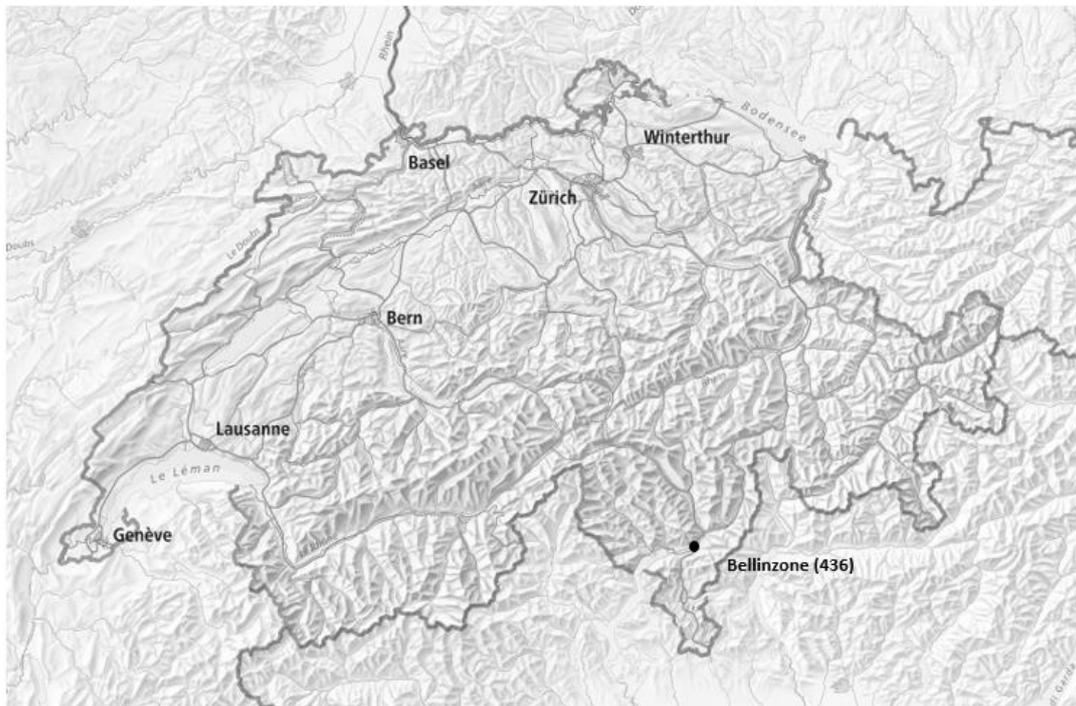




Bellinzone – 2017

Evaluation et traitement des données WIM



Impressum

Département fédéral de l'environnement, des transports, de l'énergie et de la communication DETEC

Office fédéral des routes OFROU

Division Réseaux routiers

Trafic & Innovations Management

Monitoring du trafic

Document

Document WIM_2017_436

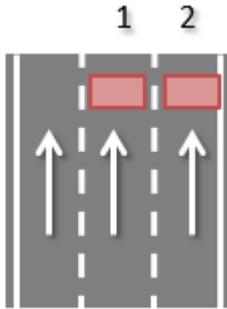
Version 1

Créé le 31.10.2018 – MAF

Table des matières

| | | |
|----------|---|-----------|
| | Impressum | 2 |
| 1 | Fiche de station | 4 |
| 2 | Intégrité des données | 5 |
| 3 | Traitements statistiques | 6 |
| 3.1 | Répartition horaire annuelle | 6 |
| 3.2 | Répartition horaire annuelle HV (> 10 tonnes) | 7 |
| 3.3 | Répartition horaire journalière | 8 |
| 3.4 | Détection de véhicules | 9 |
| 3.4.1 | Par mois | 9 |
| 3.4.2 | Par nombre d'axes | 10 |
| 3.4.3 | Par classes SWISS10 | 10 |
| 3.4.4 | Par tranches de masse | 11 |
| 3.4.5 | Silhouettes prédominantes..... | 11 |
| 4 | Modèle selon norme SN 640 320 | 12 |
| 4.1 | Répartition entre les voies de circulation | 12 |
| 4.2 | Facteurs d'équivalence par classes de véhicules | 12 |
| 4.3 | Facteurs d'équivalence par catégories de véhicules | 12 |
| 4.4 | Facteur d'équivalence moyen | 13 |
| 4.5 | Classe de trafic pondéral équivalent actuelle selon SN 640 324..... | 13 |
| 4.6 | Tendance pour l'estimation du taux d'accroissement annuel | 13 |
| 5 | Caractéristiques des poids lourds | 14 |
| 5.1 | Caractéristiques des catégories de poids lourds | 14 |
| 5.2 | Caractéristiques globales de l'échantillon | 18 |
| 6 | Modèle selon norme SIA 261 | 20 |
| 6.1 | Modèle de charge 1 selon SIA 261 | 20 |
| 6.1.1 | Charge concentrée Q | 20 |
| 6.1.2 | Charge répartie q | 20 |
| 7 | Tendances..... | 21 |
| 7.1 | Evolution de la répartition horaire annuelle..... | 21 |
| 7.2 | Evolution de la détection par mois | 22 |
| 7.3 | Evolution du modèle de la norme SN 640 320 | 23 |
| 7.3.1 | Evolution des facteurs d'équivalence par classes de véhicules | 23 |
| 7.3.2 | Evolution des facteurs d'équivalence par catégories de véhicules..... | 24 |
| 7.3.3 | Evolution du facteur d'équivalence moyen | 24 |
| 7.3.4 | Evolution du trafic pondéral équivalent journalier | 24 |
| 7.4 | Evolution du modèle de la norme SIA 261..... | 25 |
| 7.4.1 | Evolution des quantiles de la charge concentrée Q | 25 |
| 7.4.2 | Evolution des quantiles de la charge répartie q | 26 |
| 8 | Niveau de confiance | 27 |
| | Bibliographie | 28 |

1 Fiche de station

| Station | Canton | RN | N° ASTRA | Filiale | UT | Directions | Voies |
|---|--------------------------------------|----|----------|--------------------------|----|------------|-------|
| Bellinzone | TI | A2 | 436 | F5 | IV | 1 | 1x3 |
| Situation | | | | | | | |
|  | | | | 436 - Direction Gotthard | | | |
| Enregistrements | | | | | | | |
| Type de fichiers : | Fichiers journaliers | | | | | | |
| Format de fichiers : | WIM_ ANNEEMOISJOUR_NoASTRA.extension | | | | | | |
| Extension de fichiers : | *.csv | | | | | | |
| Filtre poids véhicules : | - | | | | | | |
| Classification SWISS : | SWISS10 | | | | | | |

| Fichier de données | |
|--------------------------------|--|
| Fichiers journaliers manquants | 23.08.2017 |
| Perte potentielle de données | 22.08.2017 – 09 : 36 à 00 : 00 24.08.2017 – 00 : 00 à 07 : 32 31.08.2017 – 09 : 54 à 11 : 35 27.09.2017 – 10 : 12 à 11 : 22 16.11.2017 – 09 : 55 à 17 : 24 |
| <i>Evènements particuliers</i> | |
| <i>Décisions</i> | |
| <i>Concaténation</i> | |
| Nom de fichiers : | 2017_436_concat.log |
| Nombre d'enregistrements : | 6'984'849 |
| Nombre de jours effectifs : | 362.7 |

2 Intégrité des données

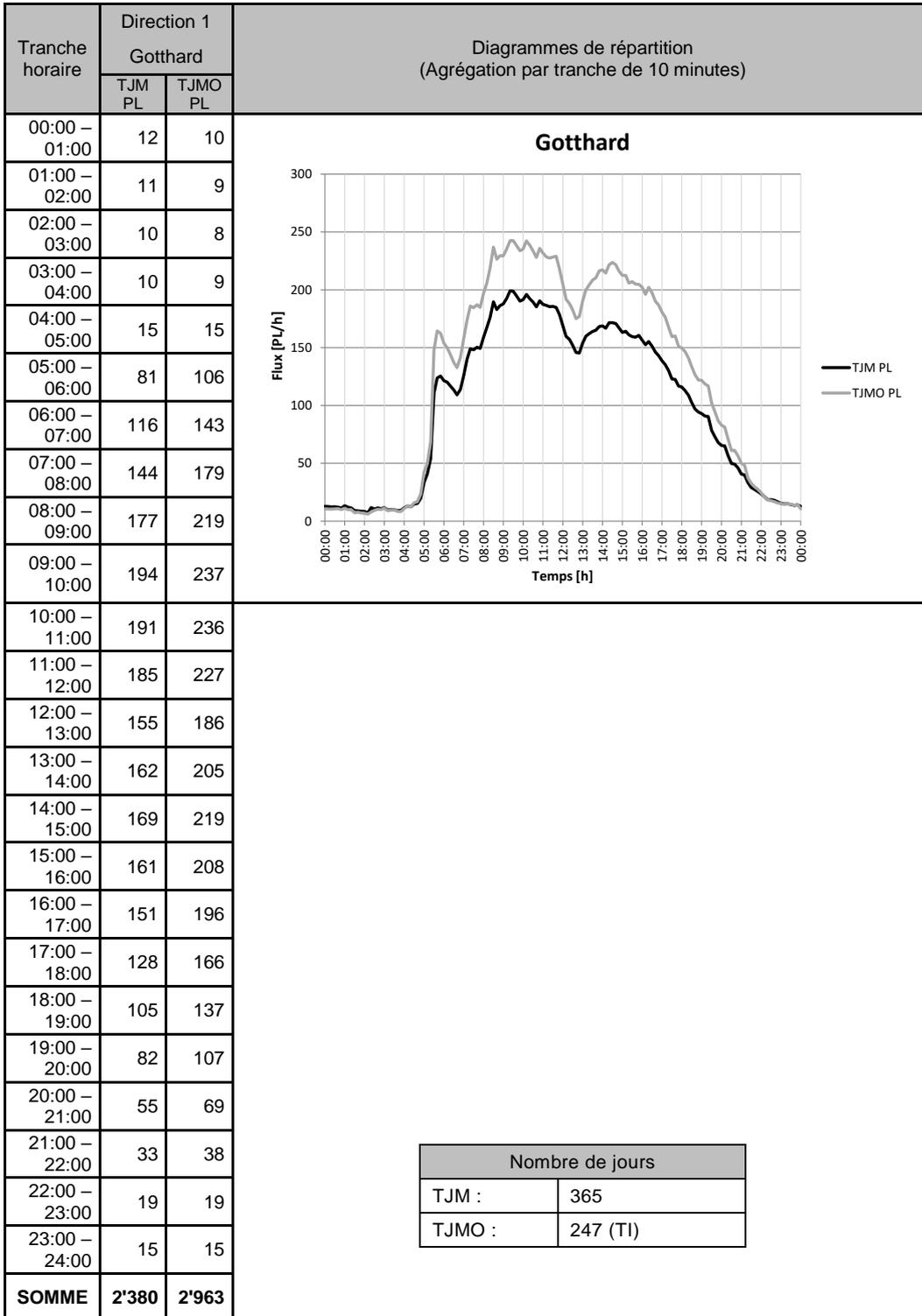
Documents de référence : [5] [6] [7] [8] [9] [10] [11]

| Filtre des données (démarche pas à pas) | |
|--|--|
| 1) | Véhicules de moins de 3.5 tonnes (6'114'899 enregistrements). |
| 2) | 869'950 enregistrements direction D1. |
| 3) | Longueur totale nulle (0 enregistrements). |
| 4) | Longueur totale supérieure à 26.00m (213 enregistrements). |
| 5) | Poids nul sur un des axes (0 enregistrements). |
| 6) | Entraxe inférieur à 60cm (3'595 enregistrements). |
| 7) | Poids total supérieur à 65 tonnes (1'091 enregistrements, hors grues mobiles). |
| 8) | Poids sur un axe supérieur à 18 tonnes (95 enregistrements, hors grues mobiles). |
| 9) | Longueur totale inférieure à 4.00m (2'286 enregistrements). |
| <i>Décisions</i> | |
| 1) | Exclusion (2017_436_u3500.log). |
| 2) | - |
| 3) | - |
| 4) | Exclusion. |
| 5) | - |
| 6) | Exclusion. |
| 7) | Exclusion. |
| 8) | Exclusion. |
| 9) | Exclusion. |
| <i>Fichiers</i> | |
| Nom de fichier de traitement statistique : | 2017_436.log |
| Nombre d'enregistrements : | 862'670 |
| Nom de fichier d'exclusions : | 2017_436_exclus.log |
| Nombre d'enregistrements : | 7'280 |

