

Contrôle périodique

Nicolas Saunier
nicolas.saunier@polymtl.ca

28 février 2017

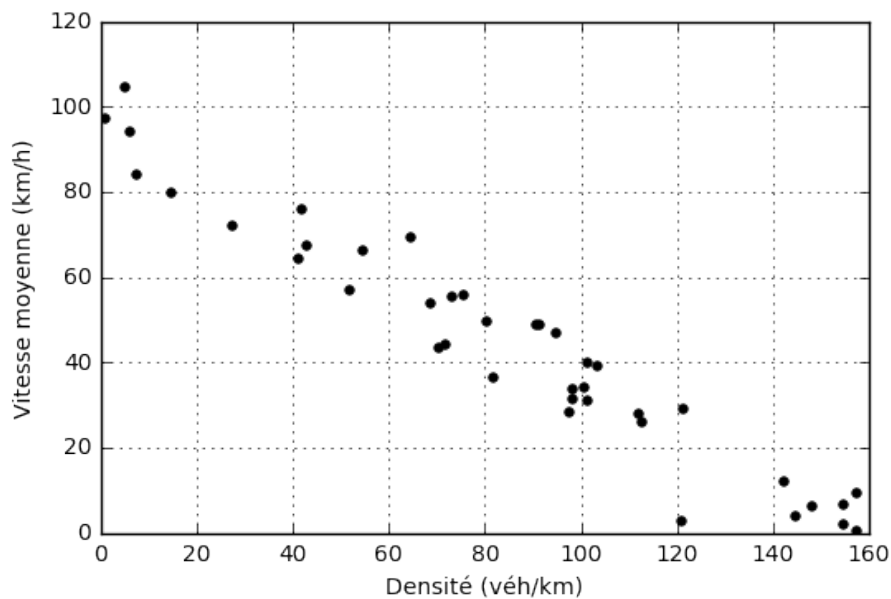
Notez le barème (la note totale est sur 20) et le temps indicatif à consacrer à chaque exercice. Veuillez indiquer clairement les numéros des questions que vous traitez et vos réponses correspondantes (et souligner ou encadrer les résultats numériques). Apportez une attention particulière à la rédaction et à la définition des notations que vous employez.

Seule une feuille personnelle de notes recto-verso est permise. Des tables statistiques sont incluses à la fin de l'énoncé.

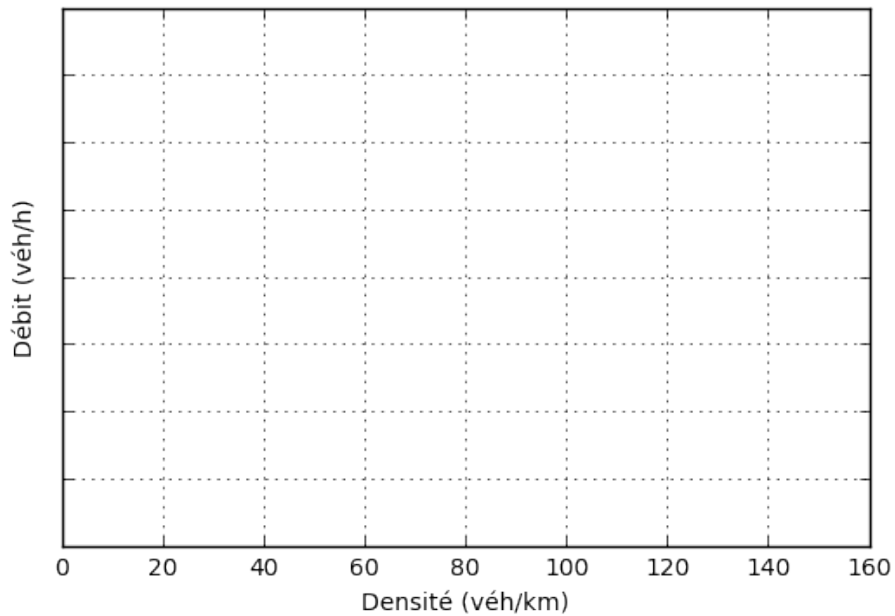
Exercice 1

40 min (/5.5 Pts)

La figure suivante présente des mesures de densité et de vitesse moyenne pour une autoroute pour une des directions.



