

LA PLANIFICATION DES TRAVAUX DANS LE BÂTIMENT & L'ÉTUDE DES BESOINS

Cours, cas pratiques
et exercices corrigés

- BTS Management économique de la construction
- BTS Travaux publics
- BTS Bâtiment - enveloppe du bâtiment
- Bachelor universitaire de technologie en génie civil
- Licence professionnelle

Didier Pouteaux

Table des matières

| | |
|--|----|
| Chapitre 1 : Les notions préalables à l'élaboration d'un planning | 17 |
| 1.1 Définition d'un temps unitaire d'exécution | 17 |
| 1.2 Détermination d'un temps unitaire d'exécution | 17 |
| 1.2.1 La statistique entreprise | 17 |
| 1.2.2 Le chronométrage sur le chantier | 18 |
| 1.2.3 La lecture dans un recueil ou un bordereau de prix | 18 |
| 1.3 La tâche | 19 |
| 1.4 Composition des équipes d'ouvriers | 20 |
| 1.4.1 Le crédit global horaire de main d'œuvre | 20 |
| 1.4.2 Prévision des effectifs | 20 |
| 1.4.3 Qualification des ouvriers, composition et harmonisation des équipes | 20 |
| 1.5 Le rendement | 21 |
| 1.5.1 Définition | 21 |
| 1.5.2 Utilité | 21 |
| 1.6 Application | 21 |
| 1.6.1 Application APL 1.a | 21 |
| | |
| Chapitre 2 : Généralités sur la planification des travaux | 25 |
| 2.1 But de la planification des travaux | 25 |
| 2.2 Utilité | 25 |
| 2.3 Les techniques de planification des travaux | 25 |
| 2.3.1 Introduction | 25 |
| 2.3.2 Définitions | 27 |
| 2.3.2.1 La planification d'un projet | 27 |
| 2.3.2.2 Les plannings | 27 |
| 2.3.3 Les différentes catégories de plannings | 28 |
| 2.3.3.1 Les plannings généraux | 28 |
| 2.3.3.2 Les plannings particuliers | 28 |
| 2.3.4 Les modes de représentation d'un planning | 29 |
| 2.3.4.1 Le planning GANTT ou planning à barres | 29 |
| 2.3.4.2 Le planning chemin de fer | 30 |
| 2.3.4.3 Le PERT et le potentiel tâche | 32 |
| 2.3.4.4 Le planning des approvisionnements | 32 |
| 2.3.4.5 Le planning de rotation des matériels | 32 |
| 2.3.4.6 L'histogramme des effectifs | 33 |
| 2.3.4.7 Courbe des heures cumulées de main d'œuvre | 33 |
| 2.3.4.8 Histogramme et courbe des coûts | 34 |
| 2.4 Les bases pour l'élaboration d'une planification | 36 |
| 2.4.1 Les documents nécessaires | 36 |
| 2.4.2 Les renseignements nécessaires | 36 |
| 2.5 Les phases d'élaboration d'un planning de travaux | 36 |
| 2.5.1 Phase information | 36 |