Sur un total de 6'984'849 enregistrements, 6'114'899 ont été séparés en raison de leur appartenance aux véhicules légers (< 3.5 tonnes) et 7'280 enregistrements (0.84%) ont été exclus du jeu de données de base en raison d'incohérences potentielles de données.

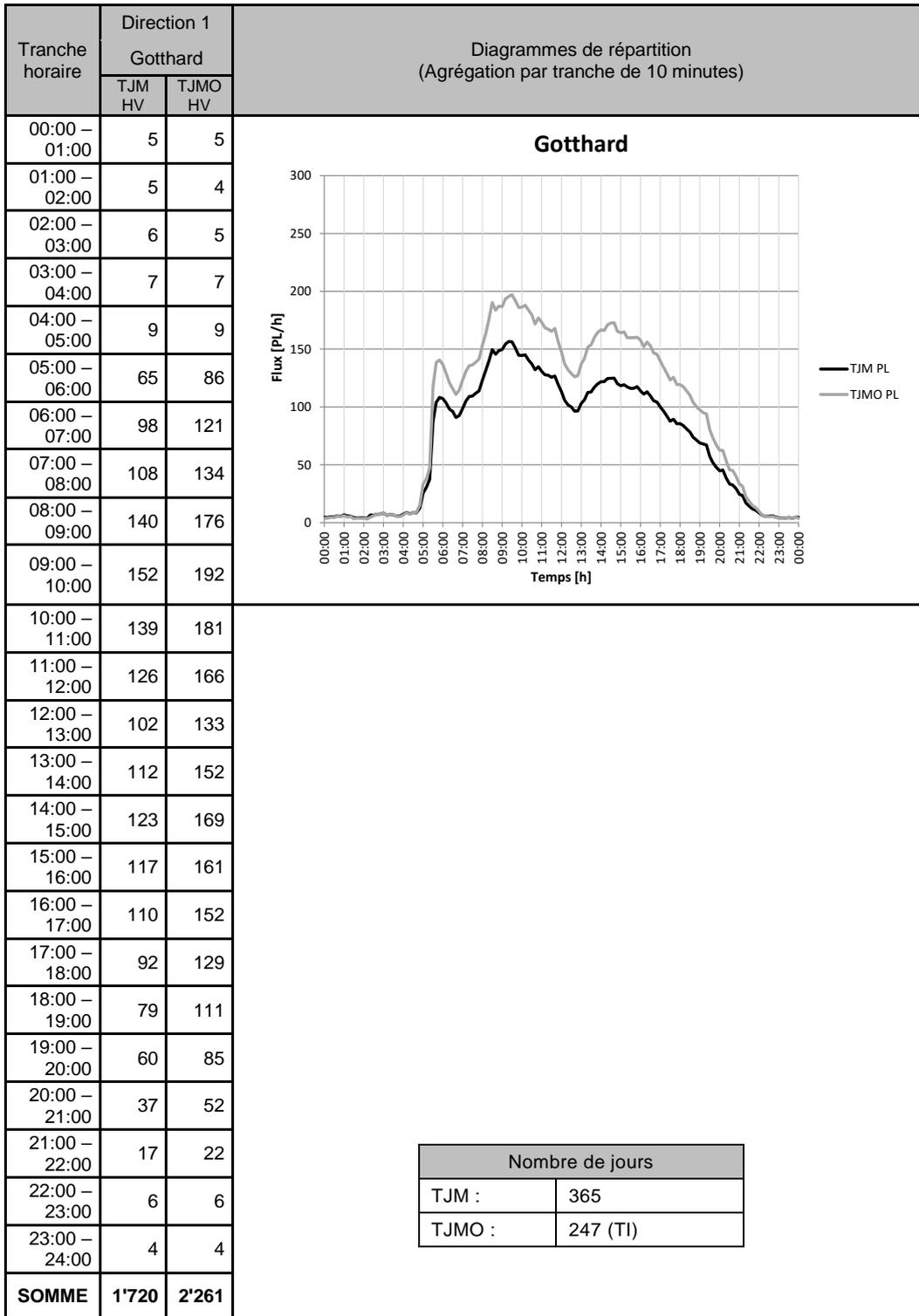
3 Traitements statistiques

3.1 Répartition horaire annuelle



Remarque : Le calcul des répartitions horaires prend en compte l'intégrité des données (jours manquants et pertes de données).

3.2 Répartition horaire annuelle HV (> 10 tonnes)

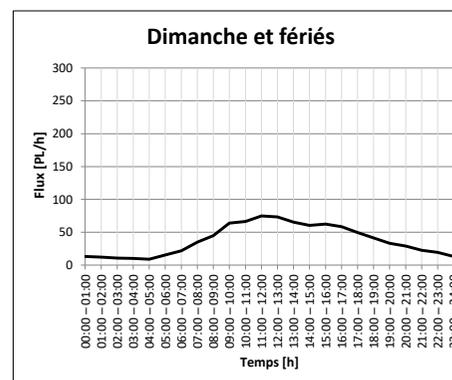
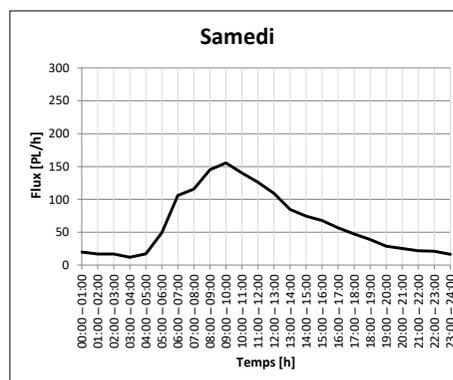
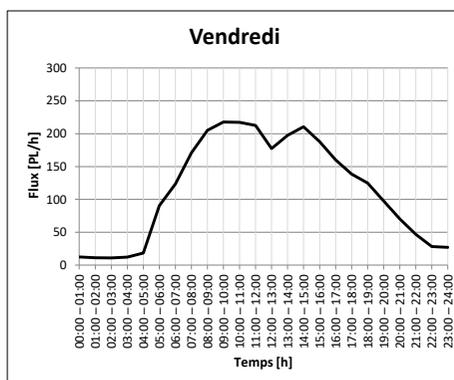
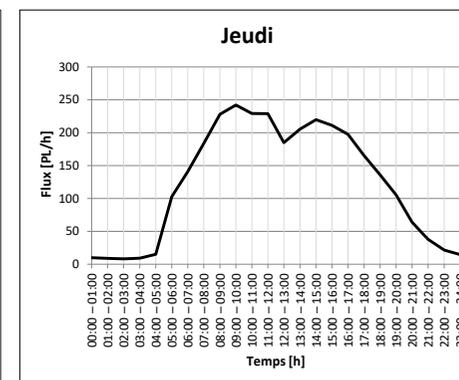
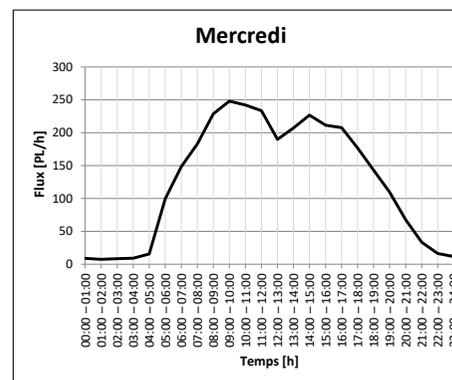
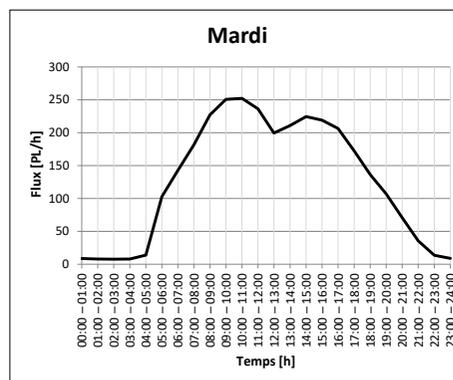
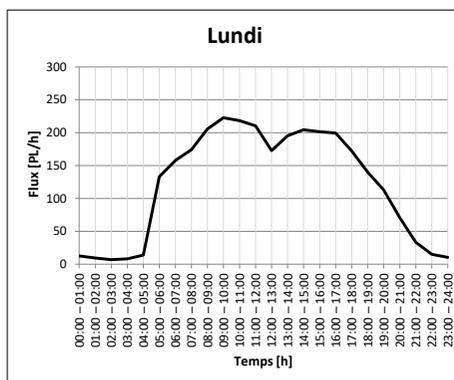


Remarque : Le calcul des répartitions horaires prend en compte l'intégrité des données (jours manquants et pertes de données).

