

Objectif  
**BAC PRO**

**MEI**

***TOUT LE COURS EN 80 FICHES***

# Maintenance des équipements industriels

**Aziz BEKRI**

**Ludovic PIGEYRE**

**Pascal PONSON**

Professeurs de lycée professionnel  
en Maintenance industrielle

hachette  
ÉDUCATION

### Crédits illustrations :

Baumer electric : p.47, p.48, p.57

Bosch Rexroth : p.90 (illustration du bas, à gauche)

CATU : p.13, p.14

Chauvin Arnoux : p.153 (1<sup>re</sup> illustration), p.154 (illustrations du tableau)

Gates : p.152 (3<sup>e</sup> et 5<sup>e</sup> illustrations)

Facom : p.152 (4<sup>e</sup> illustration)

François Dimberton : p.120 (4<sup>e</sup> illustration)

Flir : p.151

INRS : p.12, p.105

Manutan : p.119 (4<sup>e</sup> illustration) p.121, p.122

Mikatec : p.80 (1<sup>re</sup> illustration, en haut)

Parker : p.43

PCE France : p.154 (1<sup>re</sup> illustration-wattmètre)

Schneider electric : p.40, p.41, p.66, p.67

SEFAL : p.77 (1<sup>re</sup> en bas, gauche)

SEIPEE : p.77 (en bas, droite)

Voltcraft : p.153

XPSAL : p.68

01dB Metravib : p.152 (1<sup>re</sup> illustration)

Autres illustrations : Hachette Éducation

### Conception graphique

**Couverture :** Alain Vambacas

**Maquette :** PAON

### Réalisation

**Mise en pages :** Graph'im 64

**Couverture :** Alain Vambacas

**Édition :** Stéphanie Jouzier

© HACHETTE LIVRE 2015, 43, Quai de Grenelle, 75905 Paris Cedex 15.

[www.hachette-education.com](http://www.hachette-education.com)

ISBN : 978-2-01-270774-0

*Tous droits de traduction, de reproduction et d'adaptation réservés pour tous pays.*

Le Code de la propriété intellectuelle n'autorisant, aux termes des articles L.122-4 et L.122-5, d'une part, que les « copies ou reproductions strictement réservées à l'usage privé du copiste et non destinées à une utilisation collective », et, d'autre part, que « les analyses et les courtes citations » dans un but d'exemple et d'illustration, « toute représentation ou reproduction intégrale ou partielle, faite sans le consentement de l'auteur ou de ses ayants droits ou ayants cause, est illicite ». Cette représentation ou reproduction, par quelque procédé que ce soit, sans autorisation de l'éditeur ou du Centre français de l'exploitation du droit de copie (20, rue des Grands-Augustins, 75006 Paris), constituerait donc une contrefaçon sanctionnée par les articles 425 et suivants du Code pénal.

# AVANT-PROPOS

Cet ouvrage a été pensé, réfléchi et conçu pour apporter une aide à toute personne intéressée par la maintenance industrielle.

Les **connaissances technologiques essentielles** au baccalauréat professionnel MEI (Maintenance des Équipements Industriels), issues du référentiel, sont traitées dans cet ouvrage.

Les thèmes sont abordés de façon synthétique pour apporter à l'élève une vision globale avec des précisions indispensables pour un futur technicien de maintenance.

La vision globale face à une problématique est la première qualité à acquérir, car l'intervenant en maintenance industrielle n'est pas un spécialiste de l'hydraulique, de la mécanique, de l'électrotechnique ou de la pneumatique.

Le technicien de maintenance est, plus qu'un spécialiste, l'élément incontournable pour une entreprise dans la résolution de problèmes par le dépannage, la réparation et l'amélioration de la qualité des produits et des systèmes de production industrielle.

Nous souhaitons que cet ouvrage apporte un soutien efficace aux activités de maintenance pour les élèves, apprentis et passionnés de maintenance.

Les auteurs.