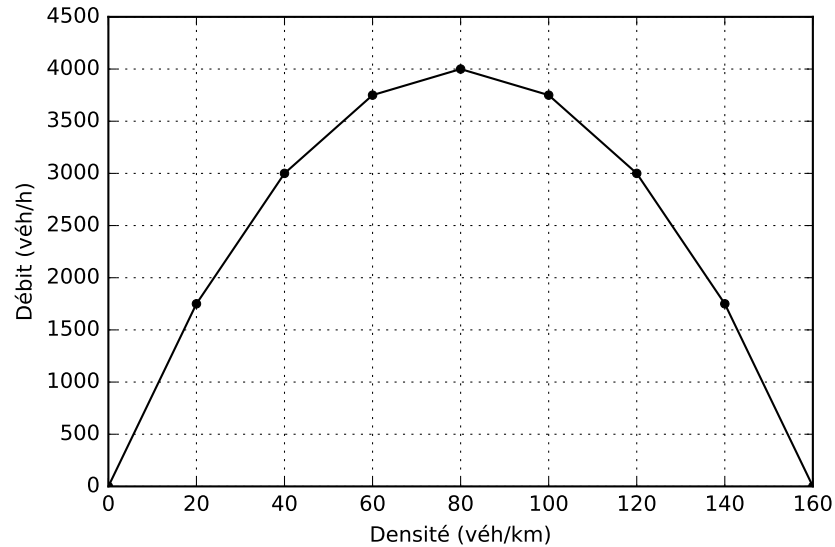
1. Calculer et représenter sur la figure deux grandeurs caractéristiques (comme la densité critique ou de congestion) de la route.
2. Tracer dans la figure ci-dessous une courbe pour la relation correspondante du débit en fonction de la densité en ajoutant l'échelle de l'axe des y (sans calculer les points correspondants à ceux de la relation vitesse-densité).



3. Proposer une valeur pour la densité critique et la capacité de cette route et en déduire le nombre de voies.
4. Alors que l'autoroute est fluide avec une densité de 30 véh/km, un incident se produit et bloque l'autoroute pendant 15 min. Calculer la longueur de la file, en distance et nombre de véhicules, à la fin de l'incident.

Solution

1. Les deux grandeurs caractéristiques de la relation de la vitesse moyenne en fonction de la densité qui peuvent être identifiées sur la figure sont la densité de congestion $k_j = 160$ véh/km et la vitesse libre (maximale) $v_f = 100$ km/h.
2. Si on considère la relation précédente comme linéaire, avec les paramètres k_j et v_f , la relation du débit en fonction de la densité correspondante est tracée dans la figure ci-dessous (on pouvait simplement prendre quelques points sur la droite de la vitesse en fonction de la densité, les multiplier pour le débit, et les relier).

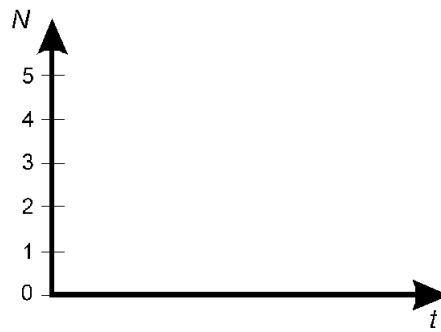
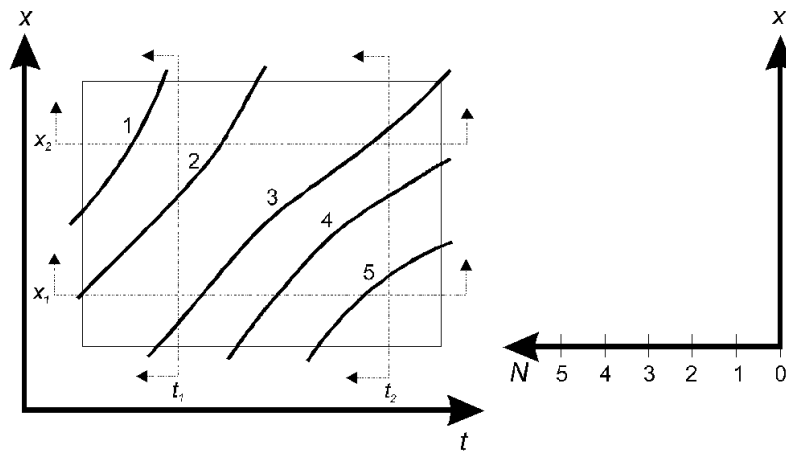