3.3 Répartition horaire journalière

| Jours | Lundi | Mardi | Mercredi | Jeudi | Vendredi | Samedi | Dimanche et fériés |
|-------------|-------|-------|----------|-------|----------|--------|--------------------|
| Nombre (TI) | 48 | 49 | 51 | 49 | 50 | 52 | 66 |

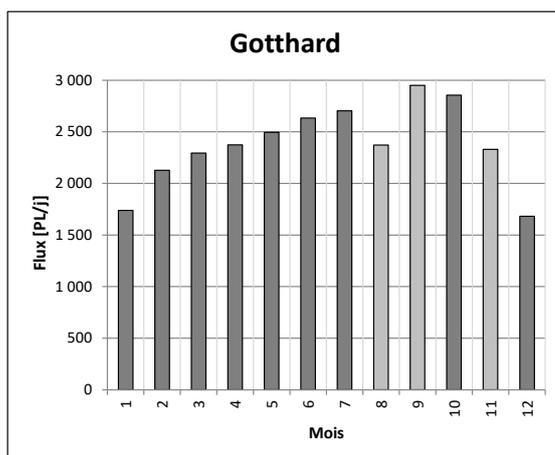
Direction 1 : Gotthard (Agrégation par heure)



3.4 Détection de véhicules

3.4.1 Par mois

| Nombre de détections par mois | |
|-------------------------------|------------------------|
| Mois | Direction 1 : Gotthard |
| Janvier | 50'821 |
| Février | 60'150 |
| Mars | 68'627 |
| Avril | 70'941 |
| Mai | 74'707 |
| Juin | 75'343 |
| Juillet | 75'726 |
| Août | 66'476 |
| Septembre | 78'660 |
| Octobre | 77'477 |
| Novembre | 66'790 |
| Décembre | 55'750 |



Remarque : Le calcul des répartitions mensuelles prend en compte l'intégrité des données (jours manquants et pertes de données). Mois d'août, septembre et novembre : valeurs de détections non estimées, valeurs journalières estimées.

3.4.2 Par nombre d'axes

| Nombre de détections par axes | | | |
|-------------------------------|------------|-------|-----------|
| Nombre d'axes | Détections | | Graphique |
| | | | |
| 2 | 250'493 | 29.0% | |
| 3 | 104'982 | 12.2% | |
| 4 | 170'208 | 19.7% | |
| 5 | 325'063 | 37.7% | |
| 6 | 8'618 | 1.0% | |
| 7 | 1'578 | 0.2% | |
| 8 | 544 | 0.1% | |
| 9 | 1'176 | 0.1% | |
| 10 | 0 | 0.0% | |
| 11 | 0 | 0.0% | |
| 12 | 0 | 0.0% | |

(8 erreurs, véhicules avec 1 seul axe)

3.4.3 Par classes SWISS10

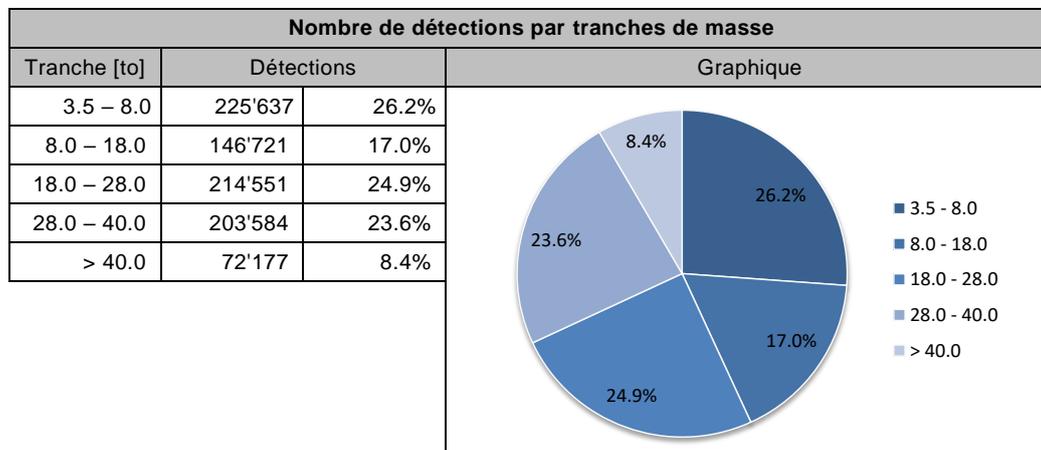
Classes de véhicules Swiss 10 [4]

| Saisie des classes selon le schéma «Swiss 10 » | Saisie pour le comptage suisse de la circulation routière (CSCR) | Saisie pour la gestion du trafic |
|--|--|--|
| 2 : Motocycle | 2 : Motocycle | 1 : Véhicules assimilables à des VT (véhicules < 3.5 t) |
| 3 : Voiture de tourisme | 3 : Voiture de tourisme | |
| 4 : Voiture de tourisme avec remorque | | |
| 5 : Voiture de livraison | 4 : Voiture de livraison | |
| 6 : Voiture de livraison avec remorque | | |
| 7 : Voiture de livraison avec galerie | | |
| 1 : Bus, car | 1 : Bus, car | 2 : Véhicules assimilables à des camions (véhicules > 3.5 t) |
| 8 : Camion | 5 : Camion | |
| 9 : Train routier | 6 : Train articulé + véhicule articulé | |
| 10 : Véhicule articulé | | |

| Nombre de détections par classes SWISS10 | | | |
|--|------------|-------|-----------|
| Classe SWISS10 | Détections | | Graphique |
| | | | |
| 1 | 53'086 | 6.2% | |
| 2 | 0 | 0.0% | |
| 3 | 40'111 | 4.6% | |
| 4 | 83'122 | 9.6% | |
| 5 | 113'732 | 13.2% | |
| 6 | 9'746 | 1.1% | |
| 7 | 28'231 | 3.3% | |
| 8 | 121'255 | 14.1% | |
| 9 | 80'639 | 9.3% | |
| 10 | 332'668 | 38.6% | |
| Grues mobiles | 80 | 0.0% | |

On constate que 284'942 enregistrements (classes 2 à 7, 31.9%) sont classifiés parmi les catégories assimilables aux véhicules légers alors que leurs enregistrements font référence à des véhicules lourds.

3.4.4 Par tranches de masse



3.4.5 Silhouettes prédominantes

Selon [6] : « Est décrite comme classe prédominante du trafic poids lourds toute silhouette dont la part se monte à plus de 1% du nombre total de poids lourds »

| Silhouettes prédominantes | | | | | |
|-------------------------------------|-------------------------------|------------|-------------------|------------|-------|
| Configuration | | Silhouette | SWISS10 | Détections | |
| S/S/Tr | 0 - - - - 0 + - - - - 000 | | 10 | 242'486 | 28.1% |
| S/S | <i>Non-cohérent</i> | | | 143'535 | 16.6% |
| S/S | 0 - - - - 0 | | 8 | 69'380 | 8.0% |
| S/S/Ta | 0 - - - - 0 + - - - - 00 | | 10 | 53'752 | 6.2% |
| S/S/Ta | <i>Non-cohérent</i> | | | 39'740 | 4.6% |
| S/S/S | <i>Non-cohérent</i> | | | 39'083 | 4.5% |
| S/S | 0 - - - - 0 | | 1 | 37'209 | 4.4% |
| Ta/Ta | <i>Non-cohérent</i> | | | 28'863 | 3.3% |
| S/S/Tr | <i>Non-cohérent</i> | | | 25'795 | 3.0% |
| S/Ta | 0 - - - - 00 | | 8 | 22'167 | 2.6% |
| S/S/Ta | 0 - - - - 0 + - - - - 00 - - | | 9 | 21'655 | 2.5% |
| S/Ta | <i>Non-cohérent</i> | | | 20'901 | 2.4% |
| S/Ta/Ta | 0 - - - - 00 + - - - - 00 - - | | 9 | 16'339 | 1.9% |
| S/S/S/S | 0 - - - - 0 + 0 - - - - 0 | | 9 | 15'775 | 1.8% |
| S/Ta/S/S | 0 - - - - 00 + 0 - - - - 0 | | 9 | 12'662 | 1.5% |
| S/Ta | 0 - - - - 00 | | 1 | 12'063 | 1.4% |
| Autres silhouettes selon SN 640 320 | | | | | |
| S/S/S/S | 0 - - - - 0 + - - - - 0 - 0 | | 10 | 6'180 | 0.7% |
| S/S/S | 0 - - - - 0 + - - 0 - - | | 10 | 5'287 | 0.6% |
| Ta/Tr | 00 - - 000 | | Non-classé (8) | 1'740 | 0.2% |
| S/S/S/Ta | 0 - - - - 0 + 0 - - - - 00 | | 9 | 799 | 0.1% |
| Ta/Ta | 00 - - - 00 | | 8 | 55 | 0.0% |

Légendes : S : essieu simple, Ta : essieu tandem, Tr : essieu tridem

4 Modèle selon norme SN 640 320

Documents de référence : [1] [2] [6] [12]

4.1 Répartition entre les voies de circulation

| Répartition entre les voies de circulation | | | | |
|--|------------------------|-------|-------|------------------------------------|
| Configuration | Direction 1 : Gotthard | | | Sur la base de : |
| | | 1 | 2 | |
| 1x3 voies | NI | 26.0% | 74.0% | Nombre de détections |
| | NI | 18.3% | 81.7% | Masse totale |
| | NI | 17.7% | 82.3% | Trafic pondéral équivalent total W |

Légende : NI : non-instrumenté

4.2 Facteurs d'équivalence par classes de véhicules

| Facteurs d'équivalence k moyen par classes de véhicules | | | | |
|---|-----------------------------------|------------|--------------------------------|------------|
| Silhouette | Chaussées souples et semi-rigides | | Chaussées rigides et combinées | |
| | Direction 1 : Gotthard | Norme 2011 | Direction 1 : Gotthard | Norme 2011 |
|  | 0.82 | 0.7 | 0.81 | 0.6 |
|  | 1.69 | 1.4 | 2.45 | 2.1 |
|  | 1.56 | 1.5 | 2.77 | 2.7 |
|  | 3.13 | 1.9 | 7.43 | 3.0 |
|  | 1.40 | 0.5 | 1.34 | 0.5 |
|  | 1.43 | 1.7 | 1.36 | 1.8 |
|  | 1.68 | 1.8 | 1.81 | 2.2 |
|  | 3.01 | 2.0 | 3.84 | 2.2 |
|  | 2.20 | 2.0 | 2.21 | 1.9 |
|  | 3.14 | 1.7 | 3.51 | 1.6 |
|  | 3.19 | 1.3 | 3.47 | 1.0 |
|  | 2.37 | 2.5 | 2.99 | 2.6 |
|  | 1.68 | 1.2 | 2.36 | 0.9 |
|  | 3.42 | 0.7 | 3.70 | 0.6 |
|  | 1.15 | 1.4 | 1.56 | 2.1 |

4.3 Facteurs d'équivalence par catégories de véhicules

| Facteurs d'équivalence k moyen par catégories de véhicules | | | | |
|--|-----------------------------------|------------|--------------------------------|------------|
| Catégorie SWISS10 | Chaussées souples et semi-rigides | | Chaussées rigides et combinées | |
| | Direction 1 : Gotthard | Norme 2011 | Direction 1 : Gotthard | Norme 2011 |
| 1 : Bus, car | 2.82 | 2.3 | 3.13 | 2.3 |
| 8 : Camion | 1.04 | 0.9 | 1.23 | 1.0 |
| 9 : Train routier | 2.38 | 1.9 | 2.79 | 2.0 |
| 10 : Véhicule articulé | 2.72 | 1.7 | 3.40 | 2.0 |

