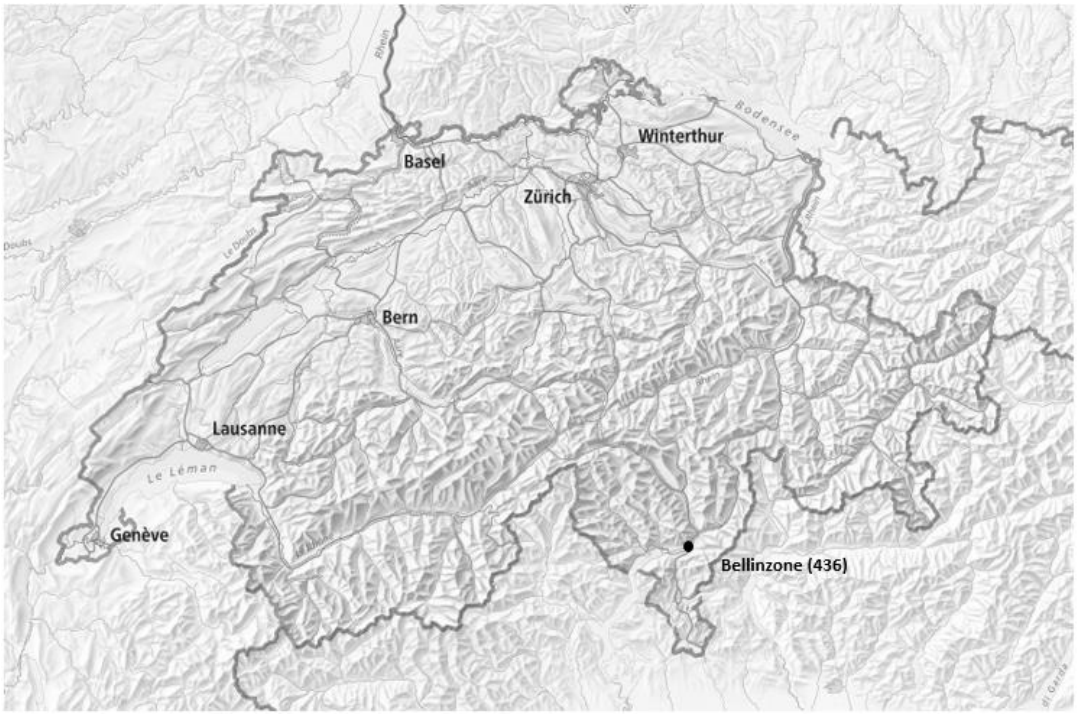
Schweizerische Eidgenossenschaft
Confédération suisse
Confederazione Svizzera
Confederaziun svizra

Eidgenössisches Departement für Umwelt, Verkehr, Energie und Kommunikation UVEK
Département fédéral de l'environnement, des transports, de l'énergie et de la communication DETEC
Dipartimento federale dell'ambiente, dei trasporti, dell'energia e delle comunicazioni DATEC

Bundesamt für Strassen
Office fédéral des routes
Ufficio federale delle Strade

Bellinzone - 2016

Evaluation et traitement des données WIM



Ittigen, 30.11.2017

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
Monitorage du trafic

Document

Document WIM_2016_436
Version 1
Créé le 30.11.2017 – 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

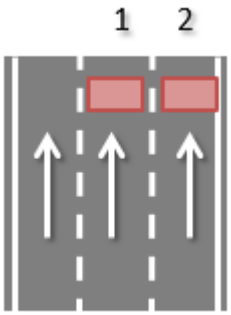
7 Tendances **21**
7.1 Evolution de la répartition horaire annuelle 21
7.2 Evolution de la détection par mois 22
7.3 Evolution du modèle de la norme SN 640 320 23
7.3.1 Evolution des facteurs d'équivalence par classes de véhicules 23
7.3.2 Evolution des facteurs d'équivalence par catégories de véhicules 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	
Perte potentielle de données	06.03.2016 – 08 : 43 à 09 : 08 14.07.2016 – 07 : 41 à 18 : 39 26.08.2016 – 10 : 00 à 10 : 23 19.10.2016 – 09 : 35 à 10 : 20
Evènements particuliers	
Décisions	
Concaténation	
Nom de fichiers :	2016_436_concat.log
Nombre d'enregistrements :	6'977'002
Nombre de jours effectifs :	365.5

2 Intégrité des données

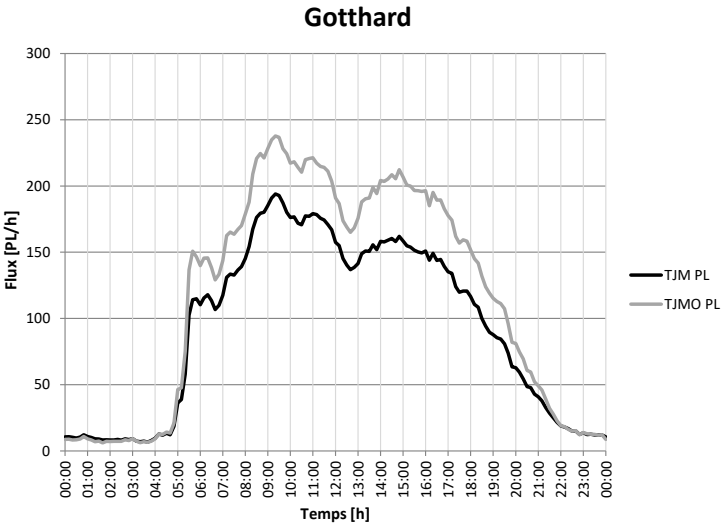
Documents de référence : [5] [6] [7] [8] [9] [10] [11]

Filtre des données (démarche pas à pas)	
1)	Véhicules de moins de 3.5 tonnes (6'148'001 enregistrements).
2)	829'001 enregistrements direction D1.
3)	Longueur totale nulle (0 enregistrements).
4)	Longueur totale supérieure à 26.00m (219 enregistrements).
5)	Poids nul sur un des axes (0 enregistrements).
6)	Entraxe inférieur à 60cm (3'649 enregistrements).
7)	Poids total supérieur à 65 tonnes (1'224 enregistrements, hors grues mobiles).
8)	Poids sur un axe supérieur à 18 tonnes (285 enregistrements, hors grues mobiles).
9)	Longueur totale inférieure à 4.00m (2'156 enregistrements).
Décisions	
1)	Exclusion (2016_436_u3500.log).
2)	-
3)	-
4)	Exclusion.
5)	-
6)	Exclusion.
7)	Exclusion.
8)	Exclusion.
9)	Exclusion.
Fichiers	
Nom de fichier de traitement statistique :	2016_436.log
Nombre d'enregistrements :	821'468
Nom de fichier d'exclusions :	2016_436_exclus.log
Nombre d'enregistrements :	7'533

Sur un total de 6'977'002 enregistrements, 6'148'001 ont été séparés en raison de leur appartenance aux véhicules légers (< 3.5 tonnes) et 7'533 enregistrements (0.91%) ont été exclus du jeu de données de base en raison d'incohérences potentielles de données.

