

# CONSTRUCTION ET DIMENSIONNEMENT DES CHAUSSÉES

CONSTRUCTION ET DIMENSIONNEMENT DES CHAUSSÉES

## CONSTRUCTION ET DIMENSIONNEMENT DES CHAUSSÉES

Claude Bruxelles, ing., M.Ing.

(514) 396-8800 ext. 7559

Local 1748

cbruxelle@ctn.etsmtl.ca

## PLAN DE COURS

CONSTRUCTION ET DIMENSIONNEMENT DES CHAUSSÉES

- CARACTÉRISTIQUES DES CHAUSSÉES
- ANALYSE DU TRAFIC - CHAUSSÉES FLEXIBLES
- ANALYSE DU TRAFIC - CHAUSSÉES RIGIDES
- DIMENSIONNEMENT DES CHAUSSÉES FLEXIBLES
- DIMENSIONNEMENT DES CHAUSSÉES RIGIDES
- LOGICIELS DE DIMENSIONNEMENT
- ÉTUDE DES SOLS ET DES GRANULATS
- CONSTRUCTION DES CHAUSSÉES
- ÉVALUATION DES CHAUSSÉES
- GESTION ET ENTRETIEN DES CHAUSSÉES

CONSTRUCTION ET DIMENSIONNEMENT DES CHAUSSÉES

## PLAN DE COURS

### ■ ÉVALUATION

- Examen durant la session 35 %
- Examen final 35 %
- Travaux pratiques 30 %
  - Analyse de circulation 5 %
  - Dimensionnement d'une chaussée flexible 5 %
  - Dimensionnement d'une chaussée rigide 5 %
  - Utilisation de programmes informatiques 5 %
  - Rapport technique sur la construction 5 %
  - Présentation en classe 5 %

CONSTRUCTION ET DIMENSIONNEMENT DES CHAUSSÉES

## RÔLE ET CARACTÉRISTIQUES DES CHAUSSÉES

- Catégories d'ouvrages
  - Catégories de routes
  - Voies de circulation rurales
  - Voies de circulation urbaines
  - Éléments de la route
- Types de chaussée et qualités fonctionnelles
  - Types de chaussées
  - Qualités fonctionnelles d'une chaussée
- Contraintes affectant les chaussées

CONSTRUCTION ET DIMENSIONNEMENT DES CHAUSSÉES

## LONGUEUR DU RÉSEAU ROUTIER QUÉBÉCOIS PAR JURIDICTION

### Kilométrage par juridiction

(Longueur pondérée)

CATÉGORIE DES ROUTES	MINISTÈRE DES TRANSPORTS	CORPORATIONS MUNICIPALES	TOTAL
Autoroutes	4 455		4 455
Routes	19 008	757	19 765
Chemins	36 352	8 000	44 352
Rues		48 000	48 000
TOTAL	59 815	56 757	112 572

CONSTRUCTION ET DIMENSIONNEMENT DES CHAUSSÉES

## CLASSIFICATION ROUTIÈRE

BASÉE SUR LA CONCEPTION GÉOMÉTRIQUE  
POUR TENIR COMPTE DES DEUX FONCTIONS  
ESSENTIELLES

- circulation
- accès aux propriétés

# CONSTRUCTION ET DIMENSIONNEMENT DES CHAUSSÉES

CONSTRUCTION ET DIMENSIONNEMENT DES CHAUSSÉES

## CLASSIFICATION ROUTIÈRE

**LES VOIES DE CIRCULATION SONT CLASSÉES**

- AUTOROUTE
- ARTÈRE
- COLLECTRICE
- LOCALE

AUTOROUTE ET ARTÈRE POUR LA CIRCULATION DIRECTE  
LOCALES POUR L'ACCÈS AUX TERRAINS ADJACENTS  
COLLECTRICES POSSÈDENT LES DEUX FONCTIONS

- VOIES URBAINES
- VOIES RURALES

CONSTRUCTION ET DIMENSIONNEMENT DES CHAUSSÉES

## CLASSIFICATION ROUTIÈRE

VOIES URBAINES	CLASSES	VOIES RURALES
AUTOROUTE	AUTOROUTE	AUTOROUTE
BOULEVARD	ARTÈRE	ROUTE
AVENUE ET RUE	COLLECTRICE	ROUTE
AVENUE	LOCALE	ROUTE
RUE	LOCALE	CHEMIN

CONSTRUCTION ET DIMENSIONNEMENT DES CHAUSSÉES

## CLASSIFICATION ROUTIÈRE

- **L'AMÉNAGEMENT DU TERRITOIRE ÉTABLIT DES VOCATIONS ET DES MISSIONS AUX RÉGIONS OU AUX QUARTIERS D'UNE VILLE**
- LES VOIES DE CIRCULATION DEVIENNENT L'OSSEMENT DU TRANSPORT
- CETTE OSSATURE TIENT COMPTE DES DÉVELOPPEMENTS INDUSTRIELS ET RÉSIDENTIELS
- LE CHOIX D'UN TYPE D'INFRASTRUCTURE DOIT RESPECTER UN ÉQUILIBRE HARMONIEUX ENTRE:
  - LA QUALITÉ DE VIE
  - LE RESPECT DE L'ENVIRONNEMENT
  - LE DÉVELOPPEMENT ÉCONOMIQUE

CONSTRUCTION ET DIMENSIONNEMENT DES CHAUSSÉES

## VOIES DE CIRCULATION RURALES

- **AUTOROUTE**
  - CONÇUE POUR DES FLUX DE CIRCULATION IMPORTANTS À VITESSE ÉLEVÉE AVEC SÉCURITÉ MAXIMALE POUR TRAFIC
  - CONSTITUÉE DE DEUX OU PLUSIEURS CHAUSSÉES SÉPARÉES
  - RÉGLEMENTATION DES ACCÈS
  - CARREFOURS DÉNIVELÉS
  - INTERDICTION DU STATIONNEMENT
  - INTERDICTION DES PIÉTONS OU BICYCLETTES
  - ÉCOULEMENT ININTERROMPU

CONSTRUCTION ET DIMENSIONNEMENT DES CHAUSSÉES

## VOIES DE CIRCULATION RURALES

- **ROUTE**
  - RELIE LES AGGLOMÉRATIONS
  - PERMET LE MOUVEMENT DE VÉHICULES
  - CLASSÉE ARTÈRE, COLLECTRICE OU LOCALE
    - L'ARTÈRE
      - REÇOIT LE TRAFIC IMPORTANT
      - PERMET LA VITESSE ÉLEVÉE
      - PERMET UN ACCÈS RESTREINT AUX TERRAINS ADJACENTS
      - LA COLLECTRICE OFFRE DES FONCTIONS D'ACCÈS ET DE CIRCULATION D'ÉGALE IMPORTANCE
    - LA VOIE LOCALE RURALE
      - PERMET L'ACCÈS AUX TERRAINS ADJACENTS
      - SUBIT DES DÉBITS DE CIRCULATION PEU ÉLEVÉS

