



Le 3 décembre 2013

Formulation – principes de base

Martin Routhier, ing.

Caroline Gagnon, ing.

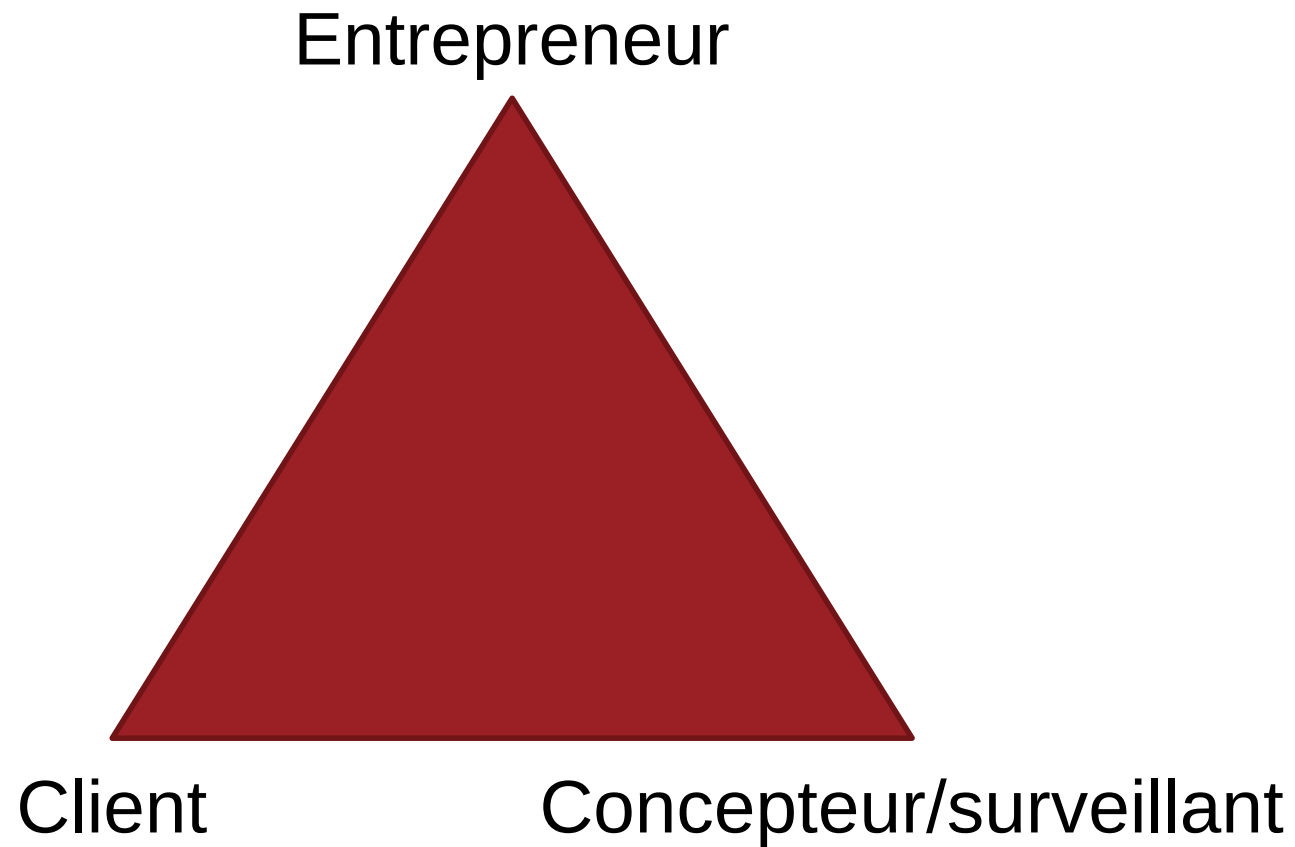


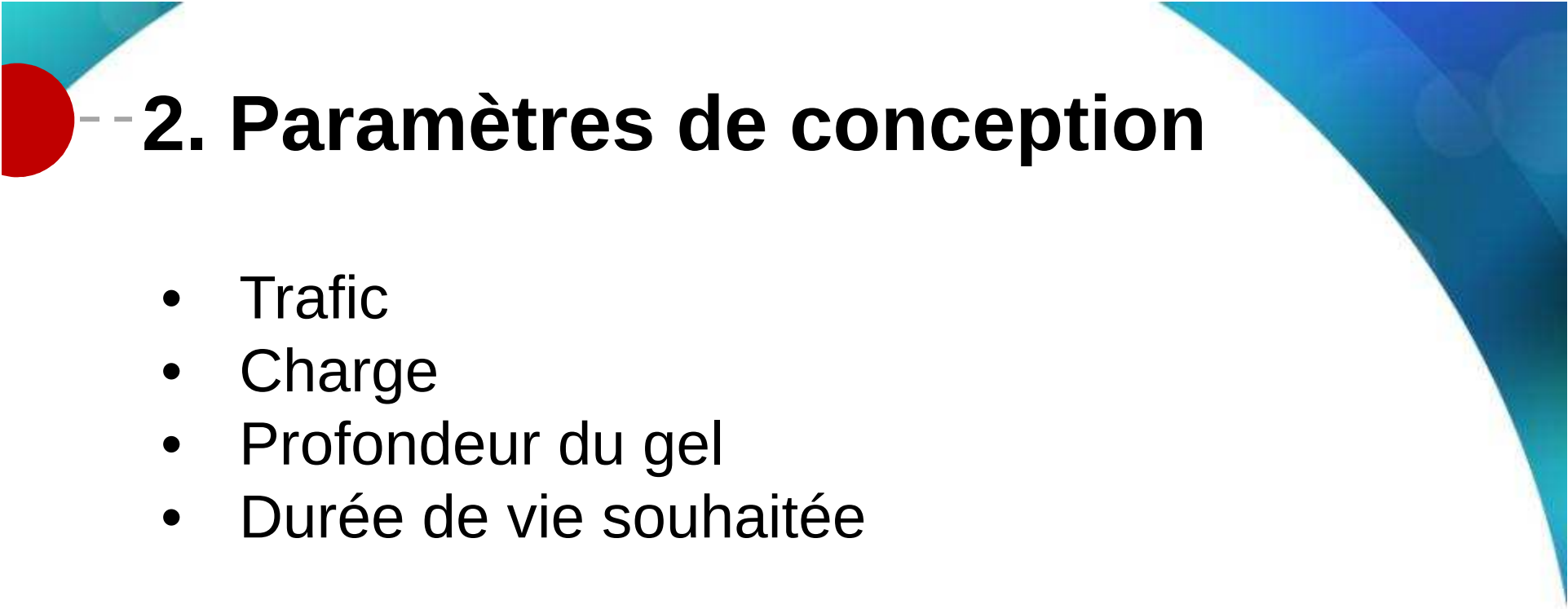


-- Plan

1. Rôles des intervenants
2. Les paramètres de conception
3. Les critères de sélection des enrobés et essais
4. La formulation
 - Principe
 - Devis
5. Exemples : 2 cas types

1. Rôles des intervenants





2. Paramètres de conception

- Trafic
- Charge
- Profondeur du gel
- Durée de vie souhaitée



3. Critères de sélection des enrobés

- 3.1 Critères de sélection des enrobés
- 3.2 Tableaux du MTQ : Choix des composants
- 3.3 Survol des caractéristiques importantes:
 - Granulats
 - Bitume
 - Enrobé

3.1 Critères de sélection des enrobés

(Laboratoire des chaussées du MTQ, Norme 4202)

CRITÈRES ET PARAMÈTRES	TYPE D'ENROBÉ								
	GB-20	ESG-14	ESG-10	EG-10	SMA-10	EGM-10	EC-10	EC-5	ESG-5
USAGES (1 : À éviter 2 : Adapté 3 : Recommandé)									
Couche de base	3	2							3 ^(C)
Couche unique	1	3							
Couche de surface	1	2	3	3	3	3	1		
Couche de correction			2				3	3	
Rapiéçage mécanisé							3	2	
Rapiéçage manuel							3	3	
Correction d'ouvrage d'art			2				3 ^(B)	3 ^(B)	
Surface d'ouvrage d'art			3	2	3 ^(A)		1		
PERFORMANCES* (1 : Médiocre 2 : Passable 3 : Bonne 4 : Très bonne 5 : Excellente)									
Résistance à l'orniérage	5	4	4	4	5	4	2	1	1
Résistance à l'arrachement	2	3	4	4	4	2	3	4	N/A
Résistance à la fatigue	2	2	3	3	4	2	3	3	5
Résistance à la dégradation de fissures	1	2	3	3	4	2	3	3	4
Texture de surface (macrotexture)	3	3	4	5	5	5	2	1	1
Bruit (contact pneu-chaussée)	2	2	3	4	4	4	2	2	N/A
Capacité de support (selon l'épaisseur)	5	4	3	3	4	3	2	1	1
