



Vélos électriques – effets sur le système de transports

Elektrovelos - Auswirkungen auf das Verkehrssystem

E-bikes - Impacts on the transportation system

Transitec Ingénieurs-Conseils SA, Berne
Aline Renard, Ing. rur. dipl. EPFL SVI SIA
Julian Fleury, Ing. env. dipl. EPFL SVI
Laura Junod, Ing. géom. dipl. HEIG-VD

Wyssavo, Berne
Christian Wyss, Avocat

Ecoplan, Berne
René Neuenschwander, Lic. rer. pol.

HEIG-VD, Yverdon-les-Bains
Yves Delacrétaz, Dr ès sciences techn.

Projet de recherche SVI 2014/003 sur demande de l'Association suisse des ingénieurs et experts en transports (SVI)

Impressum

Instance de recherche et équipe de projet

Direction du projet

Aline Renard, Transitec Ingénieurs-Conseils SA

Membres

Julian Fleury, Transitec Ingénieurs-Conseils SA

Laura Junod, Transitec Ingénieurs-Conseils SA

Christian Wyss, wyssavo

René Neuenschwander, Ecoplan AG

Yves Delacrétaz, HEIG-VD

Commission de suivi

Président

Urs Walter

Membres

Philippe Aemisegger

Wernher Brucks

Viktoria Herzog

Hansruedi Müller

Gianantonio Scaramuzza

Philippe Schwery

Simon Seger

Martin Urwyler

Auteur de la demande

Association suisse des ingénieurs et experts en transports (SVI)

Source

Le présent document est téléchargeable gratuitement sur <http://www.mobilityplatform.ch>.

Table des matières

Impressum	4
Résumé	7
Zusammenfassung	13
Summary	19
1 Introduction	25
1.1 Contexte et objectifs du mandat de recherche	25
1.2 Description et enjeux du système VAE	26
1.3 Convention de notation	27
1.4 Méthodologie d'étude retenue	28
1.5 Structure du rapport de recherche	30
1.6 Etudes actuelles (sélection)	31
1.7 Définition des hypothèses de recherche	33
2 Etude du système VAE	35
2.1 Les usagers et les usages des VAE	35
2.1.1 Données disponibles sur l'utilisation des VAE	35
2.1.2 Statistiques de vente	36
2.1.3 Typologie des utilisateurs	37
2.1.4 Accidentologie	40
2.1.5 Synthèse des problèmes identifiés	43
2.2 Les véhicules et leur équipement	44
2.2.1 Synthèse des problèmes identifiés	46
2.3 Les infrastructures	47
2.3.1 Gabarits d'espace libre	47
2.3.2 Largeurs des aménagements cyclables	48
2.3.3 Vitesses de projet et rayons de courbure	49
2.3.4 Distances de visibilité et d'arrêt	50
2.3.5 Paramétrage des carrefours à feux	50
2.3.6 Synthèse des problèmes identifiés	51
2.4 Le cadre juridique	52
2.4.1 Réglementation actuelle relative aux VAE	52
2.4.2 Véhicule, conducteur et équipement	53
2.4.3 Règles de circulation générales	54
2.4.4 Différenciation vélo – cyclomoteur	54
2.4.5 Pistes cyclables	55
2.4.6 Surfaces partagées et surfaces mixtes vélos / piétons	56
2.4.7 Zones à modération de trafic	57
2.4.8 Synthèse des problèmes identifiés	57

3	Enquêtes de terrain	59
3.1	Identification des thèmes à analyser	59
3.2	Choix de la méthode et des villes d'enquête	61
3.3	Occurrence et nombre de cycles et de VAE	65
3.4	Typologie des utilisateurs et équipement	66
3.5	Vitesses observées	67
3.5.1	Résultats généraux	67
3.5.2	Vitesses moyennes instantanées au plat	68
3.5.3	Vitesses moyennes instantanées à la montée	69
3.5.4	Distribution des vitesses instantanées.....	70
3.6	Dépassements – analyse qualitative	71
3.7	Dépassements – analyse quantitative	72
3.7.1	Méthode employée pour le calcul des ratios de dépassement.....	72
3.7.2	Ratios de dépassements / heure / 100 m	73
3.7.3	Ratios de dépassement / 100 m / VAE ou vélo	74
3.7.4	Ratio de dépassements / heure / 100 m par type de vélo	75
3.8	Choix de l'aménagement	76
3.9	Conflits aux carrefours giratoires	78
4	Validité des hypothèses de recherche et problèmes posés	79
4.1	Validité des hypothèses de recherche.....	79
4.1.1	Hypothèse 1 : différences entre VAE45 et VAE25	81
4.1.2	Hypothèse 2 : points communs entre VAE45 et VAE25.....	83
4.1.3	Hypothèse 3 : VAE25 proche du vélo traditionnel	84
4.1.4	Hypothèse 4 : particularités du VAE45	85
4.1.5	Synthèse	87
4.2	Problèmes actuels identifiés et évolution attendue	88
5	Axes d'action et mesures proposées	91
5.1	Axe 1 – adaptations de l'infrastructure	91
5.2	Axe 2 – adaptations du cadre juridique	93
5.3	Axe 3 – communication.....	97
6	Conclusions de la recherche et suite à donner	99
	Annexes	101
	Glossaire.....	213
	Bibliographie	215
	Clôture du projet.....	219
	Index des rapports de recherche en matière de route.....	223
	Liste des publications SVI	225