3 Traitements statistiques

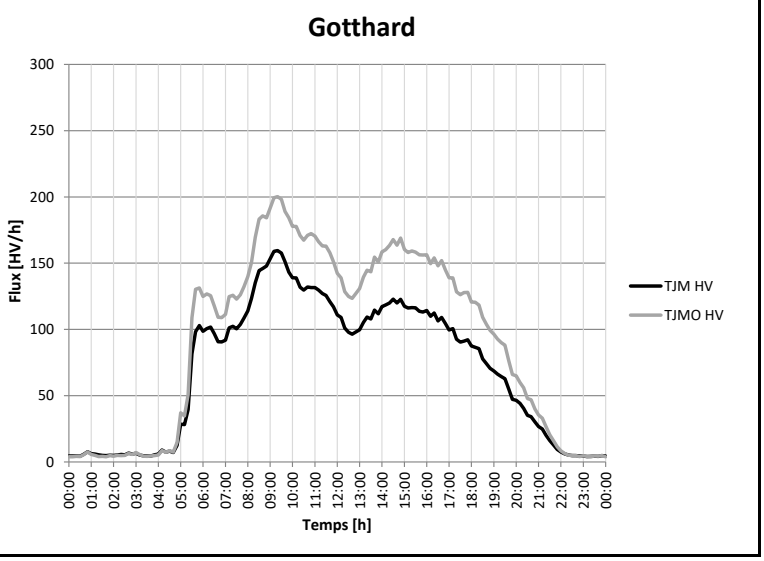
3.1 Répartition horaire annuelle

Tranche horaire	Direction 1 Gotthard		Diagrammes de répartition (Agrégation par tranche de 10 minutes)
	TJM PL	TJMO PL	
00:00 – 01:00	11	9	
01:00 – 02:00	9	8	
02:00 – 03:00	8	7	
03:00 – 04:00	8	7	
04:00 – 05:00	13	14	
05:00 – 06:00	77	101	
06:00 – 07:00	112	139	
07:00 – 08:00	132	162	
08:00 – 09:00	167	207	
09:00 – 10:00	188	232	
10:00 – 11:00	175	217	
11:00 – 12:00	174	214	
12:00 – 13:00	146	176	
13:00 – 14:00	150	190	
14:00 – 15:00	159	207	
15:00 – 16:00	153	199	
16:00 – 17:00	145	190	
17:00 – 18:00	126	165	
18:00 – 19:00	103	136	
19:00 – 20:00	79	104	
20:00 – 21:00	53	66	
21:00 – 22:00	31	36	
22:00 – 23:00	16	16	
23:00 – 24:00	12	13	
SOMME	**2'249**	**2'812**	

Nombre de jours	
TJM :	366
TJMO :	249 (TI)

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)

Tranche horaire	Direction 1 Gotthard		Diagrammes de répartition (Agrégation par tranche de 10 minutes)
	TJM HV	TJMO HV	
00:00 – 01:00	5	5	
01:00 – 02:00	5	5	
02:00 – 03:00	6	5	
03:00 – 04:00	5	5	
04:00 – 05:00	8	9	
05:00 – 06:00	63	82	
06:00 – 07:00	97	119	
07:00 – 08:00	101	124	
08:00 – 09:00	135	169	
09:00 – 10:00	154	194	
10:00 – 11:00	134	173	
11:00 – 12:00	125	162	
12:00 – 13:00	102	131	
13:00 – 14:00	108	144	
14:00 – 15:00	120	164	
15:00 – 16:00	116	158	
16:00 – 17:00	109	151	
17:00 – 18:00	94	131	
18:00 – 19:00	80	112	
19:00 – 20:00	61	85	
20:00 – 21:00	38	53	
21:00 – 22:00	18	24	
22:00 – 23:00	5	6	
23:00 – 24:00	4	4	
SOMME	**1'697**	**2'213**	

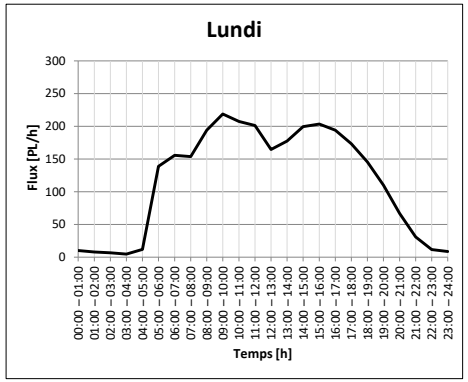
Nombre de jours	
TJM :	366
TJMO :	249 (TI)

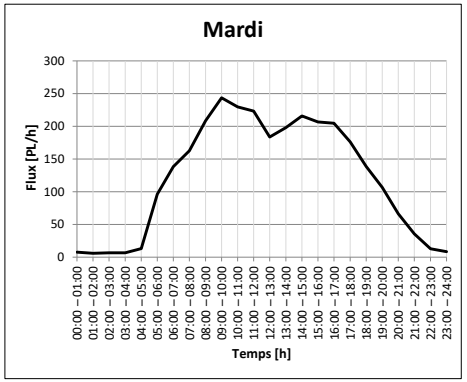
Remarque : Le calcul des répartitions horaires prend en compte l'intégrité des données (jours manquants et pertes de données).

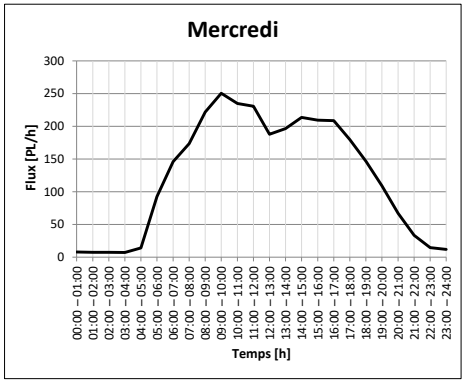
3.3 Répartition horaire journalière

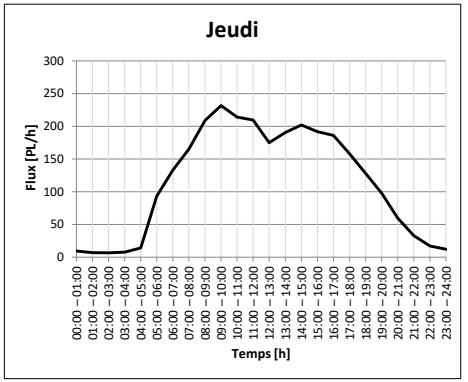
Jours	Lundi	Mardi	Mercredi	Jeudi	Vendredi	Samedi	Dimanche et fériés
Nombre (TI)	47	51	50	49	52	52	65

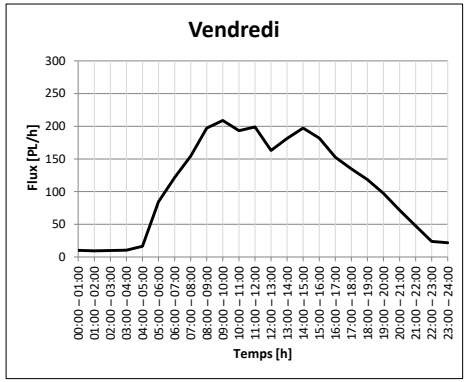
Direction 1 : Gotthard *(Agrégation par heure)*

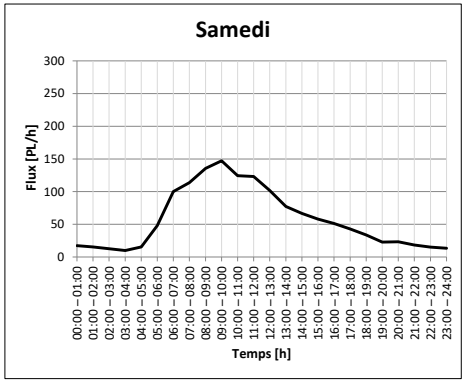


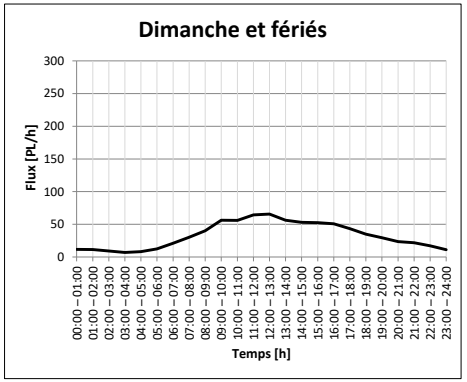








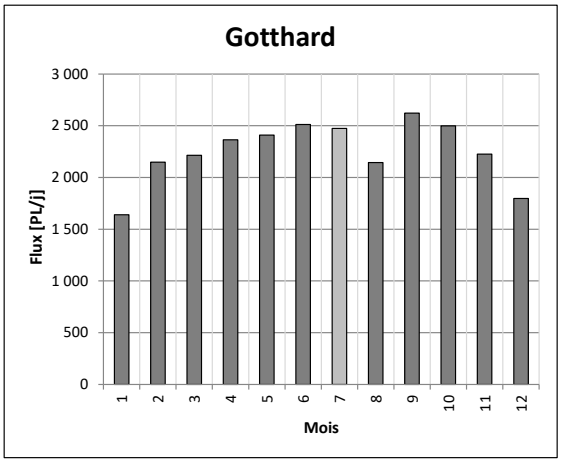




3.4 Détection de véhicules

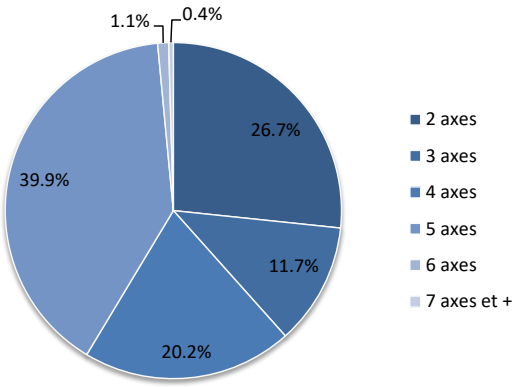
3.4.1 Par mois

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 de juillet : valeurs de détections non estimées, valeurs journalières estimées.