CONSTRUCTION ET DIMENSIONNEMENT DES CHAUSSÉES

## VOIES DE CIRCULATION RURALES

- **CHEMIN**
  - VOIE DE COMMUNICATION PERMETTANT DE DESSERVIR DES ZONES D'EXPLOITATION DES RESSOURCES NATURELLES, AGRICOLES, FORESTIÈRES, SPORTIVES ET TOURISTIQUES
  - PEUT ÊTRE REVÊTU OU NON
  - LES CHEMINS AGRICOLES PRENNENT LE NOM DE RANGS

# CONSTRUCTION ET DIMENSIONNEMENT DES CHAUSSÉES

CONSTRUCTION ET DIMENSIONNEMENT DES CHAUSSÉES

## VOIES DE CIRCULATION URBAINES

### ■ AUTOROUTE

- FORTE CONCENTRATION DE POPULATION
- CARREFOURS DÉNIVELÉS PLUS NOMBREUX
- TERRE-PLEIN PARFOIS REMPLACÉ PAR SÉPARATEURS AVEC OU SANS MURS-ÉCRANS

CONSTRUCTION ET DIMENSIONNEMENT DES CHAUSSÉES

## VOIES DE CIRCULATION URBAINES

### ■ BOULEVARD

- CONÇU POUR FLUX DE CIRCULATION IMPORTANTS À TRAFIC MIXTE (TRANSIT OU LOCAL CONTRÔLÉ)
- MOUVEMENT DES VÉHICULES ASSURÉ PAR DEUX OU PLUSIEURS CHAUSSÉES PARFOIS SÉPARÉES PAR DES TERRE-PLEINS
- INTERSECTIONS SOUVENT MUNIES DE FEUX DE CIRCULATION

CONSTRUCTION ET DIMENSIONNEMENT DES CHAUSSÉES

## VOIES DE CIRCULATION URBAINES

### ■ AVENUE

- COLLECTRICE À VOCATION SIMILAIRE À CELLE DU BOULEVARD
- CHAUSSÉES NON SÉPARÉES
- CROISÉE PAR DES RUES TRANSVERSALES
- FEUX DE CIRCULATION
- ACCÈS AUX PROPRIÉTÉS

CONSTRUCTION ET DIMENSIONNEMENT DES CHAUSSÉES

## VOIES DE CIRCULATION URBAINES

### ■ RUE

- FAVORISE CIRCULATION ENTRE LES QUARTIERS
- DESSERT DIRECTEMENT LES RIVERAINS
- PEUT AVOIR DES RUES COLLECTRICES
- CIRCULATION POSSIBLE DANS LES DEUX SENS
- CIRCULATION DICTÉE PAR LE PLAN DE LA VILLE

CONSTRUCTION ET DIMENSIONNEMENT DES CHAUSSÉES

## VOIES DE CIRCULATION URBAINES

### ■ RUELLE

- EXISTE DANS CERTAINS QUARTIERS
- LOCALISÉE DERRIÈRE LES RESIDENCES OU LES COMMERCES
- ACCÈS AUX RÉSIDENTS POUR DIVERS SERVICES (CUEILLETTE DES ORDURES, ETC.)
- ACCÈS POUR POMPIERS

### ■ PISTE CYCLABLE

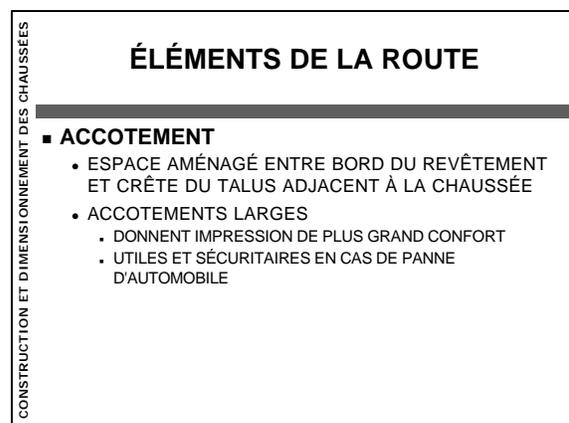
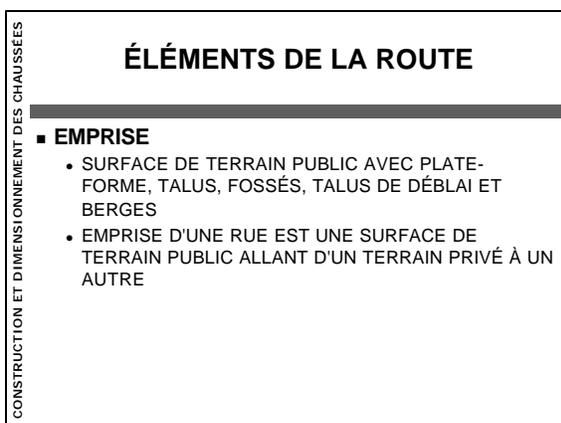
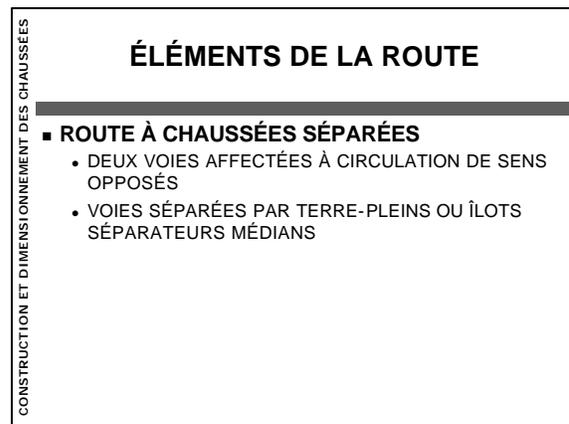
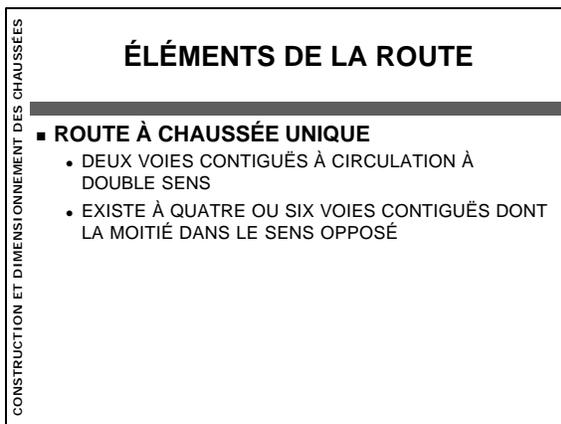
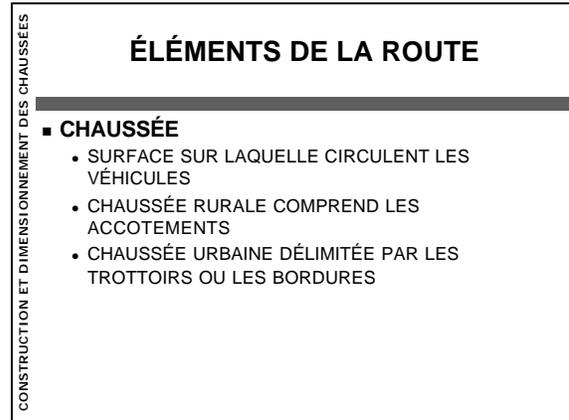
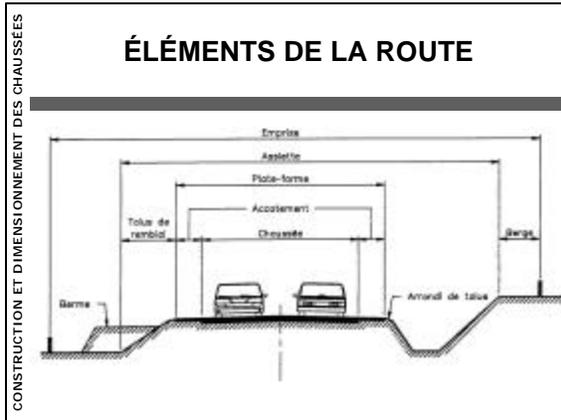
- VOIE DE CIRCULATION DE RESPONSABILITÉ MUNICIPALE