Résumé

Problématique et objet de la recherche

Avec le développement rapide des vélos à assistance électrique (VAE), de nombreux conflits d'usage sont constatés dans l'espace routier, se traduisant notamment par un certain nombre d'accidents impliquant des VAE dont les raisons peuvent être multiples :

- l'essor des « VAE45 » (avec une assistance au pédalage jusqu'à 45 km/h), qui présentent des vitesses et capacités d'accélération nettement supérieures à celles des vélos traditionnels;
- le fait que les usagers des VAE sont souvent des nouveaux utilisateurs de cycles, parfois eux-mêmes « dépassés » par les performances de leurs véhicules;
- les autres usagers de l'espace public, automobilistes et piétons, ne sont en outre pas habitués aux VAE et anticipent mal les mouvements de ces derniers;
- les infrastructures dédiées aux cycles, qui prennent souvent peu en compte la présence potentielle de VAE, qui circulent plus vite et engendrent plus de dépassements que les vélos traditionnels;
- des situations de conflits non prévues par le législateur, notamment lorsque des VAE circulent sur des surfaces partagées ou sur des infrastructures cyclables pouvant être empruntées – parfois par inadvertance – par des piétons.

Par ailleurs, le cadre juridique actuel est très peu compréhensible pour la majorité des usagers et des planificateurs, notamment en ce qui concerne les règles s'appliquant au VAE45. Enfin, les deux types de VAE « lents » (VAE25, avec assistance au pédalage jusqu'à 25 km/h) et « rapides » (VAE45) posent des défis distincts, pour lesquels des réponses adaptées doivent être trouvées.

Le présent travail de recherche a donc cherché à identifier ces enjeux spécifiques, afin d'améliorer la prise en compte des VAE dans les projets de planification des transports et de permettre au planificateur de distinguer les exigences différentes liées aux deux types de VAE. Il s'agissait de mieux comprendre les problèmes posés par le développement de ce mode de transport et de proposer des pistes de solution touchant à des domaines aussi vastes que les infrastructures, le cadre juridique et le comportement des usagers. Pour cela, les différents éléments du « système VAE », à savoir les usagers, les véhicules et leur équipement, les infrastructures et enfin le cadre juridique ont été étudiés d'abord séparément, puis les interactions au sein de ce système ont fait l'objet d'observations et analyses plus détaillées.

Les principaux résultats de la recherche et enjeux identifiés

Usages et usagers du VAE

Les VAE25 et les VAE45 se distinguent nettement, tant en termes de types d'usagers (majoritairement hommes et actifs pour les VAE45, femmes et retraités pour les VAE25), de motifs d'utilisation (déplacements pendulaires pour les VAE45), de distances parcourues (nettement supérieures pour les VAE45) et de reports modaux (part plus importante des kilomètres effectués auparavant avec un mode motorisé pour les VAE45). Ainsi, les analyses et les pistes de solutions doivent distinguer les deux catégories de VAE, qui ne sont pas utilisés de la même manière, ne posent pas les mêmes problèmes et n'appellent par conséquent pas systématiquement le même type de réponses.

Accidentologie

Les VAE sont en grande partie utilisés par des usagers qui n'ont pas (ou plus) l'habitude de conduire un cycle. La dynamique des VAE peut parfois leur échapper, ce qui peut expliquer la plus grande proportion de perte de maîtrise observée dans les accidents de la route.