MISE EN ŒUVRE (1 : Peu maniable 2 : Maniable 3 : Très maniable)									
Maniabilité	1	2	3	3	2	2	3	3	3
ÉPAISSEUR DE POSE									
Minimale	80	60	40	40	30 ^(D)	35 ^(D)	20	10	25
Optimale	100	70	60	50	40	40	30	20	45
Maximale	120	80	70	60	50	50	40	30	60

3.2 Choix des composants (recommandations du MTQ pour resurfçage)

Type de route	Débit de circulation**		Couche de surface					
			Bitume			Catégories gros granulats	Catégorie granulats fins	Essais spéciaux
	DJMA	ECAS annuel moyen	Zone 1 PG	Zone 2 PG	Zone 3 PG			
Autoroute	> 20 000	> 1 000 000	70-28	64-34	S.O.	1a	1	Omiéreur, CPP
	< 20 000 > 5 000	< 1 000 000 > 500 000	70-28	64-34	S.O.	1a	1	Omiéreur, CPP
	< 5 000	< 500 000	70-28	64-34	S.O.	2b	1	Omiéreur, CPP
Nationale	> 20 000	> 500 000	70-28	64-34	58-34	1a	1	Omiéreur, CPP
	< 20 000 > 5 000	< 500 000 > 300 000	70-28* 64-28	64-34* 58-34	58-34	2b	2	Omiéreur, CPP
	< 5 000	< 300 000	64-28	58-34	58-34	3c	2	
Régionale et collectrice	> 20 000	> 300 000	70-28	64-34	58-34	2b	1	Omiéreur, CPP
	< 20 000 > 5 000	< 300 000 > 150 000	70-28* 64-28	64-34* 58-34	58-34	3b	2	Omiéreur
	< 5 000	< 150 000	58-28	58-28	58-34	3c	2	

3.2 Choix des composants (Caractéristiques des granulats)



NQ 2560-114-I/2002

TABLEAU 2

CATÉGORIES DE GROS GRANULATS SELON LEURS CARACTÉRISTIQUES
INTRINSÈQUES DE RÉSISTANCE À L'USURE ET AUX CHOCS

Autoroutes

Caractéristique intrinsèque	Méthode d'essais	Catégories de gros granulats					
		1	2	3	4	5	6
Micro-Deval (MD), %	LC 21-070	≤ 15	≤ 20	≤ 25	≤ 30	≤ 35	≤ 40
Los Angeles (LA), %	LC 21-400	≤ 35	≤ 45	≤ 50	≤ 50	≤ 50	≤ 50
Micro-Deval et Los Angeles (MD + LA)		≤ 40	≤ 55	≤ 70	≤ 75	≤ 80	≤ 85