| | |
|---|-----------|
| 2.5.2 Phase analyse technique | 36 |
| 2.5.3 Phase simulation | 37 |
| Chapitre 3 : La méthode PERT | 39 |
| 3.1 Introduction | 39 |
| 3.2 Présentation du PERT | 40 |
| 3.2.1 La tâche | 40 |
| 3.2.2 L'étape | 40 |
| 3.2.3 Le réseau | 41 |
| 3.2.3.1 Représentation et règles | 41 |
| 3.3 Construction d'un réseau PERT | 43 |
| 3.3.1 Détermination des tâches antérieures ou précédentes | 43 |
| 3.3.2 Détermination des tâches postérieures ou suivantes | 44 |
| 3.3.3 Construction des graphes partiels | 44 |
| 3.3.3.1 Graphes partiels de niveau tâche(s) antérieure(s) / tâche courante | 44 |
| 3.3.3.2 Graphes partiels de niveau tâche(s) antérieure(s) / tâche courante / tâche(s) postérieure(s) | 46 |
| 3.3.3.3 Regroupement des graphes partiels | 48 |
| 3.3.3.4 Construction du réseau PERT | 48 |
| 3.4 Exploitation du réseau PERT | 50 |
| 3.4.1 Calcul des dates au plus tôt | 50 |
| 3.4.1.1 Étape considérée atteinte par une seule tâche | 50 |
| 3.4.1.2 Étape considérée atteinte par plusieurs tâches | 50 |
| 3.4.2 Calcul des dates au plus tard | 54 |
| 3.4.2.1 Étape considérée atteinte par une seule tâche | 54 |
| 3.4.2.2 Étape considérée atteinte par plusieurs tâches | 54 |
| 3.4.3 Calcul des marges | 58 |
| 3.4.4 Détermination du chemin critique | 59 |
| 3.5 Planification du projet | 60 |
| 3.5.1 Élaboration du tableau d'avancement des tâches | 60 |
| 3.5.2 Création du planning selon le diagramme de GANTT | 63 |
| 3.5.3 Création du planning selon le diagramme de PERT | 64 |
| 3.6 Applications | 66 |
| 3.6.1 Application APL 3.a | 66 |
| 3.6.2 Application APL 3.b | 67 |
| Chapitre 4 : La méthode des potentiels | 69 |
| 4.1 Principe de la méthode des potentiels | 69 |
| 4.1.1 Prévoir le déroulement des activités | 69 |
| 4.1.2 Organiser l'exécution en prévoyant les besoins | 69 |
| 4.1.3 Commander pour faire assurer l'exécution des travaux | 70 |
| 4.1.4 Coordonner pour relier les différents travaux | 70 |
| 4.1.5 Contrôler la réalisation | 70 |
| 4.2 Les documents de base | 70 |
| 4.3 Base de la méthode des potentiels | 70 |
| 4.3.1 Tâche critique | 70 |

| | |
|---|----|
| 4.3.2 Le graphe potentiel tâche | 71 |
| 4.3.2.1 La tâche | 71 |
| 4.3.2.2 Les liens entre les tâches | 72 |
| 4.3.2.3 Contrainte | 72 |
| 4.4 Méthode d'ordonnancement | 72 |
| 4.4.1 Identifier les tâches | 72 |
| 4.4.2 Définir les liens entre les tâches | 73 |
| 4.4.3 Déterminer la durée des tâches et l'effectif nécessaire | 73 |
| 4.4.4 Afficher les décalages entre les tâches liées | 73 |
| 4.4.5 Trouver l'ordre d'exécution des tâches | 74 |
| 4.4.6 Effectuer le réseau d'enclenchement des tâches | 74 |
| 4.4.7 Calculer les dates et les marges | 74 |
| 4.4.8 Définir le chemin critique | 74 |
| 4.4.9 Élaborer le planning à bande | 74 |
| 4.4.10 Tracer l'histogramme des effectifs | 75 |
| 4.5 Les différents liens entre les tâches | 75 |
| 4.5.1 Les types de liens | 75 |
| 4.5.2 Schémas de visualisation | 75 |
| 4.6 La méthode des rangs | 76 |
| 4.6.1 Principe de la méthode | 76 |
| 4.7 Le calcul des dates | 77 |
| 4.7.1 Notation | 77 |
| 4.7.2 Définition | 77 |
| 4.7.2.1 Date au plus tôt | 77 |
| 4.7.2.2 Date au plus tard | 77 |
| 4.7.3 Principe de calcul des dates | 77 |
| 4.7.3.1 Date de début au plus tôt (Dto) | 77 |
| 4.7.3.2 Date de début au plus tard (Dta) | 77 |
| 4.7.3.3 Date de fin au plus tôt (Fto) | 77 |
| 4.7.3.4 Date de fin au plus tard (Fta) | 78 |
| 4.8 Le chemin critique | 78 |
| 4.9 Mode de calcul des dates | 78 |
| 4.9.1 Lien DD : date de début au plus tôt des tâches (Dto) | 78 |
| 4.9.1.1 Principe de calcul | 78 |
| 4.9.1.2 Mode de calcul | 78 |
| 4.9.2 Lien DD : date de début au plus tard des tâches (Dta) | 79 |
| 4.9.2.1 Principe de calcul | 79 |
| 4.9.2.2 Mode de calcul | 79 |
| 4.9.3 Lien FD : date de début au plus tôt des tâches (Dto) | 81 |
| 4.9.4 Lien FD : date de début au plus tard des tâches (Dta) | 82 |
| 4.9.5 Calcul des dates de fin au plus tôt (Fto) | 83 |
| 4.9.6 Calcul des dates de fin au plus tard (Fta) | 83 |
| 4.10 Le calcul des marges | 84 |
| 4.10.1 Marge totale (MT) | 84 |
| 4.10.1.1 Définition | 84 |
| 4.10.1.2 Schéma de principe de la marge totale | 84 |