4.4 Facteur d'équivalence moyen

| Facteurs d'équivalence k moyen pour le type de route / Part sur échantillon de données | | | | |
|--|-----------------------------------|------------|--------------------------------|------------|
| Données | Chaussées souples et semi-rigides | | Chaussées rigides et combinées | |
| | Direction 1 : Gotthard | Norme 2011 | Direction 1 : Gotthard | Norme 2011 |
| Silhouettes (2-6 axes) | 1.94 | 1.6 | 2.49 | 1.7 |
| | 99.1% | | 99.1% | |
| Catégories | 2.29 | | 2.91 | |
| | 62.1% | | 62.1% | |
| Classes | 2.40 | | 2.93 | |
| | 60.6% | | 60.6% | |

4.5 Classe de trafic pondéral équivalent actuelle selon SN 640 324

Chaussées souples et semi-rigides

Direction 1 : Gotthard

$$TF_0 = \frac{862'662 \text{ PL}}{362.7 \text{ jours}} \cdot 1.94 \cdot 82.3\% = 3'798 \text{ ESAL/jour} \rightarrow \text{Trafic de classe T6 : Extr. lourd}$$

Chaussées rigides et combinées

Direction 1 : Gotthard

$$TF_0 = \frac{862'662 \text{ PL}}{362.7 \text{ jours}} \cdot 2.49 \cdot 82.3\% = 4'878 \text{ ESAL/jour} \rightarrow \text{Trafic de classe T6 : Extr. lourd}$$

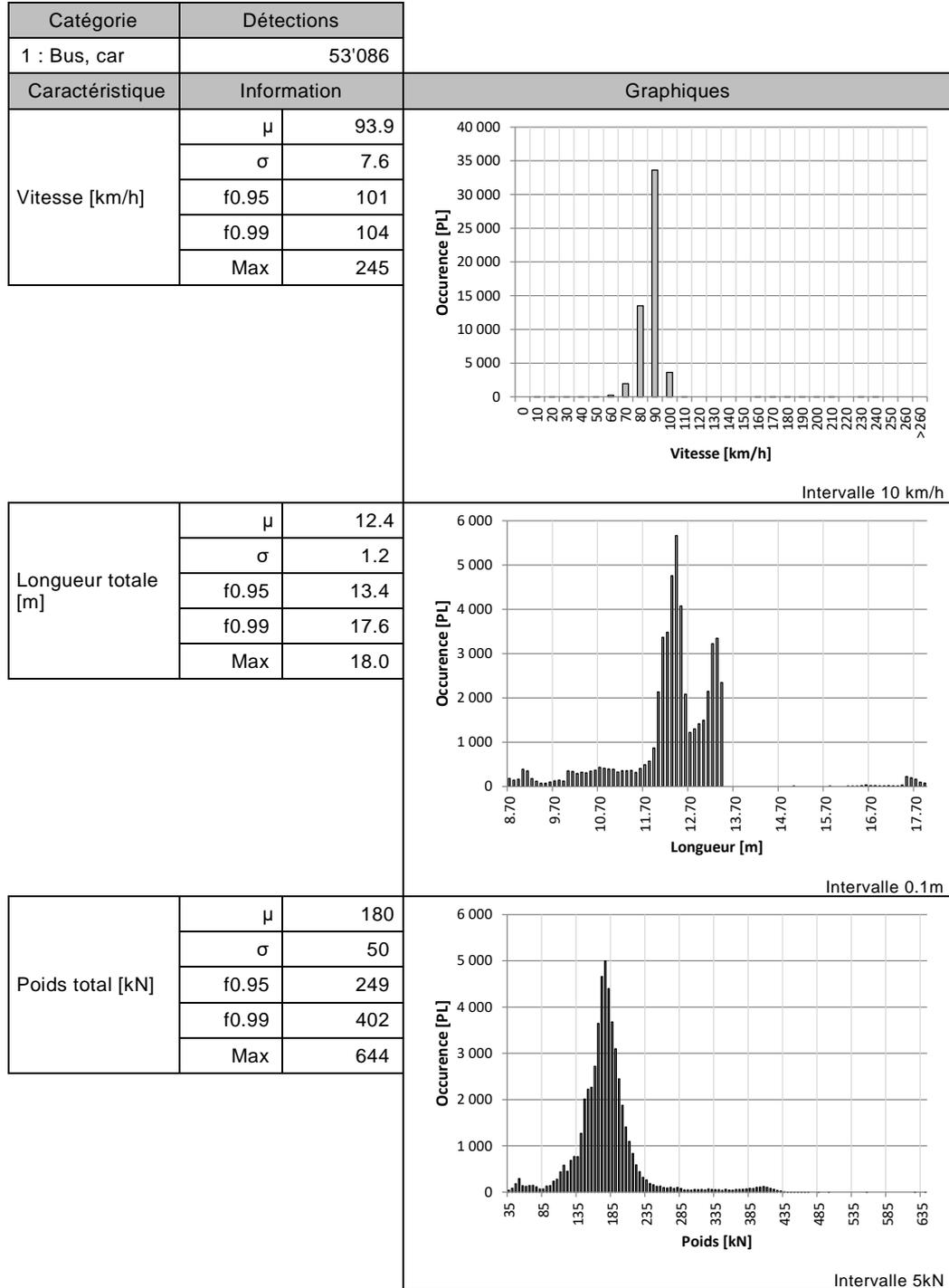
4.6 Tendence pour l'estimation du taux d'accroissement annuel

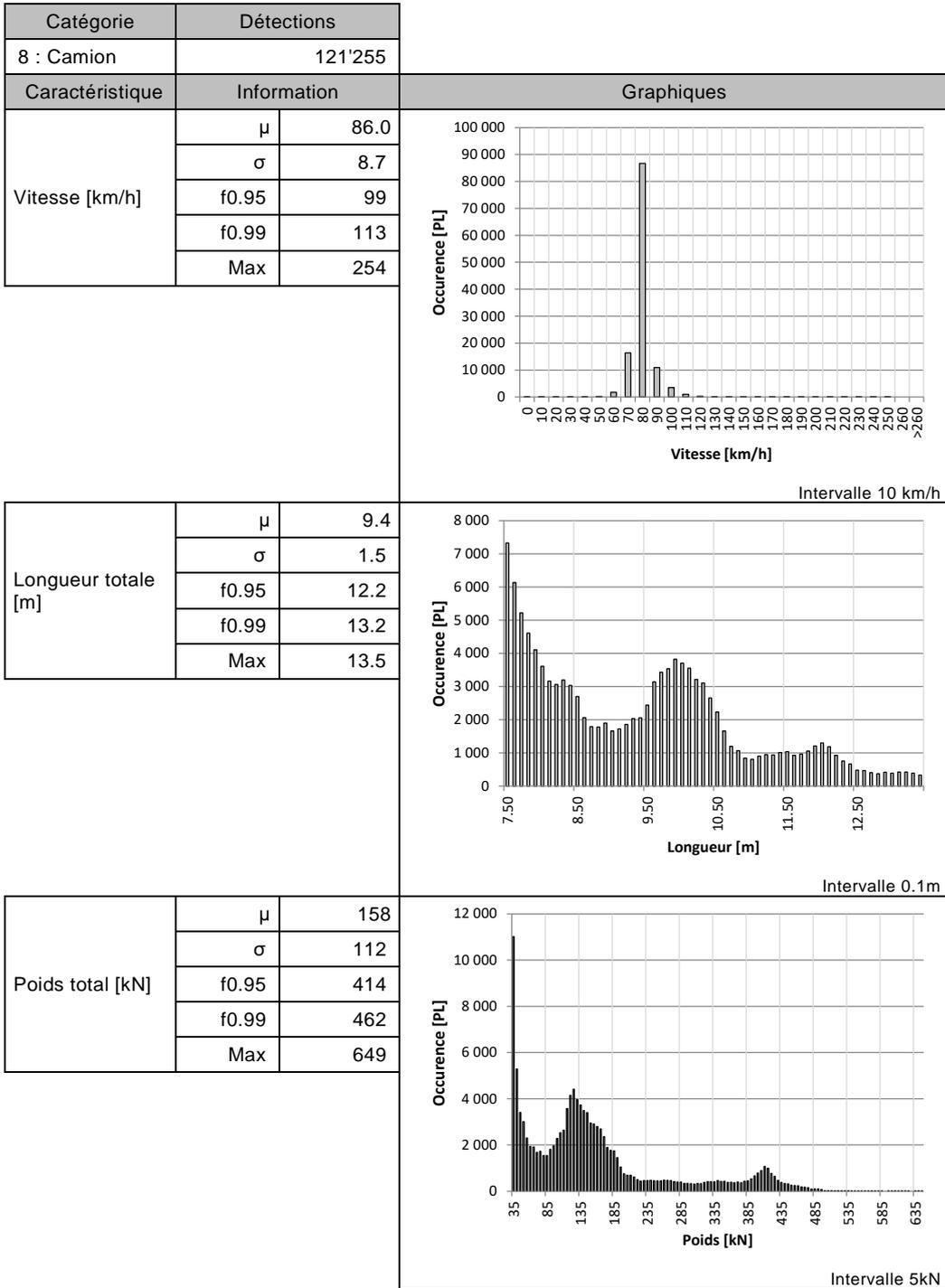
| Tendance pour l'estimation du taux d'accroissement annuel | |
|---|------------------------------------|
| Direction 1 : Gotthard | Sur la base de : |
| +1.7% | Nombre de détections |
| +0.6% | Masse totale |
| +1.3% | Trafic pondéral équivalent total W |

