

**CONCOURS INTERNE D'ADMISSION AU GRADE D'ELEVE INGENIEUR DES TRAVAUX
GEOGRAPHIQUES ET CARTOGRAPHIQUES DE L'ETAT**

SESSION 2020

EPREUVE DE COMPOSITION FRANCAISE

DUREE : 3 heures

AUCUN DOCUMENT N'EST AUTORISE

→ Employer exclusivement de l'encre noire

→ Numérotter les feuillets

Sujet :

Dans son ouvrage *C'était mieux avant*, Michel Serres écrit :
« Prenons l'exemple de l'homme en général et comme être vivant. A force de se battre contre toutes les espèces, de les exploiter, de les chasser, de les parasiter, de les détruire, supposons qu'il arrive au terme fatal où elles disparaîtraient. Le plus fort, le plus grand, le plus puissant, le vainqueur de la lutte pour la vie a gagné. Le voici donc seul sur la Terre, sans vache, sans arbre, sans blé ».

A la lumière de cette citation, vous direz si vous pensez que l'homme est effectivement un être vivant tout puissant responsable de la destruction des autres espèces et du monde dans lequel il vit, ou si, au contraire, il est celui qui possède la volonté de préserver l'environnement dans lequel il vit.

Votre devoir sera organisé et argumenté. Il respectera les règles de la syntaxe et de l'orthographe.

**CONCOURS INTERNE D'ADMISSION AU GRADE D'ELEVE INGENIEUR DES TRAVAUX
GEOGRAPHIQUES ET CARTOGRAPHIQUES DE L'ETAT**

SESSION 2020

✕-✕-✕-✕

**EPREUVE DE LANGUE
VERSION D'ANGLAIS**

DUREE : 1 heure

AUCUN DOCUMENT N'EST AUTORISE

- Employer exclusivement de l'encre noire
- Numérotter les feuillets

CONSIGNE :

Traduire le texte, titre inclus

Keep fish in the sea - and off our plates



During April, people across the world celebrated the Christian holiday of Easter. For many, this involves days of fasting or moderation as part of tradition or religious observance. In the UK and many other countries, this takes the form of abstention from red meat on Good Friday.

This has parallels with a more modern idea. While vegans see abstention from animal products as an empowering demonstration of compassion for fellow beings, many still view this as an act of

penance, something they may begrudgingly have to accept in the face of the environmental devastation caused by the meat industry.

But where Christians traditionally reached for fish as an alternative to animal flesh, we should not be tempted to do the same in response to the environmental crisis.

Shifting the problem

Red meat has come in for the harshest criticism in recent years, primarily due to the greenhouse gas emissions associated with farming cows.

But the huge environmental footprint of chicken and pig farming is now well understood. These lead to air and water pollution and create demand for soya beans as animal feed, a key driver of destruction of the Amazon rainforest.

Concern over emissions from red meat may have contributed to the increase in chicken consumption across Europe. This highlights the danger of vilifying a single product in the eyes of the consumer based on a single environmental metric.

We need a more holistic assessment of the impacts of our food sources, and such an assessment shows that switching diets towards fish as a 'lower emissions' option would be equally catastrophic.

[...]

Reducing demand

While many environmental organisations are campaigning for changes in fishing practices and greater regulation to mitigate the harm of the fishing and aquaculture industries, these alone are unlikely to prevent the collapse of marine systems.

In addition to the mass extinction of species, such a collapse could have knock-on effects for other global ecosystems and the climate.

While some communities rely on fish for basic subsistence, for most people in most countries, consuming fish is not essential for a healthy diet and the nutrients they contain can be obtained from much more sustainable plant-based sources.

So, one thing we can do to help save our seas is to reduce the demand for fish – keeping them in the sea and off our plates.

Tim Thorpe | *The Ecologist* | 17th April 2020

Conception et déploiement européen d'un service 3D

Durée : 5h

Aucun document autorisé

Annexe : extrait des spécifications BD ORTHO [pages 1-9]

Barème : questions 1 à 3 sur 3 points, questions 8 à 10 sur 4 points,
questions 4 à 7 sur 4 points, questions 11 à 20 sur 9 points.