CONSTRUCTION ET DIMENSIONNEMENT DES CHAUSSÉES

## ÉLÉMENTS DE LA ROUTE

- La terminologie varie d'un pays à l'autre
- Au Québec, les termes usuels s'inspirent à la fois de ceux utilisés au Canada anglais et ceux utilisés en France

# CONSTRUCTION ET DIMENSIONNEMENT DES CHAUSSÉES



# CONSTRUCTION ET DIMENSIONNEMENT DES CHAUSSÉES

CONSTRUCTION ET DIMENSIONNEMENT DES CHAUSSÉES

## ÉLÉMENTS DE LA ROUTE

### ■ TALUS DE CHAUSSÉE

- PARTIE DU PROFIL EN TRAVERS DE LA ROUTE COMPRISE ENTRE ACCOTEMENT ET FOSSÉ
- PENTE ET COMPACTITÉ DU TALUS QUI CONTRÔLENT ÉROSION ET STABILITÉ DU REMBLAI

CONSTRUCTION ET DIMENSIONNEMENT DES CHAUSSÉES

## ÉLÉMENTS DE LA ROUTE

### ■ ARRONDI DE TALUS

- RACCORDEMENT PROGRESSIF DES PENTES ENTRE ACCOTEMENT ET PARTIE SUPÉRIEURE DU TALUS
- AMORTIT LA PERTE DE CONTACT ENTRE LES ROUES ET LE SOL
- MINIMISE ÉROSION DU REMBLAI CAUSÉE PAR ÉCOULEMENT DES EAUX DE SURFACE DE LA ROUTE

CONSTRUCTION ET DIMENSIONNEMENT DES CHAUSSÉES

## ÉLÉMENTS DE LA ROUTE

### ■ FOSSÉ

- TRANCHÉE LONGITUDINALE BORDANT BAS DU TALUS DE CHAUSSÉE ET TALUS DE DÉBLAI POUR ÉCOULER DES EAUX DE SURFACE ET DES ABORDS
- FORME D'UN TRAPÈZE INVERSÉ ÉVITANT LES PENTES FORTES AVEC DES BASES LARGES POUR MINIMISER LES EFFETS DE L'ÉROSION
- EMPLACEMENT DU FOSSÉ DÉTERMINÉ PAR ANGLE FAIT PAR LA RENCONTRE DES PENTES DU TALUS DE REMBLAI ET DU TALUS DE DÉBLAI
- DIMENSIONS ADAPTÉES AUX CONDITIONS RÉELLES DE DÉBIT ET DE PENTE

CONSTRUCTION ET DIMENSIONNEMENT DES CHAUSSÉES

## ÉLÉMENTS DE LA ROUTE

### ■ TALUS

- PENTE DE PARTIE DE ROUTE COMPRISE ENTRE FOSSÉ ET BERGE
- LA BERGE EST LA PARTIE DU TERRAIN SURÉLEVÉ BORDÉE PAR TALUS DE DÉBLAI ET LIMITE DE L'EMPRISE, GÉNÉRALEMENT À L'EXTÉRIEUR DU TERRASSEMENT
- PERMET DES MANOEUVRES D'ENTRETIEN (CORRECTION DE DÉGÂTS D'ÉROSION)

CONSTRUCTION ET DIMENSIONNEMENT DES CHAUSSÉES

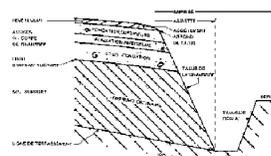
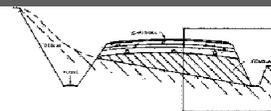
## ÉLÉMENTS DE LA ROUTE

### ■ ASSIETTE

- ENTRE FOSSÉS, OU TROTTOIRS (CHAUSSÉES URBAINES)
- SUPPORTE LA STRUCTURE DE LA CHAUSSÉE

CONSTRUCTION ET DIMENSIONNEMENT DES CHAUSSÉES

## TERMINOLOGIE DE CHAUSSÉE



# CONSTRUCTION ET DIMENSIONNEMENT DES CHAUSSÉES

CONSTRUCTION ET DIMENSIONNEMENT DES CHAUSSÉES

## TYPES DE CHAUSSÉES

- **CHOIX DU TYPE**
  - DÉTERMINÉ AU NIVEAU DE LA PLANIFICATION
  - TIENTCOMPTE DE
    - POLITIQUE DE L'ADMINISTRATION
    - TRAFIC LOURD
    - TYPE DE PNEUMATIQUES
    - SOLS
    - CLIMAT
    - COÛTS DE CONSTRUCTION ET DE CONSERVATION

CONSTRUCTION ET DIMENSIONNEMENT DES CHAUSSÉES

## TYPES DE CHAUSSÉES

- CHAUSSÉE SOUPLE
- CHAUSSÉE RIGIDE
- CHAUSSÉE MIXTE
- CHAUSSÉE EN PAVÉS DE BÉTON
- CHAUSSÉE EN PAVÉS DE GRANITE
- CHAUSSÉE NON REVÊTUE

comprennent des couches de sol ou de matériau posées sur le sol naturel pour former sol support ou infrastructure de route

CONSTRUCTION ET DIMENSIONNEMENT DES CHAUSSÉES

## TYPES DE CHAUSSÉES

- **SOUS-FONDATION**
  - PREMIÈRE COUCHE DE MATÉRIAU CHOISI
  - FORME LES ASSISES OU CORPS DE CHAUSSÉE
- **FONDATION**
  - RECOUVRE LA SOUS-FONDATION

CONSTRUCTION ET DIMENSIONNEMENT DES CHAUSSÉES

## TYPES DE CHAUSSÉES

- **REVÊTEMENT**
  - POSÉ SUR LA FONDATION
  - ADOUCIT LA SURFACE DE ROULEMENT
  - DISTRIBUE LES CHARGES TRANSMISES DANS LA CHAUSSÉE ET DANS LE SOL
  - AUGMENTE LA CAPACITÉ DE SUPPORT
  - IMPERMÉABILISE ET PROTÈGE LES FONDATIONS CONTRE LE TRAFIC ET LES INTEMPÉRIES
  - NATURE DU MATÉRIAU CONSIDÉRÉE DANS LE DIMENSIONNEMENT DU CORPS DE CHAUSSÉE
  - DIFFÉRENCES DES TYPES DE CHAUSSÉE AU NIVEAU DU REVÊTEMENT ET DE L'ÉPAISSEUR DES FONDATIONS DONT LE DIMENSIONNEMENT EST DÉTERMINÉ POUR LE TRAFIC (CHARGES LOURDES)

