Exemples détaillés de calculs de la coordination de carrefours à feux[[1]](#footnote-1)

Tous les exemples suivants sont des traductions d’exemples que l’on peut retrouver dans la section 18.4 du livre Traffic Engineering, Third Edition, de Roess R., Prassas E. et McShane W., Prentice Hall, 2004. Les unités impériales sont utilisées dans les exemples mais les unités du système international sont aussi fournies la plupart du temps. Les formules du livre sont souvent un peu plus complexes que celles vues dans le cours. Pour faciliter la compréhension, dans ces cas, les formules vues en cours seront présentées en parallèle.

# Exemple 1 (tiré de l’exemple 18-1)

Nous sommes en présence d’une intersection entre deux rues à double sens, chaque direction ne comportant qu’une seule voie. Les débits pour les virages sont relativement faibles. Il y a par contre présence modérée de piétons. On spécifie aussi pour cet exemple le facteur de pointe horaire et le ratio d’utilisation visée pour l’intersection. Ce ratio est habituellement le ratio du débit observé sur le débit de saturation. L’intersection, les débits et les autres informations sont montrés sur la figure 1.

Débits piétons : modéré

Facteur de pointe horaire = 0.92

Cible q/q sat = 0.9

Largeur voies = 4.57 m (15 pieds)

Vitesse d’approche = 48.3 km/h (30 mi/h)

Pas de pentes prononcées

Largeur couloir piéton = 3.05 m (10 pieds)

Temps réaction = 1.0 s

Décélération = -3m/sec2

Figure 1: Données de l’exemple 1

**10**

**420**

**8**

**5**

**10**

**400**

**6**

**12**

**12**

**375**

**10**

**315**

## Solution

## Étape 1 : Choix du plan de phase

Puisqu’il n’y a qu’une seule voie pour chaque approche, il n’est pas possible de considérer un virage à gauche protégé. Une vérification du critère de l’équation 18-1 (p.501) montre que ce n’est pas nécessaire de toute façon. Rappelons que la condition stipule que soit le débit tourne à gauche (*tag*) doit être supérieur à 200 véh/h ou que le produit du débit tag par le débit tout droit en direction inverse (tous deux en véh/h) divisé par le nombre de voies dépasse 50 000. Ce deuxième critère porte souvent le nom de produit croisé « cross-product » dans la littérature. Ces critères ne sont pas absolus mais ils sont un bon point de départ pour juger de la nécessité d’un virage à gauche protégé. Vérifions ces conditions pour les données de la figure 1. Nous allons utiliser les abréviations suivantes. qtag  indique les débits pour les virages à gauche et qtd indique le débit tout droit dans la direction opposée. Nous devons donc respecter les conditions suivantes pour chacune des directions.

1. qtag < 200 et
2. produit = qtag \* qtd / Nvoies < 50 000

Donc, nous avons pour :

* Direction EST  : qtag = 10< 200 et produit = 10\*315/1 = 3 150 < 50 000
* Direction OUEST  : qtag = 12< 200 et produit = 12\*420/1 = 5 040 < 50 000
* Direction NORD   : qtag = 10< 200 et produit = 10\*400/1 = 4 000 < 50 000
* Direction SUD   : qtag = 10< 200 et produit = 10\*375/1 = 3 750 < 50 000

Un simple plan de feux avec 2 phases est donc proposé pour cette intersection.

## Étape 2 : Calcul des débits en véhicules tout droit équivalents

En utilisant les informations de la table 1 fournie à la fin de ce document, on obtient les résultats suivants pour la transformation des débits en unités de véhicules particuliers et équivalent mouvement droit par heure (uvpd/h). Cette table est surtout utile pour la transformation des débits *tag*.Les valeurs sont interpolées linéairement entre les 2 débits les plus proches. Le coefficient 1.32 pour les débits des virages à droite est tiré de la table 2. Celle-ci donne les facteurs pour les différents niveaux d’activité piétonne en conflit avec les véhicules désirant tourner à droite. Puisque chaque direction ne comporte qu’une seule voie, il est normal que les deux dernières colonnes soient identiques.