Première partie : Mise en place d'un service 3D pour la constitution de la Représentation Parcelleire Cadastre Unique

Deux représentations distinctes du parcellaire cadastral coexistent sur le territoire national : le Plan Cadastral Informatisé (PCI) de la DGFIP et la Base de Donnée Parcelleire de l'IGN. La coexistence de ces deux représentations peut être source de confusion et de difficultés pour les différents utilisateurs. La DGFIP, l'IGN et son ministère de tutelle ont donc décidé conjointement de constituer une Représentation Parcelleire Cadastre Unique pour se substituer à ces deux représentations. Pour ce faire, on a conçu un processus de recalage des feuilles cadastrales sur la BD ORTHO (voir extrait des spécifications en annexe), qui repose sur le recalage des feuilles parcellaires via des points d'appui (points d'amer).

Les points d'amer sont toujours des angles de parcelle du PCI. Ils sont sélectionnés de préférence dans un ordre de qualité décroissant :

- Détail au sol
- Angle de mur
- Angle de clôture
- Angle de haie
- Limite de culture
- Bâtiment (dans certaines conditions)

Les recommandations sont de pointer au sol.

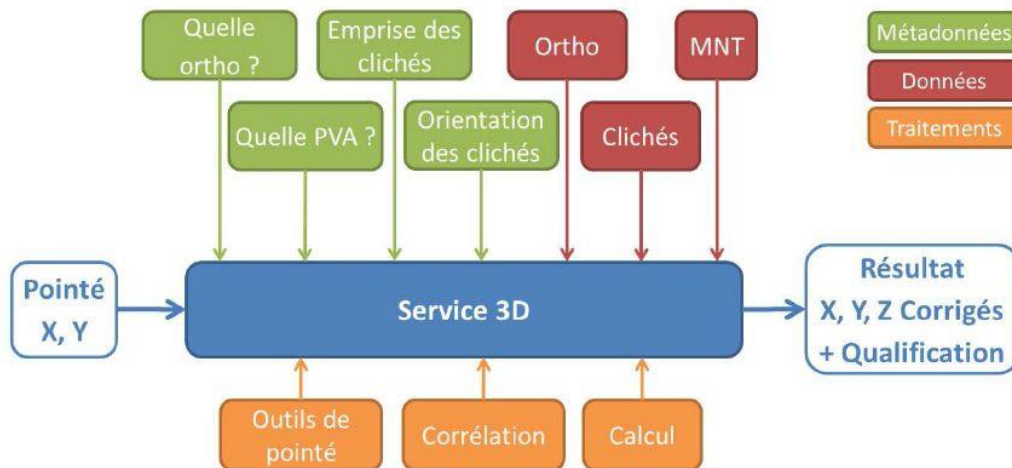
- Par quelle transformation mathématique peut-on recaler une feuille cadastrale sur la BD ORTHO ?
- Combien de points faut-il mesurer pour déterminer de façon fiable cette transformation ?
- Pour mémoire, l'orthophotographie est le résultat d'un procédé qui consiste à passer d'une photographie aérienne, résultat d'une projection centrale qui engendre des déformations, à une image géoréférencée sans déformation perceptible et superposable à une carte. Expliquez le principe de production d'une orthoimage et d'une mosaïque d'orthoimages en vous aidant d'un schéma. On suppose qu'on dispose d'un MNT et d'images aériennes se recouvrant, équipées de leurs éléments d'orientation :

Référentiel Image	Référentiel photogrammétrique	Référentiel terrain
La focale exprimée en pixel.	L'orientation dans l'espace.	Le système de projection cartographique.
PPA Point principal d'autocollimation exprimé en colonne, ligne en pixel.	Le sommet de la prise de vues	Système d'altitude

- Quelle est la précision terrain d'un point saisi sur l'orthoimage, et de quoi dépend-elle (faire un schéma) ?
- Que vaut l'erreur planimétrique d'un détail saisi sur une ortho en cas d'erreur sur le MNT ayant servi à l'orthorectification ? (faites un schéma pour appuyer vos notations)

6. Quels sont les détails en hauteur dans la liste ci-dessus des amers utilisés pour recaler les feuilles cadastrales ?
7. Que vaut l'erreur planimétrique d'un détail en hauteur saisi sur une orthoimage ?

Pour s'affranchir des imprécisions de pointés dans l'orthoimage, vous êtes chargé d'étudier la faisabilité d'un service permettant d'effectuer les pointés sur l'orthophotographie et d'obtenir des coordonnées en utilisant directement la source première de l'information : les clichés. En d'autres termes, à partir d'un pointé X,Y sur l'orthoimage, le service renvoie un X,Y de meilleure qualité, calculé par photogrammétrie, à partir des clichés de la prise de vues aérienne. Le schéma ci-dessous indique les données nécessaires pour faire fonctionner ce service.