CONSTRUCTION ET DIMENSIONNEMENT DES CHAUSSÉES

## TYPES DE CHAUSSÉES

- **CHAUSSÉE RIGIDE**
  - DALLE DE BÉTON DE CIMENT PORTLAND SUR FONDATION DE PIERRE OU DE GRAVIER CONCASSÉ
  - SUR SOL COMPACTÉ OU FONDATION STABILISÉE
  - OFFRE DES VARIANTES DE
    - ÉPAISSEUR DE DALLE
    - ÉPAISSEUR D'ESPACEMENT
    - PATRON DES JOINTS
    - ARMATURE

CONSTRUCTION ET DIMENSIONNEMENT DES CHAUSSÉES

## TYPES DE CHAUSSÉES

Le diagramme illustre la structure d'une chaussée rigide. Il est divisé en quatre zones horizontales distinctes, de haut en bas : 1. Une couche supérieure de 'Béton de ciment' représentée par un motif de points et de lignes courtes. 2. Une couche de 'Fondation granulaire' représentée par un motif de points et de lignes plus longues. 3. Une couche de 'Sol support' représentée par un motif de points et de lignes encore plus longues. 4. Une couche inférieure de 'Chaussée rigide' représentée par un motif de points et de lignes très longues, correspondant à la dalle de béton. Le tout est étiqueté 'CHAUSSÉE RIGIDE' en bas.

# CONSTRUCTION ET DIMENSIONNEMENT DES CHAUSSÉES

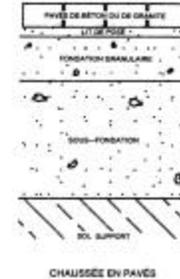
CONSTRUCTION ET DIMENSIONNEMENT DES CHAUSSÉES

## TYPES DE CHAUSSÉES

- **CHAUSSÉE EN PAVÉS**
  - COMPOSÉE DE PAVÉS POSÉS SUR COUSSIN DE GRANULATS FINS
  - REPOSE SUR FONDATION GRANULAIRE

CONSTRUCTION ET DIMENSIONNEMENT DES CHAUSSÉES

## TYPES DE CHAUSSÉES



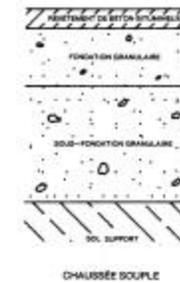
CONSTRUCTION ET DIMENSIONNEMENT DES CHAUSSÉES

## TYPES DE CHAUSSÉES

- **CHAUSSÉE SOUPLE**
  - FONDATION DE GRAVIER OU PIERRE CONCASSÉE D'ÉPAISSEUR CALCULÉE
  - REVÊTEMENT DE BÉTON BITUMINEUX
  - TYPE ET ÉPAISSEUR DE L'ENRÔBÉ BITUMINEUX DÉPENDENT DU TRAFIC ET CLIMAT
  - SIMPLÉS ENDUITS BITUMINEUX SUR ROUTES PEU ACHALANDÉES
  - REVÊTEMENT SOUPLE POSÉ EN PLUSIEURS COUCHES DE MÉLANGES DIFFÉRENTS OU EN UNE SEULE
  - PRÉCAUTIONS NÉCESSAIRES À PRENDRE AVANT ET PENDANT POSE POUR REVÊTEMENT DURABLE

CONSTRUCTION ET DIMENSIONNEMENT DES CHAUSSÉES

## TYPES DE CHAUSSÉES



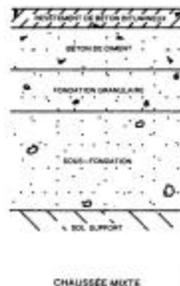
CONSTRUCTION ET DIMENSIONNEMENT DES CHAUSSÉES

## TYPES DE CHAUSSÉES

- **CHAUSSÉE MIXTE**
  - DALLE DE BÉTON DE CIMENT
  - REVÊTEMENT DE BÉTON BITUMINEUX OU DE PAVÉS
  - REVÊTEMENT REPOSE SUR FONDATION GRANULAIRE
- **CHAUSSÉE NON REVÊTUE**
  - PAS DE REVÊTEMENT

CONSTRUCTION ET DIMENSIONNEMENT DES CHAUSSÉES

## TYPES DE CHAUSSÉES



# CONSTRUCTION ET DIMENSIONNEMENT DES CHAUSSÉES

CONSTRUCTION ET DIMENSIONNEMENT DES CHAUSSÉES

## QUALITÉS FONCTIONNELLES D'UNE CHAUSSÉE

- LES CARACTÉRISTIQUES D'UNE CHAUSSÉE REPRÉSENTENT LES **QUALITÉS** RECHERCHÉES POUR QU'ELLE SATISFASSE LES **EXIGENCES DE L'USAGER** D'UNE PART ET, D'AUTRE PART, POUR QU'ELLE PUISSE AVOIR LA **DURÉE DE VIE** ET LA **QUALITÉ DE COMPORTEMENT** CALCULÉES AVEC TOUTES LES **CONTRAINTES** AUXQUELLES ELLE EST SOUMISE

CONSTRUCTION ET DIMENSIONNEMENT DES CHAUSSÉES

## QUALITÉS FONCTIONNELLES D'UNE CHAUSSÉE

- **UNI**
  - DIRECTEMENT RELIÉ AU CONFORT ET À LA SÉCURITÉ
  - AFFECTÉ PAR ONDULATIONS DE PROFIL LONGITUDINALES ET/OU TRANSVERSALES
  - AFFECTÉ PAR LONGUEUR DES DÉNIVELLATIONS
  - TEXTURE DU REVÊTEMENT DÉTERMINE LE COEFFICIENT DE FROTTEMENT
  - TEXTURE FINE, PLUS GLISSANT À VITESSE ÉLEVÉE
  - CHAUSSÉE RURALE AVEC TEXTURE GROSSIÈRE
  - TEXTURE FINE A UN NIVEAU SONORE PLUS FAIBLE

CONSTRUCTION ET DIMENSIONNEMENT DES CHAUSSÉES

## QUALITÉS FONCTIONNELLES D'UNE CHAUSSÉE

- **ADHÉRENCE**
  - LES GRANULATS JOUENT LE RÔLE PRINCIPAL
  - LEUR DURETÉ ÉVITE USURE ET POLISSAGE TROP RAPIDE
  - L'ANGULARITÉ DES PARTICULES MAINTIEN UN FROTTEMENT ÉLEVÉ EN PERÇANT LE FILM D'EAU
  - TEXTURE PLUS FINE POUR REVÊTEMENT EN BÉTON
  - LE MORTIER INTERVIENT
  - LA QUALITÉ DU SABLE PEUT ASSURER FROTTEMENT PLUS ÉLEVÉ
  - EN CAS DE REVÊTEMENT EN BÉTON, LE MEULAGE AUGMENTE L'ADHÉRENCE