Tableau 1: Transformation en uvpd/h pour l'exemple 1

|  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Direction d’approche | Direction du déplacement | Débit(véh/h) | Coefficientavec la table 1 | Débit(uvpd/h) | Débit dugroupe | Débit (uvpd/h/voie) |
| EST | GaucheTout droitDroite | 104208 | 3.941.001.32 | 3942011 | 470 | 470 |
| OUEST | GaucheTout droitDroite | 1231512 | 5.501.001.32 | 6631516 | 397 | 397 |
| NORD | GaucheTout droitDroite | 103756 | 5.001.001.32 | 503758 | 433 | 433 |
| SUD | GaucheTout droitDroite | 104005 | 4.691.001.32 | 474007 | 454 | 454 |

## Étape 3 : Débits critiques

Si l’on nomme la phase A de notre plan de feu pour les directions EST-OUEST et la phase B pour les directions NORD-SUD, on observe que le débit critique est simplement le maximum des débits sur les approches EST et OUEST pour la phase A, soit 470 uvpd/h/voie. Ce maximum est de 454 uvpd/h/voie pour la phase B. La somme de ces deux débits critiques est donc 470 + 454 =  924 uvpd/h/voie.

## Étape 4 : Calcul des temps de jaune et de rouge intégral

L’équation (18-2) qui se trouve à la page 516 du livre Traffic Engineering est utilisée pour calculer le temps de jaune *j*. Le rouge intégral sera désigné par *ri*. Nous présenterons aussi la formule vue dans le cours présentée sous l’équation 18-2.

Eq. 18-2

$$j=TPR+\frac{1.47S\_{85}}{2a+\left(64.4\*0.01G\right)}$$

$$j=TPR+ \frac{v}{2a}$$

Calcul temps jaune

Le 1.47 est un ajustement pour des unités impériales. S85 représente le 85e percentile des vitesses d’approche et G est la pente (en%) au niveau de l’intersection. Le terme *v* est utilisé dans l’équation des notes de cours pour les vitesses. La vitesse d’approche est de 48 km/h (30 mi/h) pour toutes les directions. Aucune autre information ne nous permet de déterminer le 85e ou le 15e percentile des vitesses d’approche. Nous allons donc utiliser les estimations suivantes. Les unités sont en mi/h. Le terme S (pour *Speed*) est la vitesse moyenne d’approche. Il est donc nécessaire de soit transformer les vitesses en mi/h ou de changer la constante 5 pour un 8. Les deux unités sont présentées ici.

* S15 = S – 5 (en mi/h) ou S15 = S – 8 (en km/h)
* S85 = S + 5 (en mi/h) ou S85 = S + 8 (en km/h)

Comme l’énoncé mentionne une présence moyenne de piétons, c’est l’équation 18-3b qui tient compte de la largeur de la bande piétonne qui sera utilisée, l’équation 18-3a n’en tenant pas compte car elle ne considère les débits piétons comme absents. La variable P représente la distance entre la ligne d’arrêt jusqu’au point le plus éloigné de tout passage piéton en conflit potentiel avec une voiture traversant l’intersection.

Eq. (18-3b)

$$ri =\frac{P+L}{1.47 S\_{15}}$$

Dans ce cas, un véhicule doit traverser deux voies de 15 pieds chacune et une bande piétonne de 10 pieds. P = 15 + 15 + 10 = 40 pieds. Notez que si on change les distances au numérateur en mètres, il faut aussi changer le dénominateur en m/s2. Ceci n’a pas été fait dans cet exemple. On a donc par 18-2 et 18-3b que:

$$j=\frac{1.47\*35}{2\*10+(0)}=3.6 s$$

$$ri =\frac{40+20}{1.47\*25}=1.6 s$$

Puisque les rues et les bandes piétonnes ont la même largeur et que la vitesse moyenne d’approche est identique pour les deux directions, les temps de jaune et de rouge intégral seront les mêmes pour les 2 directions.

## Étape 5 : Calcul du temps perdu

Les temps perdus sont calculés à partir des équations 18-5, 18-6 et 18-7. La valeur de 2 s est fréquemment utilisée pour le temps perdu au démarrage (*l*1) ainsi que pour le temps de jaune utile (*e*). La somme des temps de jaune et de rouge intégral constituent le temps entre les verts, noté *iv*. Cette valeur par défaut est utilisée dans les 3 équations suivantes. *tp* représente le temps perdu total pour une phase. L’indice *l*2 représente le temps perdu pour dégager l’intersection (temps de dégagement).

