



LES DÉFIS DU GÉNIE URBAIN :
MULTIDISCIPLINARITÉ,
ACCEPTABILITÉ SOCIALE
ET INNOVATION

**LES PIERRES NATURELLES EN AMÉNAGEMENT URBAIN
CONCEPTION ET RÉALISATION DE VOIRIES ET D'ESPACES PUBLICS
DERNIERS DEVELOPPEMENTS
POUR L'ALLIANCE DU BEAU ET DU DURABLE**

**Jean-Pierre CHRISTORY
QUEBEC, le 21 novembre 2018**

PLAN D'EXPOSE

LES PIERRES NATURELLES EN AMENAGEMENT URBAIN

- 1 Un regard très prisé des concepteurs d'espaces publics de qualité.**
- 2 Le beau et le durable; la vulnérabilité de l'équilibre qui s'est accru par l'évolution des usages.**
- 3 Le concept de « design structurel », au-delà du dimensionnement des assises...**
- 4 Le livre « Pierres naturelles : Conception et réalisation des voiries et espaces publics. Un «tour de France» des Métropoles pour disséminer la doctrine et les retours d'expériences**
- 5 Le nouveau livre « Pierres naturelles » 2019 AITF/CTMNC/RGRA**

PLAN D'EXPOSE

LES PIERRES NATURELLES EN AMENAGEMENT URBAIN

- 1 Un regard très prisé des concepteurs d'espaces publics de qualité.**
- 2 Le beau et le durable; la vulnérabilité de l'équilibre qui s'est accru par l'évolution des usages.**
- 3 Le concept de « design structurel », au-delà du dimensionnement des assises...**
- 4 Le livre « Pierres naturelles : Conception et réalisation des voiries et espaces publics. Un «tour de France» des Métropoles pour disséminer la doctrine et les retours d'expérience**
- 5 Le nouveau livre « Pierres naturelles » 2019 AITF/CTMNC/RGRA**

La pierre naturelle

**Un symbole culturel et une image de
marque**

scénographie urbaine

Belle et noble réutilisable à l'infini...



Pierre naturelle, toujours présente dans les hauts lieux de la ville

NANTES METROPOLE



La pierre naturelle suggère le beau et la mise en valeur du bâti ancien le jour...



© LAURENT VILBERT

La pierre naturelle suggère le beau et la mise en valeur du bâti la nuit.....



La pierre naturelle est présente dans les plus beaux partis d'aménagement et de bâti contemporains
devant le parlement européen à l'Eurométropole de STRASBOURG



**La pierre naturelle habille sols et chaussées,
façonne le cadre de vie dans la modernité,
est gage d'authenticité en centre historique
à l'est comme à l'ouest.....**



La pierre naturelle habille sols et chaussées, façonne le cadre de vie dans la modernité, est gage d'authenticité en centre historique

au nord (Métropole Européenne de Lille)comme au sud (Toulouse Métropole)



**La pierre naturelle est volontiers présente pour mettre en exergue les mobilités urbaines diversifiées
Modes doux, modes actifs, transport collectifs de surface..... La rue n'est pas la route.....**

Le choix de la pierre naturelle sous-tend de concilier

l'alliance du beau...



et du robuste...

PLAN D'EXPOSE

LES PIERRES NATURELLES EN AMENAGEMENT URBAIN

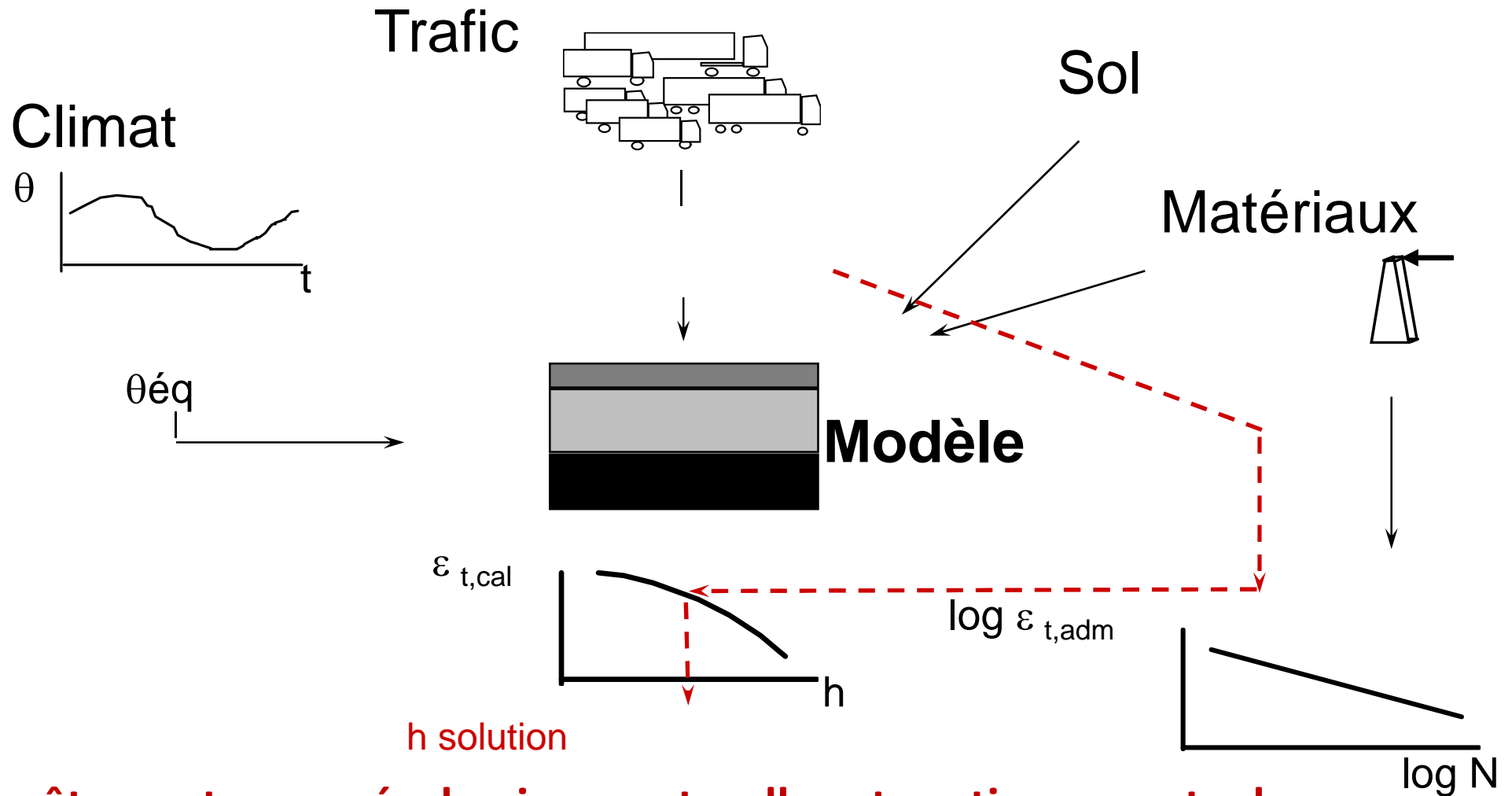
- 1 Un regard très prisé des concepteurs d'espaces publics de qualité.
- 2 **Le beau et le durable; la vulnérabilité de l'équilibre qui s'est accru par l'évolution des usages.**
- 3 Le concept de « design structurel », au-delà du dimensionnement des assises...
- 4 Le livre « Pierres naturelles : Conception et réalisation des voiries et espaces publics. Un «tour de France» des Métropoles pour disséminer la doctrine et les retours d'expériences
- 5 Le nouveau livre « Pierres naturelles » 2019 AITF/CTMNC/RGRA

Le beau et le durable; la vulnérabilité de l'équilibre qui s'est accru par l'évolution des usages



Maitriser et Rééquilibrer le beau et le robuste dans toutes les dimensions du développement durable

LE DIMENSIONNEMENT MECANIQUE DE LA STRUCTURE D'UNE VOIRIE EN RESUME



Le revêtement en pavés de pierre naturelle est partie prenante du dimensionnement par ses effets de voute

VOIES EN PAVES



Le revêtement en pavés de pierre naturelle est partie prenante du dimensionnement par ses effets de voute

**C'est incontournable lorsque les sollicitations sont nombreuses, lourdes, canalisées et agressives
Ex : Bus, bus articulés , véhicules de service et d'événementiel.**

LE DIMENSIONNEMENT DES ASSISES : UNE CONDITION NÉCESSAIRE ... MAIS PAS SUFFISANTE



ESSENTIEL SUR...