CONSTRUCTION ET DIMENSIONNEMENT DES CHAUSSÉES

## QUALITÉS FONCTIONNELLES D'UNE CHAUSSÉE

- **CONDUITE SÉCURITAIRE INFLUENCÉE PAR**
  - GÉOMÉTRIE (COURBE, PENTE, VISIBILITÉ)
  - VITESSE
  - VÉHICULE
  - RÉACTIONS DES CONDUCTEURS
  - SCULPTURE DES PNEUS
  - TEXTURE DU REVÊTEMENT
  - ONDULATIONS TRANSVERSALES
  - USURE DES PNEUS
  - INEXPÉRIENCE DES USAGERS DE LA ROUTE
  - ADHÉRENCE DE LA ROUTE

CONSTRUCTION ET DIMENSIONNEMENT DES CHAUSSÉES

## QUALITÉS FONCTIONNELLES D'UNE CHAUSSÉE

- **LE DÉRAPAGE EST DÛ À:**
  - VITESSE
  - SCULPTURE DES PNEUS
  - TEXTURE DU REVÊTEMENT
  - ONDULATIONS TRANSVERSALES
  - USURE DES PNEUS
  - INEXPÉRIENCE DES USAGERS DE LA ROUTE

CONSTRUCTION ET DIMENSIONNEMENT DES CHAUSSÉES

## QUALITÉS FONCTIONNELLES D'UNE CHAUSSÉE

- **LE CONFORT EST AUSSI INFLUENCÉ PAR:**
  - GÉOMÉTRIE (COURBE, PENTE, VISIBILITÉ)
  - VITESSE
  - VÉHICULE
  - RÉACTIONS DES CONDUCTEURS
  - SCULPTURE DES PNEUS
  - TEXTURE DU REVÊTEMENT
  - ONDULATIONS TRANSVERSALES
  - CHAUSSÉE URBAINE OU RURALE (VITESSE PERMISE DIFFÉRENTE)
  - DÉGRADATIONS

# CONSTRUCTION ET DIMENSIONNEMENT DES CHAUSSÉES

CONSTRUCTION ET DIMENSIONNEMENT DES CHAUSSÉES

## QUALITÉS FONCTIONNELLES D'UNE CHAUSSÉE

- **PORTANCE ET DURÉE DE VIE**
  - RÉSISTANCE STRUCTURALE
  - PERMET DE RÉSISTER SANS DÉFORMATION NI RUPTURE
  - DÉFLEXION DU REVÊTEMENT BITUMINEUX = SOMME DES COMPRESSIONS ÉLASTIQUES DE CHACUNE DES COUCHES

CONSTRUCTION ET DIMENSIONNEMENT DES CHAUSSÉES

## QUALITÉS FONCTIONNELLES D'UNE CHAUSSÉE

- **PORTANCE ET DURÉE DE VIE**
  - CHARGE APPLIQUÉE À LA SURFACE D'UNE CHAUSSÉE SOUPLE
    - DISTRIBUTION DES CONTRAINTES DANS FONDATIONS ET SOL SOUS-JACENT
  - CHARGE APPLIQUÉE À LA SURFACE D'UNE CHAUSSÉE RIGIDE
    - CONTRAINTES ABSORBÉES PAR DALLE
    - FAIBLE PRESSION IMPOSÉE À LA FONDATION SOUS-JACENTE
    - CONTRAINTE VERTICALE MAXIMALE À LA SURFACE DÉCROÎT AVEC PROFONDEUR
    - COUCHES COMPRIMÉES SELON INTENSITÉ DES CONTRAINTES VERTICALES
    - COUCHES COMPRIMÉES SELON COMPRESSIBILITÉ DU MATÉRIAU

CONSTRUCTION ET DIMENSIONNEMENT DES CHAUSSÉES

## QUALITÉS FONCTIONNELLES D'UNE CHAUSSÉE

- **IMPORTANCE DE LA COMPRESSION DÉPEND DE:**
  - ÉPAISSEUR DU REVÊTEMENT
  - QUALITÉ DU REVÊTEMENT
  - FONDATION
  - SOUS-FONDATION
  - MODULE DE RÉACTION DU SOL NATUREL
  - CONDITIONS DE DRAINAGE
  - AUTRES VARIABLES DE MOINDRE IMPORTANCE

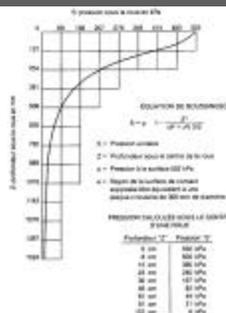
CONSTRUCTION ET DIMENSIONNEMENT DES CHAUSSÉES

## QUALITÉS FONCTIONNELLES D'UNE CHAUSSÉE

- **ÉPAISSEUR DU REVÊTEMENT:**
  - RÔLE SIGNIFICATIF DANS LE DÉVELOPPEMENT DES CONTRAINTES
  - PLUS D'ÉPAISSEUR = MOINS DE CONTRAINTE VERTICALE
  - PLUS RAIDES LES COUCHES SUPÉRIEURES = MOINS DE CONTRAINTES ET DÉFLEXION EN SURFACE
  - FORME DE COURBE DE DISTRIBUTION DE PRESSION DIFFÉRENTE ET LA PRESSION SOUS LA ROUE DÉCROÎT ENCORE PLUS AVEC LA PROFONDEUR
  - RÉSULTAT DIRECT DE CAPACITÉ D'ÉTALEMENT DES CHARGES PAR COUCHES RIGIDES EN SURFACE

CONSTRUCTION ET DIMENSIONNEMENT DES CHAUSSÉES

## QUALITÉS FONCTIONNELLES D'UNE CHAUSSÉE



CONSTRUCTION ET DIMENSIONNEMENT DES CHAUSSÉES

## QUALITÉS FONCTIONNELLES D'UNE CHAUSSÉE

- **SOUS CHARGE**
  - CHAUSSÉE SOUPLE FLÉCHIT
  - CHAUSSÉE FAIBLE → TASSEMENT ET CRÉATION D'ORNÈRES
  - RÉSISTANCE SUFFISANTE → REBONDISSEMENT DE LA SURFACE QUAND LA CHARGE EST ENLEVÉE
  - ASSISE DE CHAUSSÉE = MILIEU ÉLASTIQUE → TASSEMENT / DÉFORMATION PERMANENTE ≠ DÉFLEXION / REBONDISSEMENT
  - DÉFLEXION / REBONDISSEMENT = ENFONCEMENT TEMPORAIRE SOUS CHARGE = DÉFORMATION ÉLASTIQUE

# CONSTRUCTION ET DIMENSIONNEMENT DES CHAUSSÉES

CONSTRUCTION ET DIMENSIONNEMENT DES CHAUSSÉES

## QUALITÉS FONCTIONNELLES D'UNE CHAUSSÉE

### ■ SOUS CHARGE (suite)

- RÉPÉTITION DES CHARGES → BRIS PAR FATIGUE
- CHARGE PLUS IMPORTANTE QUE RÉSISTANCE D'UNE DALLE DE BÉTON → RUPTURE

$$E = n / d \text{ ÉVALUÉ EN MPa}$$

- DÉFORMATION  $d$  = RAPPORT EN % ENTRE ALLONGEMENT (RACCOURCISSEMENT) ET LONGUEUR INITIALE
- CONTRAINTE  $n$  = FORCE DE TRACTION (COMPRESSION) EN MPa APPLIQUÉE PAR UNITÉ DE SURFACE