*Avec une pensée pour Antoine.*

# SOMMAIRE

Présentation des épreuves professionnelles du Bac Pro MEI	7
---	---

## PARTIE 1 : LA SÉCURITÉ

FICHE 1	Les risques en maintenance	9
FICHE 2	Évaluation des risques et équipement de protection	11
FICHE 3	La consignation d'un équipement électrique	13
FICHE 4	Compléments à la consignation	15
FICHE 5	Habilitation électrique	17
FICHE 6	Les symboles d'habilitation	19
FICHE 7	Les schémas de liaison à la terre (SLT)	21
FICHE 8	Les différents schémas de liaison à la terre	23
FICHE 9	La sécurité en hydraulique	25
FICHE 10	Réglementation spécifique aux accumulateurs hydrauliques	27

## PARTIE 2 : L'ÉLECTRICITÉ

FICHE 11	La connectique en électricité	29
FICHE 12	Composants électriques	31
FICHE 13	Le couplage des moteurs asynchrones	33
FICHE 14	Démarrage moteur : un sens et deux sens de marche	35
FICHE 15	Démarrage moteur : étoile-triangle	37
FICHE 16	Présentation des capteurs et détection par contact	39
FICHE 17	Détecteurs sans contact : inductif et capacitif	41
FICHE 18	Détecteurs sans contact : magnétique et photoélectrique	43
FICHE 19	Le câblage des détecteurs PNP et NPN	45
FICHE 20	Les codeurs	47
FICHE 21	Le redressement	49
FICHE 22	Le freinage des moteurs asynchrones	51
FICHE 23	Les moteurs asynchrones à deux vitesses à deux enroulements	53
FICHE 24	Les moteurs asynchrones à deux vitesses de type Dahlander	55
FICHE 25	Le moteur à courant continu	57
FICHE 26	Le moteur pas à pas	59
FICHE 27	La variation de vitesse	61
FICHE 28	Régulation et asservissement	63
FICHE 29	Les modules logiques de sécurité	65
FICHE 30	Relayage des modules logiques de sécurité	67
FICHE 31	Le multimètre numérique	69

FICHE 32	Les mesures hors tension au multimètre . . . . .	71
FICHE 33	Les mesures sous tension au multimètre . . . . .	73
FICHE 34	Contrôles hors tension des composants de la partie commande . . . . .	75
FICHE 35	Contrôles hors tension des composants de la partie puissance . . . . .	77
FICHE 36	Contrôles des composants électriques sous tension . . . . .	79
FICHE 37	Les principaux symboles électriques de puissance . . . . .	81
FICHE 38	Les principaux symboles électriques de commande et formules . . . . .	83

### **PARTIE 3 : LA PNEUMATIQUE**

FICHE 39	La connectique en pneumatique . . . . .	85
FICHE 40	Présentation d'un schéma pneumatique . . . . .	87
FICHE 41	La préhension par le vide . . . . .	89
FICHE 42	La préhension par le vide : maintenance et exemples de montage . . . . .	91
FICHE 43	Les normes et symboles en pneumatique . . . . .	93
FICHE 44	Les symboles et formules en pneumatique . . . . .	95

### **PARTIE 4 : L'HYDRAULIQUE**

FICHE 45	La connectique en hydraulique . . . . .	97
FICHE 46	Présentation d'un schéma hydraulique . . . . .	99
FICHE 47	Les pompes hydrauliques . . . . .	101
FICHE 48	Les moteurs hydrauliques . . . . .	103
FICHE 49	L'hydraulique proportionnelle . . . . .	105
FICHE 50	Les normes et symboles en hydraulique . . . . .	107
FICHE 51	Les symboles et formules en hydraulique . . . . .	109

### **PARTIE 5 : LA MÉCANIQUE**

FICHE 52	Perçage et taraudage . . . . .	111
FICHE 53	Les éléments de fixation . . . . .	113
FICHE 54	La gamme de démontage . . . . .	115
FICHE 55	La réglementation en manutention manuelle . . . . .	117
FICHE 56	Le matériel en manutention manuelle . . . . .	119

### **PARTIE 6 : L'AUTOMATISME**

FICHE 57	Chaîne d'action et chaîne d'acquisition . . . . .	121
FICHE 58	Structure d'un système automatisé et lexique . . . . .	123
FICHE 59	Les règles et les différents points de vue du GRAFCET . . . . .	125
FICHE 60	Les différentes structures de GRAFCET . . . . .	127
FICHE 61	Les compléments du GRAFCET . . . . .	129
FICHE 62	Diagnostic à l'aide du GRAFCET . . . . .	131

FICHE 63	Le GEMMA .....	133
FICHE 64	L'Automate Programmable Industriel (API) .....	135