Les pierres naturelles en voirie urbaine

Dimensionnement
et mode de pose

par le Centre d'études sur les réseaux, les transports,
l'urbanisme et les constructions publiques (Certu)

La doctrine du mécanicien des chaussées l'a un peu oublié par le passé.....

LE DIMENSIONNEMENT DES ASSISES : UNE CONDITION NÉCESSAIRE ... MAIS PAS SUFFISANTE

Béton de classe 5 de la norme NF EN 98-170

Plate-forme	Epaisseur de la couche d'assise par voie en cm				
	Desserte (25 PL/j)	Distribution (150 PL/j)	Principale (300 PL/j)	Bus jusqu'à 50 PL/j	Bus jusqu'à 150 PL/j
PF1	23	25	30	28	29
PF2	20	22	27	25	26
PF2+	18	19	24	22	23
PF3	17	18	23	21	22



Grave-ciment catégorie T3 de la norme NF EN 13286-2

Plate-forme	Epaisseur de la couche d'assise par voie en cm				
	Desserte (25 PL/j)	Distribution (150 PL/j)	Principale (300 PL/j)	Bus jusqu'à 50 PL/j	Bus jusqu'à 150 PL/j
PF1	21 + 21	22 + 22	25 + 26	24 + 24	25 + 25
PF2	18 + 18	19 + 19	22 + 23	21 + 21	22 + 22
PF2+	28	18 + 18	21 + 22	20 + 20	21 + 21
PF3	26	30	20 + 21	19 + 19	20 + 20

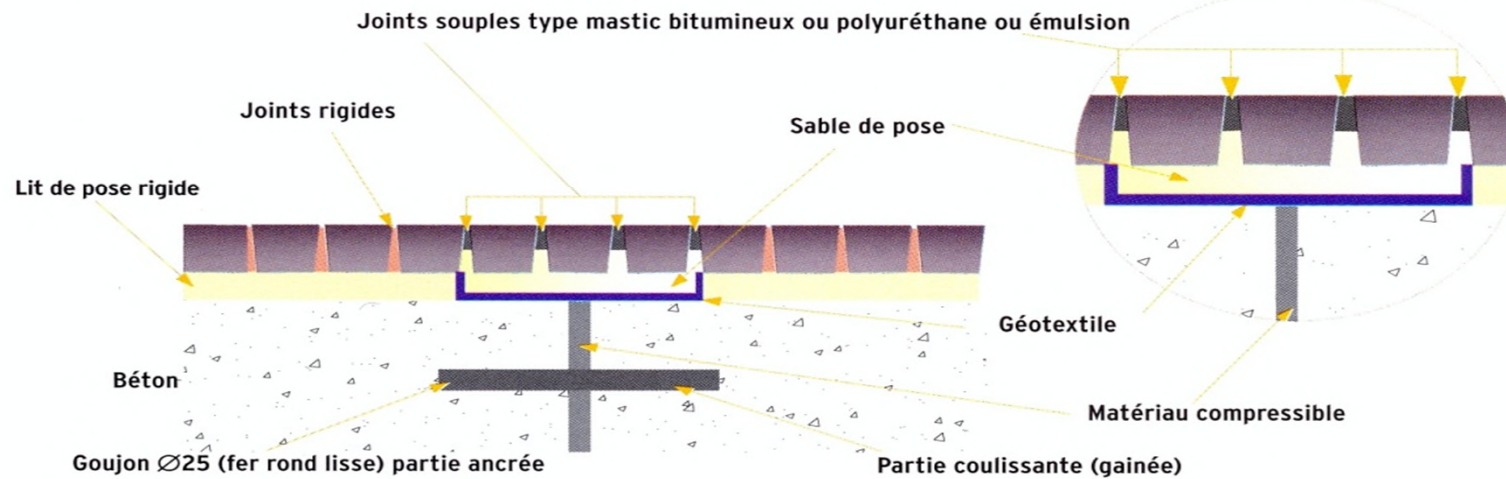
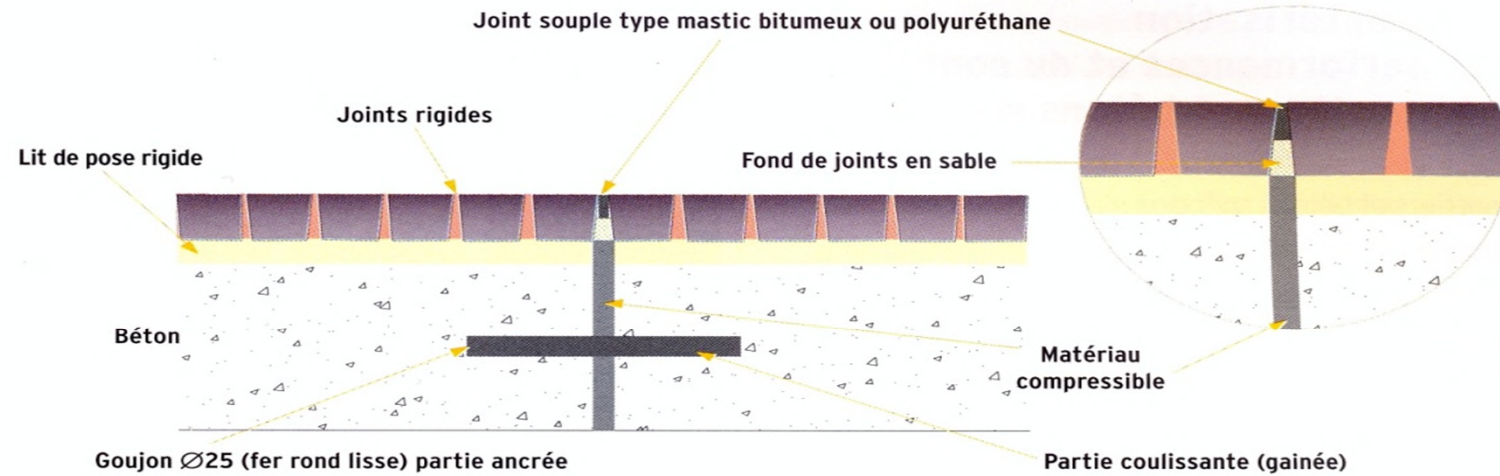
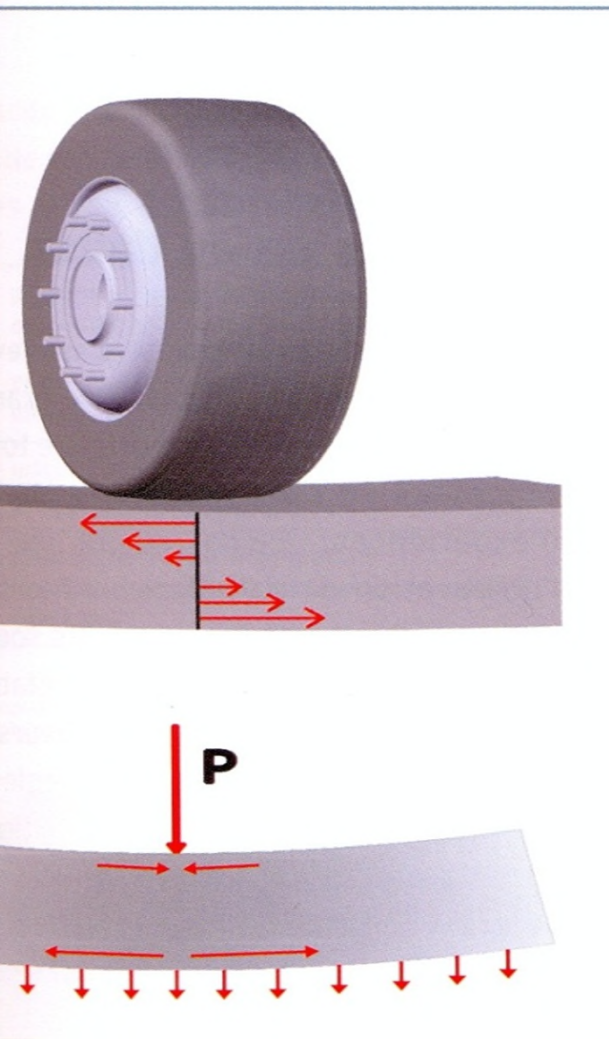


LE DIMENSIONNEMENT DES ASSISES : **UNE CONDITION NÉCESSAIRE ... MAIS PAS SUFFISANTE**



Les pathologies au vieillissement ou prématurées au jeune âge sont très rarement dues à la qualité et l'épaisseur des assises sous pavage

QUAND L'ACCESSOIRE , LE REVETEMENT EN PIERRE NATURELLE DEVIENT ESSENTIEL INVERSER LE REGARD...