3.2 Choix des composants

(Caractéristiques des granulats)

CATÉGORIES DE GROS GRANULATS SELON LEURS CARACTÉRISTIQUES DE FABRICATION

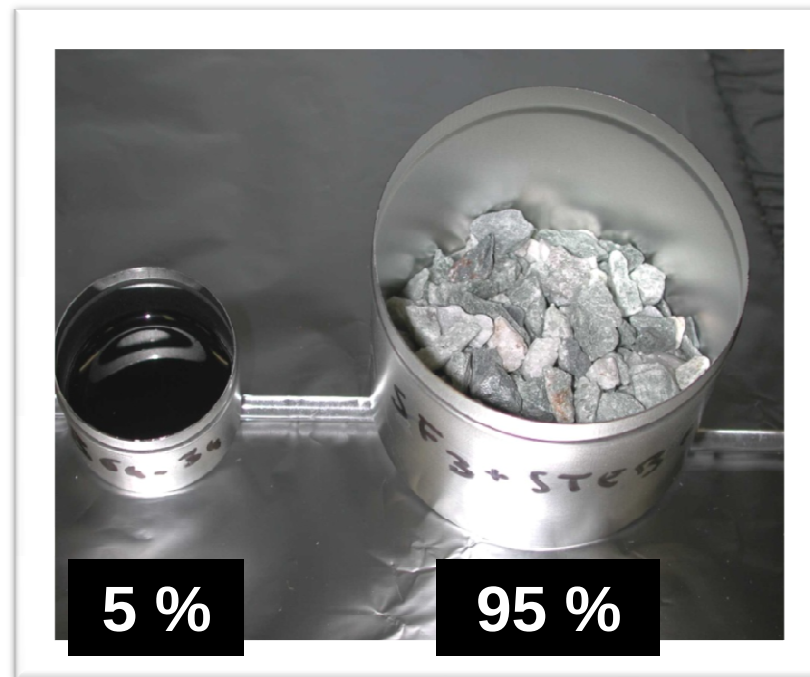
Autoroutes ←

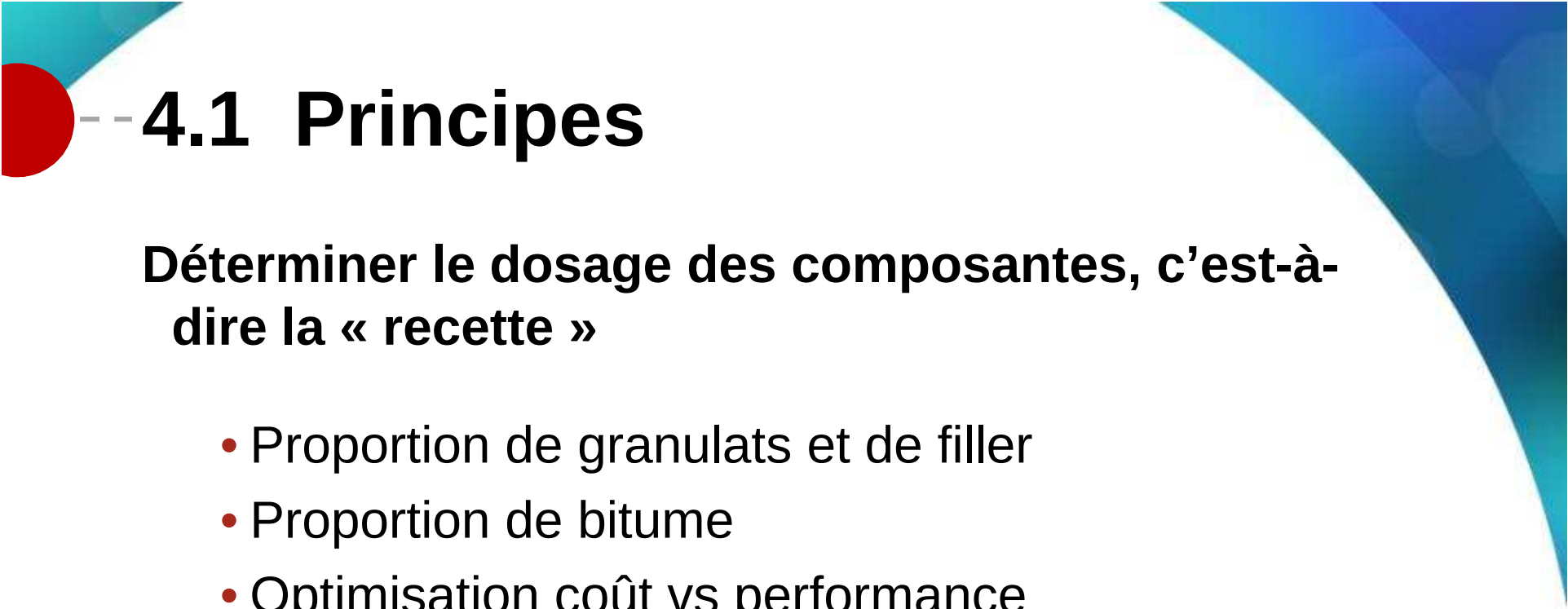
Caractéristiques de fabrication	Méthodes d'essais	Catégories de gros granulats				
		<i>a</i>	<i>b</i>	<i>c</i>	<i>d</i>	<i>e</i>
Fragmentation, %	LC 21-100	100	≥ 75	≥ 60	≥ 60	≥ 50
Particules plates, %	LC 21-265	≤ 25	≤ 25	≤ 25	≤ 30	s. o.
Particules allongées, %	LC 21-265	≤ 40	≤ 40	≤ 45	≤ 50	s. o.