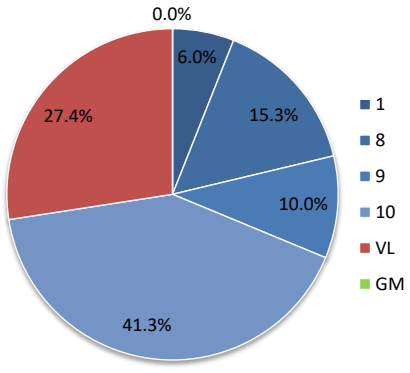
3.4.2 Par nombre d'axes

Nombre de détections par axes			
Nombre d'axes	Détections		Graphique
2	218'978	26.7%	
3	96'404	11.7%	
4	166'108	20.2%	
5	327'666	39.9%	
6	8'647	1.1%	
7	1'757	0.2%	
8	630	0.1%	
9	1'278	0.2%	
10	0	0.0%	
11	0	0.0%	
12	0	0.0%	

3.4.3 Par classes SWISS10

Classes de véhicules Swiss 10 [4]

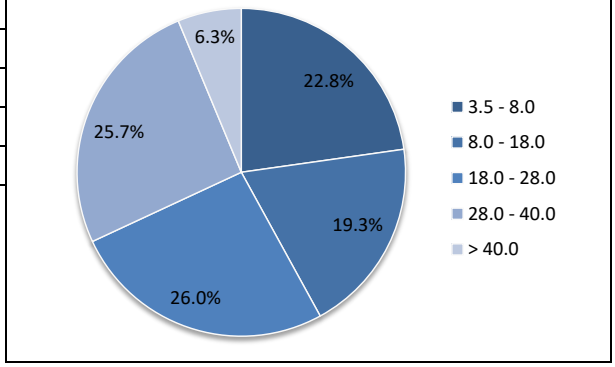
Saisie des classes selon le schéma «Swiss 10 »	Saisie pour le comptage suisse de la circulation routière (CSCR)	Saisie pour la gestion du trafic
2 : Motocycle	2 : Motocycle	1 : Véhicules assimilables à des VT (véhicules < 3.5 t)
3 : Voiture de tourisme	3 : Voiture de tourisme	
4 : Voiture de tourisme 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	49'362	6.0%	
2	0	0.0%	
3	29'483	3.5%	
4	67'839	8.3%	
5	90'877	11.1%	
6	9'174	1.1%	
7	29'030	3.5%	
8	125'341	15.3%	
9	81'967	10.0%	
10	339'343	41.3%	
Grues mobiles	52	0.0%	

On constate que 225'403 enregistrements (classes 2 à 7, 27.4%) 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

Nombre de détections par tranches de masse			
Tranche [to]	Détections		Graphique
3.5 – 8.0	186'922	22.8%	
8.0 – 18.0	158'275	19.3%	
18.0 – 28.0	213'994	26.0%	
28.0 – 40.0	210'975	25.7%	
> 40.0	51'512	6.3%	



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	249'153	30.3%
S/S	*Non-cohérent*			108'530	13.2%
S/S	0 - - - - - 0		8	73'666	9.0%
S/S/Ta	0 - - - - - 0 + - - - - 00		10	54'400	6.6%
S/S/Ta	*Non-cohérent*			36'230	4.4%
S/S	0 - - - - - 0		1	36'229	4.4%
S/S/S	*Non-cohérent*			32'453	4.0%
Ta/Ta	*Non-cohérent*			27'711	3.4%
S/Ta	0 - - - - - 00		8	22'239	2.7%
S/S/Ta	0 - - - - - 0 + - - - 00 - -		9	20'518	2.5%
S/S/Tr	*Non-cohérent*			20'351	2.5%
S/Ta	*Non-cohérent*			19'988	2.4%
S/S/S/S	0 - - - - - 0 + 0 - - - - - - 0		9	17'092	2.1%
S/Ta/Ta	0 - - - - 00 + - - - 00 - -		9	16'477	2.0%
S/Ta/S/S	0 - - - - 00 + 0 - - - - - 0		9	13'480	1.6%
S/Ta	0 - - - - - 00		1	11'193	1.4%
Autres silhouettes selon SN 640 320					
S/S/S/S	0 - - - - - 0 + - - - - 0 - 0		10	6'240	0.8%
S/S/S	0 - - - - - 0 + - - 0 - -		10	5'593	0.7%
Ta/Tr	00 - - 000		Non-classé (8)	1'391	0.2%
S/S/S/Ta	0 - - - - - 0 + 0 - - - - 00		9	958	0.1%
Ta/Ta	00 - - - 00		8	35	0.0%

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

4 Modèle selon norme SN 640 320

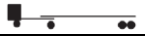
Documents de référence : [1] [2] [6] [12]

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	25.2%	74.8%	Nombre de détections
	NI	17.8%	82.2%	Masse totale
	NI	17.1%	82.9%	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
	0.70	0.7	0.73	0.6
	1.50	1.4	2.16	2.1
	1.37	1.5	2.35	2.7
	2.23	1.9	5.17	3.0
	1.34	0.5	1.28	0.5
	1.40	1.7	1.33	1.8
	1.54	1.8	1.63	2.2
	2.83	2.0	3.58	2.2
	1.98	2.0	1.96	1.9
	2.84	1.7	3.14	1.6
	2.92	1.3	3.20	1.0
	2.21	2.5	2.75	2.6
	1.64	1.2	2.31	0.9
	3.18	0.7	3.43	0.6
	1.14	1.4	1.54	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	2.67	2.3	2.96	2.3
8 : Camion	0.93	0.9	1.07	1.0
9 : Train routier	2.20	1.9	2.57	2.0
10 : Véhicule articulé	2.55	1.7	3.16	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)	1.86	1.6	2.36	1.7
	98.8%		*98.8%*	
Catégories	2.22		2.69	
	66.6%		*66.6%*	
Classes	2.23		2.70	
	65.0%		*65.0%*	

4.5 Classe de trafic pondéral équivalent actuelle selon SN 640 324

Chaussées souples et semi-rigides

Direction 1 : Gotthard

$$TF_0 = \frac{821'468\,\text{PL}}{365.5\ \text{jours}} \cdot 1.86 \cdot 82.9\% = 3'472\,\text{ESAL/jour}$$ → Trafic de classe T6 : Extr. lourd

Chaussées rigides et combinées

Direction 1 : Gotthard

$$TF_0 = \frac{821'468\,\text{PL}}{365.5\ \text{jours}} \cdot 2.36 \cdot 82.9\% = 4'409\,\text{ESAL/jour}$$ → Trafic de classe T6 : Extr. lourd

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

Tendance pour l'estimation du taux d'accroissement annuel	
Direction 1 : Gotthard	Sur la base de :
+0.9%	Nombre de détections
+0.3%	Masse totale
+0.6%	Trafic pondéral équivalent total W

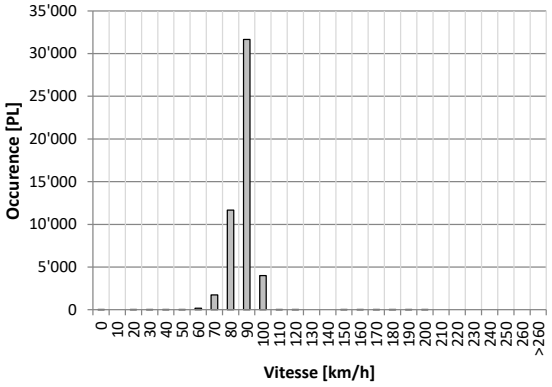
Cette section est déterminée sur la base des rapports annuels 2014, 2015 et 2016.