Détail de remontée d'un joint de dilatation au travers du calepinage

PLAN D'EXPOSE

LES PIERRES NATURELLES EN AMENAGEMENT URBAIN

- 1 Un regard très prisé des concepteurs d'espaces publics de qualité.
- 2 Le beau et le durable; la vulnérabilité de l'équilibre qui s'est accru par l'évolution des usages.
- 3 Le concept de « design structurel », au-delà du dimensionnement des assises...**
- 4 Le livre « Pierres naturelles : Conception et réalisation des voiries et espaces publics. Un «tour de France» des Métropoles pour disséminer la doctrine et les retours d'expériences**
- 5 Le nouveau livre « Pierres naturelles » 2019 AITF/CTMNC/RGRA**

QUAND L'ACCESSOIRE DEVIENT **ESSENTIEL** : INVERSER LE REGARD...

① Le pavé, la dalle dans leur environnement

- Choix
- Conception
- Dimensionnement
- Formats
- Sollicitations
- Appareillage
- Lits de pose
- Jointement
- Blocage de plaque
- Drainage d'interface
- Exécution

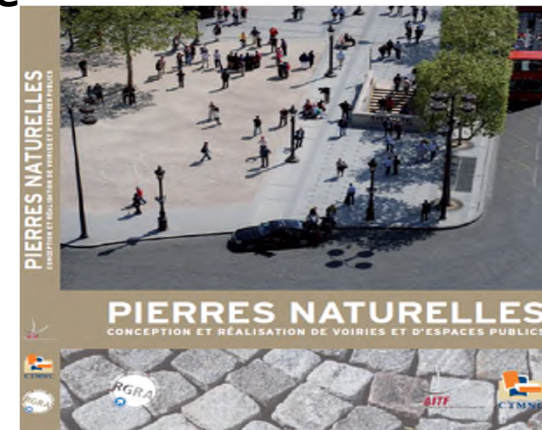


Toutes ces «dimensions» sont structurantes d'où le concept de «design structurel»

L'ESSENTIEL DU DESIGN STRUCTUREL **EN RÉSUMÉ**

1 UN « THERMOMÈTRE » POUR CARACTÉRISER LA ROBUSTESSE, LES NIVEAUX D'EFFICACITÉ

- A** principe ou valeur offrant les **garanties optimales** pour le critère considéré
- B** principe ou valeur d'un **niveau d'efficacité moyen** pour le critère considéré
- C** principe ou valeur **d'efficacité minimale** pour le critère considéré
- D** principe ou valeur **d'efficacité insuffisante** ou inexistante pour le critère considéré



L'ESSENTIEL DU DESIGN STRUCTUREL EN RÉSUMÉ

2 UNE VISION GLOBALE POUR L'AIDE A LA DECISION

	Pavés			Dalles
Trafics	T3	T2	T1	T4
Nombre de PL/j < 3,5 t	51 - 150	151 - 300	301 - 750	26 - 50
Caractéristiques de résistance des produits	B	A	A	A
Contrôles qualité et des procédures de réception	B	A	A	A
Formes d'appareillages	B	B	A (B)*	A
Blocages de rives et longitudinaux	B	A (B)*	A	A
Principes de drainage	B	A	A	A
Conditions d'exécution	B	A	A	A
Cohérence assise/mode de pose/jointement	A (B)*	A	A	A
Caractérisation des performances et du contrôle d'emploi des bétons et mortiers spéciaux	B	A	A	A



L'ESSENTIEL DU DESIGN STRUCTUREL EN RÉSUMÉ




FOCUS SUR L'ESSENTIEL DU DESIGN STRUCTUREL EN DETAIL

1/ RÉSISTANCE ET DIMENSIONS DES PAVÉS ET DALLES

1.1/ Cohérence avec trafic PL

		Trafic en nombre de poids lourds par jour de PTAC $\geq 3,5$ t				
		T5 1-25 PL	T4 26-50 PL	T3 51-150 PL	T2 151-300 PL	T1 301-750 PL
Épaisseurs minimales des pavés en cm	Lit de pose en sable	<input type="checkbox"/> ≥ 8	<input type="checkbox"/> ≥ 8	<input type="checkbox"/> ≥ 8	<input type="checkbox"/> $\frac{S/e \leq 25}{\geq 10}$	<input type="checkbox"/> ≥ 10
	Lit de pose en mortier ou béton	<input type="checkbox"/> ≥ 8	<input type="checkbox"/> ≥ 8	<input type="checkbox"/> ≥ 8	<input type="checkbox"/> $\frac{S/e > 25}{\geq 10}$	<input type="checkbox"/> $\frac{S/e \leq 25}{\geq 10}$

 *Choix à valider par une étude de conception particulière*

S/e = Rapport de la surface en cm² par son épaisseur en cm

Le « design structurel »: une réponse méthodologique à l'étude de conception particulière de la norme NF P 98-335.

FOCUS SUR L'ESSENTIEL DU DESIGN STRUCTUREL **EN DETAIL**

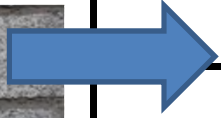
1/ RÉSISTANCE ET DIMENSIONS DES PAVÉS ET DALLES

1.2/ Résistance et dimensions

PAVÉS



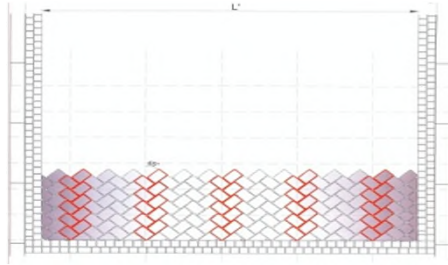
Résistance en compression	Classes de trafic PL					
	T1	T2	T3	T3	T4	T5
Rc MPa	T1	T2	T3	T3	T4	T5
> 120	A	A	A	A	A	A
110 à 120	B	B	A	A	A	A
100 à 110	C	C	B	A	A	A
60 à 100	D	D	C	B	A	A



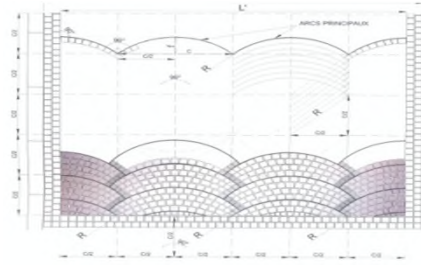
Pour les forts trafics T1 et T2 (> 150 PL/j) il faut une Résistance à la compression bien supérieure à la valeur minimum de la norme pour être en classe « A »

