

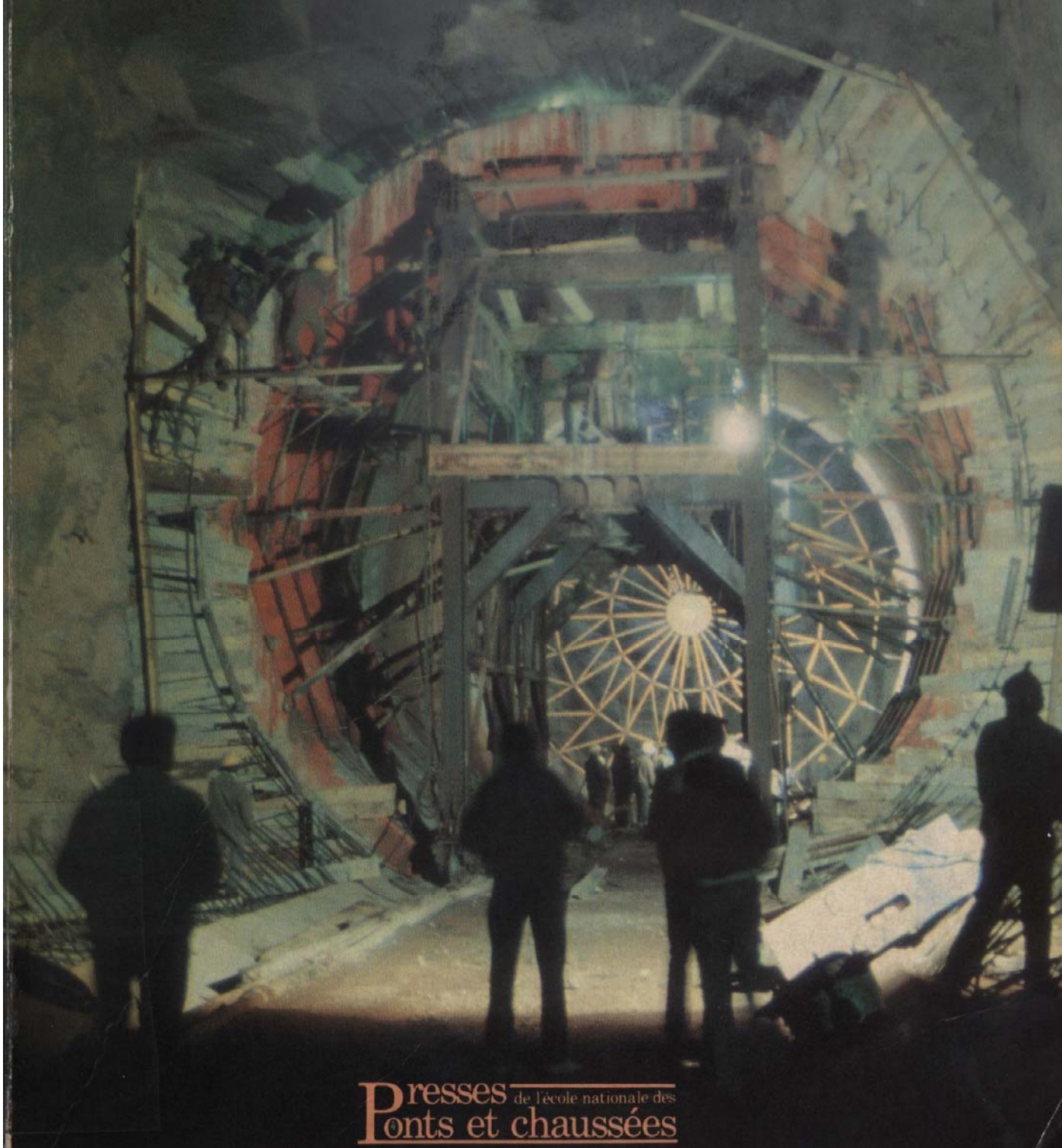
OUVRAGES SOUTERRAINS

CONCEPTION . REALISATION . ENTRETIEN

A. BOUVARD - LECOANET

G. COLOMBET

F. ESTEULLE



Presses de l'école nationale des
Ponts et chaussées

Sommaire

	Pages
Préface	
Chapitre 1 - Introduction	11
Chapitre 2 - Reconnaissances	17
2.1. Introduction	17
2.2. Articulation des reconnaissances avec les études et les travaux	18
2.3. Influence des conditions naturelles sur les principaux paramètres de définition de l'ouvrage	20
2.3.1. Facteurs de choix du tracé et du profil en long	20
2.3.2. Facteurs de choix du profil en travers	20
2.3.3. Influence de l'eau	23
2.4. Reconnaissances géologiques	23
2.4.1. Objectifs	23
2.4.2. Moyens de reconnaissances géologiques	28
2.5. Reconnaissances hydrogéologiques	33
2.5.1. Objectifs	33
2.5.2. Moyens de reconnaissances hydrogéologiques	34
2.6. Reconnaissances géotechniques	37
2.6.1. Objectifs	37
2.6.2. Moyens de reconnaissances géotechniques	38
2.7. Galerie de reconnaissance	42
2.7.1. Objet d'une galerie de reconnaissance	42
2.7.2. Essais et mesures in situ	43
2.7.3. Section d'essai élargie	47
2.8. Reconnaissances spécifiques à la mécanisation de l'excavation	47
2.8.1. Objectifs	47
2.8.2. Moyens	47
2.9. Reconnaissances pendant l'exécution des travaux	50
2.10. Conclusions	51
Chapitre 3 - Classification des massifs rocheux et prédimensionnement des ouvrages souterrains	53
3.1. Introduction	53
3.2. Historique des méthodes empiriques de dimensionnement	53
3.2.1. Méthode de K. TERZAGHI	54
3.2.2. Méthode de M. PROTODIAKONOV	56

3.2.3. Méthode de H. LAUFFER et développements actuels	57
3.3. Rock Quality Designation (R.Q.D.)	59
3.4. Recommandations de l'AFTES	60
3.5. Méthode de Z. BIENIAWSKI	61
3.6. Méthode de N. BARTON	65
3.6.1. Origine et principe de la méthode	65