8. En vous aidant du schéma ci-dessus, veuillez décrire complètement le logigramme permettant, à partir d'un détail caractéristique pointé sur l'orthoimage, d'aboutir de façon automatique et en quasi temps réel à ses coordonnées 3D qualifiées.
 - Vous préciserez, si vous choisissez de mettre en œuvre des algorithmes d'appariement d'images comme la corrélation :
 - i. les principes de base mis en œuvre,
 - ii. les contextes défavorables à leur mise en œuvre,
 - iii. une façon d'accéder à une précision subpixelaire.
 - Vous préciserez notamment comment qualifier les coordonnées 3D obtenues (quel algorithme, quel critère, en quelle unité, quel seuil...)
 - Chaque élément du logigramme devra être justifié et détaillé à un niveau permettant une implémentation informatique.

9. En vous aidant de l'image ci-dessous montrant une orthoimage et les images en recouvrement sur une zone de bâti, vous proposerez également un mode de saisie interactif, qui servira dans les cas où le mode automatique est en échec. Vous rappellerez les cas où le mode automatique est défaillant.



10. Proposez en le justifiant deux autres cas d'usage pour ce service 3D.

Deuxième partie : utilisation du service 3D dans un projet européen

Votre service 3D est intégré dans un projet européen financé par le programme de recherche et d'innovation européen H2020, intégrant des partenaires belges, allemands, italiens et espagnols.

11. Dans le cadre de ce projet H2020, il faut connaître précisément les systèmes de référence des différents pays et pouvoir se rapporter à la directive INSPIRE de l'Union européenne. Quel système de référence préconise la directive INSPIRE ?
12. Quel est le rapport entre le système français RGF93 et le système de référence préconisé par la directive INSPIRE ?
13. Comment fait-on numériquement pour passer de l'un à l'autre ? Justifiez votre réponse.

Il faut aussi harmoniser les projections utilisées par les pays du consortium.

14. Quelles projections préconisent la directive INSPIRE ? Justifiez votre réponse.
15. Peut-on si l'on est proche d'une frontière utiliser les projections françaises sur un pays limitrophe ? Laquelle et dans quelle mesure ? Justifiez votre réponse.

Un des livrables du projet européen est un POC (preuve de concept) qui consistera à déployer le service 3D sur tablettes. Ces tablettes seront confiées aux postiers d'une région espagnole de 100 x 100 km à qui on demandera de pointer précisément l'entrée des résidences qu'ils visitent dans leur tournée, ceci afin de mettre à jour une base précise de données d'adresses. Un contrôle terrain est prévu pour qualifier le livrable. Pour faciliter la mise en œuvre de ce contrôle, on choisira une projection locale adaptée aux caractéristiques de la zone.

16. Expliquez les différences entre les projections équivalentes et les projections conformes.
17. Choisissez, en vous justifiant, la famille de projection la plus adaptée à la situation.
18. La projection officielle espagnole est la projection transverse universelle de Mercator (UTM). L'institut géographique national espagnol demande à récupérer les données du contrôle terrain dans la projection officielle. Expliquez comment passer de la projection locale à la projection officielle (schéma demandé).
19. Le contrôle pour être efficace sera uniquement réalisé par GNSS. La précision demandée est de 10 cm sur la composante planimétrie. Quels types de récepteurs GNSS et quelle méthodologie préconisez-vous en privilégiant la simplicité de mise en œuvre ?
20. Que donne le GNSS sur la composante verticale ? comment se rapporte-t-on à des altitudes ?

SESSION 2020

EPREUVE PROFESSIONNELLE A CARACTERE TECHNIQUE

DOMAINE : EXPLOITATION DES BASES DE DONNEES GEOGRAPHIQUES

Durée : 5 heures

Cartographie Haute Définition pour les Véhicules autonomes

Contexte

Stratégie nationale pour le véhicule autonome

La Stratégie nationale pour le développement du véhicule automatisé vise à définir les orientations communes aux acteurs publics et privés concernés par les facettes multiples de ce sujet, et s'appuie notamment sur une consultation des différentes parties prenantes. La cartographie numérique de précision (aussi appelée cartographie HD dynamique), est identifiée comme un des enjeux stratégiques en lien avec la connectivité du véhicule.