4. Formulation

4.1 Principes

4.2 Optimisation des stocks \$\$\$





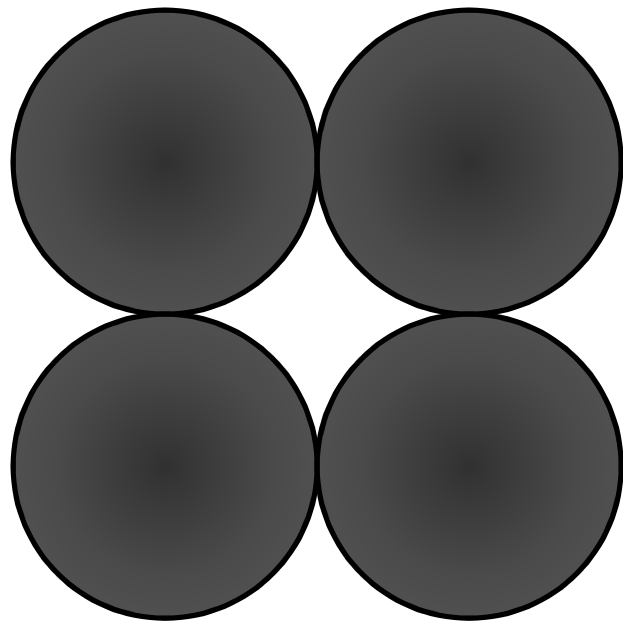
4.1 Principes

Déterminer le dosage des composantes, c'est-à-dire la « recette »

- Proportion de granulats et de filler
- Proportion de bitume
- Optimisation coût vs performance

4.1 Principes

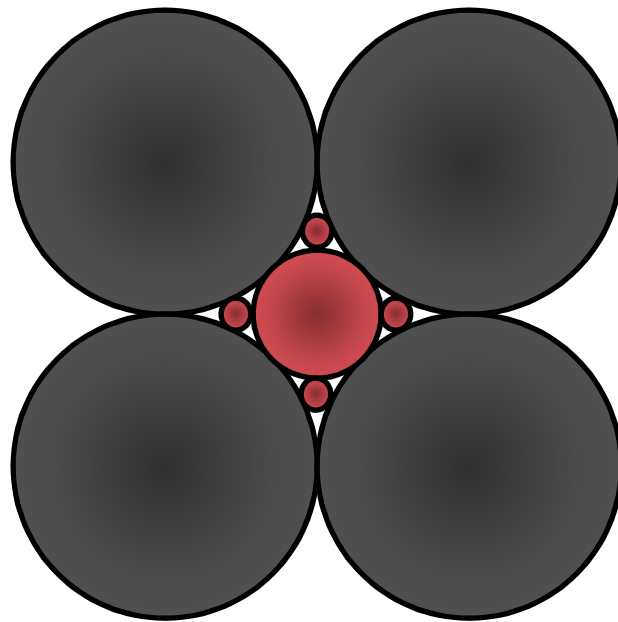
Le squelette granulaire



+30 % de vides!

4.1 Principes

Le squelette granulaire

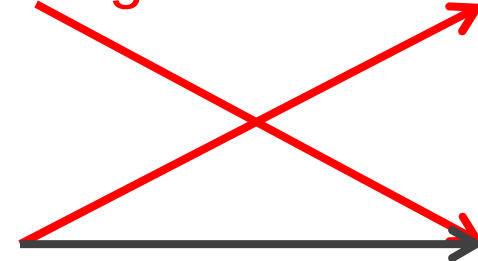


...0 % de vides!

- Nécessite moins de bitume
- Volume de bitume fixée par le MTQ...