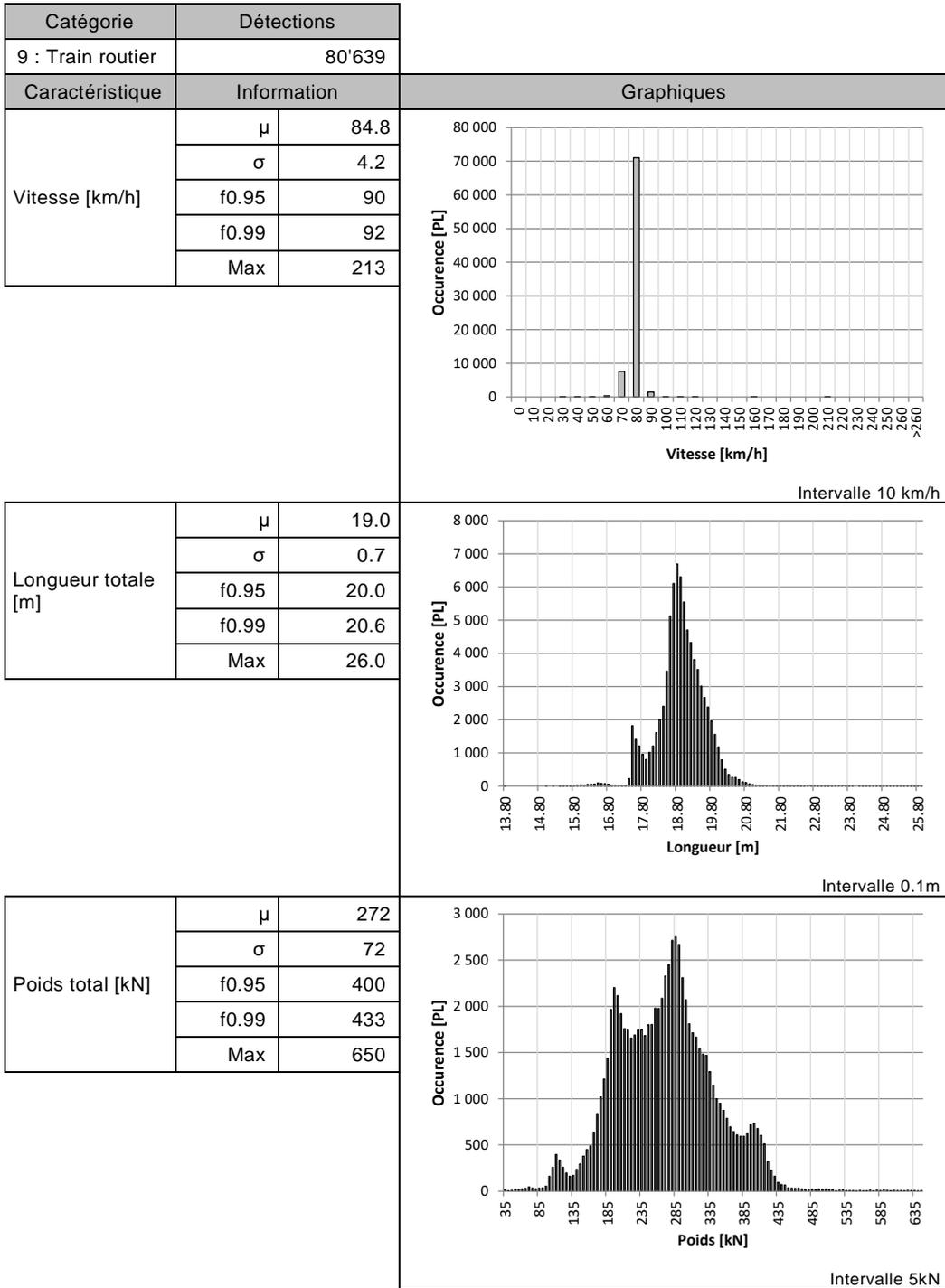
Cette section est déterminée sur la base des rapports annuels 2014 à 2017.