FOCUS SUR L'ESSENTIEL DU DESIGN STRUCTUREL **EN DETAIL**

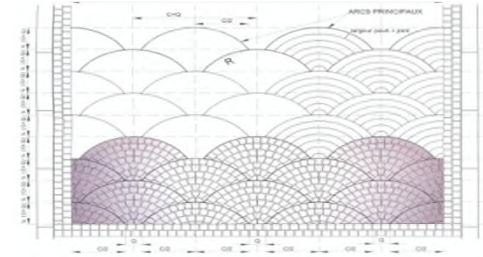
2/ FORMES D'APPAREILLAGE ET DE PROFIL



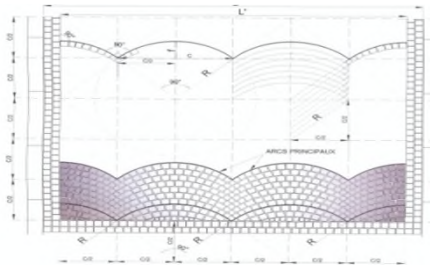
Chevrons



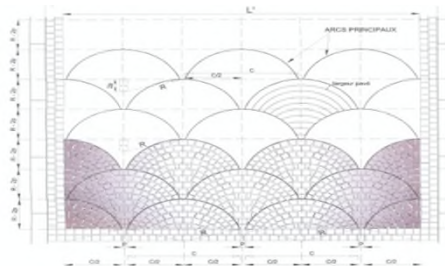
Arceaux à redans



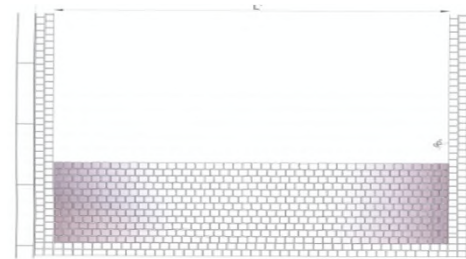
Fausse queue de paon



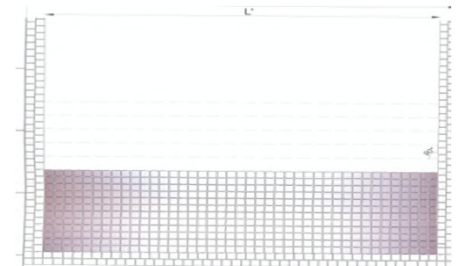
Arceaux classiques



Queue de paon



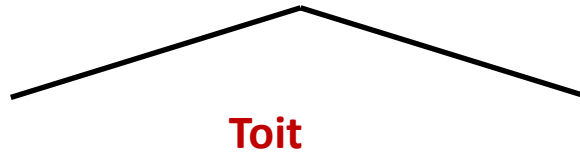
Ranges droite joints décalés



Panneaux joints alignés



Parabole



Toit



En V

Mobilisation des effets de voute verticaux et horizontaux

FOCUS SUR L'ESSENTIEL DU DESIGN STRUCTUREL **EN DETAIL**

2/ FORMES D'APPAREILLAGE ET DE PROFIL



FOCUS SUR L'ESSENTIEL DU DESIGN STRUCTUREL **EN DETAIL**

2/ FORMES D'APPAREILLAGE ET DE PROFIL

Appareillage	Forme du profil en travers		
	Parabole	En Toit	En V
Chevrons	A	B	C
Arceaux à redans	A	B	C
Fausse queue de paon	A	B	C
Arceaux classiques	A	B	C
Queue de paon	A	B	C
Range droite à joints décalés	A ou B	C	D
Panneaux joints alignés	D	D	D

Seuls les appareillages en arceaux ou en chevrons et les profils en travers paraboliques permettent d'être en classe « A »

FOCUS SUR L'ESSENTIEL DU DESIGN STRUCTUREL **EN DETAIL**

4/ DRAINAGE, EAUX DE RUISSELLEMENT, EAUX D'INTERFACE / L'EAU « STATIQUE » PEU ABONDANTE MAIS SOURNOISE...



Aucun revêtement et assemblage n'est « étanche », au mieux imperméable à l'état
neuf.....

FOCUS L'ESSENTIEL DU DESIGN STRUCTUREL **EN DETAIL**

4/ DRAINAGE, EAUX DE RUISSELLEMENT, EAUX D'INTERFACE



- Les principes fondamentaux :**
- 1. DÉRIVER L'EAU**
 - 2. EMPÊCHER L'EAU DE PÉNÉTRER DANS LA STRUCTURE ET LES INTERFACES**
 - 3. ÉVACUER L'EAU QUI S'EST NÉANMOINS INTRODUITE ...**

FOCUS SUR L'ESSENTIEL DU DESIGN STRUCTUREL **EN DETAIL**

5/ COHÉRENCE ASSISE - LIT DE POSE - JOINTEMENT

Nature de l'assise	Nature du lit de pose	Type de joint	Niveau d'efficacité pour les pavés	Niveau d'efficacité pour les dalles
Souple (non traitée)	Sable Sable Mortier	Joints souples (sables, sables stabilisés, produits bitumineux) Joints rigides (mortiers) Joints rigides (mortiers)	A Proscrit proscrit	C Proscrit proscrit
Bitumineuse épaisse (déflexion < 50/100e mm)	Sable Sable Mortier Mortier	Joints souples (sables, sables stabilisés, mélange bitumineux) Joints rigides (mortiers) Joints rigides (mortiers + joints de dilatation) Mortier sans joint de dilatation	A Proscrit C Proscrit	B Proscrit C Proscrit
Semi-rigide ou mixte (déflexion < 40/100e mm)	Sable Sable Mortier Mortier	Joints souples (sables, sables stabilisés, mélange bitumineux) Joints rigides (mortiers) Mortier (hydraulique ou organique + joint de dilatation) Mortier sans joint de dilatation	A Proscrit C Proscrit	B Proscrit D Proscrit
Rigide (déflexion < 15/100e mm)	Sable Sable Mortier Mortier Mortier spécial Mortier spécial	Joints souples (sables, sables stabilisés, mélange bitumineux) Joints rigides (mortiers) Mortier (hydraulique ou organique + joint de dilatation) Mortier sans joint de dilatation Mortier spécial de jointement et joint de dilatation Mortier spécial sans joint de dilatation	A Proscrit B Proscrit A Proscrit	A Proscrit B Proscrit A Proscrit

- Privilégier les modes souples lits de pose, jointement pour être en classe « A »
- En mode rigide, seuls les mortiers spéciaux pour lit de pose et joints permettent d'être classe « A »

L'ESSENTIEL DU DESIGN STRUCTUREL **EN SYNTHÈSE**

UNE LOGIQUE EN TROIS ÉTAPES :

- Introduire le concept de **niveau d'efficacité A, B, C D**
- Instruire chacun des **8 leviers d'action** en terme d'efficacité
- **Consolider** la synthèse par la vision globale des **niveaux d'efficacité** des **8 leviers d'actions** et les mettre en perspective avec les exigences du **niveau de sollicitation**

L'ESSENTIEL DU DESIGN STRUCTUREL **EN SYNTHÈSE**

UNE VISION GLOBALE POUR L'AIDE A LA DECISION:

	Pavés			Dalles
Trafics	T3	T2	T1	T4
Nombre de PL/j < 3,5 t	51 - 150	151 – 300	301 - 750	26 - 50
Caractéristiques de résistance des produits	B	A	A	A
Contrôles qualité et des procédures de réception	B	A	A	A
Formes d'appareillages	B	B	A (B)*	A
Blocages de rives et longitudinaux	B	A (B)*	A	A
Principes de drainage	B	A	A	A
Conditions d'exécution	B	A	A	A
Cohérence assise/mode de pose/jointement	A (B)*	A	A	A
Caractérisation des performances et du contrôle d'emploi des bétons et mortiers spéciaux	B	A	A	A