CONSTRUCTION ET DIMENSIONNEMENT DES CHAUSSÉES

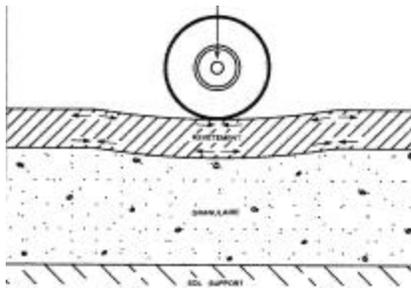
## QUALITÉS FONCTIONNELLES D'UNE CHAUSSÉE

### ■ SOUS CHARGE (suite)

- CAUSE DES EFFORTS HORIZONTAUX ET TANGENTIELS DANS REVÊTEMENT
- LA FONDATION SE DÉFORME DANS LA PARTIE INFÉRIEURE DU REVÊTEMENT EN TENSION
  - LA FISSURATION S'AMORCE À L'ENDROIT OÙ LA TRACTION EST ÉLEVÉE
  - GRANDE IMPORTANCE ET RÔLE DE L'ÉPAISSEUR ET DE LA RIGIDITÉ DES COUCHES

CONSTRUCTION ET DIMENSIONNEMENT DES CHAUSSÉES

## TENSION ET COMPRESSION DANS UN REVÊTEMENT



CONSTRUCTION ET DIMENSIONNEMENT DES CHAUSSÉES

## QUALITÉS FONCTIONNELLES D'UNE CHAUSSÉE

### ■ RÉSISTANCE À LA TRACTION

- EFFORT MAXIMAL AVANT RUPTURE
- FORCE PAR UNITÉ DE SURFACE
- POSSIBILITÉ DE RUPTURE SANS DÉPASSER RÉSISTANCE LIMITE → RÉPÉTITION DES EFFORTS = BRIS PAR FATIGUE
- CHACUNE DES COUCHES SUBIT DES CONTRAINTES
- ANALYSE STRUCTURALE DÉTERMINE LES DÉFORMATIONS SOUS NOMBRE DE PASSAGES D'ESSIEUX SIMPLES À PARTIR DES CARACTÉRISTIQUES DE CHACUNE DES COUCHES:
  - NATURE, ÉPAISSEUR, MODULE D'ÉLASTICITÉ, CBR
- LES DURÉES DE VIE RÉSIDUELLES PEUVENT AUSSI ÊTRE CONNUES À TOUT MOMENT DE VIE D'UNE CHAUSSÉE À L'AIDE DE LOGICIELS APPROPRIÉS

CONSTRUCTION ET DIMENSIONNEMENT DES CHAUSSÉES

## QUALITÉS FONCTIONNELLES D'UNE CHAUSSÉE

### ■ CAPACITÉ PORTANTE

- LA CAPACITÉ PORTANTE REPRÉSENTE:
  - SA FORCE
  - SA RÉSISTANCE
  - SA DURÉE DE VIE
- LA CAPACITÉ EST EN FONCTION:
  - DU DIMENSIONNEMENT
  - DES MATÉRIAUX
  - DU TRAFIC LOURD
  - DE L'ENVIRONNEMENT (CONDITIONS CLIMATIQUES ET RÉACTIONS SOL-CLIMAT)
- LA DURÉE DE VIE ET LE COMPORTEMENT DÉPENDENT DE LA CAPACITÉ STRUCTURALE

CONSTRUCTION ET DIMENSIONNEMENT DES CHAUSSÉES

## CONTRAINTES AFFECTANT LES CHAUSSÉES

### ■ FACTEURS INFLUENÇANT LE COMPORTEMENT DES CHAUSSÉES:

- TRAFIC
- ENVIRONNEMENT
- ACTION DE L'EAU
- CONDUITES SOUTERRAINES
- VIEILLISSEMENT

# CONSTRUCTION ET DIMENSIONNEMENT DES CHAUSSÉES

CONSTRUCTION ET DIMENSIONNEMENT DES CHAUSSÉES

## TRANSPORT LOURD

- CAMIONS PLUS LONGS ET GROS AVEC CHARGES PLUS LOURDES (TRANSPORT)
- AUTOBUS ARTICULÉS
- ÉVOLUTION DES PNEUMATIQUES VERS RADIAL → PRESSION UNITAIRE DE CONTACT PLUS ÉLEVÉE
- INTENSITÉ DE LA CHARGE ET RÉPÉTITION
- NOMBRE DE PASSAGES D'ESSIEUX LOURDS
- MASSE RETENUE DANS CALCULS EST 8 165 KG (80 kN) SUR ESSIEU SIMPLE
- DES MÉTHODES PAR PESÉE OU CALCULS POUR CONNAÎTRE CHARGES EN TERMES D'ÉQUIVALENCE
  - SUR ESSIEU SIMPLE (ECSES)
  - SUR PLUSIEURS ESSIEUX (TANDEM, TRIDEM (TRIPLETTTE))

CONSTRUCTION ET DIMENSIONNEMENT DES CHAUSSÉES

## TRANSPORT LOURD

- LOI LIMITE DE CHARGE PAR ESSIEU ET MASSE TOTALE MAX
- CONTRÔLE DES CHARGES EN VÉRIFIANT LA MASSE PAR ESSIEU DES CAMIONS
- LIMITE DE CHARGE RESTREINTE LORS DU DÉGEL
- CONTRÔLE INTENSIFIÉ LORS DU DÉGEL POUR PROTÉGER CHAUSSÉES, PONTS ET VIADUCS
- BARRIÈRES DE DÉGEL DU PRINTEMPS IMPOSÉES POUR QUE LES DÉGRADATIONS NE SOIENT PAS AGGRAVÉES
- LE TAUX DE DÉGRADATION DU PRINTEMPS NE DOIT PAS ÊTRE PLUS GRAND QU'EN TOUT AUTRE TEMPS
  - LES LIMITES DE CHARGE SONT DÉTERMINÉES EN CONSÉQUENCE
- LA RÉPÉTITION DES CHARGES IMPOSE DONC LES PLUS GRANDES CONTRAINTES AUX CHAUSSÉES ET LORSQUE LES CHARGES LÉGALES SONT DÉPASSÉES, LES CONTRAINTES AUGMENTENT D'UNE FAÇON EXPONENTIELLE

CONSTRUCTION ET DIMENSIONNEMENT DES CHAUSSÉES

## ACTION DU GEL

- LE COMPORTEMENT DU GEL EST GRANDEMENT AFFECTÉ PAR:
  - L'ACTION DU GEL
  - LES ALTERNATS DU GEL ET DU DÉGEL
- LES CONDITIONS ESSENTIELLES À UNE TELLE ACTION:
  - FROID INTENSE
  - ALIMENTATION D'EAU
  - SOL GÉLIF