| | | |
|---|--|-----|
| 4.10.2 | Marge libre (ML) | 84 |
| 4.10.2.1 | Définition | 84 |
| 4.10.2.2 | Schéma de principe de la marge libre | 84 |
| 4.10.2.3 | Principe de calcul avec décalage début à début (DD) | 85 |
| 4.10.2.4 | Principe de calcul avec décalage fin à début (FD) | 85 |
| 4.10.3 | Exemple de calcul de la marge totale | 85 |
| 4.10.4 | Exemple de calcul de la marge libre | 86 |
| 4.10.4.1 | Avec un décalage début à début | 86 |
| 4.10.4.2 | Avec un décalage fin à début | 86 |
| 4.11 | Construction du graphe potentiel | 87 |
| 4.11.1 | Démarche d'élaboration | 87 |
| 4.11.1.1 | Analyser le dossier technique du projet | 87 |
| 4.11.1.2 | Établir la liste des tâches | 87 |
| 4.11.1.3 | Trouver l'ordonnancement des tâches (rang des tâches) | 87 |
| 4.11.1.4 | Tracer le graphe potentiel sans les dates | 88 |
| 4.11.1.5 | Calculer les dates de début au plus tôt et au plus tard | 88 |
| 4.11.1.6 | Calculer les dates de fin au plus tôt et au plus tard | 89 |
| 4.11.1.7 | Tracer le graphe potentiel avec les dates et les décalages | 90 |
| 4.11.1.8 | Tracer le planning GANTT | 90 |
| 4.12 | Applications | 92 |
| 4.12.1 | Application APL 4.a | 92 |
| 4.12.2 | Application APL 4.b | 92 |
| 4.12.3 | Application APL 4.c | 93 |
| 4.12.4 | Application APL 4.d | 95 |
| 4.12.5 | Application APL 4.e | 95 |
| 4.12.6 | Application APL 4.f | 96 |
| 4.12.7 | Application APL 4.g | 97 |
| 4.12.8 | Application APL 4.h | 98 |
| 4.12.9 | Application APL 4.i | 99 |
| 4.12.10 | Application APL 4.j | 99 |
| 4.12.11 | Application APL 4.k | 100 |
| 4.12.12 | Application APL 4.l | 102 |
| 4.12.13 | Application APL 4.m | 103 |
| 4.12.14 | Application APL 4.n | 104 |
| Chapitre 5 : La planification des travaux répétitifs | | 107 |
| 5.1 | Définition du planning chemin de fer | 107 |
| 5.2 | Les courbes de production | 108 |
| 5.2.1 | Définition | 108 |
| 5.2.2 | Méthodologie de tracé des courbes de production | 108 |
| 5.2.2.1 | Cas de préfabrication in-situ | 108 |
| 5.2.2.2 | Cas de préfabrication en usine | 108 |
| 5.2.2.3 | Les conventions | 108 |
| 5.2.3 | Les cas rencontrés | 108 |
| 5.2.3.1 | Cas n°1 | 108 |
| 5.2.3.2 | Cas n°2 | 109 |