Orniérage

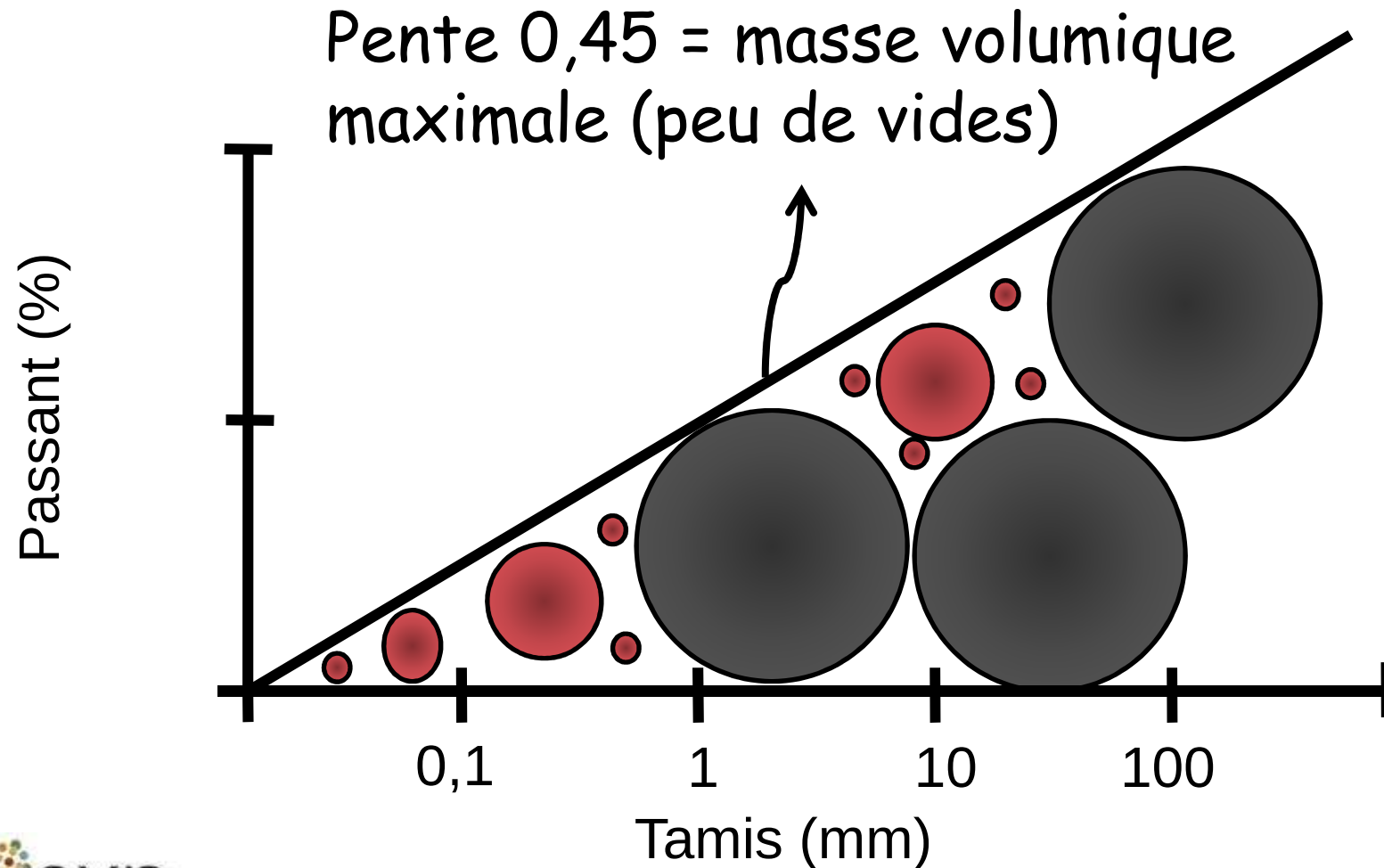
Durée de vie



- Bitume +

4.1 Principes

Le squelette granulaire



4.1 Principes

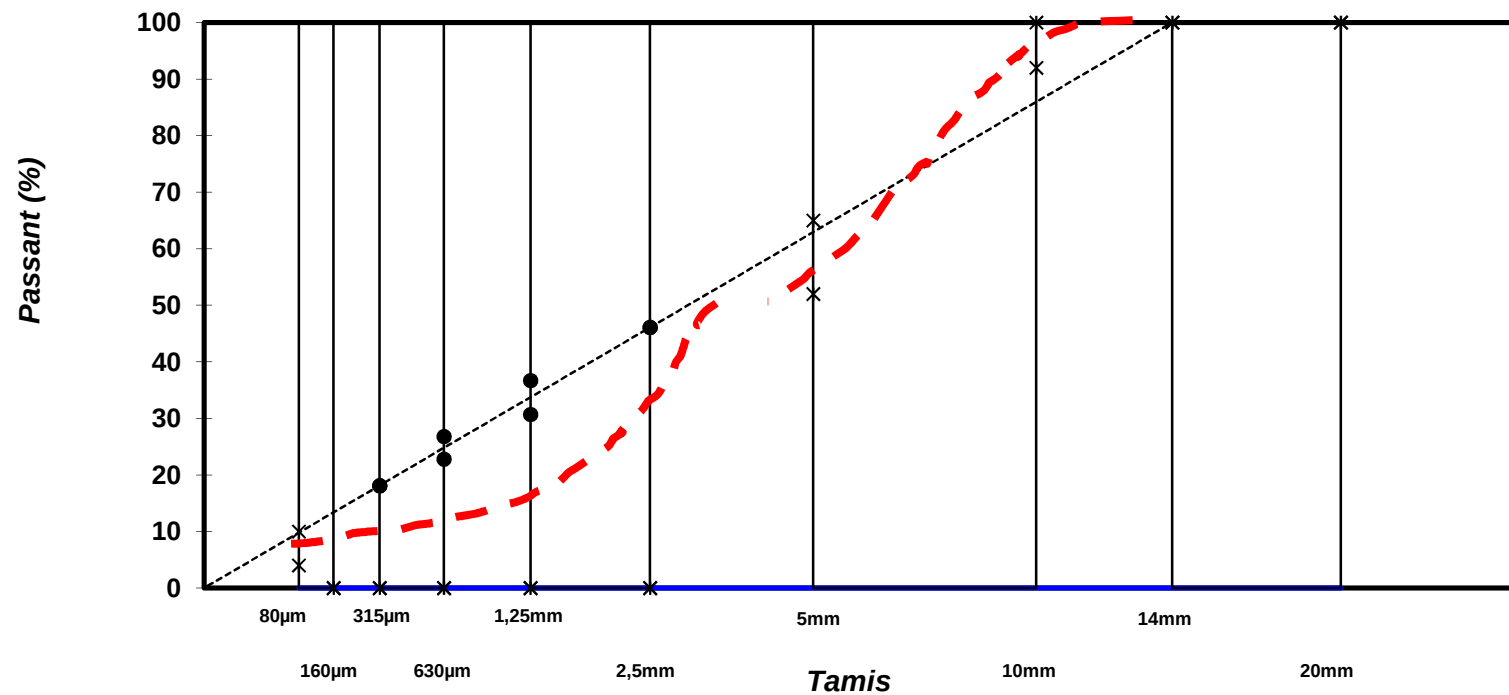
Calcul dans Excel®

	Classes granulaires						Combiné	Points de contrôle		Zone de restriction	
Classe											
Source											
Provenance											
% Combiné							0,0%	Min	Max	Min	Max
Tamis(mm)											
20							0	100	100		
14							0	100	100		
10							0	92	100		
5							0	52	65		
2,5							0	-	-	46,1	46,1
1,25							0	-	-	30,7	36,7
0,630							0	-	-	22,8	26,8
0,315							0	-	-	18,1	18,1
0,160							0	-	-		
0,080							0,0	4	10		