*l*2 = *iv –* *e*

Eq. (18-6)

Eq. (18-5)

*iv* = *j +ri*

Eq. (18-7)

*tp* = *l*1 + *l*2

Nous avons donc dans notre cas :

iv = 3.6 + 1.6 = 5.2 s

l2 = 5.2 – 2.0 = 3.2 s

tp = 2.0 + 3.2 = 5.2 s

Puisque les deux phases ont la même valeur, le temps total perdu par cycle (L) est de 5.2 + 5.2 = 10.4 s. Notez bien que lorsque la valeur par défaut de 2 s est utilisée pour le temps perdu au démarrage et le temps de jaune utile, le temps total perdu par phase a exactement la même valeur numérique que la somme du temps de jaune et du temps de rouge intégral.

## Étape 6 : Calcul de la durée du cycle

Dans cet exemple, puisqu’un ratio précis de débit sur capacité est requis, nous allons utiliser l’équation 18-11 pour calculer la durée du cycle (*C)*.

Eq. (18-11)

$$ C= \frac{L}{1-\left(\frac{Vc}{1.615\*FPH\*^{q}/\_{cap.}}\right)}= \frac{10.4}{1-\left(\frac{924}{1.615\*0.92\*0.90}\right)}=33.5 s$$

Cela correspond à la formule présentée dans le cours, utilisant cette fois la charge (Y, avec Y < 1) pour calculer la durée minimale d’un cycle (Cmin). Puisqu’une valeur de débit de saturation commune à toutes les voies est utilisée (1650 uvpd/h), calculer les charges ou conserver les débits d’analyse revient à la même chose.

$$C\_{min}= \frac{L}{1-Y}$$

En posant l’hypothèse que le dispositif de contrôle des feux sera à temps fixe, nos options sont donc un cycle de 35 ou de 40 s. Nous allons poursuivre cet exemple avec 35 s.

## Étape 7 : Allocation des temps de verts à chaque phase

Le cycle total vient d’être fixé à 35 s à l’étape précédente. Le temps total perdu par cycle de feu est aussi connu et est de 10.4 s. Le temps de vert utile est donc la soustraction du cycle total moins le temps perdu. Il y a donc 35.0 – 10.4 = 24.6 s de temps de vert utile à répartir selon le ratio des débits sur le ratio total. Nous avons donc pour la phase A :

VA = Vtotal \*(VcA /Vc) = 24.6 \* (470/924) = 12.5 s

Pour le calcul du vert de la phase B, on peut soit soustraire le temps de la phase A du temps total ou le calculer également avec le ratio des débits comme on vient de le faire pour la phase A. Dans les 2 cas :

VB = Vtotal – VA = 24.6 – 12.5 = 12.1 s

ou VB = Vtotal \*(VcB /Vc) = 24.6 \* (454/924) = 12.1 s

Une façon simple de vérifier les erreurs de calculs est de retrouver la durée totale du cycle de feu en additionnant le vert utile de chacune des phases et le temps perdu total. On a ici que 12.5 + 12.1 + 10.4 = 35.0 sondes ce qui est bien la durée du cycle de départ.

## Étape 8 : Vérifications pour les piétons

L’équation 18-15 est utilisée pour calculer la durée minimale de vert pour les piétons pour chaque phase. Elle diffère en fonction de la largeur de la distance disponible pour la traversée des piétons. Dans notre exemple, cette largeur est de 10 pieds (3.05 m), ce qui est plus petit ou égal à 10 pieds (3.05 m) et l’équation 18-15 est donc :

$$V\_{pA,B}=3.2+\left(\frac{L}{S\_{p}}\right)+ \left(0.27\* N\_{piétons par phase}\right)=3.2+\left(\frac{30}{4.0}\right)+\left(0.27\*2\right)=11.2 s $$

Un facteur différent pour le dernier terme de l’addition serait utilisé si la largeur de la bande piétonne était strictement supérieure à 3.05 m (10 pieds). La variable L de l’équation ci-dessus représente la distance que les piétons doivent parcourir pour traverser l’intersection. Dans notre cas, il y a deux voies de 15 pieds chacune et un piéton doit donc traverser 15 + 15 = 30 pieds (9.14 m) pour libérer complètement l’intersection de façon sécuritaire. Le nombre de piétons par phase (2) n’est pas donné directement dans l’énoncé mais il se calcule assez simplement. Un débit modéré de piétons a comme valeur par défaut 200 piétons/heure. Il y a 3600 s dans une heure et chaque cycle dure 35 s. Il y a donc 3600/35 = 102.9 cycles dans une heure. Arrondissons à 103 cycles. Le nombre de piétons par cycle est alors de 200/103 = 1.94 ≈ 2 piétons par cycle. C’est donc la valeur de 2 qui a été utilisé dans l’équation 18-15.