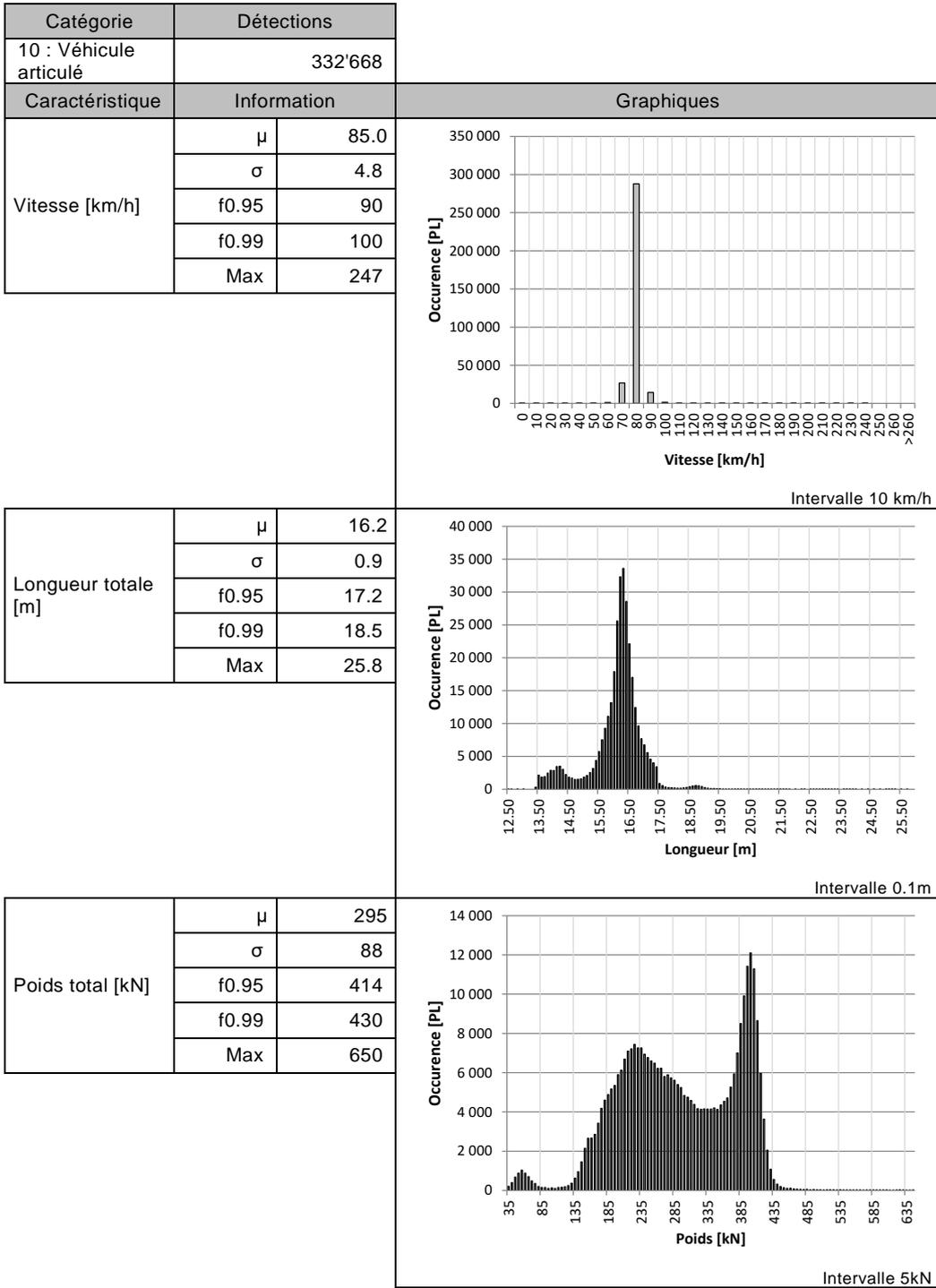
5 Caractéristiques des poids lourds

5.1 Caractéristiques des catégories de poids lourds



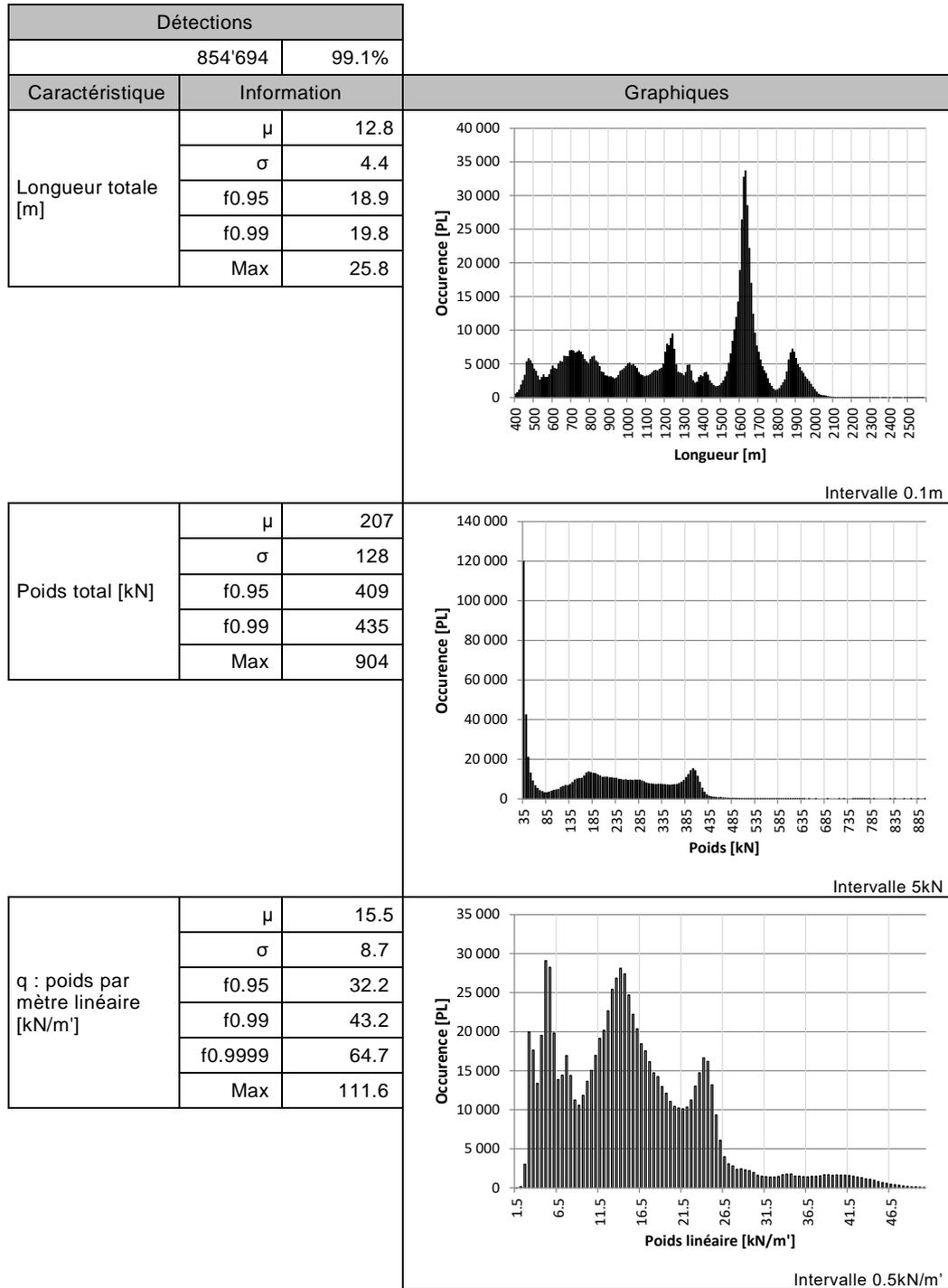


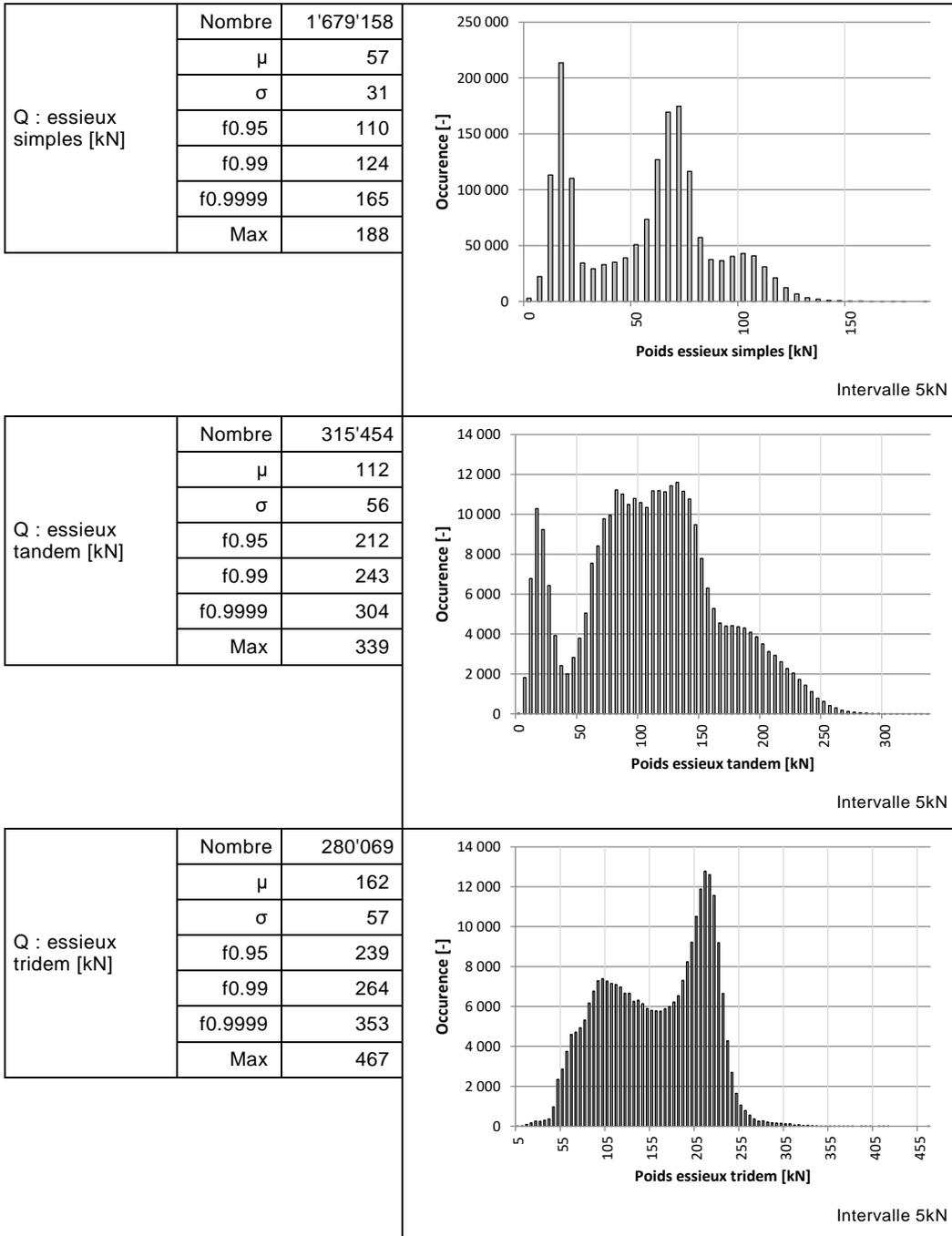




5.2 Caractéristiques globales de l'échantillon

Sur la base des silhouettes de 2 à 6 axes détectées.



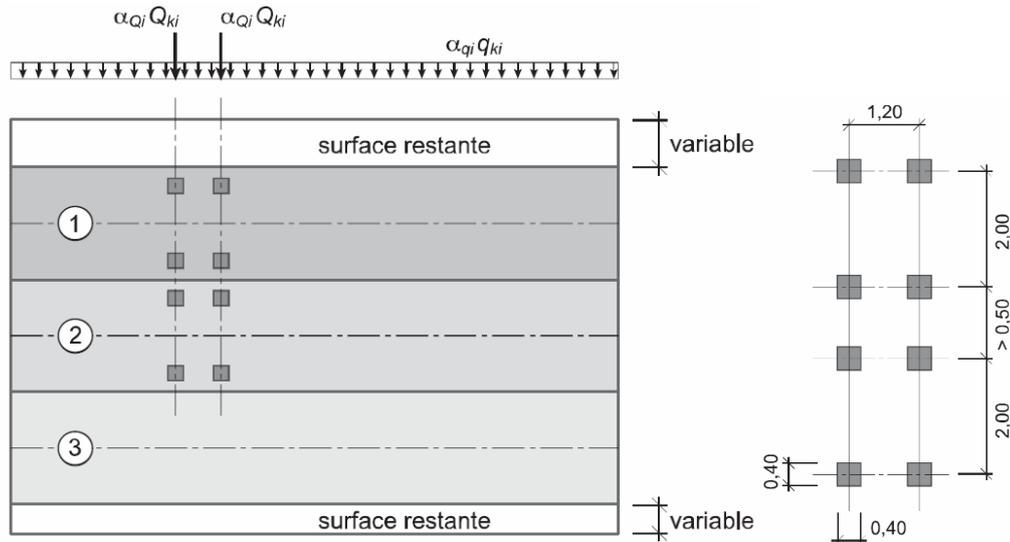


6 Modèle selon norme SIA 261

Document de référence : [3]

Les données considérées sont celles des silhouettes détectées de 2 à 6 axes, soit 99.1% de l'échantillon total.

6.1 Modèle de charge 1 selon SIA 261



- ① voie de circulation fictive $Q_{k1} = 300 \text{ kN}$ $q_{k1} = 9,0 \text{ kN/m}^2$
- ② voie de circulation fictive $Q_{k2} = 200 \text{ kN}$ $q_{k2} = 2,5 \text{ kN/m}^2$
- ③ voie de circulation fictive $q_{k3} = 2,5 \text{ kN/m}^2$
- surface restante $q_{kr} = 2,5 \text{ kN/m}^2$

6.1.1 Charge concentrée Q

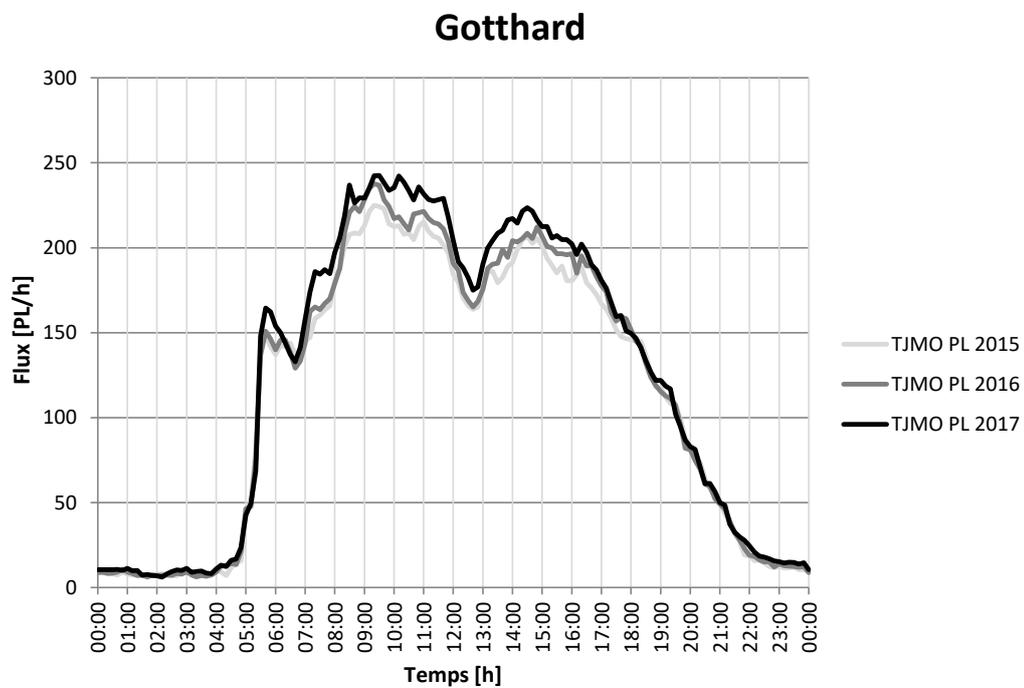
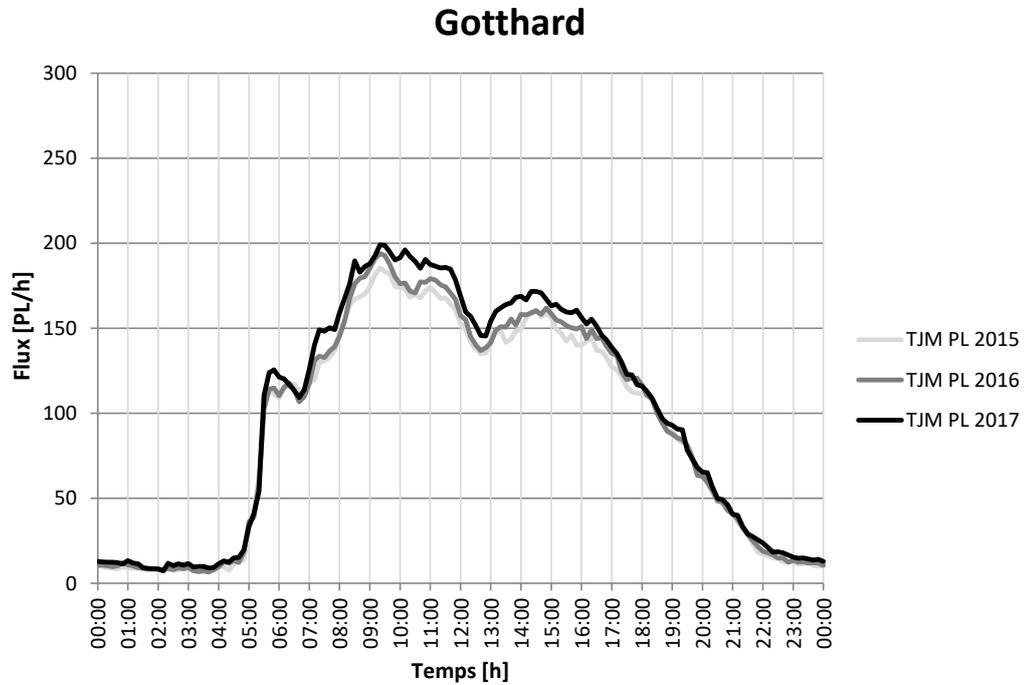
| Charge concentrée Q | | | | | |
|---------------------|------------------|--------------------------|----------------------|----------------------|------------------------|
| Type d'essieu | Charge moy. [kN] | Charge moy. par axe [kN] | f0.95 [kN] (par axe) | f0.99 [kN] (par axe) | f0.9999 [kN] (par axe) |
| Simple | 57 | 57 | 110 | 124 | 165 |
| Tandem | 112 | 56 | 212 (106) | 243 (121) | 304 (152) |
| Tridem | 162 | 54 | 239 (80) | 264 (88) | 353 (118) |