4.1 Principes

Calcul dans Excel[®]

Dimension de grosseur maximale = 14mm, ESG-10



— Combiné — * — Points de contrôle (Min) — * — Points de contrôle (Max) - - - - - MVMax — • — ZR(Min) — • — ZR(Max)

4.1 Principes

Validation PCG et orniérage



4.2 Devis

Comment spécifier un enrobé correctement

3. ENROBÉ BITUMINEUX : TYPE, MATÉRIAUX CONSTITUANTS ET PARTICULARITÉS

Dans le cadre du présent contrat, l'entrepreneur doit, selon les prescriptions du devis descriptif, mettre en place les mélanges suivants :

TABLEAU DES MÉLANGES						
Mélange	Bitume	Granulats		Utilisation	Essai à l'ornièreur	CPP
		Gros	Fins			
GB-20	58-34	3C	2	Couche de base	Non	Non
ESG-10	58-34	3C	2	Couche de surface	Non	Non



Le 3 décembre 2013

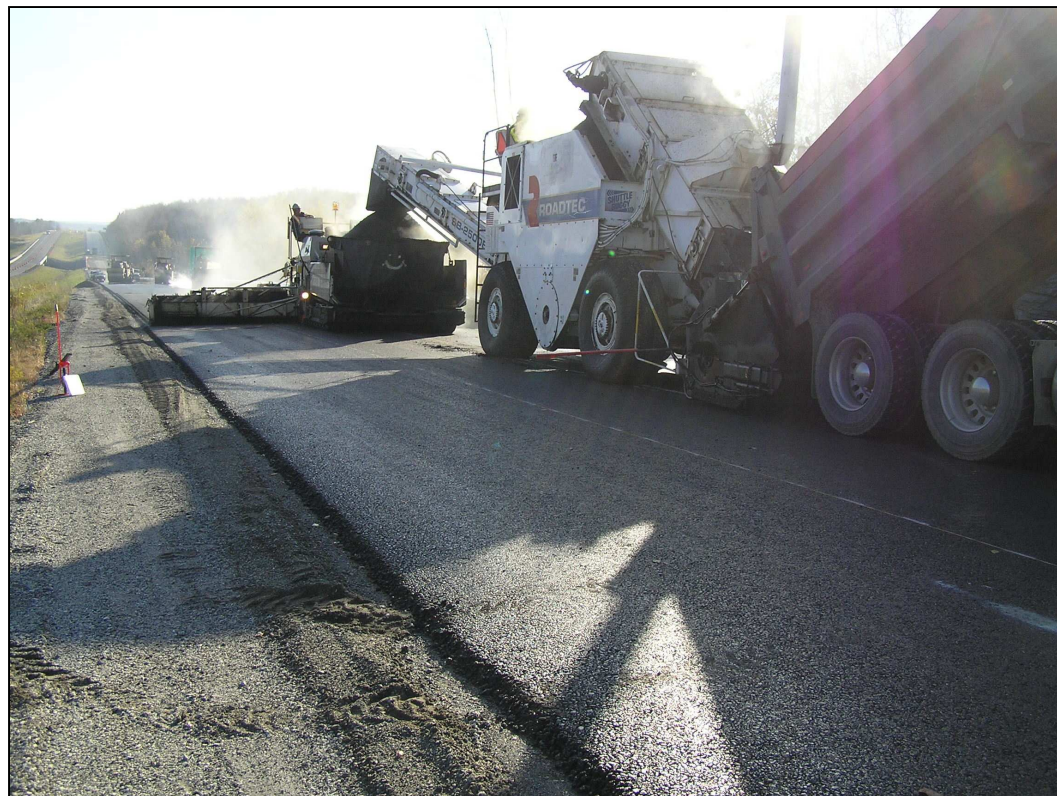
Formulation – cas types 1 & 2

Martin Routhier, ing.
Caroline Gagnon, ing.



-- 5. Exemple : 2 cas types

- Cas type 1 : ESG-10 sur **Autoroute**
- Cas type 2 : ESG-14 en **milieu urbain**