Pour que la coordination des feux soit sécuritaire pour les piétons, il faut que la somme de du vert utile et des temps perdu soit strictement supérieure au vert nécessaire pour les piétons. Cette vérification doit être faite de façon indépendante pour chaque phase. La condition sous forme d’équation est :

Vp < V + iv soit pour nos deux phases

VpA  = 11.2 < 12.5 +5.2 = 17.7 s OK

VpB = 11.2 < 12.1 +5.2 = 17.3 s OK

Le cycle calculé précédemment est sécuritaire pour les piétons et aucun ajustement au cycle n’est requis.

# Exemple 2 (tiré de l’exemple 18-2)

Nous somme cette fois en présence de deux artères à quatre voies avec des débits plus importants que le premier exemple. De plus, chaque approche possède une voie exclusive au virage à gauche près de l’intersection. L’intersection pour l’exemple 2 est représentée à la figure 2.

Débits piétons : modéré

Facteur de pointe horaire = 0.92

Cible q/q sat = 0.9

Limite de vitesse = 72.4 km/h (45 mi/h)

Vitesse piétons = 1.2 m/s

Pas de pentes prononcées

Largeur couloir piéton = 3.05 m (10 pieds)

Temps réaction = 1.0 s

Décélération = -3m/s2

**N**

Figure 2: Configuration pour l'exemple 2

Les différents débits seront présentés à l’étape 2.

## Solution

## Étape 1 : Choix du plan de phase

Chaque mouvement de virage à gauche doit être comparé au critère de l’équation 18-1 pour déterminer s’il doit être protégé. Les débits de chaque mouvement sont au tableau 2 à l’étape suivante. Nous avons donc pour l’exemple 2:

* Direction EST  : qtag = 35< 200 et produit = 35\*500/2 = 8 750 < 50 000
* Direction OUEST : qtag = 25< 200 et produit = 25\*610/2 = 22 875 < 50 000
* Direction NORD  : qtag = 250< 200 NON, protection jugée nécessaire
* Direction SUD  : qtag = 220< 200 NON, protection jugée nécessaire

Étant donné que les directions NORD et SUD ont besoin d’une phase protégée (au moins suggérée selon le critère), la question qui se pose est de quelle façon doit-on procéder. Les valeurs des débits tourne à gauche ne sont pas très différentes (220 et 250). Ainsi, il n’y a pas vraiment de raison de séparer les phases protégées NORD et SUD. Une phase exclusive de virage à gauche commune aux deux directions sera donc utilisée. Pour ce qui est des directions EST et OUEST, une seule phase de feu sera utilisée et cette phase permettra évidemment les virages à gauche en tout temps.

## Étape 2 : Calcul des débits en véhicules tout droit équivalents

Avec les coefficients de la table 1 et 2 et les débits fournis, on construit la table suivante. Notez que les débits d’une voie exclusive TAG doivent être établis comme une voie séparée pour le calcul des débits équivalents et que leur coefficient est toujours de 1.05. Ceci tient compte du fait que les véhicules désirant aller tout droit ne sont pas gênés par les véhicules désirant tourner comme dans l’exemple précédent où cette voie n’existait pas.

Tableau 2: Transformation en uvpd/h pour l'exemple 2

|  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Direction d’approche | Direction du déplacement | Débit(véh/h) | Coefficient avec la table 1 | Débit(uvpd/h) | Débit dugroupe | Débit (uvpd/h/voie) |
| EST | GaucheTout droitDroite | 3561070 | 4.001.001.32 | 14061092 | 140702 | 140351 |
| OUEST | GaucheTout droitDroite | 2550050 | 5.151.001.32 | 12950066 | 129500 | 129283 |
| NORD | GaucheTout droitDroite | 220700185 | **1.05**1.001.32 | 231700244 | 231944 | 231472 |
| SUD | GaucheTout droitDroite | 250800175 | **1.05**1.001.32 | 263800231 | 2631031 | 263516 |

## Étape 3 : Débits critiques

Comme déjà mentionné dans l’étape 1, le plan de feu comporte une phase exclusive (protégée) pour les virages à gauche pour l’artère NORD-SUD et une phase permettant les virages à gauche pour l’artère EST-OUEST.