3.6.2. Calcul de l'indice de qualité Q du rocher et autres paramètres	65
3.6.3. Prédimensionnement du soutènement à partir de la classification de N. BARTON	73
3.7. Classification des roches relative au mode d'excavation d'après C. LOUIS	82
3.8. Commentaires sur les classifications et leur utilisation au prédimensionnement des ouvrages souterrains	84
Chapitre 4 - Calcul des ouvrages souterrains	85
4.1. Introduction	85
4.2. Solutions analytiques des galeries non revêtues	86
4.2.1. Galerie circulaire non revêtue milieu homogène isotrope	86
4.2.2. Remarques générales	91
4.3. Galeries circulaires revêtues : méthode convergence — confinement	92
4.3.1. Introduction	92
4.3.2. Principes généraux de la méthode	93
4.3.3. Définitions préliminaires	95
4.3.4. Tracé de la courbe caractéristique du terrain	95
4.3.5. Tracé de la courbe caractéristique du revêtement ou du soutènement	104
4.3.6. Equilibre terrain — soutènement	109
4.3.7. Récapitulation des étapes de calcul d'un problème type	110
4.3.8. Conclusions adaptation au site	112
4.4. La méthode des réactions hyperstatiques	113
4.4.1. Introduction	113
4.4.2. Principe de la méthode	113
4.4.3. Détermination des charges actives	114
4.4.4. Calcul des réactions hyperstatiques	118
4.4.5. Méthode usuelle	119
4.5. La méthode des éléments finis	120
4.5.1. Principes généraux de la méthode	120
4.5.2. Application au calcul des ouvrages souterrains	121
4.5.3. Résolution d'un problème type par la méthode des éléments finis	122
4.6. Cas des terrains aquifères	126
4.7. Cas des tunnels en roche gonflante	128
4.8. Appendice : contraintes géostatiques dans les massifs	128
4.8.1. Généralités	128
4.8.2. Contraintes sous versant	129
Chapitre 5 - Puits et galeries en charge	133
5.1. Dispositions générales	133
5.2. Règles de conception des revêtements des galeries et puits en charge	136

