevorzugt aber möglich sind. Muffenstellen (und damit die Zugänge zu den Kabeln für Reparatur und Unterhalt) müssten sich jedoch zwangsläufig ausserhalb der Fahrbahn und ausserhalb eines möglichen Erweiterungs-parameters befinden.	I	ARE	

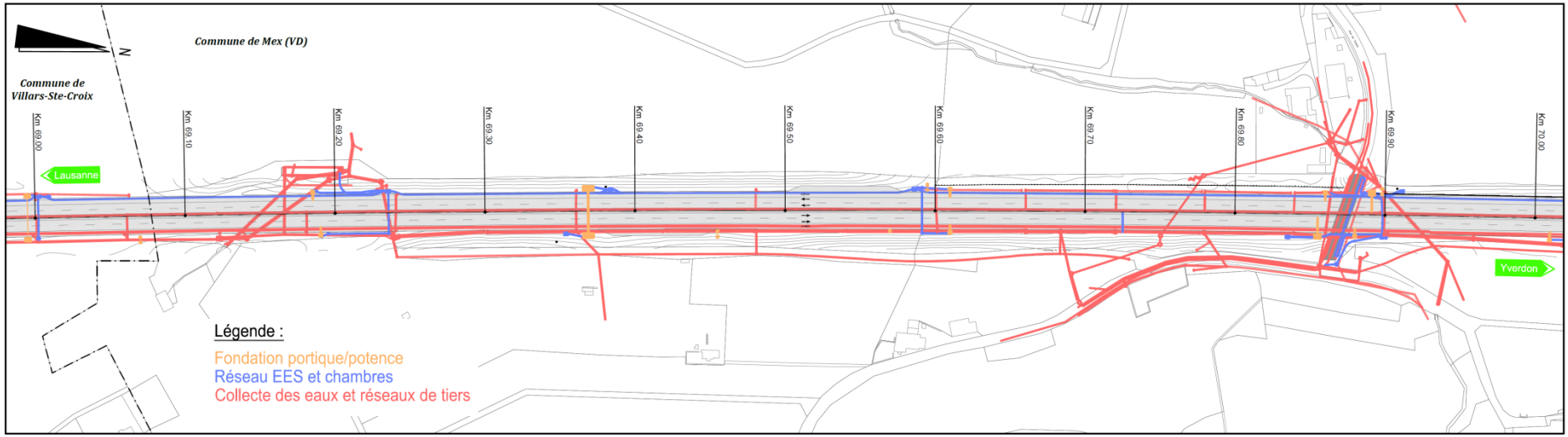
5.4	Es kommt vor, dass ein Kabelblock aufgegraben werden muss, wenn die Kabel im Schadenfall nicht mehr herausgezogen werden können. Dies muss daher auch im Bereich des Pannenstreifens / der Fahrbahn möglich sein. Ohne Erfahrungswerte zu besitzen, weil noch kaum Kabelstrecken bei Höchstspannungsleitungen bestehen, kann angenommen werden, dass solche Vorfälle sehr selten sind, und auch bei grösserem Verkabelungsgrad in der Schweiz höchstens 1 Mal alle 20 Jahre auftreten werden. Swissgrid wird dazu noch genauere Angaben machen (Statistiken von Cigré (Conseil International des Grands Réseaux Électriques)) zu Problemen im Muffen- oder Kabelbereich).	I S	SG SG	Bereits erledigt (21.12.15)
5.5	Zudem muss die Zugänglichkeit zu den Muffenstellen platz- und gewichtmässig (für ca. 60 t: Lastwagen + Kabelbobine + evtl. Maschinen) gewährleistet sein. Der Pannenstreifen würde sich daher für die Anfahrt eignen. Je ein Lastwagen muss beim Ein- und Auszug der Kabel auf beiden Seiten der Muffenstelle Platz haben.	I	SG	
5.6	Generell gilt, je weiter am Rand, umso besser. Es gibt jedoch Bereiche, wo unter dem Pannenstreifen bereits zu enge Platzverhältnisse herrschen (etwa auch belegt durch Stromkabel von tieferen Spannungsebenen).	I	SG	
5.7	Begehbare Stollen müssen genügend gross dimensioniert sein, damit ein Arbeiter auch im Kurzschlussfall nicht verletzt wird (bsp. Faserzementplatten zwischen Systemen in ZH). Der zulässige SUVA-Grenzwert für Arbeitsplätze in selbstverursachten Magnetfeldern beträgt 500 µT.	I	SG	
6.	**Weiteres Vorgehen**			
6.1	Im Januar 2016 wird ein erster Zwischenbericht abgegeben, welcher von den betroffenen Ämtern und der Arbeitsgruppe kommentiert werden wird.	S	OPAN	Jan 2016
6.2	Anfang Februar findet eine weitere Sitzung der Arbeitsgruppe Po Rechsteiner statt.	I	ARE	
6.3	Der Schlussbericht wird im April oder Mai 2016 erwartet und der Geschäftsleitung der entsprechenden Ämter vorgelegt.	S	OPAN	Apr / Mai 2016
7.	**Diverses**			
7.1	Für Informationen betreffend NISV kann Stefan Joss (BAFU) kontaktiert werden.	I	BAFU	
7.2	Swissgrid wird OPAN concept Beispielfotos vom Kabeleinzug an Muffenstellen zukommenlassen.	S	SG	So bald wie möglich