| | |
|--|------------|
| 5.2.3.3 Cas n°3 | 110 |
| 5.3 La gestion des stocks | 110 |
| 5.3.1 Quelle quantité doit-on stocker ? | 111 |
| 5.3.2 Importance du stock | 111 |
| 5.4 Étude de cas | 111 |
| 5.4.1 Cas n°1 : cadence de pose > cadence de fabrication | 112 |
| 5.4.1.1 Courbe de pose | 112 |
| 5.4.1.2 Courbe de fabrication | 112 |
| 5.4.1.3 Courbe de stockage | 112 |
| 5.4.1.4 Tracé des courbes | 113 |
| 5.4.2 Cas n°2 : cadence de pose = cadence de fabrication | 114 |
| 5.4.2.1 Courbe de pose | 114 |
| 5.4.2.2 Courbe de fabrication | 114 |
| 5.4.2.3 Courbe de stockage | 114 |
| 5.4.2.4 Tracé des courbes | 115 |
| 5.4.3 Cas n°3 : cadence de pose < cadence de fabrication | 116 |
| 5.4.3.1 Courbe de pose | 116 |
| 5.4.3.2 Courbe de fabrication | 116 |
| 5.4.3.3 Courbe de stockage | 116 |
| 5.4.3.4 Tracé des courbes | 117 |
| 5.4.4 Tableau des résultats de production | 118 |
| 5.5 Applications | 118 |
| 5.5.1 Application APL 5.a | 118 |
| 5.5.2 Application APL 5.b | 119 |
| 5.5.3 Application APL 5.c | 119 |
| 5.5.4 Application APL 5.d | 119 |
| 5.5.5 Application APL 5.e | 120 |
| 5.5.6 Application APL 5.f | 120 |
| 5.5.7 Application APL 5.g | 121 |
| Chapitre 6 : Les rotations de camions | 123 |
| 6.1 Présentation | 123 |
| 6.2 Les engins de terrassement | 123 |
| 6.2.1 Introduction | 123 |
| 6.2.2 Les phases principales d'un chantier de terrassement | 123 |
| 6.2.3 Les engins de terrassement et leur fonction | 123 |
| 6.2.3.1 Le bulldozer ou boteur | 124 |
| 6.2.3.2 Le scraper ou décapeuse | 124 |
| 6.2.3.3 Le chargeur ou la chargeuse | 124 |
| 6.2.3.4 La mini-chargeuse | 124 |
| 6.2.3.5 Le dumper ou tombereau | 124 |
| 6.2.3.6 La pelleteuse, pelle hydraulique ou excavatrice | 124 |
| 6.2.3.7 La mini-pelle ou micro-pelle | 124 |
| 6.2.3.8 Le tractopelle, pelle chargeuse ou pelle rétro | 125 |
| 6.2.3.9 La niveleuse | 125 |
| 6.2.3.10 La trancheuse | 125 |

| | |
|---|-----|
| 6.2.3.11 Le rouleau compresseur ou compacteur à plaque vibrante | 125 |
| 6.3 Le foisonnement | 125 |
| 6.3.1 Qu'est-ce-que le foisonnement ? | 125 |
| 6.3.2 Le contre foisonnement | 126 |
| 6.3.3 Calcul du volume foisonné et tassé | 126 |
| 6.3.4 Les formules à retenir | 127 |
| 6.3.4.1 Volume de déblais foisonnés à partir du volume initial | 127 |
| 6.3.4.2 Volume de remblais tassés à partir du volume foisonné | 127 |
| 6.3.4.3 Volume de remblais tassés à partir du volume initial | 127 |
| 6.4 Nombre de camions affectés à une pelle (noria) | 127 |
| 6.4.1 Cycle de travail d'un camion | 127 |
| 6.4.2 Nombre de camions ou "noria" | 128 |
| 6.5 La théorie des queues | 128 |
| 6.5.1 Calcul du coefficient de probabilité (Pr) | 128 |
| 6.5.2 Calcul du nombre de camions le plus économique | 128 |
| 6.5.3 Tableau des coefficients Pr de probabilité | 129 |
| 6.6 Exemple de calcul | 130 |
| 6.7 Synthèse | 132 |
| 6.8 Applications | 132 |
| 6.8.1 Application APL 6.a | 132 |
| 6.8.2 Application APL 6.b | 134 |
| 6.8.3 Application APL 6.c | 135 |
| Chapitre 7 : Les besoins en main d'œuvre | 137 |
| 7.1 Les classifications des personnels du BTP | 137 |
| 7.1.1 Convention collective nationale | 137 |
| 7.1.1.1 La classification des ouvriers du bâtiment | 137 |
| 7.1.1.2 La classification des ouvriers des travaux publics | 138 |
| 7.1.1.3 La classification des ETAM | 138 |
| 7.1.1.4 La classification des IAC | 140 |
| 7.2 Les temps de travail | 141 |
| 7.2.1 La durée de travail | 141 |
| 7.2.1.1 Définition | 141 |
| 7.2.1.2 Durée maximale de temps de travail journalier | 141 |
| 7.2.1.3 Durée maximale de temps de travail hebdomadaire | 141 |
| 7.2.2 Les heures supplémentaires | 141 |
| 7.2.3 Le temps élémentaire | 142 |
| 7.2.4 Le temps unitaire d'exécution | 142 |
| 7.2.5 Rendement d'un ouvrier ou d'une équipe | 142 |
| 7.2.6 Le temps d'ouvrage | 143 |
| 7.2.7 Les temps improductifs | 143 |
| 7.3 Les temps de repos | 143 |
| 7.3.1 Les repos hebdomadaires | 143 |
| 7.3.2 Jours fériés et ponts | 143 |
| 7.3.3 Congés payés | 144 |
| 7.3.4 Absences exceptionnelles | 144 |