## **PARTIE 7 : LES MÉTHODES DE MAINTENANCE**

FICHE 65	Présentation et méthodes de la maintenance .....	137
FICHE 66	Définitions et niveaux de maintenance .....	139
FICHE 67	L'usure et la corrosion .....	141
FICHE 68	L'intervention de maintenance .....	143
FICHE 69	L'organigramme d'intervention .....	145
FICHE 70	Diagramme et tableau causes-effets .....	147
FICHE 71	L'organigramme et le logigramme d'aide au diagnostic .....	149
FICHE 72	Les techniques et appareils spéciaux (1) .....	151
FICHE 73	Les techniques et appareils spéciaux (2) .....	153
FICHE 74	Les principes du diagramme de Pareto .....	155
FICHE 75	Application du diagramme de Pareto .....	157
FICHE 76	La fiabilité .....	159
FICHE 77	La maintenabilité et la disponibilité .....	161
FICHE 78	MTBF, MTR et formulaire .....	163
FICHE 79	Les principes de l'AMDEC .....	165
FICHE 80	Application de l'AMDEC .....	167
<b>Testez-vous</b> .....		169
<b>Lexique des termes utilisés en maintenance</b> .....		189

# PRÉSENTATION DES ÉPREUVES PROFESSIONNELLES DU BAC PRO MEI

## I. LES ÉPREUVES ÉCRITES

### A • Analyse et exploitation de données techniques

**Sous-épreuve E11** Coefficient : 3 (unité : U11) Durée : 4 heures

C'est une sous-épreuve de l'épreuve scientifique et technique. Cette épreuve écrite fait l'objet d'une étude portant sur un système ou un sous-système. Elle dépend plus particulièrement sur des enseignements vus en construction mécanique.

Les compétences évaluées :

- Analyser le fonctionnement et l'organisation d'un système.
- Analyser les solutions mécaniques réalisant les fonctions opératives.

### B • Analyse et préparation d'une activité de maintenance

**Épreuve E2** Coefficient : 4 (unité : 2) Durée : 4 heures

Cette épreuve repose sur l'étude d'un système industriel pluritechnologique.

Les compétences évaluées :

- Analyser les solutions de gestion, de distribution, de conversion des énergies.
- Préparer son intervention.
- Émettre des propositions d'amélioration d'un bien.

## II. L'ÉPREUVE PRATIQUE

**Épreuve E3** Coefficient : 8 (unités : U31, U32, U33) Durée : 4 heures

Cette épreuve prend en compte la formation en milieu professionnel (PFMP). Elle est constituée de trois sous-épreuves : une épreuve orale et deux épreuves pratiques.

### A • Épreuve orale : Surveiller, améliorer, modifier les équipements

**Sous-épreuve E31** Coefficient : 2 (unité : U31) Durée : 20 minutes

#### 1. Contenu et mode d'évaluation

Les tuteurs d'entreprises et les professeurs évaluent les activités pratiques réalisées en entreprise, le rapport écrit et la soutenance à l'oral.

Les compétences visées par cette évaluation :

- Exécuter des opérations de surveillance et d'inspection.
- Exécuter des travaux d'amélioration ou de modification du bien.
- Recevoir et transmettre des informations.
- Rédiger et argumenter des comptes rendus.

L'évaluation s'appuie sur un dossier de 40 pages maximum, 30 pages sont réalisées par le candidat, dont 15 pages sur l'étude de cas.

## 2. Contenu du dossier

### • Partie A : Les activités professionnelles

Le candidat résume l'ensemble des activités et des tâches professionnelles accomplies en entreprise du point de vue organisationnel, des moyens techniques mis en œuvre et des méthodes utilisées.

### • Partie B : L'étude de cas (rapport)

Dans cette partie, le candidat présente une problématique en relation avec une tâche ou une activité de maintenance spécifique qu'il a réalisée en entreprise.

## 3. Présentation orale du rapport

La durée de l'oral (soutenance) est de 10 minutes environ, à laquelle s'ajoutent 10 minutes d'entretien avec la commission d'évaluation.

## B • Épreuve pratique : Intervention sur un équipement mécanique

**Sous-épreuve E32** Coefficient : **3** (unité : U32) Durée : **4** heures

Cette épreuve met le candidat en situation de technicien de maintenance sur les éléments de la partie opérative d'un système.

Le dysfonctionnement relève du domaine de la mécanique.

Les compétences évaluées :

- Réparer un composant.
- Identifier les risques (évaluation des risques autres qu'électriques), définir et mettre en œuvre les mesures de prévention adaptées.