5 Caractéristiques des poids lourds

5.1 Caractéristiques des catégories de poids lourds

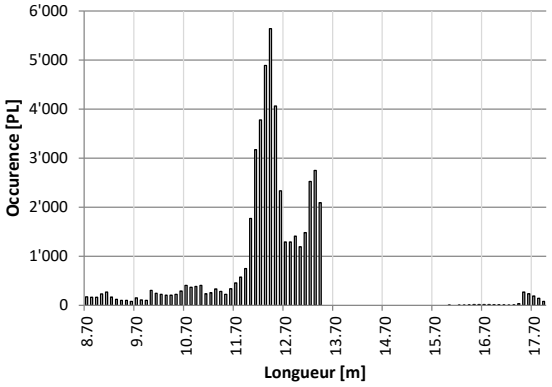
Catégorie	Détections	
1 : Bus, car	49'362	
Caractéristique	**Information**	
Vitesse [km/h]	μ	94.2
	σ	7.5
	f0.95	101
	f0.99	104
	Max	207

Graphiques



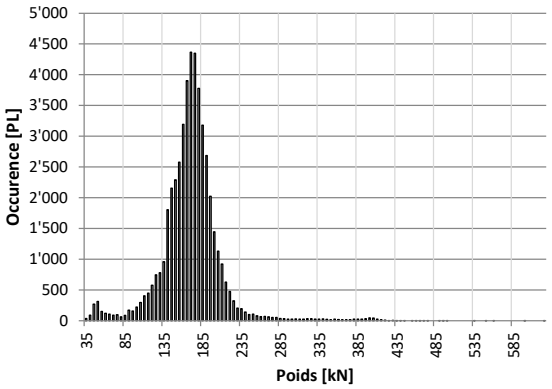
Intervalle 10 km/h

Longueur totale [m]	μ	12.4
	σ	1.2
	f0.95	13.4
	f0.99	17.7
	Max	18.0



Intervalle 0.1m

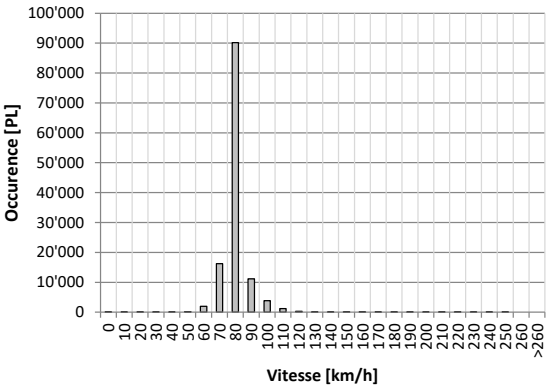
Poids total [kN]	μ	172
	σ	41
	f0.95	223
	f0.99	331
	Max	628



Intervalle 5kN

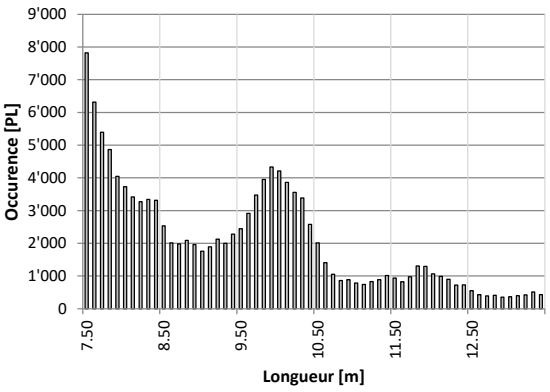
Catégorie	Détections
8 : Camion	125'341

Caractéristique	Information	
Vitesse [km/h]	µ	86.2
	σ	8.5
	f0.95	100
	f0.99	114
	Max	254



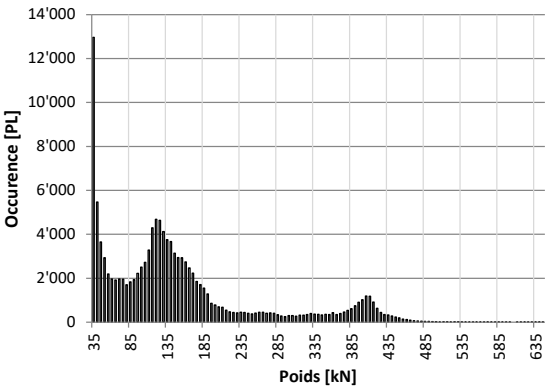
Intervalle 10 km/h

Caractéristique	Information	
Longueur totale [m]	µ	9.4
	σ	1.5
	f0.95	12.2
	f0.99	13.2
	Max	13.5



Intervalle 0.1m

Caractéristique	Information	
Poids total [kN]	µ	152
	σ	108
	f0.95	406
	f0.99	444
	Max	649

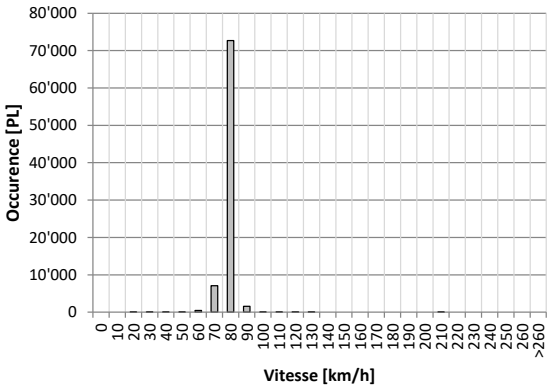


Intervalle 5kN

Catégorie	Détections
9 : Train routier	81'967

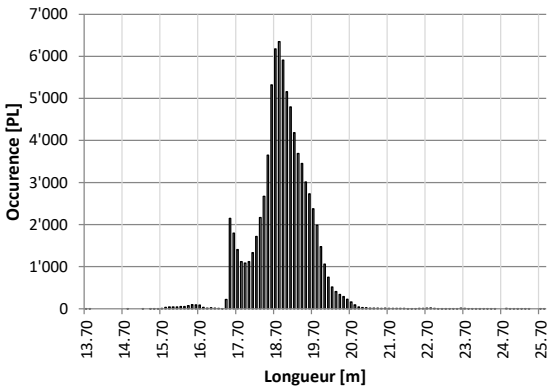
Caractéristique	Information	
Vitesse [km/h]	µ	85.0
	σ	4.2
	f0.95	90
	f0.99	92
	Max	214

Graphiques



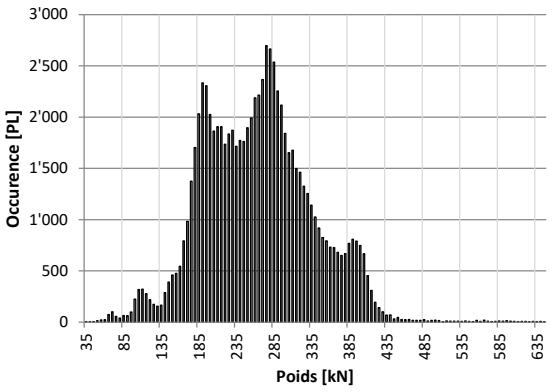
Intervalle 10 km/h

Caractéristique	Information	
Longueur totale [m]	µ	18.9
	σ	0.7
	f0.95	20.0
	f0.99	20.6
	Max	25.9



Intervalle 0.1m

Caractéristique	Information	
Poids total [kN]	µ	267
	σ	73
	f0.95	395
	f0.99	428
	Max	649

