Examen final du cours de circulation CIV4740

Nicolas Saunier
nicolas.saunier@polymtl.ca

21 avril 2012

Notez le barème et le temps indicatif à consacrer à chaque exercice. Veuillez indiquer clairement les numéros des questions que vous traitez et vos réponses correspondantes (et souligner ou encadrer les résultats numériques). Apportez une attention particulière à la rédaction et à la définition des notations que vous employez.

Question 1 60 min (/9)

Décrivez brièvement

1. les fonctions principales des routes et leur relation.
2. pourquoi il faut prendre en compte les différents types de véhicules dans la circulation.
3. comment la fonction du nombre cumulé de véhicules $N(x,t)$ passés en un point x à un instant t évolue en fonction du temps et de l'espace.
4. une relation entre une variable macroscopique et une variable microscopique de la circulation.
5. le lien entre la loi de Poisson décrivant l'arrivée aléatoire des véhicules et la distribution des temps inter-véhiculaires.
6. les deux types de modèles microscopiques nécessaires pour simuler la circulation à une échelle microscopique.
7. une limite des logiciels de simulation de la circulation.
8. le principe sur lequel le calcul de la vitesse d'une onde de choc repose.
9. comment déterminer la taille nécessaire à un nouveau parc de stationnement.
10. les mesures sous-jacentes au niveau de service pour deux types d'aménagement routier.
11. un avantage du marquage au sol par rapport aux autres type de signalisation.
12. comment les piétons sont pris en compte dans les carrefours à feux.

Solution

1. Les fonctions principales des routes sont d'assurer la mobilité des usagers et leur accès au propriétés adjacentes aux routes: ces deux fonctions évoluent en sens opposé (lorsque la mobilité augmente, l'accès diminue)
2. caractéristiques spatiale et dynamique différente: par exemple les camions sont plus gros et accélèrent plus lentement que les véhicules particuliers
3. $N(x, t)$ croît en fonction du temps, diminue en fonction de l'espace
4. Le débit est l'inverse du temps inter-véhiculaire moyen
5. Si les instants d'arrivée des véhicules suit une loi de Poisson, leurs temps inter-véhiculaires suit une loi exponentielle négative (soit X le nombre de véhicule arrivant dans un intervalle de temps de longueur t: si X suit une loi de Poisson de moyenne m, $P(X = n) = m^n e^{-m}/n!$, et la distribution du temps intervéhiculaire h est tel que $P(h > t) = P(X = 0) = e^{-m}$ avec $m = \lambda t$).
6. loi de poursuite et loi de changement de voie
7. calibration et validation à partir de données réelles, boîtes noires, replicabilité
8. la conservation du nombre de véhicules
9. utiliser les formules du guide de génération des stationnements de l'ITE
10. densité pour les autoroutes, retard moyen par véhicule pour les carrefours
11. ne pas avoir à détourner les yeux pour percevoir les informations
12. vérifier qu'ils ont le temps de traverser pendant la phase qui leur permet

Question 2 45 min (/7)

Une approche d'un carrefour à feux fonctionne exactement au niveau de saturation (c'est à dire que le degré de saturation est égal à 1). Les arrivées sur cette approche se font avec un débit de 620 véh/h, le vert (effectif) est de 46 s et le cycle dure 80 s. Les arrivées et les départs sont uniformes.

1. Quelle est la longueur maximale de la file d'attente et à quel moment se produit-elle ?
2. Quel est le retard uniforme total par cycle?
3. Quel est le retard uniforme moyen par véhicule ?
4. En tenant compte de l'arrivée aléatoire des véhicules, décrivez ce qui se passera sur cette approche.
5. Pour un dégré de saturation de 0.9, calculez le niveau de service de l'approche.

Solution

1. La longueur maximale de la file d'attente sera atteinte lorsque le feux passe au vert. La longueur maximale sera alors le nombre de véhicules arrivés pendant le rouge, soit $(80 - 46) \times 620/3600 = 5.85$ véh.

2. Le retard uniforme total par cycle est égal à $CqR/2$ avec C la durée du cycle, R la durée de rouge utile (soit 34 s) et q le débit d'arrivée. On trouve un retard total par cycle de 234.2 véh.s.

3. Le retard uniforme par véhicule est égal au retard uniforme total divisé par le nombre moyen de véhicule arrivant dans un cycle (qui correspond au nombre de véhicules qui part puisque le carrefour est juste saturé), soit $CqR/2$ divisé par Cq, donc $R/2 = 17$ s/véh.

4. Certains cycles seront saturés, puis le nombre excédentaire de véhicule passera dans les cycles suivants, puisque en moyenne il y a exactement autant de véhicules qui arrivent que de véhicules qui partent: le retard moyen augmentera significativement à cause de ces cycles saturés (la formule du retard moyen pour une file M/D/1 prédit un retard infini).

5. Le retard uniforme est $\frac{1}{2}C\frac{(1-\frac{V_e}{C})^2}{1-\frac{V_e}{C}X} = 15.0$ s/véh et le retard aléatoire $X^2/2q(1-X) = 23.5$ s/véh. Le retard moyen est donc la somme, 38.5 s/véh, soit niveau de service D, ou 0.9 de cette valeur selon Webster, soit 34.6 s/véh, soit niveau de service C.

Question 3 30 min (/4)

On considère un carrefour de deux rues à sens unique, dont la demande de pointe projetée est estimée à 1500 uvp/h pour l'axe est-ouest et 950 uvp/h pour l'axe nord-sud. En supposant qu'il n'y a pas de mouvement tournant et que les débits de saturation respectifs pour les axes est-ouest et nord-sud sont 1750 uvp/h et 1800 uvp/h, déterminez le nombre de voies nécessaires, la durée du cycle optimal et le diagramme des feux (avec les durées de chaque phase). Faites les hypothèses nécessaires pour les calculs.

Solution Si on ne considère pas de mouvement tournant, on propose un plan de feux en deux phases, une pour chaque axe. Il est clair qu'une seule voie par axe n'est pas suffisante pour répondre à la demande sur ce carrefour (charge globale de 1.35). Le carrefour pourrait fonctionner (degré de saturation inférieur à 1) avec deux voies pour l'axe est-ouest, mais on préfère avoir deux voies aussi sur l'axe nord-sud pour diminuer les retards. La charge globale du carrefour est alors de $1500/(2 \times 1750) + 950/(2 \times 1800) = 0.41 + 0.26 = 0.69$.

En absence d'indication, on suppose un temps de jaune de 3 s, un temps de rouge intégral de 1 s, et un temps perdu par phase de 4 s par phase (2 s au début du vert, 2 s de jaune utile). On calcule alors le cycle optimal avec la formule de Webster, soit $(1.5 \times 8 + 5)/(1 - 0.69) = 54.8 \approx 55$ s. Il y donc $55 - 8 = 47$ s disponibles à allouer pour chaque phase, soit 29 s pour l'axe nord-sud et 18 s pour l'axe est-ouest, qui correspondent aussi aux temps de vert affichés respectifs.