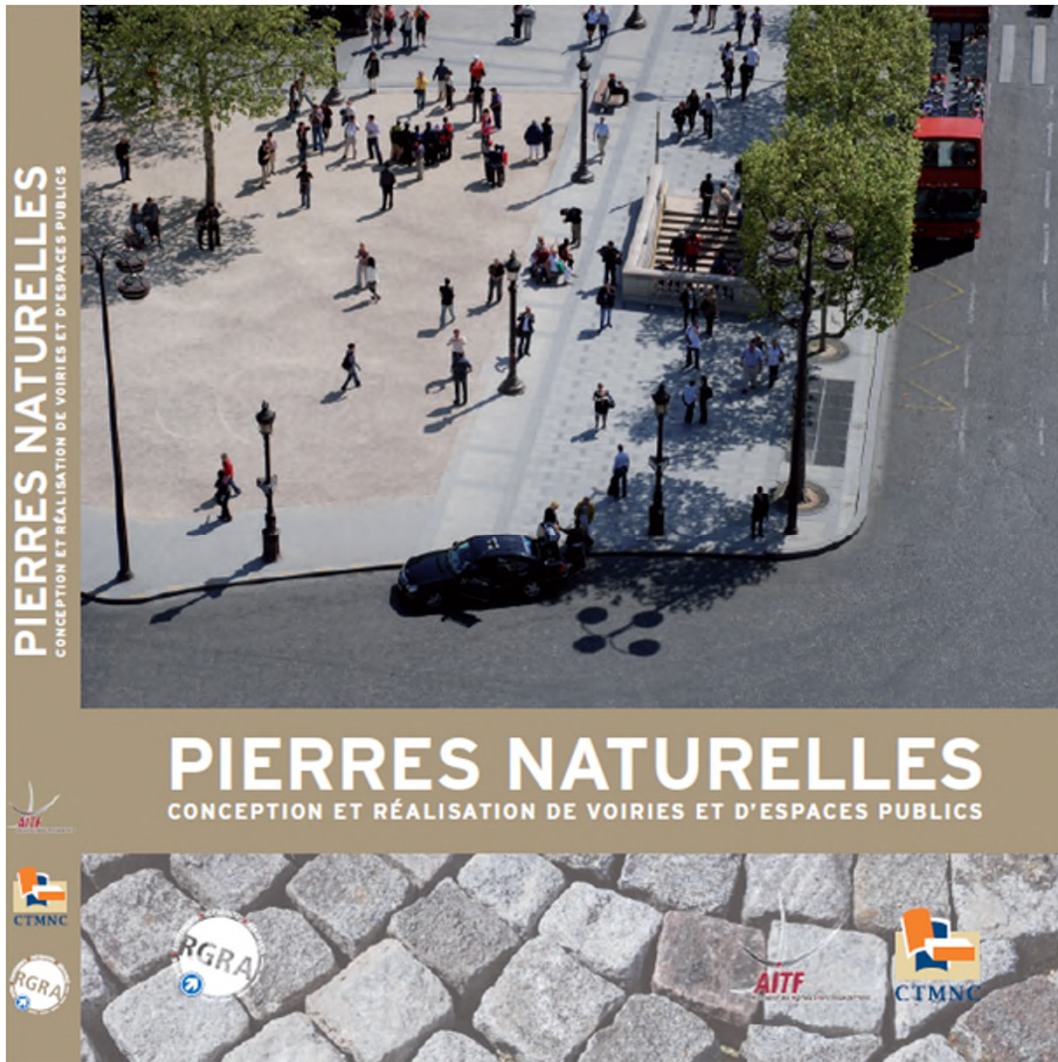


PLAN D'EXPOSE

LES PIERRES NATURELLES EN AMENAGEMENT URBAIN

- 1 Un regard très prisé des concepteurs d'espaces publics de qualité.
- 2 Le beau et le durable; la vulnérabilité de l'équilibre qui s'est accru par l'évolution des usages.
- 3 Le concept de « design structurel », au-delà du dimensionnement des assises...
- 4 **Le livre « Pierres naturelles : Conception et réalisation des voiries et espaces publics. Un «tour de France» des Métropoles pour disséminer la doctrine et les retours d'expériences**
- 5 **Le nouveau livre « Pierres naturelles » 2019 AITF/CTMNC/RGRA**

La refonte de la doctrine : de la norme au document d'application: une vision systémique des règles de l'art



- Norme NF P 98 335
- Livre RGRA/CTMNC/AITF

La refonte de la doctrine : de la norme au document d'application : une vision systémique des règles de l'art



Le fil conducteur du livre:

> Le cycle de vie des infrastructures en pierres naturelles

Les chapitres du livre:

- > La place de la pierre naturelle dans les espaces publics.
- > L'origine, l'extraction et la commande des pierres.
- > La conception et mise en œuvre des espaces publics en pierres naturelles.
- > La formation des hommes de l'art.
- > La gestion durable des voiries (entretien) et des carrières.
- > Les fiches techniques de pose.





toulouse
métropole



Programme final

Animation de la journée : Jean- Pierre CHRISTORY, Consultant

08h30 >	Accueil	
09h00 >	Ouverture, objectifs et présentation de la journée	Grégoire CARNEIRO Vice-Président de Toulouse Métropole chargé de la Voirie
09h15 >	CONNAISSANCES DE BASE DERNIERS DEVELOPPEMENTS "L'ADN" DE LA PIERRE Une identification scientifique de la pierre naturelle Retour d'expérience sur une démarche innovante.	Claudine MALFILATRE Centre Technique des Matériaux Naturels de Construction (CTMNC)
9h45 >	NORMES, REGLEMENTS ET PROCEDURES D'ESSAIS Les exigences à connaître	Didier PALLIX CTMNC
10h15 >	Pause	
10h30 >	CONCEVOIR « JUSTE » Le design structurel : principes et contenu. Focus sur des règles essentielles de liaison. L'impact environnemental ; ACV des pierres naturelles.	Jean-Pierre CHRISTORY Consultant Shahinaz SAYAGH CTMNC
12h00 >	Discussion générale, échanges avec la salle	

Matin

13h20 >	PRESCRIRE ET REALISER « JUSTE » Nouveaux guides de prescription : CCTP type et cadre de rédaction des marchés. La mise en œuvre sur le chantier.	Jean-Marc CLUZAUD Ingénieur Conseil
14h40 >	LA DEMARCHE ET L'EXPERIENCE DE TOULOUSE METROPOLE LA D... DE T... ° Présentation générale Historique des aménagements sur la ville de Toulouse La gestion des revêtements en matériaux naturels	Marc SEQUELA Cyril FAGES Toulouse Métropole
15h00 >	° L'expérience métropolitaine Réalizations récentes, les places St Pierre et de la Daurade Les projets en cours : Victor Hugo, Gambetta, Salin	Laurent VUILLET Francis DAUSSEING Toulouse Métropole Jean Michel ANJUER EGIS BET maître d'œuvre
16h00 >	Focus sur les innovations techniques à Saint Sernin	Marc SEQUELA Toulouse Métropole
16h40 >	° Le choix de matériaux naturels pour une qualité durable	
17h00 >	Discussion générale, échanges avec la salle	
17h15	SYNTHESE ET CONCLUSIONS	Michel ESQUERRE Président régional honoraire de l'AITF

Après-midi

Le « tour de France » des journées techniques Pierres naturelles dans les Métropoles

Témoignages, retours d'expérience, bonnes pratiques, besoins de progrès

Les sujets pertinents attendus des praticiens concepteurs, constructeurs et exploitants

- Approfondir les règles essentielles et les progrès sur les éléments de liaison entre pavés: **joints et lits de pose**
- Ne pas voir trop petit, penser à la **fin de vie**, ne pas hypothéquer le **réemploi et l'économie circulaire**
- Promouvoir les sites dédiés de gestion et de **valorisation des produits** et des **savoir faire des hommes de l'art**
- Pratiquer « **l'ADN** » de la pierre
- Reconsidérer les pratiques et les exigences en matière **d'adhérence**
- Promouvoir les recherches, les **innovations**, les **démonstrateurs** et les formations

Plus de 1000 praticiens ont échangé leurs attentes et retours d'expériences

LES JOINTS, POURQUOI ET POUR RENDRE SERVICE A QUI ?

Les joints réalisés entre les modules doivent **assurer les liaisons mécaniques entre les éléments** en transmettant la totalité des efforts horizontaux et dans une moindre mesure les efforts verticaux

Ils servent également à **limiter la pénétration de l'eau** dans le lit de pose

JOINTS SOUPLES

Le joint joue un rôle de **stabilisateur élastique** entre les pavés, ainsi qu'un rôle de blocage et de stabilisation des charges

La transmission des efforts se conjugue avec une certaine déformation élastique



JOINTS RIGIDES

Les joints rigides font partie intégrante du complexe monolithique assise- lit de pose- revêtement

Ils participent à la **reprise intégrale des efforts** horizontaux et verticaux induits par la circulation

La transmission des efforts n'autorise pas de déformation élastique

Il faut compenser par des dispositifs appropriés (joints de dilatation)



LES JOINTS, POURQUOI ET POUR RENDRE SERVICE A QUI ?