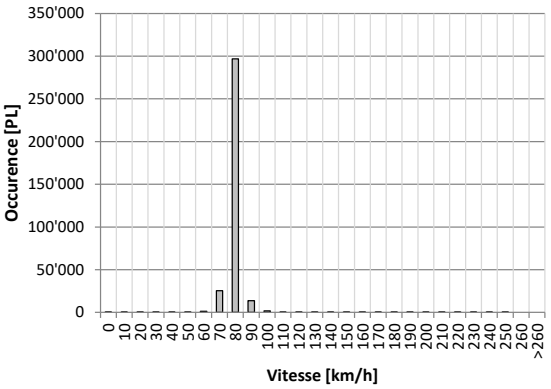


Intervalle 5kN

Catégorie	Détections
10 : Véhicule articulé	339'343

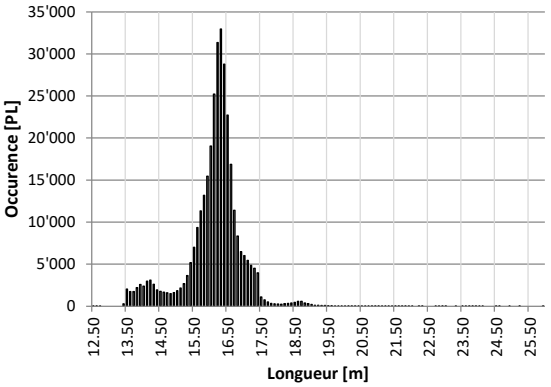
Caractéristique	Information	
Vitesse [km/h]	μ	85.2
	σ	4.8
	f0.95	90
	f0.99	99
	Max	252

Graphiques



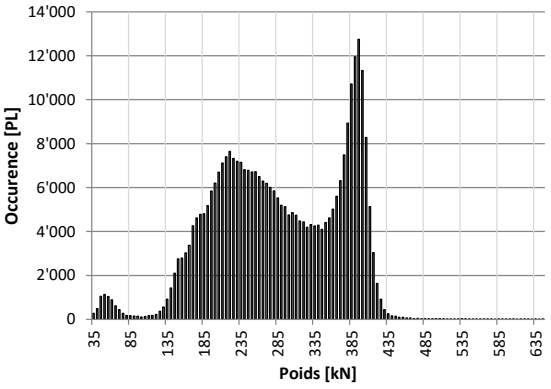
Intervalle 10 km/h

Caractéristique	Information	
Longueur totale [m]	μ	16.2
	σ	0.8
	f0.95	17.3
	f0.99	18.5
	Max	25.9



Intervalle 0.1m

Caractéristique	Information	
Poids total [kN]	μ	290
	σ	87
	f0.95	407
	f0.99	423
	Max	650

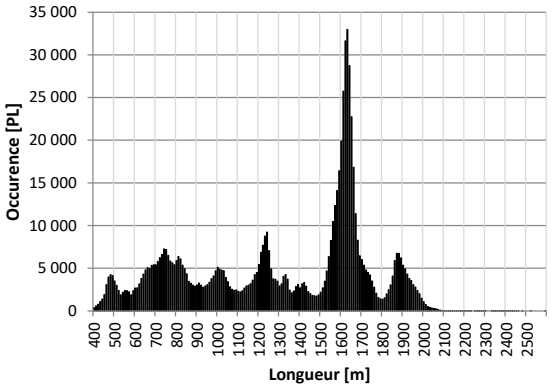


Intervalle 5kN

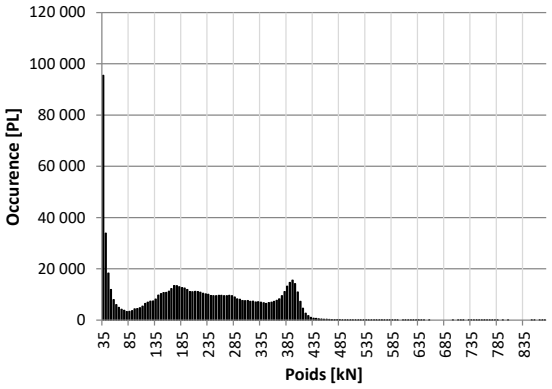
5.2 Caractéristiques globales de l'échantillon

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

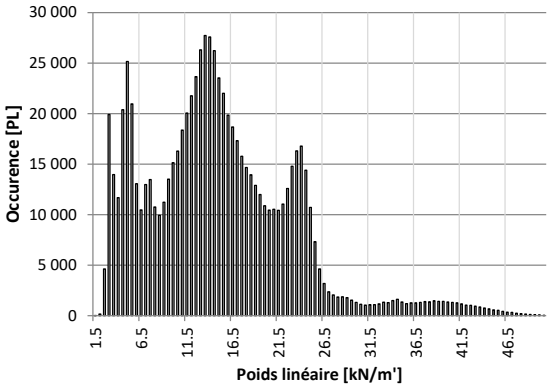
Détections	
811'372	98.8%

Caractéristique	Information		Graphiques
Longueur totale [m]	µ	13.2	
	σ	4.3	
	f0.95	19.0	
	f0.99	19.8	
	Max	25.9	

Intervalle 0.1m

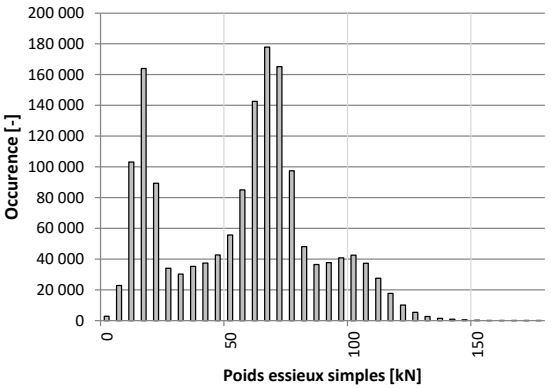
Poids total [kN]	µ	210	
	σ	123	
	f0.95	402	
	f0.99	423	
	Max	877	

Intervalle 5kN

q : poids par mètre linéaire [kN/m']	µ	15.4	
	σ	8.3	
	f0.95	29.8	
	f0.99	42.3	
	f0.9999	64.1	
	Max	109.4	

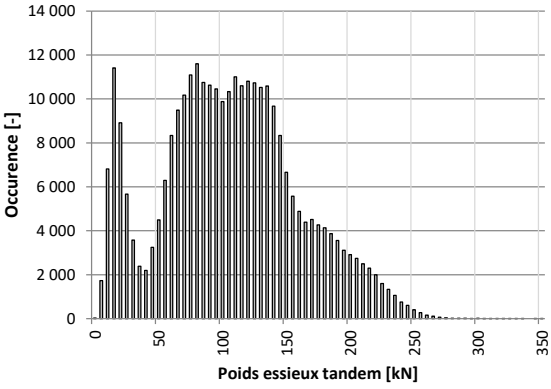
Intervalle 0.5kN/m'

Q : essieux simples [kN]	Nombre	1'595'509
	μ	58
	σ	30
	f0.95	108
	f0.99	122
	f0.9999	160
	Max	181



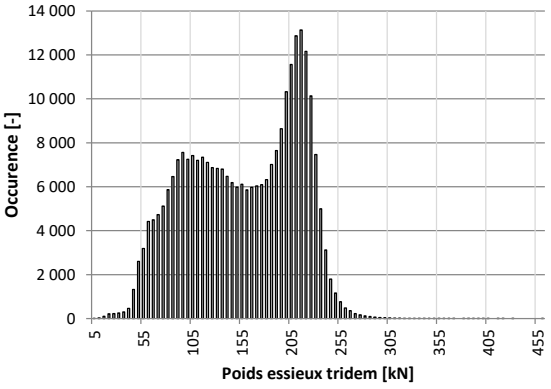
Intervalle 5kN

Q : essieux tandem [kN]	Nombre	305'670
	μ	108
	σ	55
	f0.95	206
	f0.99	237
	f0.9999	305
	Max	355



Intervalle 5kN

Q : essieux tridem [kN]	Nombre	280'034
	μ	159
	σ	56
	f0.95	235
	f0.99	253
	f0.9999	357
	Max	462