CONSTRUCTION ET DIMENSIONNEMENT DES CHAUSSÉES

## ACTION DU GEL

- LE PHÉNOMÈNE SE PRODUIT ALORS AVEC DES INTENSITÉS DIVERSES SUIVANT LA NATURE DU SOL:
  - AU FROID, L'EAU GÈLE EN AUGMENTANT DE VOLUME
  - AVEC FAIBLE TENEUR EN EAU, LA GLACE DISTRIBUÉE UNIFORMÉMENT DANS LE SOL EN CRISTAUX
  - SI LES CRISTAUX SONT PLUS PETITS QUE LES PORES DU SOL, PAS D'AUGMENTATION DE VOLUME
  - POUR SOULÈVEMENT DU SOL, LES CRISTAUX DOIVENT ÊTRE ALIMENTÉS PAR SOURCE D'EAU LIBRE EXTÉRIEURE
  - CE MOUVEMENT DE L'EAU DANS LE SOL SE FAIT EN DIRECTION DU FROID COMME L'EAU D'UN SOL MOUILLÉ SE DIRIGE VERS LE SOL SEC
  - DANS CE CAS, L'EAU S'ÉVAPORE OU SE DISTRIBUE DANS LE SOL SEC

CONSTRUCTION ET DIMENSIONNEMENT DES CHAUSSÉES

## ACTION DU GEL

- DANS LE CAS DU FROID, L'EAU S'ACCUMULE SUR LE FRONT DE LA LIGNE DE GEL POUR FORMER DES LENTILLES
- PHÉNOMÈNE ESSENTIEL À TOUT SOULÈVEMENT
- CE MOUVEMENT EST EXPLIQUÉ PAR DIFFÉRENTS AUTEURS PAR:
  - LA SUCCION
  - LE GRADIENT HYDRAULIQUE
  - LE GRADIENT THERMIQUE

CONSTRUCTION ET DIMENSIONNEMENT DES CHAUSSÉES

## ACTION DU GEL

- SE BASANT SUR LA THÉORIE DES ÉCHANGES DE CHALEUR, PENNER EXPLIQUE LA FORMATION DE LENTILLES ET LA PROGRESSION DE LA LIGNE DE GEL COMME SUIT:
  - QUAND L'EAU GÈLE, IL SE PRODUIT UN DÉGAGEMENT DE CHALEUR
  - SI LA CHALEUR NE PEUT SE DÉGAGER, LA TEMPÉRATURE S'ÉLÈVE À CE POINT
  - IL FAUT TENIR COMPTE DE L'ÉCOULEMENT NORMAL DE CHALEUR DITE DE CONDUCTION, VERS L'EXTÉRIEUR
    - IL EST PRODUIT PAR:
      - LA TEMPÉRATURE FROIDE À LA SURFACE DU SOL
      - LA TEMPÉRATURE PLUS CHAUDE EN PROFONDEUR
  - AINSI, LA CHALEUR LIBÉRÉE D'UN SOL GÉLÉ CONSISTE EN GRANDE PARTIE DE:
    - LA CHALEUR DE CONDUCTION
    - DE LA CHALEUR QUI SE DÉGAGE DU GEL DE L'EAU APPELÉE CHALEUR DE CRISTALLISATION

# CONSTRUCTION ET DIMENSIONNEMENT DES CHAUSSÉES

CONSTRUCTION ET DIMENSIONNEMENT DES CHAUSSÉES

## ACTION DU GEL

- LORSQU'IL Y A ISOLATION COMME LA PRÉSENCE D'UN MANTEAU DE NEIGE, IL N'Y A PAS DE GEL
- QUAND LA QUANTITÉ DE CHALEUR S'ÉCHAPPANT À TRAVERS LE SOL GELÉ EST SUPÉRIEURE À CELLE QUI Y EST APPORTÉE, DEUX POSSIBILITÉS:
  - LA CHALEUR ADDITIONNELLE EST FOURNIE PAR LA BAISSÉ DE TEMPÉRATURE DU SOL OU
  - PAR LE GEL DE L'EAU
- TANT QU'IL Y A SUFFISAMMENT D'EAU POUR SE DIRIGER VERS LA ZONE DE GEL POUR BALANCER LA CHALEUR QUI SE DÉGAGE:
  - LA LIGNE DE GEL RESTE STATIONNAIRE
  - LES LENTILLES DE GLACE CROISSENT INDÉFINIMENT

CONSTRUCTION ET DIMENSIONNEMENT DES CHAUSSÉES

## ACTION DU GEL

- SI L'EAU EST INSUFFISANTE:
  - LA TEMPÉRATURE DU SOL EST ABAISSÉE
  - LA LIGNE DE GEL DESCEND JUSQU'À CE QU'ELLE RENCONTRE UNE QUANTITÉ SUFFISANTE D'EAU LIBRE
  - IL EN RÉSULTE AINSI LA FORMATION DE LENTILLES DE GLACE SUCCESSIVES À DIFFÉRENTS HORIZONS
- CETTE EXPLICATION DE PENNER DÉMONTRE QUE LA LIGNE DE GEL DESCEND:
  - PLUS RAPIDEMENT
  - PLUS PROFONDEMENT
- DANS UN MATÉRIAU GRANULAIRE DÛ À L'ABSENCE D'EAU QUE DANS UN SOL COHÉRENT QUI RETIENT OU ATTIRE L'HUMIDITÉ

CONSTRUCTION ET DIMENSIONNEMENT DES CHAUSSÉES

## ACTION DU GEL

- LE SEL APPLIQUÉ SUR LES CHAUSSÉES COMME AGENT DÉGLAÇANT, EN FAISANT FONDRE LA NEIGE:
  - «VA CHERCHER» LA CHALEUR DANS LE REVÊTEMENT ET
  - PROVOQUE UN REFROIDISSEMENT BRUSQUE À SA SURFACE AVEC POSSIBILITÉ DE:
    - RETRAIT ET
    - FISSURATION
- IL FAUT ÉVITER QUE LA SAUMURE PÉNÈTRE DANS LE REVÊTEMENT
- CE MOUVEMENT DE L'EAU DANS LE SOL, DE QUELQUE NATURE QU'IL SOIT, EST FONCTION DE LA DIMENSION DES PORES DU SOL

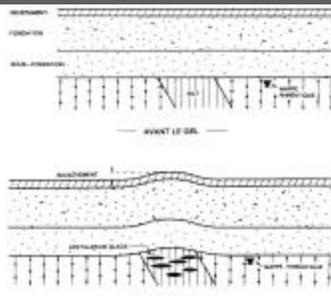
CONSTRUCTION ET DIMENSIONNEMENT DES CHAUSSÉES

## ACTION DU GEL

- LA SUCCION QUI SE DÉVELOPPE À LA LIGNE DE GEL EST D'AUTANT PLUS GRANDE QUE LES PORES SONT PETITS
- POUR LES SOLS À GRAINS GROSSIERS, LA FAIBLE SUCCION PEUT DIMINUER LE CHEMINEMENT DE L'EAU PAR CAPILLARITÉ, EN DÉPIT D'UNE PERMÉABILITÉ RELATIVEMENT GRANDE
- MÊME SI LES VIDES SONT PETITS DANS LES SOLS FINS, LA PERCOLATION DE L'EAU EST FONCTION DE LA PERMÉABILITÉ PLUTÔT QUE DE LA SUCCION RELATIVEMENT GRANDE
- LE MOUVEMENT DE L'EAU ENGENDRÉ PAR LE GEL EST DONC PLUS FACILE DANS DES SOLS INTERMÉDIAIRES COMME DES SILTS
- C'EST POURQUOI ON REMARQUE DANS CES SOLS LA FORMATION DE LENTILLES DE GLACE ÉPAISSÉS ET RAPPROCHÉS ET DES SOULÈVEMENTS MAJEURS