POUR LES CONCEPTEURS ET LES EXPLOITANTS: UN CHOIX DE COMPROMIS:

A prendre en compte dans le choix des joints:

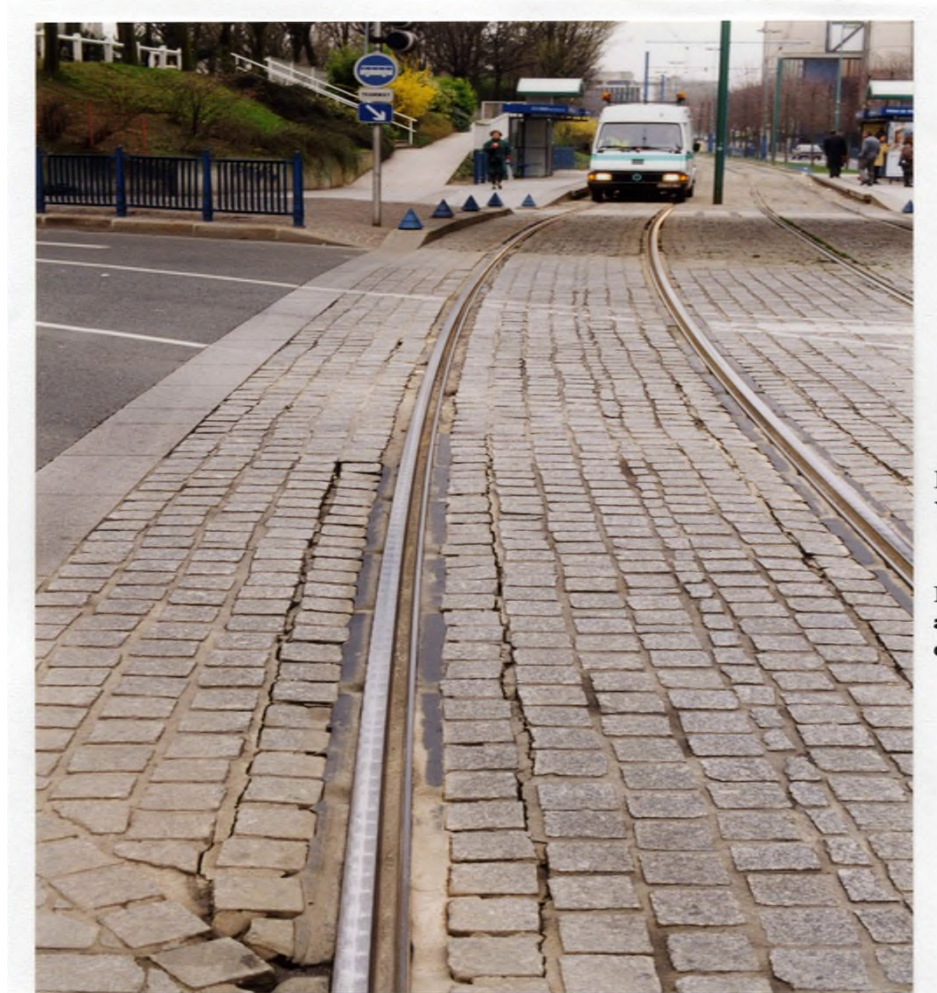
- Propreté, Nettoyement
- Entretien: réfections, démontage, interventions sous voirie, caractéristiques de surface
- Durabilité
- Imperméabilisation Drainage
- Réemploi Recyclage
- Acceptabilité des chantiers, furtivité
- Nouveaux besoins Ex: lutte contre l'imperméabilité des surfaces urbaines

**Les joints, tout autant que la pierre des éléments modulaires ,
sont en lien avec tous les propriétés attendues des revêtements**

PROPRETE NETTOIEMENT DES SURFACES URBAINES



RÉEMPLOI DE LA PIERRE NATURELLE « À L'INFINI » SI ON LA RÉCUPÈRE PROPREMENT



La récupération des pavés (propres) est une obligation au sens environnemental

LA PRATIQUE D'UNE ECONOMIE CIRCULAIRE : REEMPLOI ET RECYCLAGE



Recyclage des pavés parisiens

L'utilisation des matériaux recyclés permet à la Ville d'économiser près d'**1 million d'euros** par an sur l'achat des matériaux.
600 T de CO2 non émis.
 Plus de **300** camions de 25 T en moins sur les routes.



JOINTS A LA BENTONITE SUR PAVES

Pavés de granit 8 x 10 posés en queue de paon

Largeur des joints 10 à 15 mm

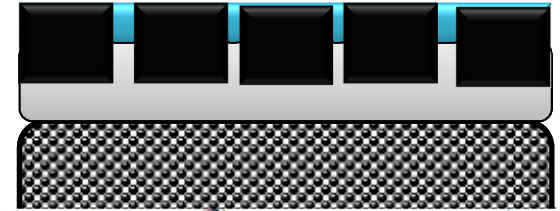


« SOUPLE – RIGIDE » OU LE « RIGIDE—SOUPLE »: VOIES DE PROGRES ET D'INNOVATION ?

Exemple :PROCEDE COLPAV : Mortiers spéciaux adaptés à un support bitumineux

Mortiers hydrauliques pour pose et joints de pavés (ou de dalles épaisses)
spécialement conçus pour être posé sur une structure bitumineuse

- Mortiers spéciaux (pose et joints) spécialement formulés
- ° **Module de rigidité abaissé, proche de celui des matériaux d'assise bitumineuse**
- ° **Retrait limité**
- ° **Forte adhésivité aux pierres et à l'enrobé**



« L' ADN » de la pierre naturelle

Méthode scientifique d'identification et de vérification de la provenance des pierres naturelles

Les pierres de construction sont fréquemment vendues sous divers noms commerciaux qui peuvent être l'objet d'incertitudes, ou dissimuler des substitutions non déclarées.



Les doutes sur les appellations et sur les provenances



Des doutes sur les propriétés physiques et mécaniques réelles



Développer un outil attestant de la provenance d'une pierre de construction



Quelles différences entre deux pierres ?



Quelles similitudes entre deux pierres ?

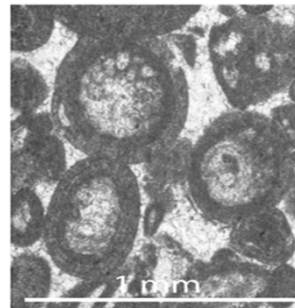
L' « ADN » de la pierre naturelle

Méthode scientifique d'identification et de vérification de la provenance des pierres naturelles

Elle mobilise notamment des techniques analytiques en vigueur en géologie

Analyse pétrographique : Texture, mode, phase de liaison, éléments figurés

analyse microscopique et comparaison informatique à une banque de données de référence

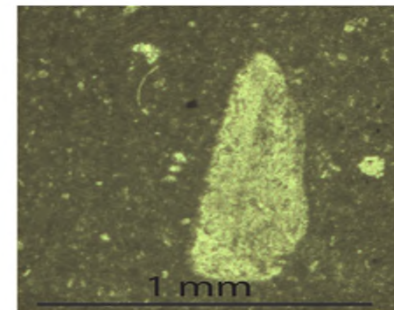


Analyse géochimique : Majeurs, traces, isotopes stables, isotopes radiogéniques

recherche et mesure au spectromètre de masse des principaux constituants et des différents isotopes

Analyse magnétique : Aimantation Rémanente Naturelle, Susceptibilité magnétique,

identification et quantification des minéraux magnétiques



L' « ADN » de la pierre naturelle

Méthode scientifique d'identification et de vérification de la provenance des pierres naturelles

APPLICATIONS PRATIQUES

1 SUIVI DE LA PROVENANCE DE LA FOURNITURE LIVRÉE

- Vérification de la provenance des échantillons et de l'appellation commerciale
- Assistance au MOA et MOE pour la vérification de la provenance des pierres livrées et la cohérence avec les pierres prescrites