- La capacité et la densité critique sont respectivement environ 4000 véh/h et 80 véh/km (selon les choix faits dans l'analyse de la relation vitesse-densité). Sachant que la capacité d'une voie est de l'ordre de 1800 à 2000 véh/h, cette route a au moins deux voies de circulation.
- Une onde de choc se produit entre les conditions de circulation fluide initiale (état 1, avec densité $k_1 = 30$ véh/km et débit $q_1 = 2437$ véh/h) et les conditions de circulation à l'arrêt juste en amont de l'incident (état 2, avec densité $k_2 = k_j = 160$ véh/km et débit $q_2 = 0$ véh/h). L'onde de choc entre les états de circulation 1 et 2, soit la vitesse de l'arrière de la file d'attente qui se forme en amont de l'incident, est $w_{12} = (q_1 - q_2)/(k_1 - k_2) = -18.75$ km/h. On en déduit que la file d'attente sera longue de 4.69 km et contiendra $4.69 \times k_j = 750$ véh à la fin de l'incident.

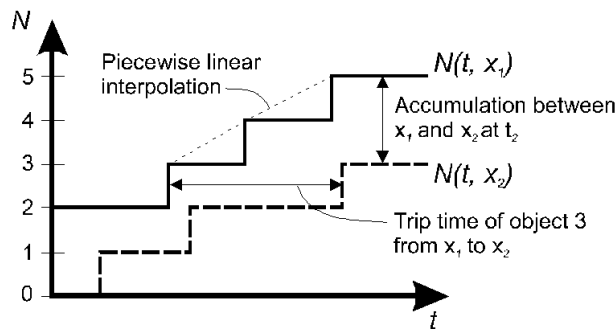
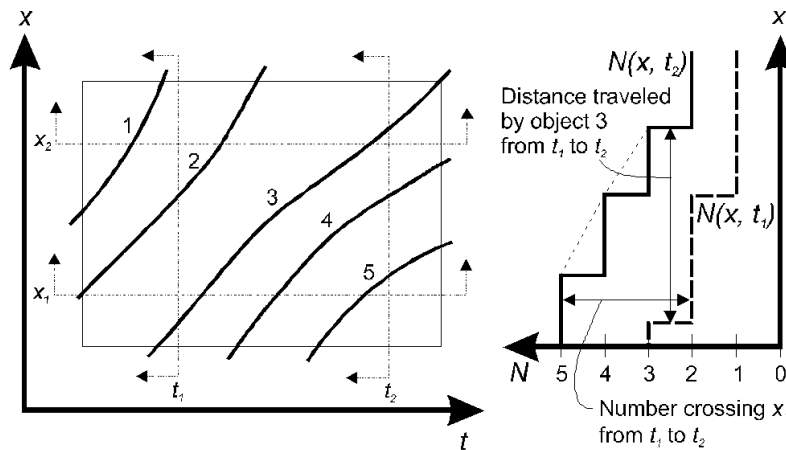
Exercice 2

15 min (/2.5 Pts)

La figure suivante représente le nombre cumulé de véhicules $N(x, t)$ en fonction de la position x sur une route et du temps t (indiqué par le nombre entre chaque trajectoire des véhicules numérotés dans l'ordre de passage). Ajouter sur les graphiques vides à droite et en-dessous respectivement les courbes du nombre cumulé de véhicules passés aux instants t_1 et t_2 en fonction de la position x et le nombre cumulé de véhicules passés aux positions x_1 et x_2 en fonction du temps t (en considérant que les axes de la position et du temps sont alignés avec la figure).