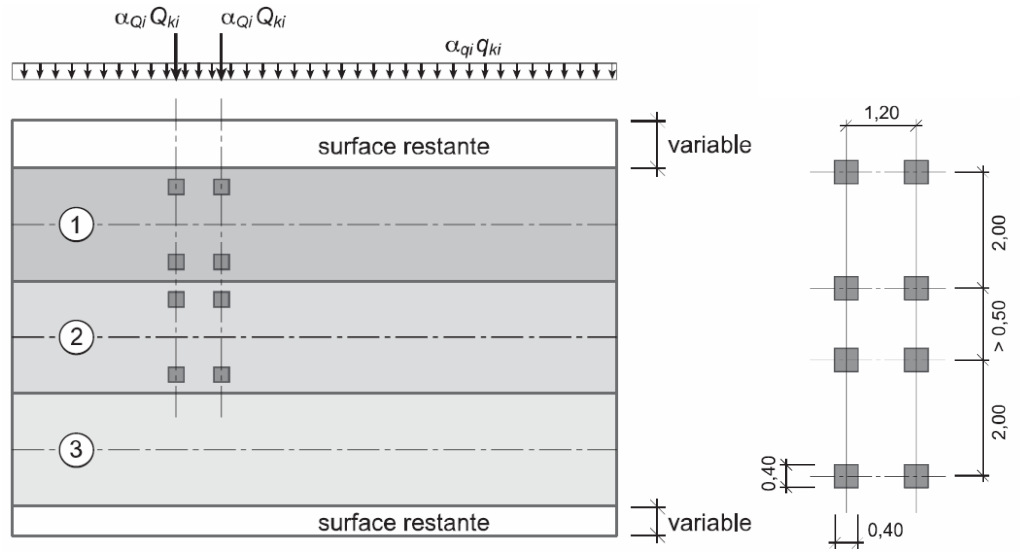
Intervalle 5kN

6 Modèle selon norme SIA 261

Document de référence : [3]

Les données considérées sont celles des silhouettes détectées de 2 à 6 axes, soit 98.8% de l'échantillon total.

6.1 Modèle de charge 1 selon SIA 261



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

6.1.1 Charge concentrée Q

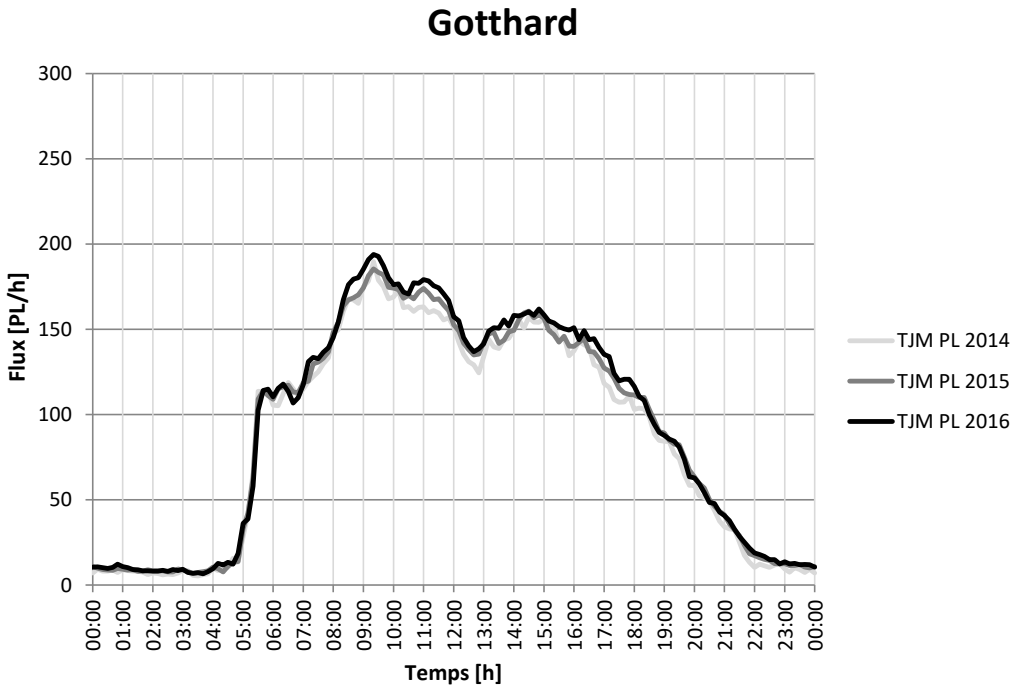
Charge concentrée Q					
Type d'essieu	Charge moy. [kN]	Charge moy. par axe [kN]	f0.95 [kN] (par axe)	f0.99 [kN] (par axe)	f0.9999 [kN] (par axe)
Simple	58	58	108	122	160
Tandem	108	54	206 (103)	237 (119)	305 (152)
Tridem	159	53	235 (78)	253 (84)	357 (119)

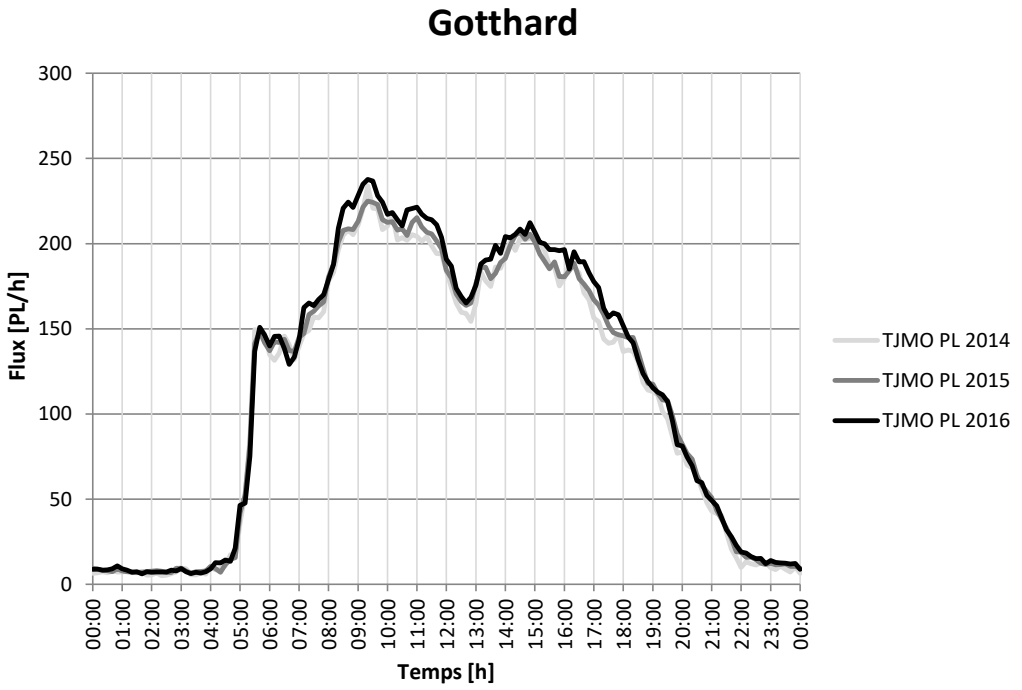
6.1.2 Charge répartie q

Charge répartie q				
Caractéristique	Charge moy.	f0.95	f0.99	f0.9999
Poids par mètre linéaire [kN/m']	15.4	29.8	42.3	64.1
Poids par surface (largeur 3 m) [kN/m^2]	5.1	9.9	14.1	21.4