## C • Épreuve pratique : Maintenance d'un système automatisé

**Sous-épreuve E33** Coefficient : **3** (unité : U33) Durée : **4** heures

Le candidat est en situation de technicien de maintenance sur les éléments de la partie commande et/ou de contrôle d'un système pluritechnologique, le dysfonctionnement relève du domaine de l'hydraulique et/ou de la pneumatique et/ou de l'électricité.

Les compétences évaluées :

- Diagnostiquer les pannes et remettre en état de bon fonctionnement un bien.
- Mettre en service un bien dans le respect des procédures.
- Identifier les risques (évaluation des risques électriques uniquement), définir et mettre en œuvre les mesures de prévention adaptées.



## LES RISQUES EN MAINTENANCE

Plus encore que les autres salariés, l'agent de maintenance est confronté à de nombreux risques lors de ses interventions : démontage, recherche de panne, manutention, maintenance préventive, consignation, soudage...

Risques professionnels	Exemples de situations	Moyens de prévention
<b>Chute de plain-pied :</b> fracture, entorse, luxation, blessures.	Sol glissant, encombré, dénivélé...	Porter des semelles antidérapantes, nettoyer, signaler.
<b>Chute de hauteur :</b> fracture, entorse, paralysie, décès.	Escalier, passerelle, fosse, échelle, échafaudage.	Installer une main courante, un garde corps, un filet de retenue, un harnais.
<b>Risques liés à la circulation d'engin :</b> heurts, fracture, entorse, paralysie, décès.	Zone de manœuvre, zone de circulation piétons et engins, mauvais état des engins.	Établir des règles de circulation, signaler les voies, entretenir les engins.
<b>Risques liés à l'activité physique :</b> douleurs dorsale, musculaire...	Manutention difficile, contrainte de posture, efforts importants.	Utiliser des moyens de manutention, organiser son poste, se faire aider.
<b>Risques liés à la manutention mécanique :</b> écrasement, heurt...	Matériel inadapté, arrimage insuffisant, rupture du système de maintien.	Utiliser du matériel adapté, en bon état, se former aux méthodes de manutention.
<b>Risques liés aux produits, aux émissions, aux déchets :</b> troubles respiratoires, brûlures, intoxication, allergie...	Émission de fumées, gaz, vapeurs, poussières métalliques, utilisation de produits nocifs, irritants, corrosifs...	Ventiler les locaux, lire les étiquettes, porter des protections respiratoires, gants, lunettes...
<b>Risques liés aux fluides sous pression (chauds, froids...) :</b> brûlures, blessures...	Éclatement, fuites hydrauliques, pneumatiques, canalisation de vapeur.	Réaliser l'entretien des installations, consigner et purger lors d'une intervention.

Risques professionnels	Exemples	Moyens de prévention
<b>Risques liés aux équipements de travail (outils, machines, poste à souder) :</b> coupure, écrasement, perforation...	Partie mobile accessible (mouvement, rotation), fluide ou matière pouvant être projeté. Non consignation lors d'une intervention.	Mettre les machines en conformité, consigner, porter les EPI* adaptés.
<b>Chutes d'objets :</b> écrasement, fracture, ...	Objets stockés en hauteur, mauvais calage ou absence de sécurisation lors d'un démontage.	Limiter la hauteur de stockage, porter un casque et des chaussures de sécurité, installer des systèmes de retenue.
<b>Risques liés au bruit :</b> surdité, agressivité, acouphène, hyperacousie...	Bruit continu : compresseur, moteur, groupe hydraulique.  Bruit impulsionnel : chocs, échappement d'air comprimé, presse.	Supprimer ou limiter l'intensité du bruit, porter un casque antibruit ou des bouchons d'oreille, (norme 80 dB).
<b>Incendie, explosion :</b> brûlures...	Utilisation de produits explosifs, inflammables, mélange de produits incompatibles.	Utiliser des moyens de détection et d'extinction adaptés, supprimer la proximité de flammes, étincelles.
<b>Risques liés à l'électricité :</b> brûlures, chutes, électrisation, électrocution, dégagement de gaz toxique, explosion...	Armoire électrique non fermée, pièce nue sous tension, non consignation lors d'une intervention, outillage non isolé...	�tre formé et habilité, baliser les zones dangereuses, consigner les équipements, vérifier l'absence de tension, porter des EPI*...
<b>Risques liés au rayonnement :</b> irradiation, problèmes de santé, cancer...	�l�ments radioactifs, source de rayons X, UV, laser, rayonnement électromagnétique.	Signaler le danger, s'éloigner des sources, limiter l'exposition, l'accès, porter des équipements adaptés.