5.2.1. Principes généraux	136
5.2.2. Règles de couverture	138
5.2.3. Conditions usuelles de non-revêtement	141
5.3. Les différents types de revêtements et leurs spécifications	142
5.3.1. Introduction	142
5.3.2. Le blindage et autres revêtements imperméables	142
5.3.3. Le béton armé ou revêtements légèrement perméables	144
5.3.4. Le béton projeté et le béton coffré non armé ou les revêtements semi-perméables	145
5.4. Les injections	147
5.5. Calculs des revêtements cylindriques	149
5.5.1. Formules générales du tube (rappels)	149
5.5.2. Calcul d'un revêtement étanche en tenant compte de la réaction du rocher	152
5.5.3. Résistance des blindages à la pression extérieure	159
5.5.4. Revêtements perméables : fuites et pertes de charge à travers le revêtement - Rôle des injections	161
Chapitre 6 - Creusement	169
6.1. Creusement à l'explosif	169
6.1.1. Principes généraux	169
6.1.2. Découpage soigné à l'explosif	172
6.1.3. Contrôle des ébranlements	173
6.2. Creusement mécanique des tunnels au rocher	177
6.2.1. Généralités	177
6.2.2. Types de machines à forer	177
6.2.3. Les différents types d'outils	183
6.2.4. Avantages et inconvénients des machines à attaque globale au rocher	184
6.3. Terrassement mécanisé des tunnels dans les terrains meubles	186
6.3.1. Différents types de boucliers	186
6.3.2. Domaine d'utilisation	188
Chapitre 7 - Soutènements	193
7.1. Introduction	193
7.2. Mode d'action des soutènements	193
7.2.1. Classification	193
7.2.2. Construction des tunnels avec soutènement immédiat	194
7.3. Types de soutènement	197
7.3.1. Soutènement par boulons	199
7.3.2. Béton projeté	206
7.3.3. Soutènement par anneaux intérieurs	210
Chapitre 8 - Construction	215
8.1. Introduction	215
8.2. Différents modes de construction	216
8.2.1. Creusement en pleine section	216
8.2.2. Creusement par demi-section supérieure	216

8.2.3. Creusement en sections divisées	217
8.3. Traitements spéciaux	221
8.3.1. Généralités	221
8.3.2. Injections	221
8.3.3. Congélation	225
Chapitre 9 - Auscultation	227
9.1. Rôle de l'auscultation dans la conception, l'exécution et la maintenance des ouvrages souterrains	227
9.2. Types de mesures	228
9.2.1. Mesures de convergence	228
9.2.2. Mesures de déplacements absolus	229
9.2.3. Mesures de pression sur le revêtement	231
9.2.4. Mesures de contrainte dans le revêtement	231
9.2.5. Autres mesures	232
9.2.6. Mesures effectuées dans les ouvrages en service	232
9.3. Définition d'un programme d'auscultation	234
9.4. Interprétation des mesures	236
Chapitre 10 - Estimation des coûts	239
10.1. Introduction	239
10.2. Répartition des coûts dans la construction des tunnels	239
10.2.1. Travaux de génie civil	240
10.2.2. Part des équipements	240
10.3. Méthodes d'estimation des coûts du génie civil	242
10.3.1. La méthode des prix d'ordre	242
10.3.2. La méthode des séries de prix	243
10.3.3. La méthode des sous-détails	243
10.4. Quelques exemples de coûts	243
Chapitre 11 - Entretien et réparation des tunnels	247
11.1. Introduction	247
11.2. Evolution des tunnels	248
11.2.1. Evolution du terrain encaissant	248
11.2.2. Evolution du revêtement	249
11.3. Méthodes d'établissement d'un diagnostic	249
11.3.1. Examen de tous les documents existants concernant le tunnel et son environnement	249
11.3.2. Visites sur les sites	250
11.3.3. Synthèse des données recueillies précédemment	250
11.3.4. Investigations	250
11.3.5. Diagnostic	250
11.4. Travaux d'entretien et réparation	251
11.5. Conclusion	251
Bibliographie	255