Solution



Exercice 3

40 min (/5 Pts)

Des statistiques d'accidents pour les pays du G7 sont présentées dans le tableau suivant pour l'année 2014 (source OCDE).

Pays	Nombre de morts par	
	million de véhicules	million d'habitants
AUS	65.2	49.0
BEL	102.7	64.7
CAN	77.9	51.6
FRA	79.7	50.9
DEU	61.4	41.7
ITA	65.5	55.6
JPN	53.2	38.0
GBR	50.5	28.7
USA	118.9	102.5

1. Décrire comment les données d'accident sont collectées et deux défis liés à leur utilisation.
2. Quelle distribution statistique peut être utilisée pour décrire le nombre d'accidents ?
3. Définir le concept d'exposition et décrire un de ses usages en prenant comme exemple les mesures utilisées dans le tableau.
4. À quelle condition peut-on comparer les indicateurs présentés dans le tableau ?
5. Quel sont les pays avec le meilleur et pire bilans routiers ? Justifier.
6. Proposer deux façons d'améliorer la sécurité routière dans ces pays.

Solution

1. Les données d'accident proviennent de rapports, remplis par les policiers, les urgentistes (ambulance) et pour les assurances automobiles. Ces données créent plusieurs défis liés à l'absence d'observation directe de l'accident : information complète dans les rapports, biaisées vers les accidents les plus graves et la recherche de la faute, caractère aléatoire des accidents, etc.
2. La loi de Poisson peut servir à représenter le nombre d'accidents pour un lieu ou une zone géographique données.
3. L'exposition est une mesure des opportunités d'accidents auxquels le conducteur ou le système s'expose : elle est typiquement définie comme une mesure de distance ou de durée dans la circulation en relation avec le nombre d'objets dynamiques du système (usagers, véhicules etc.). Elle permet de comparer des régions (pays) de tailles différentes, en utilisant par exemple le nombre d'habitants ou le nombre de véhicules de la région.
4. Il faut que les définitions des accidents (et des mesures d'exposition) soient comparables, par exemple pour les morts attribuées à des accidents de la route (durée maximale après l'accident, typiquement de 30 jours).
5. Selon les deux taux présentés dans le tableau (nombre d'accidents mortels selon les mesures d'exposition de millions de véhicules ou d'habitants), le pays avec le meilleur bilan routier est le Royaume-Uni et le pays avec le pire bilan routier est les États-Unis.

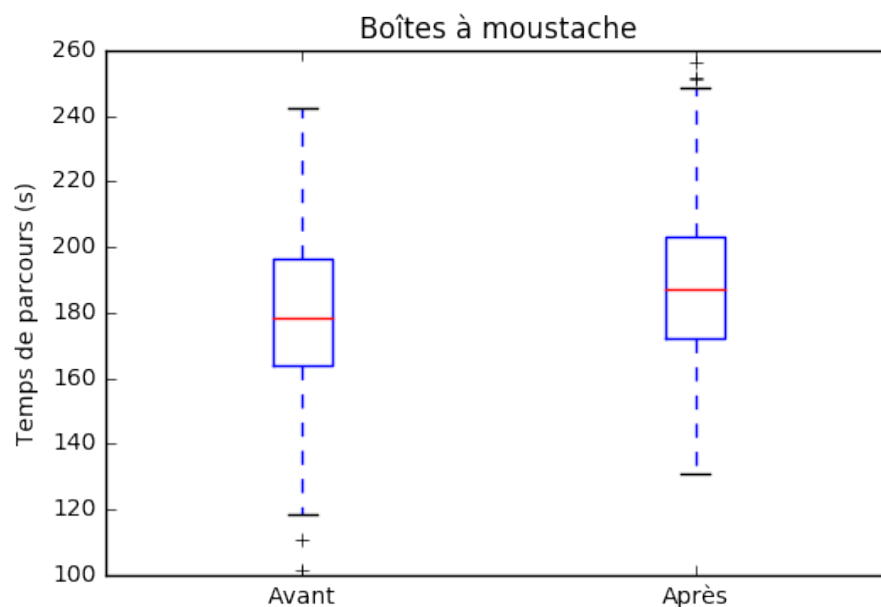
6. Les mesures suivantes pourraient améliorer la sécurité routière en visant à diminuer la probabilité d'accident (plutôt que la gravité des accidents) : des campagnes de publicité, des lois contre la consommation d'alcool, un meilleur contrôle des vitesses, l'automatisation de la conduite, etc. Une amélioration des services d'intervention pourrait permettre de baisser les conséquences (la gravité) des accidents.