| | |
|--|-----|
| 7.3.5 Repos compensateur | 144 |
| 7.4 Le crédit global d'heures | 144 |
| 7.5 Effectif prévisionnel de main d'œuvre | 146 |
| 7.5.1 Objet | 146 |
| 7.5.2 Principes | 146 |
| 7.5.3 Calcul de l'effectif | 147 |
| 7.5.3.1 Durée imposée par le calendrier d'exécution | 147 |
| 7.5.3.2 Main d'œuvre disponible limitée | 147 |
| 7.5.3.3 Durée imposée et main d'œuvre limitée | 147 |
| 7.6 Démarches pour déterminer le budget d'heures | 148 |
| 7.7 Applications | 148 |
| 7.7.1 Application APL 7.a | 148 |
| 7.7.2 Application APL 7.b | 151 |
| 7.7.3 Application APL 7.c | 154 |
| Chapitre 8 : Les besoins en matériaux | 157 |
| 8.1 Introduction | 157 |
| 8.2 Les quantités élémentaires par unité d'ouvrage | 157 |
| 8.2.1 Méthode théorique | 157 |
| 8.2.2 Méthode statistique | 158 |
| 8.3 La notion de perte sur les matériaux | 159 |
| 8.3.1 Matériau en vrac | 159 |
| 8.3.2 Matériaux durs | 159 |
| 8.4 La valeur des matériaux rendus chantier | 159 |
| 8.5 Démarches pour déterminer les besoins en matériaux | 160 |
| 8.6 Applications | 161 |
| 8.6.1 Application APL 8.a | 161 |
| 8.6.2 Application APL 8.b | 164 |
| 8.6.3 Application APL 8.c | 165 |
| 8.6.4 Application APL 8.d | 166 |
| 8.6.5 Application APL 8.e | 168 |
| 8.6.6 Application APL 8.f | 170 |
| 8.6.7 Application APL 8.g | 172 |
| Chapitre 9 : Les besoins en matériel | 185 |
| 9.1 Introduction | 185 |
| 9.2 La classification des matériels | 185 |
| 9.2.1 Les classes de matériels | 185 |
| 9.3 Feuille de prévision de matériels | 187 |
| 9.4 Planning de main d'œuvre indirecte et de matériels | 188 |
| 9.5 Démarches pour déterminer les besoins en matériels | 189 |
| 9.6 Applications | 190 |
| 9.6.1 Application APL 9.a | 190 |
| 9.6.2 Application APL 9.b | 191 |
| Chapitre 10 : La planification de la main d'œuvre | 193 |
| 10.1 Introduction | 193 |

| | |
|---|------------|
| 10.2 Budgets | 193 |
| 10.2.1 Budget de main d'œuvre de l'étude de prix | 193 |
| 10.2.2 Budget de main d'œuvre allouée au chantier | 194 |
| 10.3 Planning de main d'œuvre directe | 196 |
| 10.4 Budget de frais de chantier | 197 |
| 10.5 Planning de frais de chantier | 200 |
| 10.6 Démarche d'élaboration d'un planning de MO directe et indirecte | 201 |
| 10.7 Applications | 203 |
| 10.7.1 Application APL 10.a | 203 |
| 10.7.2 Application APL 10.b | 204 |
| Chapitre 11 : La planification des matériaux et matériels | 223 |
| 11.1 Introduction | 223 |
| 11.2 Planning des quantités prévisionnelles | 223 |
| 11.3 Histogrammes des coûts financiers | 224 |
| 11.4 Fiche travaux | 225 |
| 11.5 Méthode pour l'élaboration des plannings matériaux et matériels | 225 |
| 11.6 Applications | 226 |
| 11.6.1 Application APL 11.a | 226 |
| 11.6.2 Application APL 11.b | 228 |
| Chapitre 12 : La planification journalière | 231 |
| 12.1 Utilité du planning journalier | 231 |
| 12.2 Mode de représentation du planning journalier | 231 |
| 12.3 Les données pour établir un planning journalier | 231 |
| 12.3.1 Exemple | 232 |
| 12.3.1.1 Mode constructif | 232 |
| 12.3.1.2 Charge grue | 232 |
| 12.3.1.3 Cyclage de matériel de coffrage | 233 |
| 12.3.1.4 Temps de réalisation des tâches | 233 |
| 12.4 Diagramme d'équilibrage des tâches | 234 |
| 12.4.1 Temps d'utilisation de la grue | 234 |
| 12.4.2 Nombre d'équipes et effectif | 236 |
| 12.4.3 Durée des tâches nécessitant la grue | 236 |
| 12.4.4 Durée des tâches ne nécessitant pas la grue | 236 |
| 12.4.5 Enclenchement et répartition des tâches par ouvrier | 236 |
| 12.5 Phases, démarches et règles pour l'élaboration des plannings journaliers | 237 |
| Chapitre 13 : La planification avec GanttProject | 239 |
| 13.1 Introduction | 239 |
| 13.2 Télécharger et installer GanttProject | 239 |
| 13.3 Interface de GanttProject | 240 |
| 13.4 Principe de création d'un projet | 241 |
| 13.5 Création des tâches d'un projet | 246 |
| 13.5.1 Création de la première tâche | 246 |
| 13.5.2 Création des tâches suivantes | 247 |
| 13.5.3 Mode de saisie des tâches | 249 |