Les usagers de VAE impliqués dans des accidents subissent nettement plus souvent des dommages corporels graves que les usagers de cycles traditionnels. Ce phénomène s'explique cependant, au moins en partie, par le fait que la moyenne d'âge des usagers du VAE est plus élevée et qu'ils sont donc plus vulnérables.

Pour les collisions liées à un refus de priorité, c'est l'utilisateur antagoniste qui est responsable dans la majorité des cas (véhicule coupant la route au VAE). La proportion d'utilisateurs antagonistes fautifs n'est cependant que légèrement plus élevée que pour les vélos traditionnels, ce qui tend à démontrer que les vélos ne sont, de manière générale, que peu visibles et identifiables par les autres usagers de la route, et/ou que leur vitesse d'approche est généralement sous-estimée.

Infrastructures

De façon générale, les normes et recommandations en vigueur en Suisse ne tiennent pas compte de la présence de VAE dans le trafic. Cela concerne en particulier les points suivants :

- les gabarits d'espaces libres recommandés par la norme VSS ne tiennent pas compte des cycles plus larges (p.ex. avec remorques et/ou transports de personnes handicapées), dont la proportion pourrait augmenter avec les VAE;
- aucune surcharge n'est prévue pour les courbes, mais cela pourrait être corrigé avec les propositions de la recherche VSS récemment publiée (voir bibliographie [58]);
- la largeur des aménagements cyclables doit à l'avenir dépendre du nombre de cas potentiels de dépassements entre cyclistes. Les critères proposés par la recherche [58] pour estimer ces cas de dépassement tiennent compte du nombre de cycles et de la pente, mais n'intègrent en revanche pas la proportion de VAE, et notamment celle des VAE45;
- les vitesses de projet, rayons de courbure et distances de visibilité sont à adapter selon les recommandations de la recherche [58];
- dans les carrefours à feux, le paramètre relatif à la vitesse de démarrage des cycles (actuellement 5 m/s) doit être revu à la hausse pour intégrer les capacités d'accélération des VAE45.

Cadre juridique

Les VAE25 constituent une catégorie spéciale « cyclomoteurs légers », pour lesquels les règles des cyclistes sont applicables. Les exceptions à cette règle sont peu connues par les usagers (notamment interdiction d'utilisation pour les enfants et permis M nécessaire pour les 14-16 ans).

Au contraire des pays européens, dans lesquels les VAE45 sont considérés comme des motocycles légers, en Suisse, ils sont considérés comme des cyclomoteurs. Cet état de fait facilite clairement l'accession et le recours à un VAE45, ce qui se traduit par une utilisation beaucoup plus marquée. Dans les autres pays, le vélo électrique est d'abord et avant tout un VAE25.

Les VAE45 doivent se conformer à la réglementation relative aux cyclomoteurs. Cependant, la signalisation en vigueur, selon laquelle le VAE45 doit s'identifier au symbole du vélo lors d'obligations (par exemple piste cyclable) mais à celui du cyclomoteur lors d'interdictions ou de plaques complémentaires, est d'une part incohérente mais surtout absolument incompréhensible pour les usagers, voire pour les planificateurs. Dans la pratique, cela signifie que :

- la signalisation en place ne correspond souvent pas aux objectifs visés (par exemple, contresens cyclable interdit aux VAE45 si seule la plaque complémentaire « vélo autorisé » est apposée);
- par conséquent, les usagers des VAE45 ne respectent généralement pas les règles qui leur sont imposées (notamment arrêt du moteur dans les zones piétonnes ouvertes aux cycles).

L'obligation d'utilisation des pistes cyclables pose des difficultés, notamment si la largeur de la piste cyclable est insuffisamment dimensionnée, si les cycles sont nombreux, si la vitesse de projet retenue est insuffisante et/ou si l'aménagement est partagé avec les piétons.

Les accélérations rendues possibles par l'assistance électrique et les vitesses pouvant être atteintes peuvent poser des problèmes supplémentaires dans les espaces qui sont partagés avec les piétons. Notamment, il est fréquent que des espaces partagés avec les piétons soient proposés à la montée, en supposant que la vitesse des vélos sera faible. Cette prémisse n'est cependant plus valable avec les VAE.

Ne disposant pas de signes distinctifs (à l'exception de la plaque jaune pour les VAE45, non visible depuis l'avant) les VAE ne sont pas perceptibles en tant que tels par les autres usagers de la route, ce qui explique probablement le manque de respect de la priorité accordée aux VAE dans les carrefours giratoires et non régulés.