6.1.2 Charge répartie q

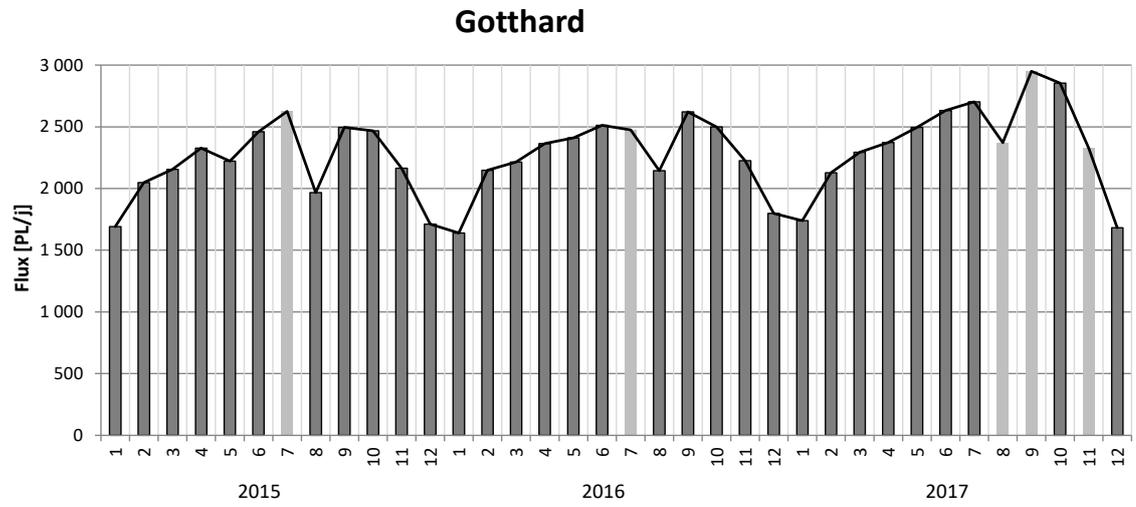
| Charge répartie q | | | | |
|---|-------------|-------|-------|---------|
| Caractéristique | Charge moy. | f0.95 | f0.99 | f0.9999 |
| Poids par mètre linéaire [kN/m'] | 15.5 | 32.2 | 43.2 | 64.7 |
| Poids par surface (largeur 3 m) [kN/m²] | 5.2 | 10.7 | 14.4 | 21.6 |

7 Tendances

7.1 Evolution de la répartition horaire annuelle



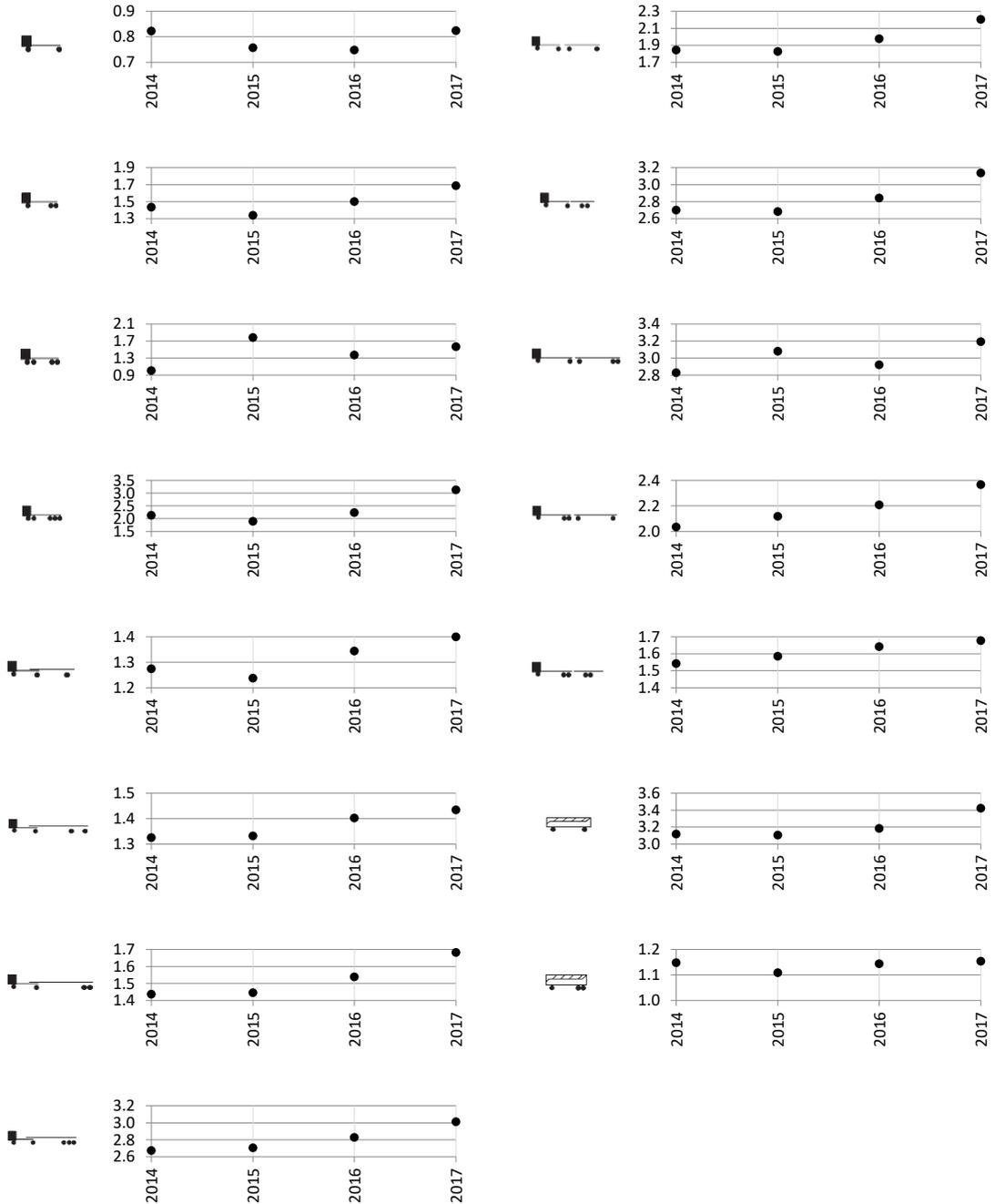
7.2 Evolution de la détection par mois



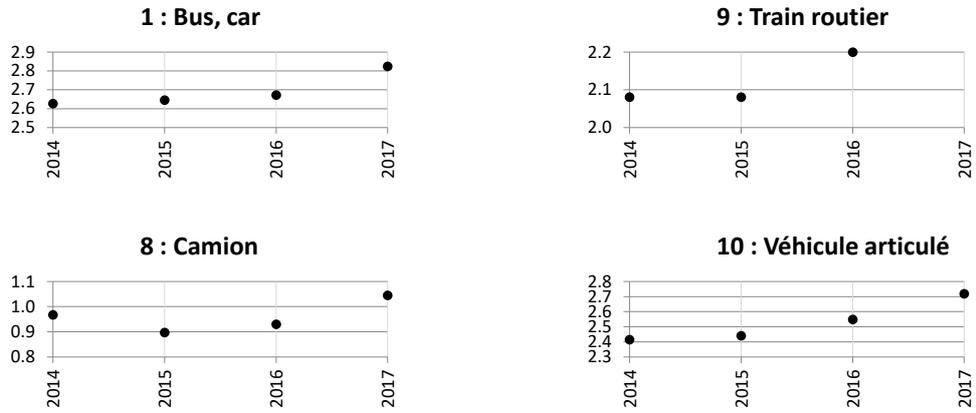
7.3 Evolution du modèle de la norme SN 640 320

Sont considérées dans ce chapitre uniquement les chaussées souples et semi-rigides.

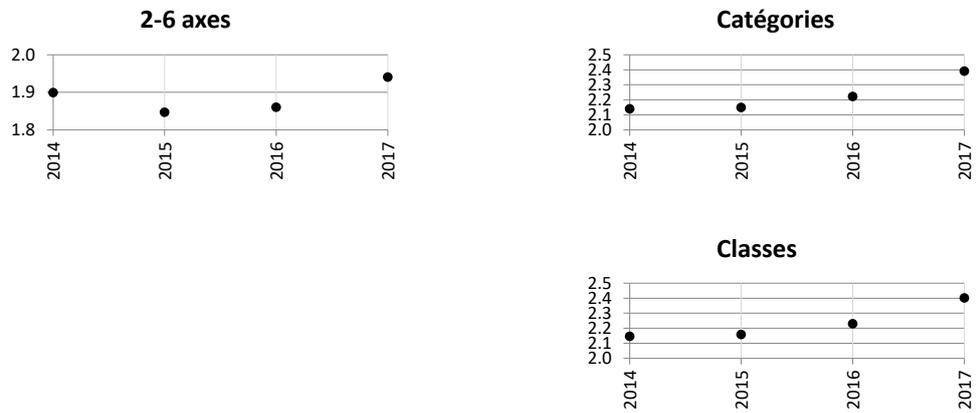
7.3.1 Evolution des facteurs d'équivalence par classes de véhicules



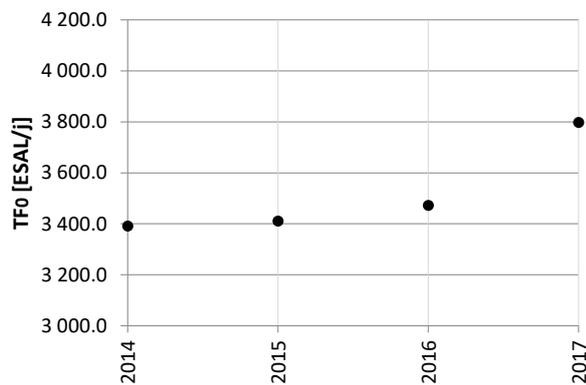
7.3.2 Evolution des facteurs d'équivalence par catégories de véhicules