Exercice 4

55 min (/7 Pts)

On collecte des données du temps nécessaire pour parcourir un tronçon d'une longueur de 5 km sur une autoroute urbaine, avant et après la diminution de la limite de vitesse sur le tronçon. Les données sont présentées dans le tableau et la figure suivants.

Intervalle de temps de parcours (s)	Nombre d'observations	
	Avant	Après
120-140	24	7
140-160	76	58
160-180	163	128
180-200	140	173
200-220	69	89
220-240	23	40



1. Indiquer deux méthodes permettant de collecter des temps de parcours sur une route : discuter un avantage et un inconvénient de chaque méthode.
2. Indiquer dans quelles conditions et pourquoi les temps de parcours suivent la loi normale.
3. Selon la figure, justifier si les distributions semblent suivre la loi normale.
4. Selon le tableau et la figure, décrire l'évolution des temps de parcours.
5. Faire un test statistique pour déterminer si la distribution des temps de parcours est différente avant et après la modification de la limite de vitesse.

Solution

1. Les méthodes suivantes permettent de mesurer les temps de parcours :
 - véhicules flottants : un avantage est la qualité temporelle des données (beaucoup de données pour chaque parcours), des désavantages sont le coût et la petite taille de l'échantillon.
 - identification des véhicules (par bluetooth, plaques d'immatriculation, etc.) : les avantages sont la quantité de données et le coût relativement faible des capteurs (non-intrusifs), mais leurs désavantages sont la pauvreté des données (il est impossible de savoir quel trajet a été pris entre les points de mesures des instants de passage).
 - GPS sur téléphones intelligents : des avantages sont la possibilité de collecter de grands ensembles de données à faible coût (distribution d'application avec coût faible de collecte), les inconvénients incluent les risques pour la vie privée et le traitement des grands ensembles de données.
2. Les temps de parcours (pour un parcours donné) peuvent suivre la loi normale si on peut décomposer le parcours en un nombre suffisamment grand de tronçons avec des temps de parcours similaires, c'est-à-dire que les variables aléatoires des temps de parcours par tronçon sont indépendantes et identiquement distribuées. Dans ce cas, le temps de parcours total, qui est la somme des temps de parcours sur les tronçons, suit la loi normale d'après le théorème central limite.
3. Les distributions ont la forme de la loi normale et sont symétriques d'après les boîtes à moustache.
4. Les temps de parcours ont augmenté (médiane et quartiles plus élevés après qu'avant) après la mise en place de la limite de vitesse.
5. Il faut faire le test statistique du χ^2 pour déterminer si la distribution des temps de parcours est différente avant et après la modification de la limite de vitesse. L'hypothèse nulle est que la distribution des temps de parcours est la même (et l'alternative qu'elle sont différentes). Il y a au moins 5 observations par catégorie de la variable aléatoire. La statistique du test est 49.96, ce qui correspond à un risque de première espèce très faible, inférieur à 10^{-8} (pour une distribution du χ^2 à $n - 1 - p = 6 - 1 - 0 = 5$ degrés de liberté). La valeur seuil pour un niveau de confiance de 95 % et 99 % sont respectivement 11.07 et 15.09.