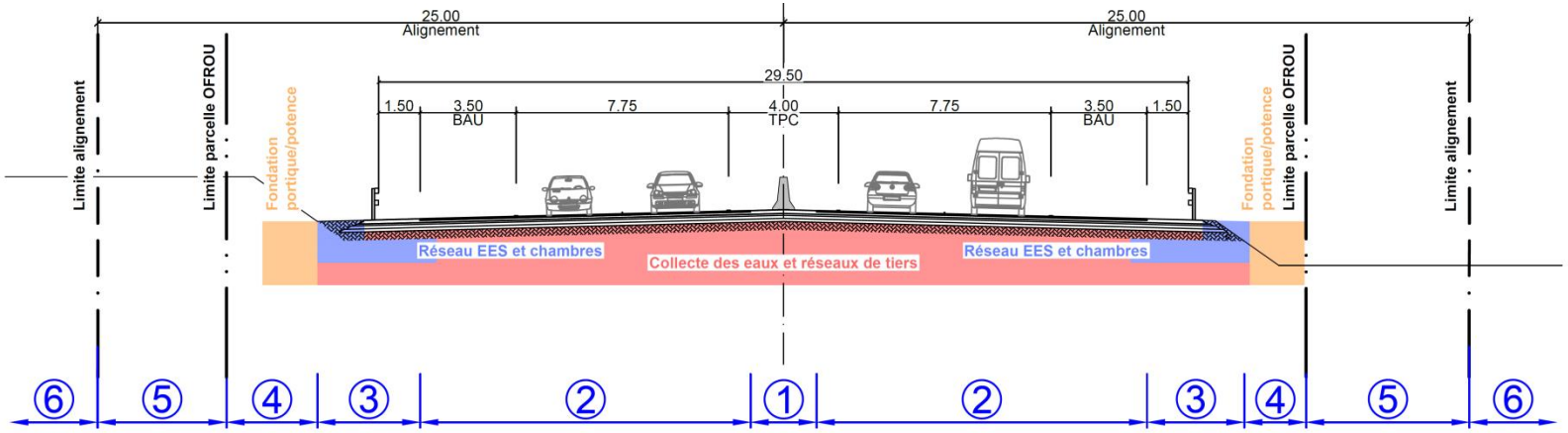
Neuchâtel, den 19.01.2016, IK

26801 – ARE / Infrastructures multifonctionnelles (Po Rechsteiner)

Annexe I

Réseaux sous la route nationale, exemple de la N1 entre Lausanne et Yverdon-les-Bains





OPAN concept Neuchâtel SA Bureau d'ingénieurs civils SIA
Ruelle Vaucher 22 Case postale 686 CH-2002 Neuchâtel
Tél. +41 (0)32 723 77 77 Fax +41 (0)32 723 77 78 neuchatel@opan.ch

Sources :
- Profils routiers : Projet de routes nationales, Directive concernant les profils types, les aires de repos et de ravitaillement des routes nationales, OFROU, 2002

Annexe J Postulat Rechsteiner – Organisation pour la réalisation du projet

Groupe de pilotage

Responsables du projet

ARE: Mattia Cattaneo
Lena Poschet

Groupe de travail

ARE:	Lena Poschet (présidence)
	Mattia Cattaneo
BAFU:	Elisabeth Suter
ELCOM	Spielmann Andre
ESTI	Marty Dario
OFEN	Walter Schlegel
OFROU	Bernard Gogniat
OFT	Markus Hoenke
swissgrid	Martin Weber

Mandat externe : OPAN concept SA, Neuchâtel

Groupe A
ARE – OPAN concept – OFROU

ARE:	**Mattia Cattaneo** (prés.)
OPAN concept:	**Erdjan Opan**
	Isabel Kiefer
OFROU:	**Bernard Gogniat**
	Luzia Seiler
	Manuel Alvarez
	Christian Gammeter
	Cédric Joseph
	Eugen Fuchs
	Larissa Fankhauser

Groupe B
ARE – OPAN concept – OFT – CFF

ARE:	**Mattia Cattaneo** (prés.)
OPAN concept:	**Erdjan Opan**
	Isabel Kiefer
OFT:	**Markus Hoenke**
	Beat von Känel
	Pierre André Pianzola
	Urs Rohrer
	Benedikt Beer
	Peter Mayer
	Hermann Willi
	Frédéric Barman
CFF:	Roland Bühler
	François Berger

Groupe C
OPAN concept – ARE – OFEN – swissgrid – ESTI

ARE:	**Mattia Cattaneo** (prés.)
OPAN concept:	**Erdjan Opan**
	Isabel Kiefer
OFEN:	**Walter Schlegel**
	Thomas Oswald
	Olivier Klaus
	Mohamed Benahmed
	Werner Gander
	Andreas Kohli
	Martin Michel
	Bruno Le Roy
Swissgrid	**Martin Weber**
	Hans Widmer
ESTI	**Dario Marty**