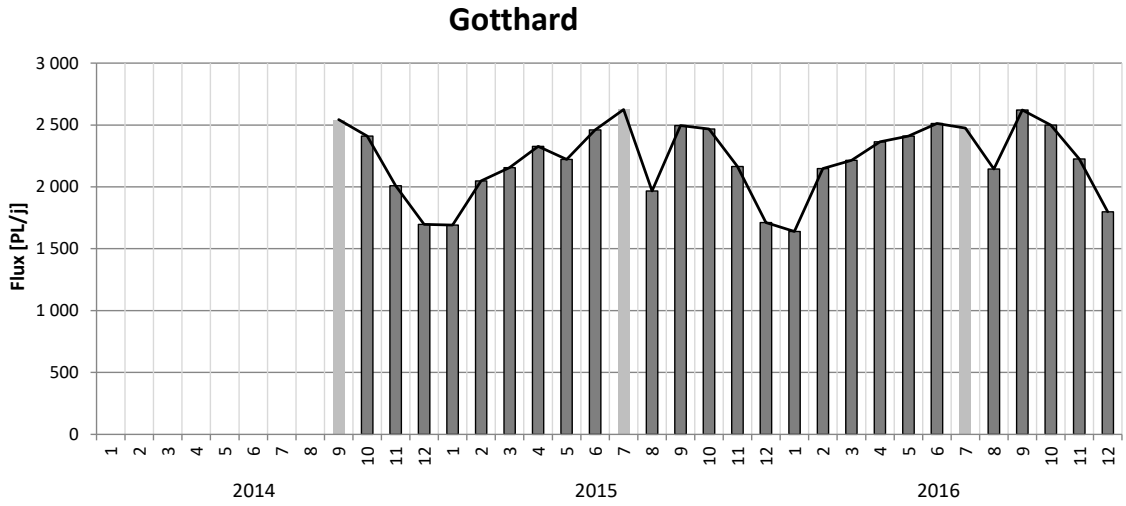
7 Tendances

7.1 Evolution de la répartition horaire annuelle





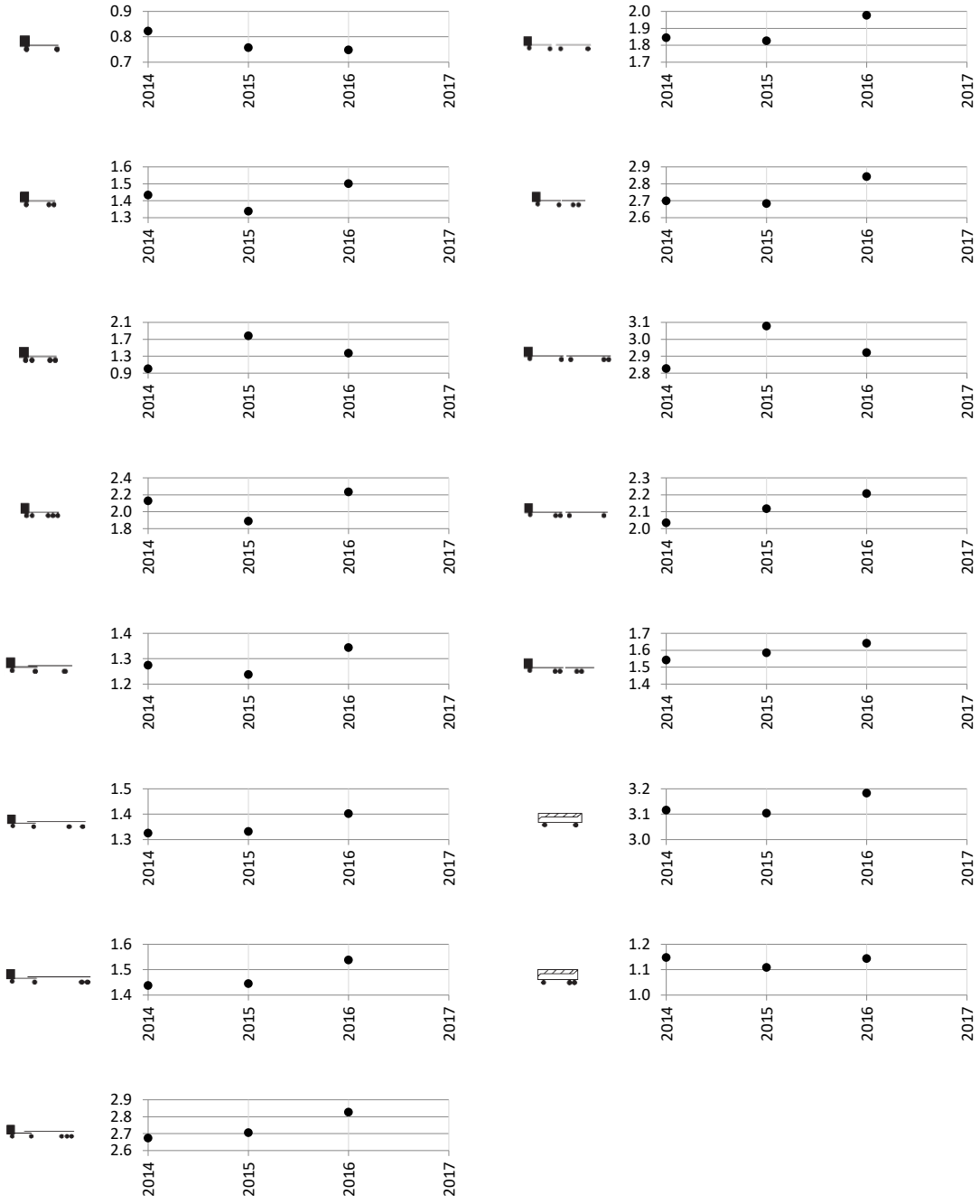
7.2 Evolution de la détection par mois



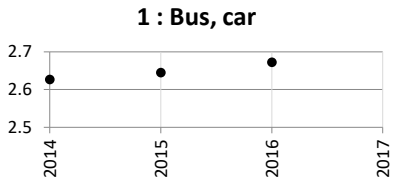
7.3 Evolution du modèle de la norme SN 640 320

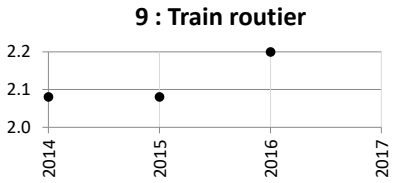
Sont considérées dans ce chapitre uniquement les chaussées souples et semi-rigides.

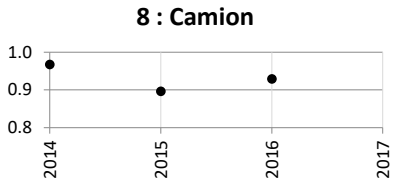
7.3.1 Evolution des facteurs d'équivalence par classes de véhicules