L'absence de possibilité de contrôler la vitesse pose problème surtout pour les VAE45, notamment dans les zones à vitesse modérée (zones 30 et zones de rencontre).

Enfin, l'obligation de rouler à droite, valable pour tous les cycles, est d'autant plus difficile à respecter que la vitesse est élevée (zone « tampon » avec le bord de la chaussée).

Relevés de terrain : occurrence et nombre de VAE dans la circulation

Les enquêtes de terrain ont été réalisées à Genève au mois de septembre et à Berne au mois de novembre 2015. Au total, près de 850 VAE ont été observés sur l'un des 8 postes d'enquête, durant les 4 jours de relevés organisés.

Le nombre de VAE enquêtés est un peu plus important à Genève (env. 500, soit 33 par heure d'enquête) qu'à Berne (env. 350, soit 28 par heure d'enquête).

La répartition entre les types de vélos est très différente entre les deux villes. Ainsi, la part globale de VAE atteint 18% à Genève contre seulement 11% à Berne (pour rappel, 18% des vélos vendus en 2014 étaient des VAE). En revanche, la proportion de VAE25 est écrasante à Genève (80% des VAE), alors que la répartition VAE25/VAE45 est quasiment équilibrée à Berne.

Relevés de terrain : vitesses pratiquées

Les vitesses moyennes des VAE45 sont comprises entre 26 et 35 km/h dans tous les cas, indépendamment de la pente. Des vitesses très rapides ne sont donc jamais atteintes. Il est cependant à noter que les relevés ont été réalisés en milieu urbain.

Les vitesses moyennes des VAE25, comprises entre 20 et 27 km/h, sont peu sensibles à la pente. Elles sont très proches de celles des vélos au plat et légèrement supérieures (+4 à 6 km/h) à la montée.

Les vitesses moyennes des vélos varient fortement avec la pente : de 12-13 km/h en forte montée à 25-27 km/h au plat ou à la descente.

Ainsi, au plat et en descente, les vitesses des VAE25 sont proches des vitesses des vélos, alors que les VAE45 roulent entre 6 et 8 km/h plus vite en moyenne. A la montée, les différences entre VAE25 et vélos sont plus marquées.

Relevés de terrain : dépassements

Les différentiels de vitesses moyennes entre le VAE effectuant le dépassement et le vélo/VAE dépassé sont souvent importants, de l'ordre de 6 à 12 km/h.

Dans 25 à 50% des cas observés, et suivant le poste, le dépassement ne peut s'effectuer ou est réalisé dans des conditions difficiles (espace insuffisant entre véhicules, rail de tram à franchir, ...).

Les ratios de dépassement par heure et par 100m de tronçon homogène ont également été calculés pour les différents types de vélos (vélo traditionnel, VAE25 et VAE45). Dans tous les cas, les VAE45 génèrent un nombre important de dépassements. Pour les VAE25, le tableau est plus contrasté : au plat, les VAE25 ne génèrent guère plus de dépassements que les vélos traditionnels. A la montée par contre, le ratio est nettement plus élevé. Ainsi, la part des VAE, et notamment la part des VAE45, doit intervenir dans la détermination des largeurs des surfaces dédiées aux cycles, afin de permettre les dépassements entre cycles en toute sécurité.

Relevés de terrain : choix de l'aménagement

Lorsque les cycles ont le choix entre deux aménagements (p.ex. bande cyclable ou trottoir ouvert aux cycles), on constate que les VAE45 privilégient de manière systématique l'aménagement rapide, ce d'autant plus si celui-ci est sûr et attractif (présence d'une bande cyclable de largeur suffisante sur la voie de circulation p.ex.). Ainsi, une interdiction des VAE45 sur les aménagements partagés pourrait être compatible avec l'intérêt des VAE45, dans la mesure où une alternative crédible existe.

Les principales conclusions de la recherche

Validité des hypothèses de recherche

La plupart des hypothèses et sous-hypothèses de recherche ont été confirmées, en particulier :

- les différences d'utilisation entre VAE45 et VAE25 sont très bien mises en évidence, en termes d'usagers-types, de degré d'utilisation, de vitesses, de comportement, etc.;
- les VAE45 et VAE25 présentent effectivement des besoins similaires, notamment en termes de stationnement;
- les problèmes liés aux VAE25 se présentent plutôt dans des situations particulières : à la montée, en cohabitation avec les piétons, lorsqu'ils sont utilisés par des personnes âgées;
- les problèmes liés aux VAE45 sont nombreux et présents dans un nombre important de situation : cadre juridique peu clair, réglementation sur l'équipement des véhicules à adapter (contrôle de la vitesse), normes relatives aux infrastructures cyclables et règles de cohabitation avec les piétons à revoir.