Nommons la phase A celle des virages à gauches protégés de l’artère NORD-SUD. Le débit critique de cette phase est le maximum entre les deux qtag du tableau précédent soit le maximum entre 231 ou 263. Le débit critique de la phase A est donc 263 uvpd/h.

Nommons la phase B la deuxième phase pour l’artère NORD-SUD. Le débit critique est dans ce cas le maximum entre les débits tout droit équivalent pour les directions NORD et SUD. Le débit critique de la phase B est donc (maximum de 472 et 516) 516 uvpd/h.

La phase C est l’unique phase permettant tous les mouvements pour l’artère EST-OUEST. Le débit critique est donc le maximum entre les 4 voies à considérer (max de 140, 351, 283, 128) soit de 351 uvpd/h. N’oubliez pas que, puisque les virages à gauches EST et OUEST ont leur propre voie, ils doivent être considérés séparément des débits tout droit équivalents lorsque l’on détermine les débits critiques.

La somme des débits critiques des 3 phases est de 263 + 516 + 351 = 1130 uvpd/h.

## Étape 4 : Calcul des temps de jaune et de rouge intégral

Encore une fois, c’est l’équation 18-2 qui sera utilisé pour calculer le temps de jaune et la 18-3b pour le temps de rouge intégral. Puisqu’une limite de vitesse au lieu d’une vitesse d’approche est fournie, il n’y aura pas de distinction entre S85 et S15. De plus, puisque la limite de vitesse est la même pour les trois approches, le temps de jaune sera identique pour les trois phases.

$$j\_{A,B,C}=TPR+\frac{1.47S\_{85}}{2a+\left(64.4\*0.01G\right)}=1.0 +\frac{1.47\*45}{(2\*10)+\left(0\right)}=4.3 s$$

La durée du rouge intégral doit tenir compte du temps nécessaire pour traverser l’intersection au complet et la largeur de la bande piétonne. La largeur de la rue NORD-SUD est de 16.76 m (55 pieds) et la largeur de la rue EST-OUEST est de 18.29 m (60 pieds). Dans les deux cas, la bande piétonne est de 3.05 m (10 pieds). Durant la phase de virage à gauche NORD-SUD, il sera assumé que le véhicule doit traverser la largeur entière de l’intersection dans le sens EST-OUEST. Ainsi la distance pour libérer de façon sécuritaire pour la phase A et B est de 60 + 10 = 70 pieds soit 21.34 m. Cette distance est de 55 + 10 = 65 pieds soit 19.81 m pour la phase C. Ainsi, si on considère qu’un véhicule typique mesure 6.10 m :

$$ri\_{A,B} =\frac{21.34+6.10}{1.47\*72.4}=1.4 s$$

$$ri\_{C} =\frac{19.81+6.10}{1.47\*72.4}=1.3 s$$

## Étape 5 : Calcul du temps perdu

En se souvenant que lorsque les valeurs par défaut de temps perdu au démarrage (*l1)* et du jaune utile (*e)* sont de 2 s, le temps perdu par phase est la somme du jaune et du rouge intégral. Le temps perdu par phase pour A et B est donc de 4.3 + 1.4 = 5.7 s et de 4.3 + 1.3 = 5.6 s.

Le temps total perdu par cycle est évidemment la somme des trois temps perdu pour chaque phase individuelle soit 5.7 + 5.7 + 5.6 = 17.0 s. On remarque ici le désavantage majeur d’un plan à 3 phases distinctes. Le temps perdu total est beaucoup plus élevé qu’à l’exemple 1.

## Étape 6 : Calcul de la durée du cycle

La durée du cycle est encore une fois calculée à l’aide de l’équation 18-11 (la formule utilisant la charge (Y, avec Y < 1) aurait aussi pu être utilisée). La valeur obtenue par l’équation 18-11 est de 109.7 s. Encore une fois, nous supposons un dispositif de contrôle des feux à temps fixe, ce qui fixerait le cycle à 110 s.