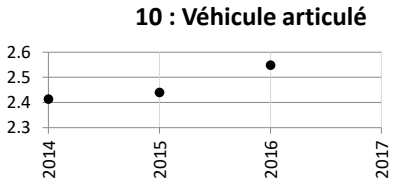


7.3.2 Evolution des facteurs d'équivalence par catégories de véhicules

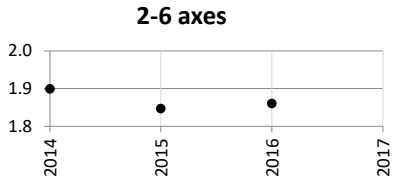


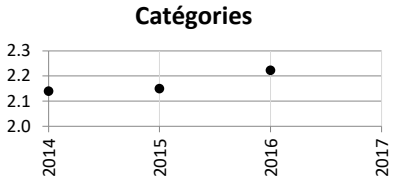




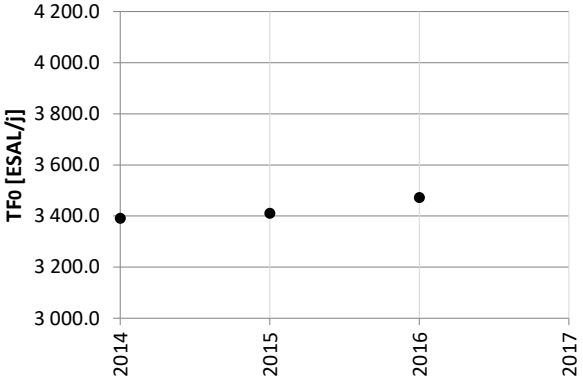


7.3.3 Evolution du facteur d'équivalence moyen



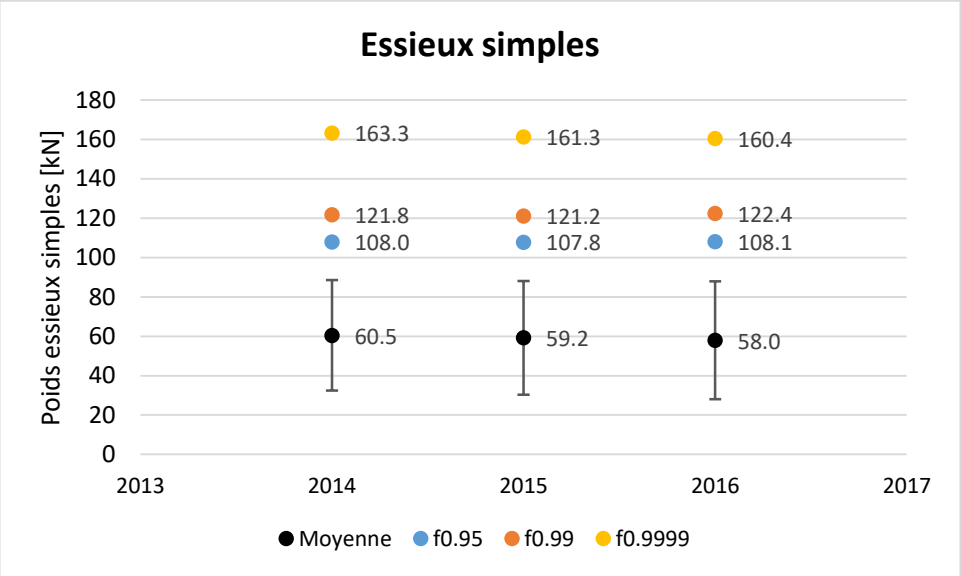


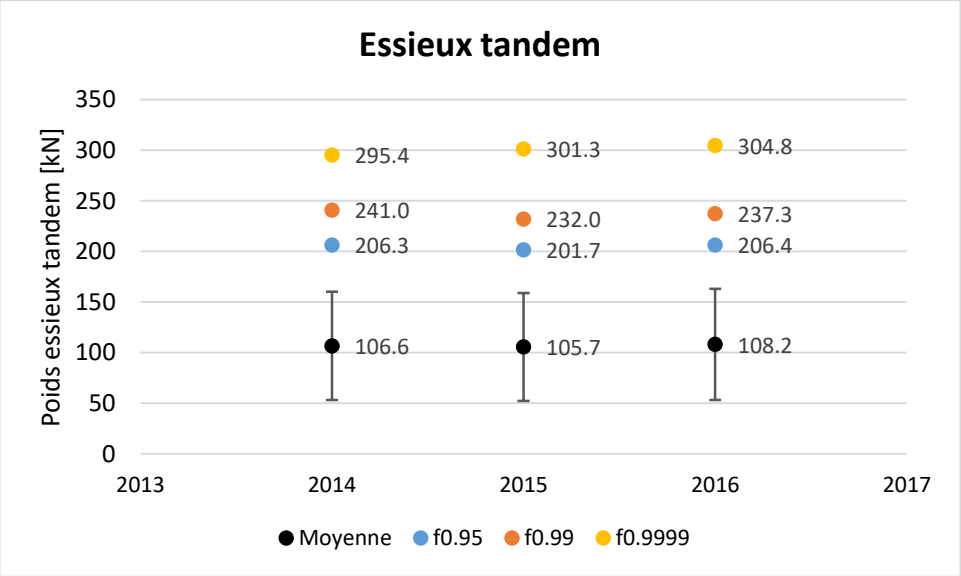
7.3.4 Evolution du trafic pondéral équivalent journalier

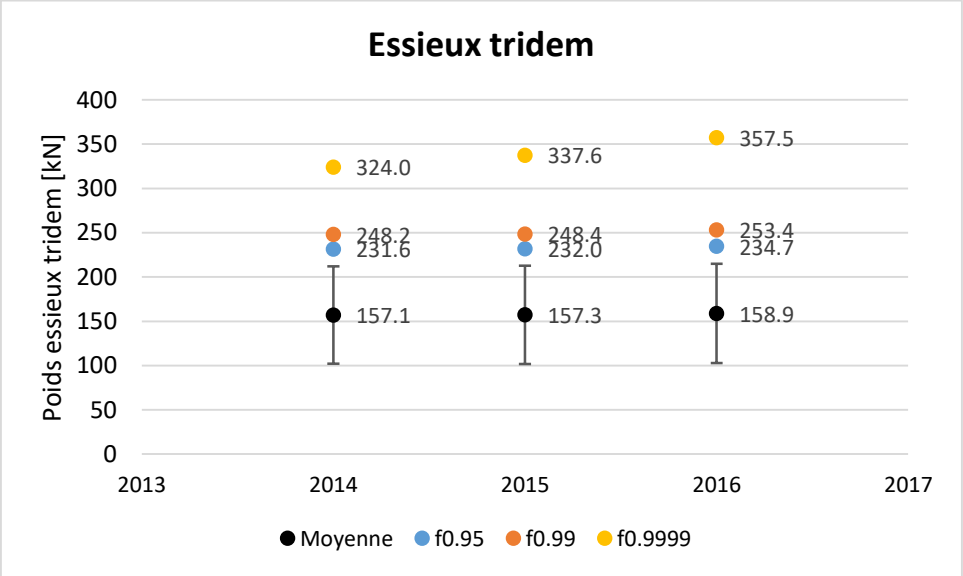


7.4 Evolution du modèle de la norme SIA 261

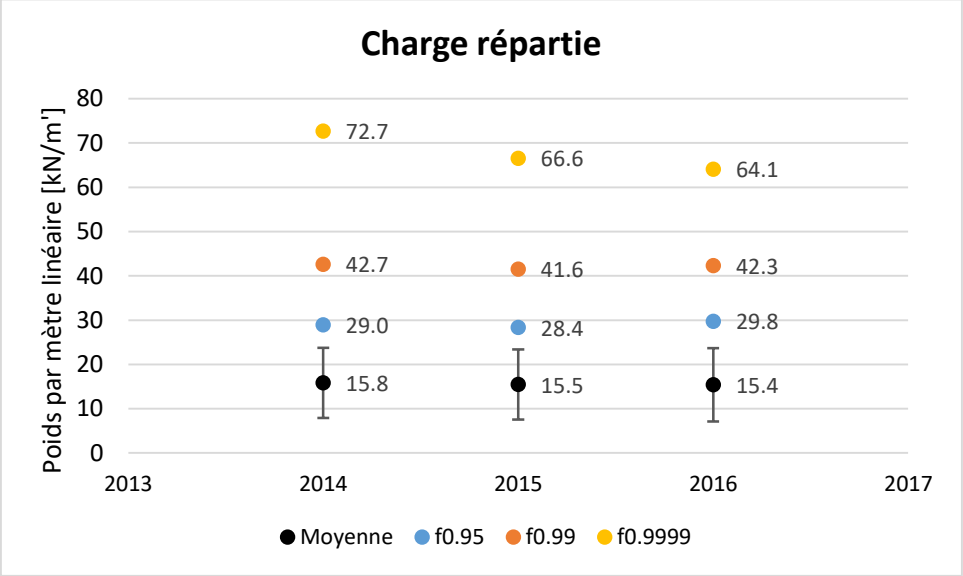
7.4.1 Evolution des quantiles de la charge concentrée Q







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 :	~ 1 jours	
Exclusions :	0.91%	
Cohérence globale des valeurs :	En ordre.	
Cohérence des tendances de la station :	En ordre.	
Classification SWISS10, VT ≥ 3.5 to :	27.4%	
Silhouettes incohérentes :	32.8% dont 31.5% potentiellement dus à la classification SWISS10 1.3% 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) (en cours) « **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*.

[6] M.-A. Fénart, M. Ould-Henia, M. Delaby (en cours) « **Actualisation des facteurs d'équivalence de la norme SN640320** », Office fédéral des routes OFROU, *Projet de recherche VSS 2015/411*.

[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.