7.3.3 Evolution du facteur d'équivalence moyen

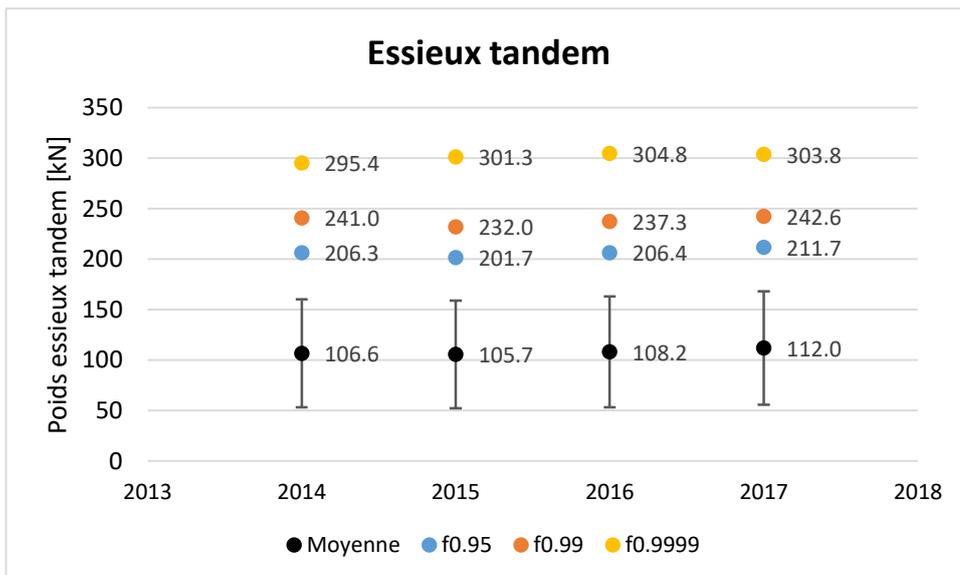
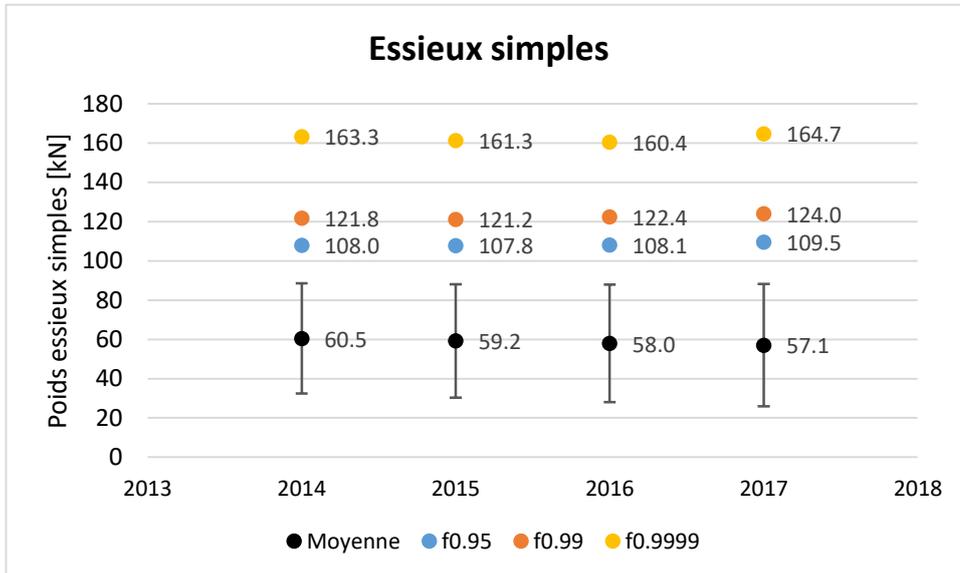


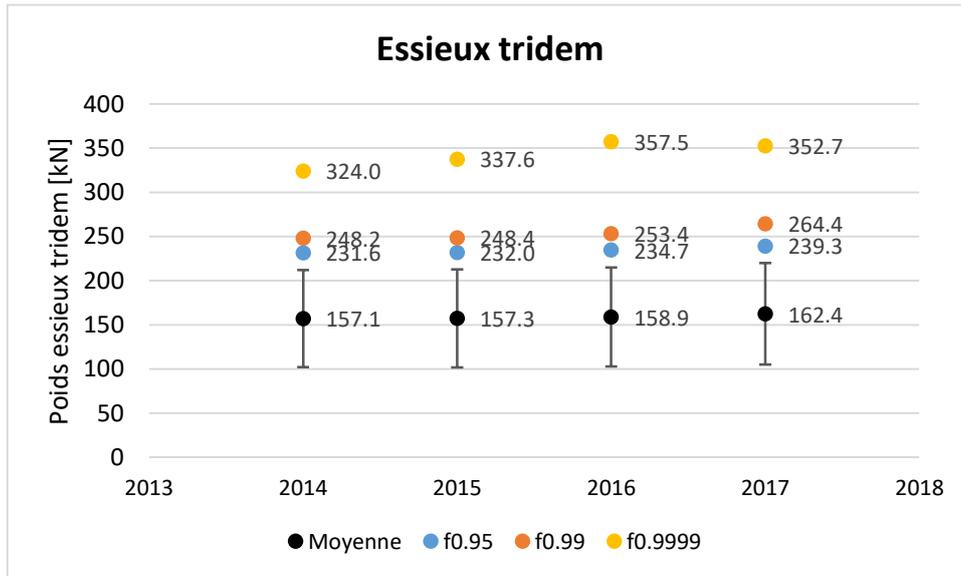
7.3.4 Evolution du trafic pondéral équivalent journalier



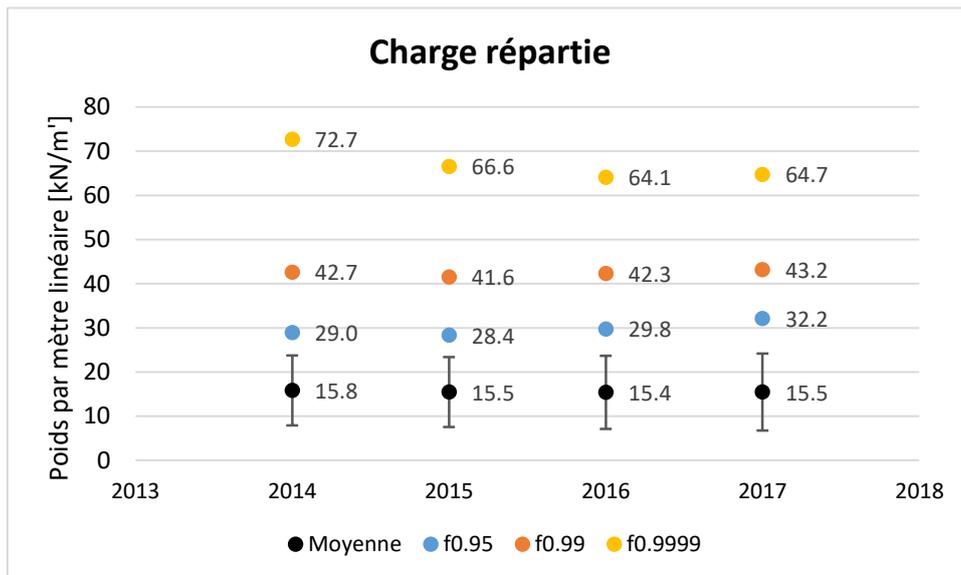
7.4 Evolution du modèle de la norme SIA 261

7.4.1 Evolution des quantiles de la charge concentrée Q





7.4.2 Evolution des quantiles de la charge répartie q



8 Niveau de confiance

Documents de référence : [4] [6]

| Niveaux de confiance selon [6], valeurs absolues | | |
|--|------------------------------------|--|
| Niveau de confiance | Variation maximale sur les charges | Variation sur les facteurs d'équivalence |
| Très bon | 0.8% | 3% |
| Bon | 2.0% | 8% |
| Satisfaisant | 3.2% | 13% |
| Mauvais | > 3.2% | > 13% |

| Niveau de confiance | | |
|---|---|--------------|
| Propriétés | Commentaire | Code couleur |
| Date de la dernière calibration : | Direction Gotthard : 21.09.2016 (uniquement voie 2) | |
| Facteurs de corrections relevés : | Direction Gotthard : -2.37% | |
| Application du facteur de correction : | Direction Gotthard : Non | |
| Niveau de confiance à la calibration : | Direction Gotthard : Satisfaisant | |
| Données pouvant être utilisées pour référence : | Direction Gotthard : - | |
| Constations sur la base du traitement des données WIM | | |
| Pertes de données : | ~ 3 jours | |
| Exclusions : | 0.84% | |
| Cohérence globale des valeurs : | En ordre | |
| Cohérence des tendances de la station : | En ordre | |
| Classification SWISS10, VT \geq 3.5 to : | 31.9% | |
| Silhouettes incohérentes : | 37.5% dont 36.3% potentiellement dus à la classification SWISS10 1.2% d'autres incohérences | |
| Propositions | | |
| La confiance dans les données est satisfaisante. | | |
| La précision de la classification SWISS10 ne semble pas suffisante. Une vérification selon les valeurs de précision requises dans [4] est conseillée. | | |

| Légendes des codes couleurs | | |
|-----------------------------|-------------|----------------------|
| Code couleur | Légendes | |
| | Calibration | Données et cohérence |
| | 1 an | Très bon |
| | 2-3 ans | Bon |
| | 4-5 ans | Satisfaisant |
| | > 5 ans | Mauvais |

Bibliographie

Normes

- [1] Association suisse des professionnels de la route et des transports VSS (Août 2011), « **Dimensionnement de la structure des chaussées – Trafic pondéral équivalent** », SN 640 320.
- [2] Association suisse des professionnels de la route et des transports VSS (Août 2011), « **Dimensionnement de la structure des chaussées – Sol de fondation et chaussée** », SN 640 324.
- [3] Société suisse des ingénieurs et architectes SIA (2014), « **Actions sur les structures porteuses** », norme SIA 261:2014.

Directives

- [4] Office fédéral des routes OFROU (2009), « **Postes de comptage du trafic** », directive ASTRA 13012, édition 2009 V1.05.

Documentation

- [5] M.-A. Fénart, Prof. A.-G. Dumont (LAVOC-EPFL), L. D'Angelo, Prof. A. Nussbamer (ICOM-EPFL) (2017) « **Simulations de trafic intégrant la détermination d'indices de performance structurale. Partie 1 : Trafic** », Office fédéral des routes OFROU, *Projet de recherche AGB 2010/003, Rapport n° 685*.
 - [6] M.-A. Fénart, M. Ould-Henia, M. Delaby (2017) « **Actualisation des facteurs d'équivalence de la norme SN640320** », Office fédéral des routes OFROU, *Projet de recherche VSS 2015/411, Rapport n° 1606*.
 - [7] M.-A. Fénart (2013) « **Modélisations de trafic – Denges (VD) – Ceneri (TI)** », *Technical report EPFL dans le cadre du projet de recherche AGB 2011/003 « Aktualisierte Bremskräfte zur Überprüfung von Strassenbrücken »*, LAVOC – EPFL.
 - [8] Bressi S., Fürbringer J.-M., Fénart M.-A., Dumont A.-G. (LAVOC / SB-SPH, EPFL) (2014) « **Global Sensitivity Analysis and Monte Carlo Analysis of Swiss design method applied to flexible pavements** », *Conférence EATA 2015*, Stockholm, Suède.
 - [9] J. Martins, M.-A. Fénart, G. Feltrin, A.-G. Dumont, K. Beyer (2015) « **Defining a braking probability to estimate extreme braking forces on road bridges** », *Conférence ICASP12 2015*, Vancouver, Canada.
 - [10] J. Martins, M.-A. Fénart, G. Feltrin, A.-G. Dumont, K. Beyer (2014) « **Deriving a load model for braking forces on road bridges: Comparison between a deterministic and a probabilistic approach** », *Istanbul Bridge Conference*, Istanbul, Turquie.
 - [11] L. D'Angelo, Prof. A. Nussbaumer, M.-A. Fénart, Prof. A.-G. Dumont (2013) « **Fatigue life assessment of existing motorway bridge** », *SEMC 2013*, Afrique du Sud.
 - [12] AASHTO (1986 - 1998), « **AASHTO Guide for Design of Pavement Structures** », American Association of State Highway and Transportation Officials.
-