## Étape 7 : Allocation des temps de verts à chaque phase

Cette fois, nous avons trois phases. Le cycle total vient d’être déterminé à 110 s et nous savons aussi que la somme des temps perdus pour les 3 phases est de 17 s. Il y a donc 110 – 17 = 93 s à répartir en vert effectif pour les 3 phases. Toujours avec l’équation 18-13, le vert effectif est alloué proportionnellement pour chacune des phases du cycle. On a donc :

VA = Vtotal \*(VcA /Vc) = 93.0 \* (263/1130) = 21.6 s

VB = Vtotal \*(VcB /Vc) = 93.0 \* (516/1130) = 42.5 s

VC = Vtotal \*(VcC /Vc) = 93.0 \* (351/1130) = 28.9 s

La somme des verts effectifs individuels et du temps total perdu est immédiatement vérifiée pour éviter de poursuivre avec des erreurs de calculs. On sait que le cycle est de 110 alors on s’assure simplement que 21.6 + 42.5 + 28.9 + 17.0 = 110.0 s. C’est bien le cas alors nous pouvons poursuivre.

## Étape 8 : Vérifications pour les piétons

Le vert requis pour les piétons est estimé à l’aide de l’équation 18-15 comme pour l’exemple précédent. Dans l’exemple présent, les piétons ne pourront traverser l’artère EST-OUEST que pendant la phase B du cycle. La phase C sera celle qui permet aux piétons de traverser l’artère NORD-SUD. Les mouvements piétons de sont pas permis pendant la phase A. La valeur par défaut de 200 piétons/heure pour les débits modérés est utilisée pour chaque mouvement piéton. Il y a (3600 s/110 s/cycle) ≈ 32.7 cycles dans une heure ce qui représente environ (200/ 32.7) ≈ 6.1 piétons par cycle. Donc,

$$V\_{pB}=3.2+\left(\frac{L}{S\_{p}}\right)+ \left(0.27\* N\_{piétons par phase}\right)=3.2+\left(\frac{18.29m}{1.22\frac{m}{s}}\right)+\left(0.27\*6.1\right)=19.8 s⁡$$

$$V\_{pC}=3.2+\left(\frac{L}{S\_{p}}\right)+ \left(0.27\* N\_{piétons par phase}\right)=3.2+\left(\frac{16.76m}{1.22 m/s}\right)+\left(0.27\*6.1\right)=18.6 s$$

Ces temps requis minimaux sont comparés à la somme du vert effectif, du jaune et du rouge intégral pour leurs phases respectives. Pour la phase B, on a : 19.8 < 42.5 + 5.7 = 48.2 OK. Pour la phase C on a que : 18.6 < 28.9 + 5.6 = 34.5 OK. Encore une fois, aucune modification n’est nécessaire pour assurer la sécurité des déplacements piétons.

# Exemple 3 (méthode de la charge de l’intersection)

Nous sommes à nouveau en présence d’une intersection entre deux rues à double sens, chaque direction ne comportant qu’une seule voie. Les débits ne sont pas donnés par direction mais déjà en débits tout droits équivalents mesurés (q) et le débit de saturation (S) de chaque direction est aussi donné. Toutes les valeurs sont en uvpd/h. Cet exemple est plus simple que les deux précédents mais illustre la façon de procéder avec des débits de saturation différents sur les approches et la formule du cycle optimal de Webster. Dans ce troisième exemple, on nous demande de calculer le plan de feu et de tracer celui-ci sur un diagramme de feux.

q = 400

S = 2000

q = 750

S = 3000

q = 600

S = 2400

q = 1200

S = 3000

Temps perdu en début de phase = 2 s

Temps de jaune = 3 s

Temps de rouge intégral = 4 s (=temps perdu en fin de phase)

Piétons non considérés

*q* représente le débit mesuré (uvpd/h)

*S* représente le débit de saturation (uvpd/h)

Figure 3: Configuration et débits pour l'exemple 3

## Solution

## Étape 1 : Calcul des charges pour chaque direction

La charge (Yi) est le ratio entre le débit mesuré et le débit de saturation pour chaque approche d’un carrefour. Elles se calculent directement avec les informations que nous avons et peut se comparer à un ratio de la « demande » sur « l’offre ». Donc les charges pour les directions sont :

* EST (1200/3000) = 0.40
* OUEST (750/3000) = 0.25
* NORD (400/2000) = 0.20
* SUD (600/2400) = 0.25

## Étape 2 : Charges dominante et charge totale

Il faut maintenant garder uniquement la charge la plus élevée pour chaque sens de circulation. Autrement dit, on regarde le maximum des charges individuelles entre le NORD et le SUD et entre l’EST et l’OUEST. Elles sont respectivement de 0.25 (NORD domine) et de 0.4 (EST domine). La charge totale (*Y*) est simplement la somme des deux valeurs précédentes soit 0.65.