2 COMPARAISON DE DIFFÉRENTES PIERRES

- Assistance au MOA et MOE pour le remplacement pertinent de pierres disparues pour la restauration de monuments historiques
- Comparaison de pierres entre elles

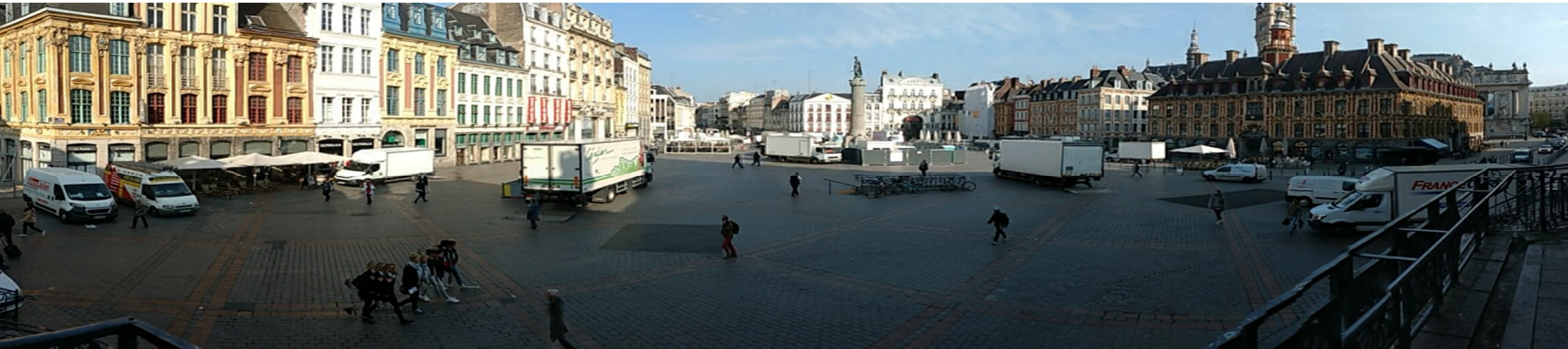
3 CRÉATION ET ALIMENTATION D'UNE BASE DE DONNÉES



ATTENTION AUX **SOLLICITATIONS...**

NE PAS VOIR TROP PETIT...

Espace piéton... « non circulé »!?



Lille Grand Place vendredi matin 9h

PENSER A LA FIN DE DUREE DE VIE ET AUX SUJETIONS DE REHABILITATION



Les coûts de maintenance et de rénovation doit-être très sérieusement considérés en amont car près de 90% des coûts sont figés à la construction

ENJEUX DES PARCS DE MATERIAUX

- acheter et approvisionner des matériaux destinés aux nouveaux aménagements



ENJEUX DES PARCS DE MATERIAUX

- **gérer les matériaux** destinés au menu entretien et aux réfections définitives après interventions des concessionnaires (gestion de stock)



ENJEUX DES PARCS DE MATERIAUX

- réaliser des planches d'essai



50 ans d'expérience toulousaine
LE PARC MATERIAUX DE GABARDIE

ENJEUX DES PARCS DE MATERIAUX

- **maintenir un bon niveau de connaissance** sur les matériaux et les différentes techniques de mise en œuvre







24^e
CONGRÈS

INFRA
2018



RETOUR SUR LE DESIGN STRUCTUREL

1/ RÉSISTANCE ET DIMENSIONS DES PAVÉS ET DALLES

1.2/ Résistance et dimensions

PAS SEULEMENT LA RESISTANCE...

MAIS AUSSI LES CARACTERISTIQUES DE SURFACE ET L'ADHERENCE...

Les indicateurs des essais conventionnels :

- Abrasion (Usure)
- Coefficient de frottement

...ne suffisent pas selon l'usage, le tracé et la pente de la voirie.



il n'y a pas d'essai qui établisse la relation entre la résistance à l'usure de la pierre et l'évolution de ses caractéristiques d'adhérence



Figure 13 : Pendule SRT (source Cerema Département Laboratoire d'Ang

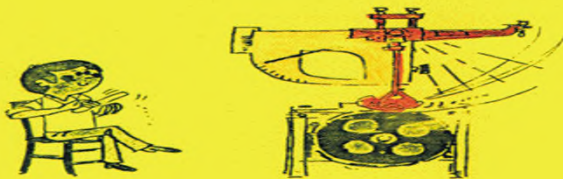
CARACTERISTIQUES MECANQUES



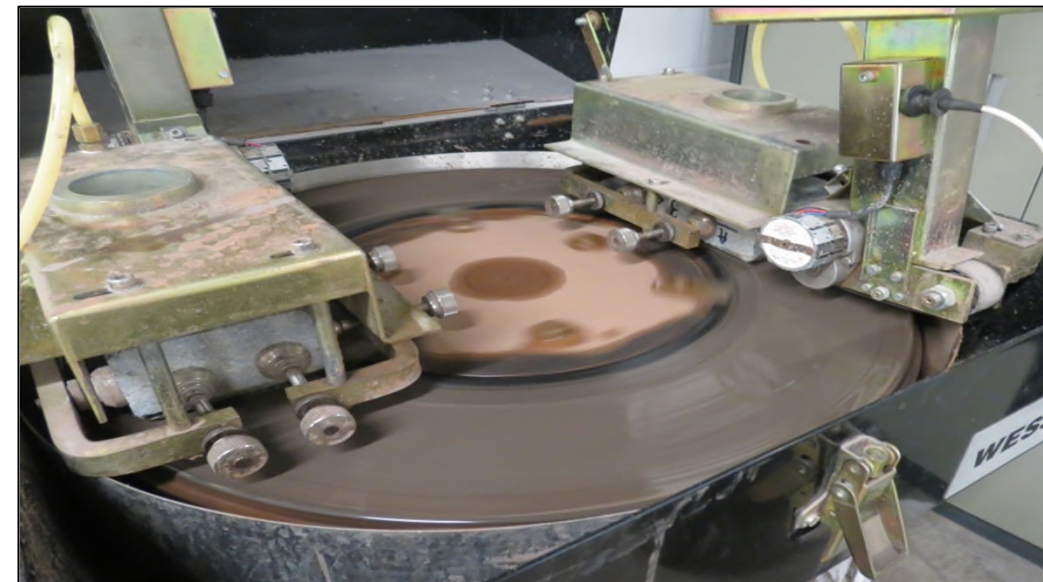
L.A.
P18573



M.D.E.
P18572



C.P.A.
P18575



Procédure essai CEN/TS 12633

un faisceau d'indicateurs pour mieux maitriser le risque selon l'usage et le contexte

OFFRE D'ADHÉRENCE VERSUS BESOIN D'ADHÉRENCE

Typologie des usagers et mode de mobilité :

° véhicules automobiles et poids lourd dont transports collectifs routiers

2 catégories : trafic < à T3 et trafic > ou = à T3 T3 : 150 PL/j sur une voie

° piétons et deux roues

2 catégories : modéré -- et élevé ++ seuil 1000 déplacements par jour

Synthèse « Usages Ui » :

Piéton et 2 roues / Trafic	< T3	> T3
modéré	U 1	U 3
élevé	U 2	U 4

Configuration géométrique

° Profils en long

2 catégories : profil plat et profil pentu seuil 4%

° Trajectoire

2 catégories : trajectoire rectiligne et trajectoire courbe ou décalage d'axe

Synthèse « géométrie Gi »

Trajectoire/ Profil	plat	pentu
rectiligne	G 1	G 3
courbe	G 2	G 4

CLASSIFICATION POUR LA DÉFINITION DU BESOIN D'ADHÉRENCE

Usages Ui	U1	U2	U3	U4
Géométrie Gi	G1 G2 G3 G4	G1 G2 G3 G4	G1 G2 G3 G4	G1 G2 G3 G4
Besoin d'adhérence	C C B B	B B A2 A2	B A2 A2 A2	A2 A2 A2 A1

UN EXEMPLE DE RETOUR D'EXPERIENCE DES BONNES PRATIQUES PARTAGE DANS LE TOUR DE FRANCE DES JOURNEES TECHNIQUES

**Réhabilitation de la Place de la Victoire Bordeaux Métropole
Exemple d'application**



Structure retenue

- Structure pavée en pose souple
 - Référentiel normatif et technique
 - Politique et expérience métropolitaines