CONSTRUCTION ET DIMENSIONNEMENT DES CHAUSSÉES

## ACTION DU GEL



CONSTRUCTION ET DIMENSIONNEMENT DES CHAUSSÉES

## ACTION DE L'EAU

- L'EAU PÉNÈTRE DANS LES ASSISES DE CHAUSSÉE PAR:
  - LE REVÊTEMENT SELON SA PERMÉABILITÉ
  - LES JOINTS
  - LES FISSURES
  - AUTRES DÉGRADATIONS DU REVÊTEMENT
  - LES ACCOTEMENTS NON IMPERMÉABILISÉS
- ELLE PEUT AUSSI:
  - MONTER PAR CAPILLARITÉ
  - S'ARRÊTER AU NIVEAU DE LA SOUS-FONDATION GRANULAIRE QUI ARRÊTE SON ASCENSION

# CONSTRUCTION ET DIMENSIONNEMENT DES CHAUSSÉES

CONSTRUCTION ET DIMENSIONNEMENT DES CHAUSSÉES

## ACTION DE L'EAU

- L'EAU DE SURFACE QUI NE S'INFILTRE PAS RUISSELLE VERS LES ACCOTEMENTS ET LES FOSSÉS
- L'ACCROISSEMENT DE LA TENEUR EN EAU DANS LES MATÉRIAUX GRANULAIRES DU CORPS DE CHAUSSÉE:
  - DIMINUE LA DENSITÉ DU SOL
  - AUGMENTE LA PRESSION INTERSTITIELLE
  - DIMINUE LE FROTTEMENT ENTRE LES PARTICULES D'OÙ RÉDUCTION DE LA FORCE PORTANTE

CONSTRUCTION ET DIMENSIONNEMENT DES CHAUSSÉES

## ACTION DE L'EAU

- CETTE CONDITION SE RENCONTRE PLUS PARTICULIÈREMENT AU PRINTEMPS OU LORS D'INONDATIONS OU DE DRAINAGES INADÉQUATS
- LA DIMINUTION DE LA CAPACITÉ PORTANTE DES CHAUSSÉES AU PRINTEMPS A ÉTÉ DÉTERMINÉE PAR LA MESURE DES DÉFLEXIONS QUI FURENT COMPARÉES À CELLES MESURÉES À L'ÉTÉ

CONSTRUCTION ET DIMENSIONNEMENT DES CHAUSSÉES

## ACTION DE L'EAU

- LE RAPPORT DES DEUX DÉFLEXIONS (PRINTEMPS-ÉTÉ) VARIE SUIVANT LES ROUTES DE 1,5 À 2
- LA MOYENNE CANADIENNE EST DE 1,63 POUR LES CHAUSSÉES SOUPLES
- AU PRINTEMPS:
  - LA CAPACITÉ PORTANTE DIMINUE DE 35 À 40 %
  - LES MESURES DE DÉFLEXION DOIVENT ALORS ÊTRE PRISES SI ON VEUT CONNAÎTRE RÉELLEMENT LA COMPÉTENCE STRUCTURALE D'UNE CHAUSSÉE SOUPLE

CONSTRUCTION ET DIMENSIONNEMENT DES CHAUSSÉES

## ACTION DE L'EAU

- C'EST UNE DONNÉE FORT UTILE:
  - DANS LES CALCULS DE RENFORCEMENT
  - POUR DÉTERMINER LES DATES D'IMPOSITION, ET
  - DE LEVÉE DES BARRIÈRES DE DÉGEL
  - OU PÉRIODES DE RESTRICTION DES CHARGES LOURDES

CONSTRUCTION ET DIMENSIONNEMENT DES CHAUSSÉES

## CONDUITES SOUTERRAINES

- LA CHAUSSÉE URBAINE EST CONSTRUITE DANS UNE EMPRISE QUI APPARTIENT À LA MUNICIPALITÉ, MAIS QUI EST UTILISÉE PAR TOUS LES SERVICES D'UTILITÉS PUBLIQUES:
  - AQUEDUC
  - ÉGOUTS ET TOUT CE QUI LEUR EST RATTACHÉ COMME:
    - LES REGARDS
    - LES PUISARDS
    - LES BORNES D'INCENDIE
    - LES CONDUITS ÉLECTRIQUES
    - LES CONDUITS DE COMMUNICATION
    - LES CONDUITES DE GAZ

CONSTRUCTION ET DIMENSIONNEMENT DES CHAUSSÉES

## CONDUITES SOUTERRAINES

- EN MILIEU MUNICIPAL, LES COUPES POUR ENFOUR LES CONDUITES SOUTERRAINES AFFECTENT CONSIDÉRABLEMENT LA TENUE DU REVÊTEMENT:
  - D'UNE PART, LA QUALITÉ DU REMPLISSAGE DES TRANCHÉES EST UN FACTEUR IMPORTANT DANS LA TENUE DE LA CHAUSSÉE
  - D'AUTRE PART, LE CREUSAGE DE TRANCHÉES POUR LA RÉPARATION DE BRIS D'AQUEDUC ET POUR LES DIVERS RACCORDEMENTS AUX CONDUITES D'UTILITÉS PUBLIQUES VIENNENT CRÉER UNE DISCONTINUITÉ ET UNE NON-UNIFORMITÉ DE LA CHAUSSÉE
- EN FAIT, LES DÉGRADATIONS DES CHAUSSÉES URBAINES SONT CAUSÉES À 40% PAR LES COUPES ET LES TRANCHÉES

# CONSTRUCTION ET DIMENSIONNEMENT DES CHAUSSÉES

## VIEILLISSEMENT

- AVEC LES ANNÉES, POUR DES CAUSES DIRECTES OU INDIRECTES, LA CHAUSSÉE MONTRE À SA SURFACE DES DÉFAUTS DE TOUTES SORTES
- LE CATALOGUE DES DÉGRADATIONS EST TRÈS RÉVÉLATEUR À CE SUJET
- TOUTES SORTES DE CAUSES ET DE CONTRAINTES EXPLIQUENT CE PHÉNOMÈNE
- CETTE ÉVOLUTION EST AINSI PLUS OU MOINS RAPIDE ET LES RAISONS SONT MULTIPLES
  - DES COURBES DE VIEILLISSEMENT PEUVENT ÊTRE TRACÉES
  - DES TAUX DE DÉGRADATION PEUVENT SE CONFORMER À DES MODÈLES DE DURÉE DE VIE ÉTABLIES POUR SATISFAIRE DES OBJECTIFS BIEN DÉFINIS, DICTÉS PAR:
    - LA CIRCULATION LOURDE
    - LES MATÉRIAUX DISPONIBLES