## Étape 3 : Calcul du temps perdu

Le temps perdu pour chaque phase est de 6 s. Deux secondes sont perdues au démarrage et 4 sont perdues durant le rouge intégral. Il y a deux phases dans le plan de feu donc le temps total perdu pour un cycle (*T*) est de 12 s.

##  Étape 4 : Calcul du cycle optimal de Webster

La formule du cycle optimale de Webster dépend du temps perdu total par cycle et de la charge totale.

$$Co= \frac{1.5T+5}{1-Y}=\frac{1.5\left(12\right)+5}{1-0.65}=65.7 ≈66 s$$

## Étape 5 : Allocation des temps de verts à chaque phase

Le temps de vert effectif de ce cycle est de 54 s. Il représente le temps total du cycle moins le temps perdu total calculé à l’étape 3.

Dans les 2 exemples précédents, l’allocation du temps de vert était fonction des débits critiques respectifs et du débit critique total. C’est le même principe qui s’applique avec la charge au lieu du débit. En prenant comme exemple la direction NORD-SUD, la formule est la suivante :

$$V^{'}\_{N-S}=V^{'}\* \left(\frac{Y\_{N-S}}{Y}\right)=54\*\left(\frac{0.25}{0.65}\right)=21 s$$

Le vert effectif pour la direction NORD-SUD est donc de 21 s. Encore une fois, comme il n’y a que 2 phases, on peut calculer de nouveau le vert effectif pour la direction EST-OUEST ou simplement effectuer la soustraction du vert effectif NORS-SUD du vert effectif total.

$$V^{'}\_{E-O}=V^{'}\* \left(\frac{Y\_{E-O}}{Y}\right)=54\*\left(\frac{0.40}{0.65}\right)=33 s ou 54-21=33 s $$

## Étape 6 : Temps réels de verts à chaque phase

Maintenant que les temps de vert effectifs sont connus, nous avons besoin des verts réels pour tracer le diagramme de feu. Le vert réel se calcule en ajoutant le temps perdu au vert effectif et en soustrayant le temps de jaune. Par exemple pour la direction NORD-SUD,

$$V\_{N-S}= V'\_{N-S}+ l\_{1}- j=21+2-3=20 s$$

et de la même façon on obtient que $V\_{E-O}$ = 32 s.

## Étape 7 : Diagramme du plan de feu

Il ne reste maintenant qu’à placer les valeurs calculées sur le diagramme. La durée du jaune et du rouge intégral est identique à celui de la phase A.

Vert réel Phase B : 32 s

Vert réel Phase A : 20 s

Jaune Phase A : 3 s

Rouge intégral Phase A : 4 s



 0 20 23 27 59 62 66

## Étape 8 : Vérifications pour les piétons

Aucun mouvement piéton n’a été considéré dans cet exemple. Aucun ajustement n’est nécessaire.

## Annexe

Table 1: Coefficients d’équivalence pour le calcul des débits équivalents des virages à gauche

|  |  |
| --- | --- |
| **Débit en sens opposé****en véh/heure** | **Nombre de voies en sens opposé** |
| 1 | 2 | 3 |
| 0 | 1.1 | 1.1 | 1.1 |
| 200 | 2.5 | 2.0 | 1.8 |
| 400 | 5.0 | 3.0 | 2.5 |
| 600 | 10.0 | 5.0 | 4.0 |
| 800 | 13.0 | 8.0 | 6.0 |
| 1000 | 15.0 | 13.0 | 10.0 |
| ≥ 1200 | 15.0 | 15.0 | 15.0 |

Table 2: Coefficients d’équivalence pour le calcul des débits équivalents des virages à droite

|  |  |
| --- | --- |
| **Débits piétons en conflits avec les véhicules sur la traverse piétonne en piétons/heure** | **Coefficient d’équivalence** |
| Aucun (0) | 1.18 |
| Faible (50) | 1.21 |
| Modéré (200) | 1.32 |
| Élevé (400) | 1.52 |
| Extrême (800) | 2.14 |

1. Note rédigée par Jean-Sébastien Fecteau [↑](#footnote-ref-1)