Le véhicule automatisé possède schématiquement trois sources d'information lui permettant à la fois de se repérer, d'interagir voire de communiquer avec son environnement :

- Les capteurs : multiples dans leur nombre et leurs caractéristiques, ils sont les yeux du véhicule, lui permettant de détecter son environnement. Les capteurs sont aujourd'hui la principale source d'information des véhicules automatisés. Les technologies des capteurs connaissent en revanche des limites de portée (de l'ordre de la centaine de mètres), mais également de détection (par exemple détection d'un panneau caché derrière un convoi de poids lourds).
- La connectivité : qu'elle soit entre véhicules (V2V) ou entre infrastructure et véhicule (I2V), elle permet au véhicule d'interagir avec l'environnement dans une logique d'information et d'optimisation de la conduite.
- La cartographie : intégrée dans le véhicule et/ou téléchargée en cours de trajectoire, la cartographie peut intervenir comme support majeur de la conduite automatisée en complément des capteurs et de la connectivité. Elle semble pouvoir se décliner en deux types, pouvant être assimilés à deux couches d'informations distinctes :
 - ✓ une Cartographie Spatiale Haute Définition pouvant contenir des informations précises sur la géométrie de la route (longitudinales et latérales), sur la

signalisation routière, ou encore des amers visuels géolocalisés très précisément permettant au véhicule de se localiser par rapport à ces points de repère.

- ✓ une Cartographie Dynamique Temporelle pouvant contenir des informations évolutives de trafic, de conditions météorologiques, la signalisation d'accidents ou de travaux, la présence de piétons d'animaux.

La stratégie nationale sur le véhicule automatisé propose les principales orientations suivantes :

- identifier les situations ou évènements les plus critiques rencontrés par le véhicule automatisé dans lesquels la connectivité (V2V ou I2V) et/ou la cartographie de précision pourraient améliorer la perception élargie du véhicule [...] ;
- identifier les besoins fonctionnels de cette cartographie, tels que la définition d'amers ou points de repère prioritaires pour améliorer la reconstitution de l'environnement du véhicule, et son positionnement relatif.

La cartographie numérique de précision présente, en lien avec la connectivité du véhicule, des potentialités importantes pour élargir et affiner l'horizon de perception du véhicule. Ceci peut être utile à plusieurs titres :

- compléter les informations collectées par les capteurs, voire prendre le relais de ceux-ci dans certains cas : dysfonctionnement des capteurs (masque lié aux intempéries par exemple), capteurs en dehors de leur domaine de pertinence (marquage effacé par exemple), ou encore redondance de la cartographie par rapport aux capteurs en vue d'améliorer la robustesse du dispositif et donc la sûreté de fonctionnement,
- permettre une meilleure anticipation par les véhicules de certains évènements (exemple : zone de travaux).

Cependant, la cartographie numérique de précision est confrontée à des limites technologiques (Précision, temps de latence, sécurité, etc), ou sécuritaires (propriété, origine et certification des données, intrusions, etc). Les constructeurs doivent trouver le bon niveau de curseur dans la balance capteurs/cartographie dans la conception des véhicules : de nombreux capteurs peuvent permettre de se passer d'une cartographie de précision, et réciproquement. Ceci est particulièrement vrai pour la collecte d'information où l'équilibre entre capteurs et cartographie dépend du système d'automatisation retenu, tandis qu'il est prouvé que la cartographie dépasse les possibilités offertes par les capteurs en ce qui concerne l'amélioration de l'anticipation du véhicule.

Principales caractéristiques pour la cartographie HD :

Une haute précision de la localisation :

Le premier enjeu auquel doit répondre la cartographie dynamique est celui de la précision de la localisation du véhicule. Les meilleurs systèmes de localisation par GPS permettent aujourd'hui une localisation de l'ordre du mètre à la dizaine de mètres, alors qu'une localisation de l'ordre du décimètre voire centimètre est requise dans le cas d'une conduite automatisée. Pour atteindre ce niveau de précision, la cartographie HD doit permettre au véhicule de se repérer non seulement de manière absolue à l'aide de la localisation par satellite, mais aussi relativement à l'environnement

immédiat du véhicule, notamment à l'aide d'unités de mesures inertielles, ou via certains repères fixés sur les infrastructures que l'on définira comme amers.