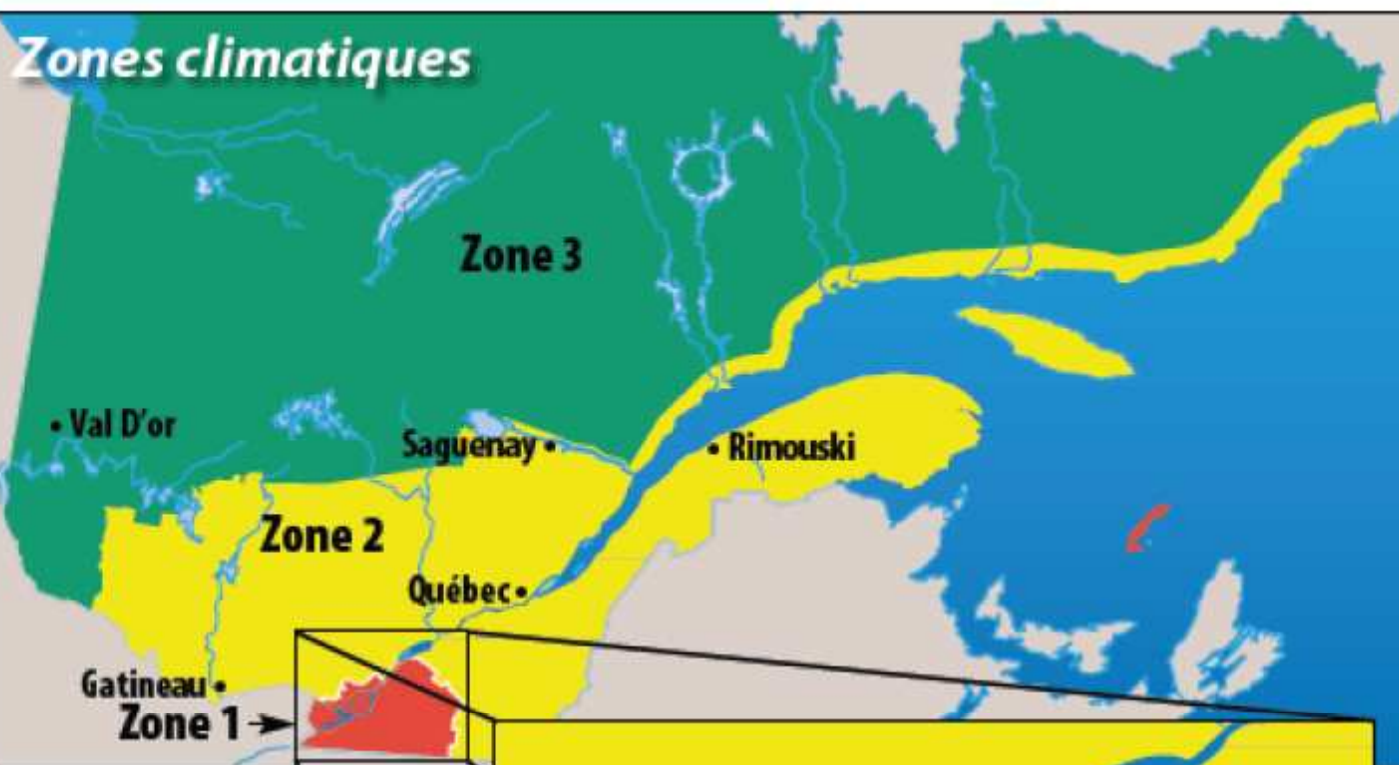


5. Exemple : Cas type 1

ESG-10 sur Autoroute

1) Choix des composants

Type de route	Débit de circulation ^{##}		Couche de surface					
			Bitume			Catégories gros granulats	Catégorie granulats fins	Essais spéciaux
	DJMA	ECAS annuel moyen	Zone 1 PG	Zone 2 PG	Zone 3 PG			
Autoroute	> 20 000	> 1 000 000	70-28	64-34	S.O.	1a	1	Omiéreur, CPP
	< 20 000 > 5 000	< 1 000 000 > 500 000	70-28	64-34	S.O.	1a	1	Omiéreur, CPP
	< 5 000	< 500 000	70-28	64-34	S.O.	2b	1	Omiéreur, CPP
Nationale	> 20 000	> 500 000	70-28	64-34	58-34	1a	1	Omiéreur, CPP
	< 20 000 > 5 000	< 500 000 > 300 000	70-28* 64-28	64-34* 58-34	58-34	2b	2	Omiéreur, CPP
	< 5 000	< 300 000	64-28	58-34	58-34	3c	2	
Régionale et collectrice	> 20 000	> 300 000	70-28	64-34	58-34	2b	1	Omiéreur, CPP
	< 20 000 > 5 000	< 300 000 > 150 000	70-28* 64-28	64-34* 58-34	58-34	3b	2	Omiéreur
	< 5 000	< 150 000	58-28	58-28	58-34	3c	2	



Note : la zone 1 couvre le territoire des directions territoriales de l'Île-de-Montréal, Laval-Mille-Îles, Est-de-la-Montérégie, Ouest-de-la-Montérégie ainsi que les Îles-de-la-Madeleine.

5. Exemple : Cas type 1 ESG-10 sur **Autoroute**

1) Choix des composants

2) Formulation

- Au moins 2 classes granulaires
- Pierre concassée à 100%
- Criblure
- ~~Sable = faciliter la pose (pas trop...)~~
- Fines
- Bitume = 12,2 % (Vol.)
- Vides à 80 girations = 4,0 à 7,0 %

5. Exemple : Cas type 1

ESG-10 sur Autoroute

	Classes granulaires						Combiné	Points de contrôle		Zone de restriction	
Classe											
Source											
Provenance											
% Combiné							0,0%	Min	Max	Min	Max
Tamis(mm)											
20							0	100	100		
14							0	100	100		
10							0	92	100		
5							0	52	65		
2,5							0	-	-	46,1	46,1
1,25							0	-	-	30,7	36,7
0,630							0	-	-	22,8	26,8
0,315							0	-	-	18,1	18,1
0,160							0	-	-		
0,080							0,0	4	10		

5. Exemple : Cas type 1 ESG-10 sur **Autoroute**



Vides à la PCG

10 girations = min.11 %

80 girations = 4-7 %

200 girations = min.2 %



Résistance à l'orniérage

1000 cycles = max.11 %

3000 cycles = max.20 %

-- Vous doutez de l'importance du blocage intergranulaire?