Trafic		classe de trafic PL	T5		T4	T3		T2	T1		T0
		Sous-classe de trafic PL	T5-	T5+	T4	T3-	T3+	T2	T1-	T1+	T0
		Nb PL / jour / sens (MJA sens le plus chargé)	inf à 10	10 à 25	25 à 50	50 à 85	85 à 150	150 à 300	300 à 500	500 à 750	750 à 2000
Structure de Chaussée	pavé	Pose rigide	R	R	R	R*	R*	P	P	P	P
		Pose souple	P	P	P	P	P	E*	E*	P	P
	dalle	Pose rigide	R*	R*	P	P	P	P	P	P	P
		Pose souple	P	P	P	P	P	P	P	P	P

Structure retenue

- Choix technique chaussée
 - Pavés 13*20 (de couleur identique aux pavés 10*10 actuels)



STRUCTURE RETENUE

- **Choix technique chaussée**
 - Joints élastomères (ex. Parvis de la Gare St Jean)
 - Pose en voûte
 - Mise en œuvre de structurantes tous les 150m² (approximativement)
 - Réalisation de drains longitudinaux sous les caniveaux

En chantier – Pose sur sable



En chantier – Pose du drain



En chantier – Structurantes ancrées



Organisation de l'entreprise

- Tri préalable indispensable pour les pavés avant pose par les paveurs
 - Respect de la finition des faces (clivée)
 - Respect de la géométrie
- Accompagnement par le laboratoire



Organisation de l'entreprise

- Constat d'une grande technicité en pavage :
 - Faire appel à des paveurs spécialisés
 - Éviter les paveurs payés à la tâche, perte de la technicité
- Présence permanente d'un chef paveur (de jour comme de nuit)

En chantier – Joint souple



PLAN D'EXPOSE

LES PIERRES NATURELLES EN AMENAGEMENT URBAIN

- 1 Un regard très prisé des concepteurs d'espaces publics de qualité.
- 2 Le beau et le durable; la vulnérabilité de l'équilibre qui s'est accru par l'évolution des usages.
- 3 Le concept de « design structurel », au-delà du dimensionnement des assises...
- 4 Le livre « Pierres naturelles : Conception et réalisation des voiries et espaces publics. Un «tour de France» des Métropoles pour disséminer la doctrine et les retours d'expériences
- 5 **Le nouveau livre « Pierres naturelles » 2019 AITF/CTMNC/RGRA**



50 ans d'expérience toulousaine
LES AMÉNAGEMENTS RÉCENTS

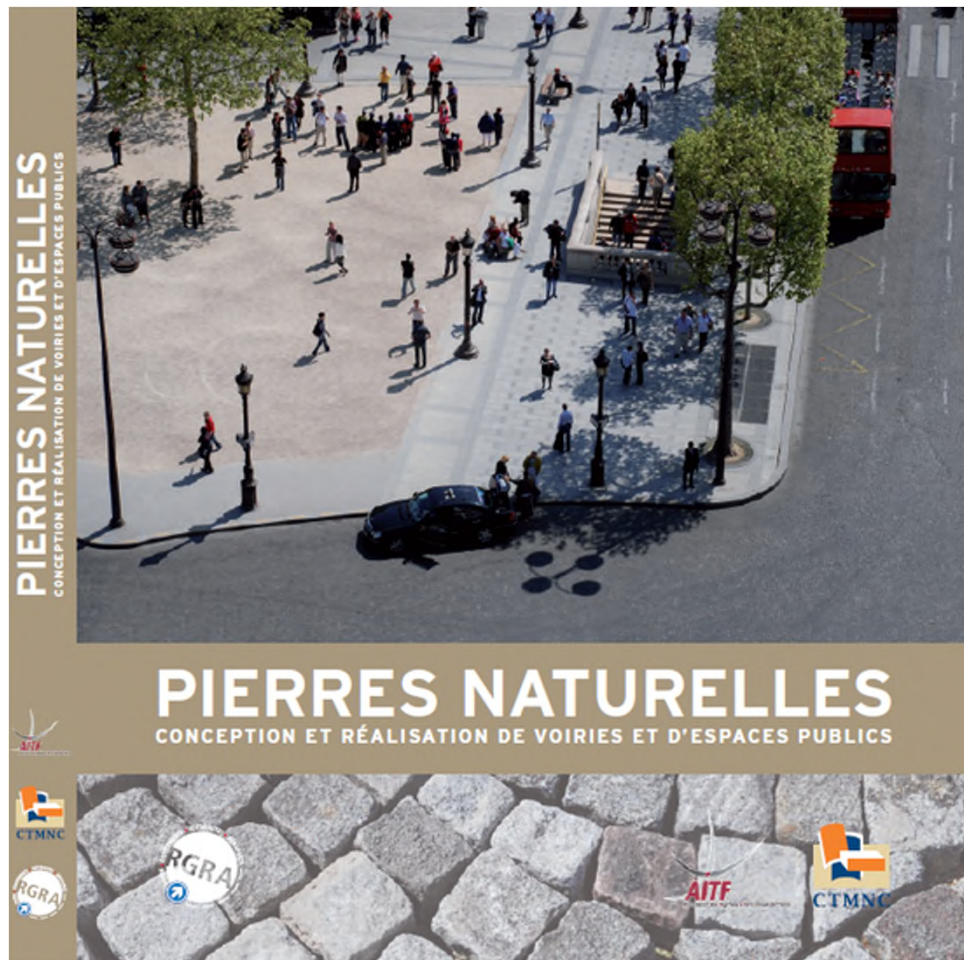
Après



50 ans d'expérience toulousaine
LES AMÉNAGEMENTS RÉCENTS

Après





10 ans après, édition d'un nouveau livre

Pierres naturelles : Conception et réalisation de voiries et d'espaces publics

SAVE THE DATE

22 octobre 2019 Grand amphi FNTF Paris

Journée de présentation du livre et derniers développements des connaissances et bonnes pratiques

Sommaire du nouveau livre PN

CH 1 Introduction

CH 2 Nature et diversité des pierres naturelles

CH 3 De la carrière aux produits finis

CH 4 Les normes

CH 5 Caractéristiques et essais

CH 6 Conception (dimensionnement) structurel

CH 7 Conception (dimensionnement) géométrique

CH 8 Commande des produits

CH 9 Mise en œuvre

CH 10 Les Hommes de l'art

CH 11 Entretien et exploitation

CH 12 Matériau durable

**CH 13 Fiches techniques de construction des appareillages
et planches de structures type**

SOURCES ET REMERCIEMENTS

Jean Marc CLUZAUD JMC Conseils
Jean René OURY EM Strasbourg /AITF
Marc SEGUELA Toulouse Métropole
Cyril FAGES Toulouse Métropole
Laurent VUILLET Toulouse Métropole
Simon PRAGALASIS Nantes Métropole
Didier PALLIX CTMNC
Claudine MALFILATRE CTMNC
Guy BEURIER AITF
Sophie BANETTE AITF
Philippe GODART Bordeaux Métropole
Stéphanie JUDE Bordeaux Métropole
François DURQUETY Bordeaux Métropole
Bernard HERITIER RGRA
Marie Françoise OSSOLA RGRA
Olga DUBOST RGRA
Marc COURBOT Lille Métropole/AITF
Nelly AZAMBRE Grand LYON/AITF
Patrick MARCHETTI Mairie de Paris
Damien BALLAND Mairie de Paris



LES DÉFIS DU GÉNIE URBAIN :
MULTIDISCIPLINARITÉ,
ACCEPTABILITÉ SOCIALE
ET INNOVATION

**LES PIERRES NATURELLES EN AMENAGEMENT URBAIN
CONCEPTION ET REALISATION DE VOIRIES ET D'ESPACES PUBLICS
DERNIERS DEVELOPPEMENTS
POUR L'ALLIANCE DU BEAU ET DU DURABLE**

MERCI DE VOTRE ATTENTION

Jean-Pierre CHRISTORY
QUEBEC, le 21 novembre 2018
J-p.christory@wanadoo.fr