Un haut niveau de détail de l'environnement :

Le second enjeu concerne la reconnaissance et la réaction du véhicule face aux perturbations de son environnement. Les capteurs qui équipent les véhicules et les guident dans leur environnement n'ont qu'une portée maximale de 100 à 200 mètres vers l'avant du véhicule, ce qui fait du véhicule automatisé un véhicule « myope ». Bien que l'on puisse attendre une amélioration de la portée des capteurs, l'anticipation des manœuvres en toute sécurité requiert un « champ de vision » élargi et plus profond que pourrait permettre la cartographie HD.

La modélisation d'une voie nécessite non seulement une connaissance de la géométrie de la voie avec ses limites, mais aussi des attributs riches telles que le type de voie, la signalisation verticale et horizontale, ainsi que la limitation de vitesse en vigueur. Dans bien des situations, les capteurs seuls ne semblent pas capables d'apporter le niveau d'information nécessaire.

L'enjeu est donc de compléter les informations des capteurs pour que les véhicules puissent anticiper les obstacles et avoir la meilleure connaissance possible des conditions de circulation sur la route. La carte est alors envisagée comme un cadre pour les données des capteurs. Les capteurs détectent l'environnement « immédiat » du véhicule, la carte permet quant à elle d'avoir connaissance de ce qui arrive en amont de l'itinéraire emprunté. Ces connaissances peuvent être relatives à la nature de l'infrastructure telle qu'elle a été cartographiée, que l'on pourrait qualifier de statique (tracé en plan, profil en long, etc.), mais également des connaissances à caractère dynamique, relatives à des obstacles, accidents ou autres perturbations en cours ou à venir étant donnée la situation. Pour ces dernières, la question de la pertinence de la cartographie par rapport à la connectivité se pose.

Dans certains cas de défaillance des capteurs (marquages au sol effacés, conditions météorologiques perturbatrices, convoi de camions bloquant la vue d'une signalisation verticale,...) la cartographie semble pertinente pour prendre le relais et devenir la source d'information prioritaire.

Ici nous allons nous intéresser aux besoins liés au déplacement du véhicule sur la chaussée et ses équipements statiques : positionnement latéral et longitudinal, connaissance de la géométrie de l'infrastructure (tracé en plan, profil en long, profil en travers) pour éviter toute perte de contrôle (couple géométrie routière/vitesse).

Spécifications de la cartographie HD :

La cartographie HD est une base de données mise à disposition dans les véhicules et qui comprend les caractéristiques suivantes :

Les objets à acquérir

Cette liste est non exhaustive mais permet d'avoir un premier objectif à atteindre. :

- Géométrie de la route :
 - o Tracé ou axe en plan : précision submétrique. Intersection, bretelle

- Profil en long. précision moins forte
- Profil en travers.
- Voies de circulation (insertion, bandes d'arrêt d'urgence, sorties d'autoroute, limites de la chaussée, carrefour et sens giratoire, ...)
- Amers :
 - unité de bord de route (systèmes implantés en bord de route, permettant de communiquer des informations tant à destination des usagers et de certains véhicules, que des gestionnaires d'infrastructures),
 - éléments remarquables de l'infrastructure ou décor
- Informations liées au trafic et à sa gestion
 - Limitation de vitesse
 - Panneau à Messages Variables
 - Gares de péage
 - Interdiction de dépassement
- Information liées aux conditions de circulation
- Information relatives aux espaces de stationnement
 - Localisation, disponibilité, caractéristiques
- Réglementation et signalisation routière
 - Typologie : danger, priorité (intersections et priorité), prescription (obligation et interdiction), indication)
 - Précision : submétrique (« de l'ordre de la largeur d'une ligne blanche »), métrique (stop, annonce de croisement, ...), zonage (zone limite de vitesse, agglomération, ...)
 - Panneaux (tous)
 - Bornes kilométriques et plaquettes de repérage
 - Plaque de rue
 - Symbole d'indication d'itinéraire
 - Feux
 - Lignes (longitudinales, transversales, ...)
 - Marquage complémentaire
 - Barrières et glissières
- Ouvrage d'art (ponts et tunnels)

Les précisions annoncées :

Aujourd'hui elles ne sont pas complètement arrêtées: métrique, submétrique, de l'ordre de 10 cm. Les précisions sont différentes suivant les objets

La mission de la DGITM

La direction générale des infrastructures, des transports et de la mer (DGITM) prépare et met en œuvre la politique nationale des transports terrestres et maritimes. La DGITM s'inscrit dans la dynamique du développement durable et de la transition énergétique favorisant les modes et les usages les plus respectueux de l'environnement, dans leurs domaines de pertinence.