| | |
|--|-----|
| 13.5.3.1 Descriptif des trois possibilités | 250 |
| 13.6 Les différents type de relation | 250 |
| 13.6.1 Relation fin-début | 250 |
| 13.6.2 Relation fin-fin | 251 |
| 13.6.3 Relation début-début | 252 |
| 13.6.4 Relation début-fin | 253 |
| 13.7 Création de sous-tâches | 253 |
| 13.8 Affichage du chemin critique | 254 |
| 13.9 Affichage du PERT | 255 |
| 13.10 Les ressources | 255 |
| 13.10.1 Ajouter une ressource | 255 |
| 13.10.2 Affecter une ressource à une tâche | 256 |
| 13.10.3 Créer des rôles | 258 |
| 13.10.4 Diagramme des ressources | 259 |
| 13.11 Impression | 259 |
| 13.11.1 Création de la mise en page | 259 |
| 13.11.2 Impression | 260 |
| 13.12 Exporter son projet | 261 |
| 13.13 Ouvrir un fichier GanttProject déjà créé | 263 |
| 13.14 Exemple | 267 |
| 13.15 Application GanttProject | 268 |
| Corrigés des applications | 269 |
| Corrigé application APL 1.a | 269 |
| Corrigé application APL 3.a | 272 |
| Corrigé application APL 3.b | 273 |
| Corrigé application APL 4.a | 283 |
| Corrigé application APL 4.b | 283 |
| Corrigé application APL 4.c | 284 |
| Corrigé application APL 4.d | 285 |
| Corrigé application APL 4.e | 286 |
| Corrigé application APL 4.f | 289 |
| Corrigé application APL 4.g | 291 |
| Corrigé application APL 4.h | 296 |
| Corrigé application APL 4.i | 300 |
| Corrigé application APL 4.j | 302 |
| Corrigé application APL 4.k | 307 |
| Corrigé application APL 4.l | 310 |
| Corrigé application APL 4.m | 313 |
| Corrigé application APL 4.n | 319 |
| Corrigé application APL 5.a | 324 |
| Corrigé application APL 5.b | 325 |
| Corrigé application APL 5.c | 326 |
| Corrigé application APL 5.d | 327 |
| Corrigé application APL 5.e | 328 |
| Corrigé application APL 5.f | 330 |

| | |
|----------------------------------|-----|
| Corrigé application APL 5.g | 333 |
| Corrigé application APL 6.a | 335 |
| Corrigé application APL 6.b | 342 |
| Corrigé application APL 6.c | 345 |
| Corrigé application APL 7.a | 352 |
| Corrigé application APL 7.b | 358 |
| Corrigé application APL 7.c | 365 |
| Corrigé application APL 8.a | 370 |
| Corrigé application APL 8.b | 371 |
| Corrigé application APL 8.c | 375 |
| Corrigé application APL 8.d | 377 |
| Corrigé application APL 8.e | 379 |
| Corrigé application APL 8.f | 383 |
| Corrigé application APL 8.g | 386 |
| Corrigé application APL 9.a | 410 |
| Corrigé application APL 9.b | 414 |
| Corrigé application APL 10.a | 416 |
| Corrigé application APL 10.b | 423 |
| Corrigé application APL 11.a | 444 |
| Corrigé application APL 11.b | 451 |
| | |
| Lexique des abréviations | 471 |
| | |
| Bibliographie | 475 |
| | |
| Index alphabétique des mots clés | 477 |