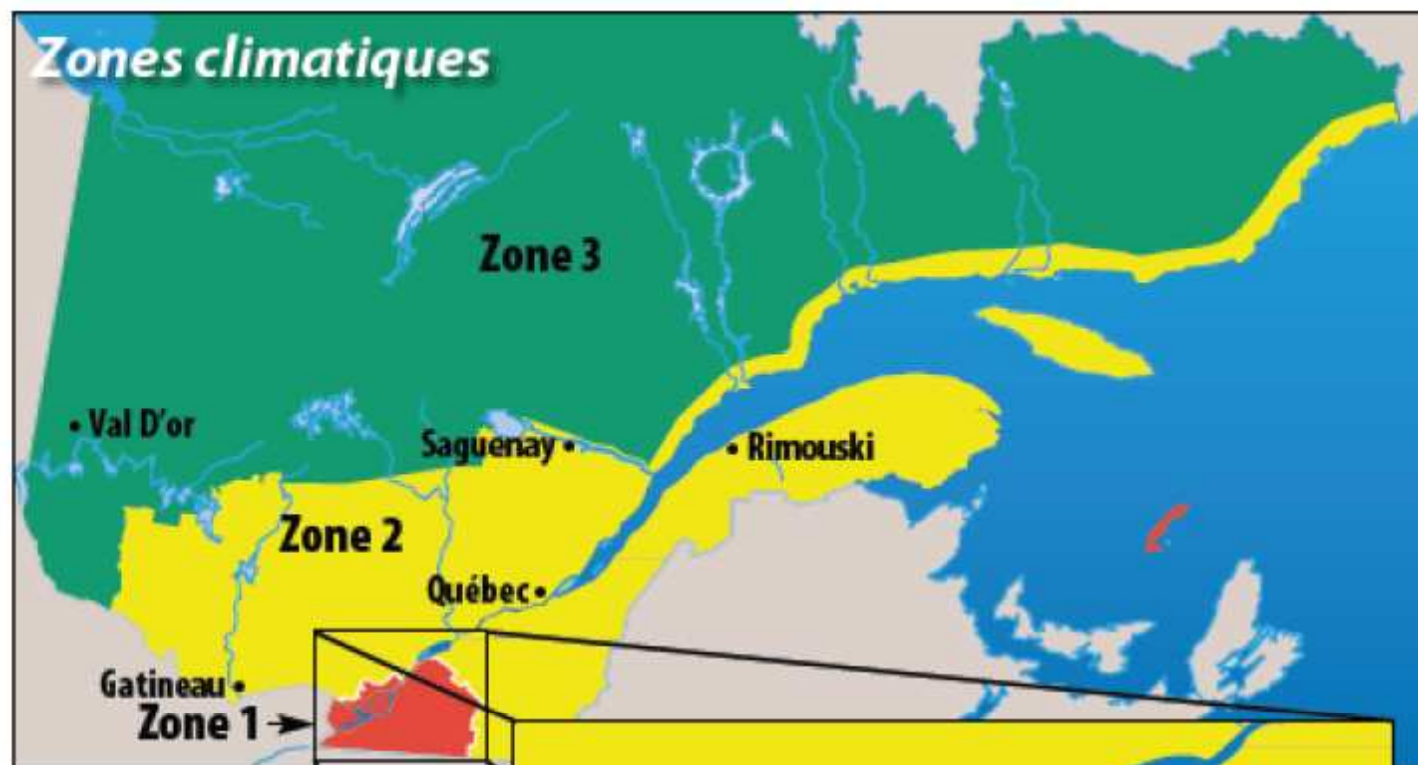


5. Exemple : Cas type 2

ESG-14 en milieu urbain (Boulevard)

1) Choix des composants

Type de route	Débit de circulation ^{##}		Couche de surface					
			Bitume			Catégories gros granulats	Catégorie granulats fins	Essais spéciaux
	DJMA	ECAS annuel moyen	Zone 1 PG	Zone 2 PG	Zone 3 PG			
Autoroute	> 20 000	> 1 000 000	70-28	64-34	S.O.	1a	1	Omniéreur, CPP
	< 20 000 > 5 000	< 1 000 000 > 500 000	70-28	64-34	S.O.	1a	1	Omniéreur, CPP
	< 5 000	< 500 000	70-28	64-34	S.O.	2b	1	Omniéreur, CPP
Nationale	> 20 000	> 500 000	70-28	64-34	58-34	1a	1	Omniéreur, CPP
	< 20 000 > 5 000	< 500 000 > 300 000	70-28* 64-28	64-34* 58-34	58-34	2b	2	Omniéreur, CPP
	< 5 000	< 300 000	64-28	58-34	58-34	3c	2	
Régionale et collectrice	> 20 000	> 300 000	70-28	64-34	58-34	2b	1	Omniéreur, CPP
	< 20 000 > 5 000	< 300 000 > 150 000	70-28* 64-28	64-34* 58-34	58-34	3b	2	Omniéreur
	< 5 000	< 150 000	58-28	58-28	58-34	3c	2	



Note : la zone 1 couvre le territoire des directions territoriales de l'Île-de-Montréal, Laval-Mille-Îles, Est-de-la-Montérégie, Ouest-de-la-Montérégie ainsi que les Îles-de-la-Madeleine.

5. Exemple : Cas type 2

ESG-14 en milieu urbain (Boulevard)

1) Choix des composants

2) Formulation

- Au moins 3 classes granulaires
- Pierre concassée à 100%
- Criblure
- Sable = faciliter la pose (pas trop...)
- Fines
- Bitume = 11,4 % (Vol.)
- Vides à 100 girations = 4,0 à 7,0 %

5. Exemple : Cas type 2

ESG-14 en milieu urbain (Boulevard)

Classes granulaires							Combiné	Points de contrôle		Zone de restriction	
Classe											
Source											
Provenance											
% Combiné							0,0%	Min	Max	Min	Max
Tamis(mm)											
20							0	100	100		
14							0	95	100		
10							0	70	90		
5							0	40	60		
2,5							0	-	-	39,2	39,2
1,25							0	-	-	25,7	31,7
0,630							0	-	-	19,1	23,1
0,315							0	-	-	15,4	15,4
0,160							0	-	-		
0,080							0,0	3	8		

5. Exemple : Cas type 2 ESG-14 en milieu urbain (Boulevard)



Vides à la PCG

10 girations = min.11 %

100 girations = 4-7 %

200 girations = min.2 %



Résistance à l'orniérage
30000 cycles = max.10 %

-- 5. Exemple : Cas type 2 ESG-14 en milieu urbain – suite



Pas magique!
Cas d'un stationnement