Parmi ses missions, la DGITM doit assurer la planification intermodale des infrastructures de transport, en prenant pleinement en compte tous leurs effets directs et indirects sur

l'environnement, l'économie, les territoires et la recherche d'une plus grande complémentarité, pour une mobilité durable, innovante au service de tous les usagers des transports.

A ce titre la DGITM entend réguler l'usage des véhicules autonomes et garder une maîtrise des cartographies HD produites et mises à disposition dans les véhicules.

Question 1 : modélisation (5 points)

En utilisant le formalisme de votre choix (UML, HBDS, ou autre), proposez un schéma des données géographiques nécessaires à l'application exposée ci-dessus.

Vous indiquerez les principales classes d'objets et relations qui existent entre elles ainsi que leur cardinalité, les principaux attributs et la nature géométrique des objets (ponctuelle, linéaire ou surfacique) et a dimension des objets (2D/ 3D). Vous préciserez si besoin les hypothèses que vous prenez sur la structure des données.

Question 2 : production (6 points)

Développez une argumentation avantages/inconvénients de chaque démarche ou chaque proposition

- a) Quels sont les modes d'acquisition qui vous semblent les plus pertinents par type d'objet que doit contenir la cartographie?
- b) Est-il nécessaire de faire une acquisition complète ou peut-on exploiter des données déjà produites? Développez une argumentation avantages/inconvénients de chaque démarche.
- c) comment assurer la précision demandée? Comment assurer un contrôle pertinent ?
- d) comment assurer une mise à jour des informations et une mise à disposition de la cartographie en adéquation avec le besoin de sécurité requis ?

Question 3 : exploitation (4 points)

En vous appuyant sur la structure des données proposée à la question 1, veuillez détailler les requêtes permettant de répondre aux questions suivantes (les requêtes pourront être décrites soit littéralement soit à l'aide d'un langage de requête de votre choix, à votre convenance) :

- a) Combien de feux sont présents dans le département de Haute-Savoie ?
- b) Quelle est la Région de France contenant le plus grand nombre de gares de péage ?
- c) Un véhicule parcourt l'autoroute A4 entre le pont de Nogent Sur Marne et l'entrée sur Paris. Quelle longueur de tunnel va-t-il traverser ?
- d) Le conseil départemental du Vaucluse s'inquiète du déplacement des camions de pompiers et de leur capacité à faire demi-tour dans certaines voies. Quel kilométrage de voies est disponible dans la commune d'Avignon pour qu'un camion puisse réaliser un demi-tour (ie pas de barrière, glissières ou terreplein central en milieu de chaussée, pas de sens unique) ?

Question 4 : diffusion (3 points)

Cette donnée doit être utilisée par de multiples acteurs, publics et privés, dans le cadre de déplacement de véhicules autonomes.....

Quels vecteurs de communication et quels supports vous semblent opportuns à mettre en œuvre pour porter ces informations à connaissance ?

Veillez proposer des solutions techniques permettant de répondre à ce besoin. Vous détaillerez notamment les moyens matériels et humains à mettre en œuvre.

De plus, afin de permettre à l'état français d'exercer son contrôle et de maîtriser l'homologation des véhicules et la qualité des informations qu'ils intègrent, il faudrait que cette base de données soit partagée, jugée incontestable et souveraine. Quelles actions envisagez-vous afin de faciliter cela ?

Question 5 : Perspectives (2 points)

Le véhicule autonome est envisagé en premier lieu sous forme de navette et circulant notamment sur les axes autoroutiers. Le constat est donc, que dans un premier temps, le véhicule autonome ne se suffira pas pour permettre entièrement le déplacement des usagers (style domicile – travail ou domicile – loisirs).

Il devra donc être complété par d'autres moyens. Quels sont d'après vous les moyens de transport nécessaires pour assurer le trajet complet et quelles sont d'après vous les données utiles pour faciliter ce transport intermodal qui pourraient venir compléter la base de données « cartographie HD » ?

Ces données sont-elles faciles à obtenir, à mettre à jour ?