Quelques nuances ont cependant été mises en évidence par rapport aux hypothèses de base :

- les enquêtes de terrain n'ont pas permis de mettre en évidence un manque de refus de priorité supérieur envers les VAE qu'envers les cycles traditionnels;
- les besoins spécifiques en formation routière sont plus liés à la condition des conducteurs (p.ex. personne âgée ou inexpérimentée) qu'au type de vélo utilisé;
- les échantillons des enquêtes ne sont pas suffisants pour démontrer un transport accru de charges lourdes par les VAE;
- une adaptation de la réglementation des véhicules est nécessaire, mais la catégorisation des VAE45 en tant que cyclomoteurs est adéquate;
- des règles très contraignantes en termes d'autorisation de conduire (permis spécifique) auraient un fort impact négatif sur le développement de ce mode de transport.

Principaux enseignements

Le plus grand potentiel du développement des VAE concerne clairement les déplacements pendulaires d'une distance comprise entre 5 et 15 km. C'est aussi là que son impact sur le système de transport sera le plus important, puisqu'un transfert d'un petit nombre de ces déplacements de la voiture vers le vélo permet déjà une utilisation plus rationnelle des infrastructures. Le développement du VAE, en permettant un report modal depuis le trafic motorisé aux heures de pointe, contribue donc clairement à soulager des infrastructures aujourd'hui surchargées et doit en ce sens être favorisé.

L'augmentation du nombre de VAE, mais aussi du nombre de cycles en général, nécessite de prévoir des aménagements cyclables plus généreux. Ce n'est qu'à ce prix que la tendance observée ces dernières années pourra continuer et que les conditions de sécurité seront améliorées. Il s'agit notamment, sur les axes fortement fréquentés par les cycles/VAE, de permettre les dépassements en toute sécurité, sans nécessité d'empiéter sur la surface réservée au trafic motorisé.

La mise en place d'infrastructures appropriées nécessite une quantification des flux de VAE, qui est aujourd'hui quasiment inexistante et qui doit être développée, tant à l'échelle nationale que locale.

Le cadre juridique existant pose de nombreux problèmes d'application et n'est compréhensible ni pour les utilisateurs ni pour les planificateurs, en particulier concernant les règles relatives aux VAE45. Une clarification de ce système juridique est indispensable, notamment concernant les points suivants :

- actualisation de la catégorie « cyclomoteurs » auxquels sont rattachés les VAE45;
- révision de l'obligation d'utilisation des pistes cyclables;
- réflexion concernant les règles de cohabitation avec les piétons;
- mesures complémentaires pour les VAE45 (contrôle de la vitesse, éclairage, ...).

Le cadre juridique révisé doit être plus lisible et améliorer la sécurité des usagers tout en conservant les avantages accordés à ce jour aux VAE25 et VAE45, qui permettent la promotion de ces modes de transport alternatifs à la voiture.

En outre, le cadre juridique existant doit être mieux communiqué auprès des planificateurs et des usagers.

Partant du constat que les accidents les plus fréquents liés aux VAE sont liés à des pertes de maîtrise et à une sous-estimation des vitesses de circulation des usagers, les mesures de formation, de sensibilisation et de communication doivent être renforcées, aussi bien auprès des usagers des VAE que des autres usagers de la route.

Besoin supplémentaire en matière de recherche

Il faut également relever que de nombreuses zones d'ombre subsistent suite à cette recherche et que le besoin d'analyses complémentaires est avéré :

- les conclusions de ce mandat, basées sur l'analyse de quelques points de conflits, devraient être étayées par des enquêtes complémentaires (voir exemples de points d'analyse complémentaires possibles dans le rapport);
- d'autres méthodes d'analyse doivent être recherchées pour les questions n'ayant pu trouver de réponse, notamment la question du respect des priorités dans les carrefours giratoires : à ce titre, la problématique des VAE devrait être intégrée à la recherche de l'OFROU sur la sécurité des carrefours giratoires;
- enfin, et de manière plus générale, il est indispensable au vu de leur développement que les VAE soient intégrés de manière systématique dans les recherches et réflexions relatives aux aménagements routiers.