

# MAINTENANCE PRÉVENTIVE

*Composants industriels courants •  
Plans de préventif*



**TECHNO-FICHES**

**100 FICHES  
PRATIQUES**

# **MAINTENANCE PRÉVENTIVE**

*Composants industriels courants •  
Plans de préventif*

*Claude Kojchen*

**DUNOD**

La responsabilité de l'auteur ou de l'éditeur ne peut en aucun cas être engagée en cas de défaillance d'un composant, malgré l'application et la mise en œuvre de l'une des préconisations de l'ouvrage.

Conception graphique de la couverture : Elizabeth Riba

Direction artistique : Nicolas Wiel

Illustration de couverture : Aumm graphixphoto/shutterstock.com

Le pictogramme qui figure ci-contre mérite une explication. Son objet est d'alerter le lecteur sur la menace que représente pour l'avenir de l'écrit, particulièrement dans le domaine de l'édition technique et universitaire, le développement massif du photocopillage.

Le Code de la propriété intellectuelle du 1<sup>er</sup> juillet 1992 interdit en effet expressément la photocopie à usage collectif sans autorisation des ayants droit. Or, cette pratique s'est généralisée dans les établissements

d'enseignement supérieur, provoquant une baisse brutale des achats de livres et de revues, au point que la possibilité même pour

les auteurs de créer des œuvres nouvelles et de les faire éditer correctement est aujourd'hui menacée.

Nous rappelons donc que toute reproduction, partielle ou totale, de la présente publication est interdite sans autorisation de l'auteur, de son éditeur ou du Centre français d'exploitation du

droit de copie (CFC, 20, rue des Grands-Augustins, 75006 Paris).



© Dunod, 2022

11 rue Paul Bert, 92240 Malakoff

[www.dunod.com](http://www.dunod.com)

ISBN 978-2-10-082976-7

Le Code de la propriété intellectuelle n'autorisant, aux termes de l'article L. 122-5, 2° et 3° a), 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 droit ou ayants cause est illicite » (art. L. 122-4).

Cette représentation ou reproduction, par quelque procédé que ce soit, constituerait donc une contrefaçon sanctionnée par les articles L. 335-2 et suivants du Code de la propriété intellectuelle.

# TABLE DES MATIÈRES

Introduction

IX

## **PARTIE A**

### **Les notions fondamentales**

1. Préventifs et maintenance : définitions	2
2. Plan de préventif	4
3. Méthodes de maintenance préventive	7

## **PARTIE B**

### **Les composants mécaniques**

4. Maintenance des composants mécaniques	10
5. Roulements	12
6. Roulements : défaillances	13
7. Roulements : surveillance	14
8. Roulements : savoir-faire	16
9. Roulements : plan de préventif	19
10. Accouplements et cardans	21
11. Accouplements et cardans : défaillances	23
12. Accouplements et cardans : surveillance	24
13. Accouplements et cardans : plan de préventif	26
14. Courroies et poulies	27
15. Courroies et poulies : défaillances	28
16. Courroies et poulies : surveillance	30
17. Courroies et poulies : savoir-faire	32
18. Courroies et poulies : plan de préventif	35
19. Roues et chaînes	37
20. Roues et chaînes : défaillances et surveillance	39
21. Roues et chaînes : savoir-faire	41
22. Roues et chaînes : plan de préventif	42
23. Engrenages et réducteurs	44
24. Engrenages : défaillance	45
25. Engrenages : surveillance	46
26. Engrenages : plan de préventif	47
27. Guidages linéaires	49
28. Guidages linéaires : modes de défaillance et de surveillance	50

29. Guidages linéaires : savoir-faire	51
30. Guidages linéaires : plan de préventif	53

## PARTIE C

### Les pompes et les composants hydrauliques

31. Pompes rotatives et centrifuges	56
32. Pompes centrifuges : défaillance	59
33. Pompes centrifuges : surveillance	60
34. Pompes rotatives et centrifuges : plan de préventif	63
35. Systèmes hydrauliques	65
36. Pompes hydrauliques	67
37. Pompes hydrauliques : défaillances	68
38. Pompes hydrauliques : surveillance	69
39. Pompes hydrauliques : plan de préventif	70
40. Réservoirs et circuits hydrauliques	72
41. Réservoirs et circuits hydrauliques : défaillances et surveillance	73
42. Réservoirs et circuits hydrauliques : plan de préventif	74
43. Distributeurs hydrauliques, vérins et moteurs	75
44. Distributeurs hydrauliques, vérins et moteurs : défaillances et surveillance	76
45. Distributeurs hydrauliques, vérins et moteurs : plan de préventif	78

## PARTIE D

### L'air comprimé

46. Production de l'air comprimé	80
47. Production de l'air : défaillances et surveillance	83
48. Production de l'air : plan de préventif	85
49. Réseau d'air comprimé	87
50. Réseau d'air comprimé : défaillances et surveillance	89
51. Réseau d'air comprimé : plan de préventif	90
52. Distributeurs, vérins et moteurs pneumatiques	91
53. Distributeurs, vérins et moteurs pneumatiques : défaillances et surveillance	92
54. Distributeurs, vérins et moteurs pneumatiques : plan de préventif	94

## PARTIE E

### Les composants électriques

55. Transformateurs et distribution	96
56. Transformateurs et distribution : défaillances	97
57. Transformateurs et distribution : surveillance et savoir-faire	99
58. Transformateurs et distribution : plan de préventif	101
59. Armoires et coffrets	103

60. Armoires et coffrets : défaillances et surveillance	104
61. Armoires et coffrets : plan de préventif	105
62. Composants d'armoire	107
63. Composants d'armoires : défaillances et surveillance	109
64. Composants d'armoires : plan de préventif	111
65. Onduleurs	112
66. Onduleurs : défaillances et surveillance	113
67. Onduleurs : en pratique	114
68. Batteries	115
69. Batteries : défaillances	116
70. Batteries : surveillance	117
71. Batteries : plan de préventif	118
72. Moteurs et variateurs (asynchrones et synchrones)	119
73. Moteurs asynchrones et variateurs : défaillances	120
74. Moteurs asynchrones et variateurs : surveillance	121
75. Moteurs asynchrones et variateurs : plan de préventif	123
76. Moteurs et variateurs <i>brushless</i>	125
77. Moteurs et variateurs <i>brushless</i> : défaillances et surveillance	126
78. Moteurs et variateurs <i>brushless</i> : plan de préventif	127
79. Moteurs à courant continu à balais	130
80. Moteurs à courant continu à balais : défaillances	131
81. Moteurs à courant continu à balais : surveillance	132
82. Moteurs à courant continu à balais : plan de préventif	134

## PARTIE F

### Automatismes, régulation et robots

83. Automates programmables	138
84. Automates programmables : défaillances	140
85. Automates programmables : surveillance	141
86. Automates programmables	143
87. Supervisions et commandes numériques	144
88. Supervisions et commandes numériques : défaillances et surveillance	145
89. Supervisions et commandes numériques : plan de préventif	146
90. Détecteurs et capteurs tout-ou-rien	147
91. Détecteurs et capteurs tout-ou-rien : défaillances	149
92. Détecteurs et capteurs tout-ou-rien : surveillance et plan de préventif	150
93. Régulation	151
94. Régulation : défaillances et surveillance	153
95. Régulation : plan de préventif	154
96. Robots : défaillances et savoir faire	155
97. Robots : plan de préventif	157

## **PARTIE G**

### **La production du froid et le traitement de l'air**

98. Production du froid et réseaux	160
99. Production du froid et réseaux : défaillances et surveillance	161
100. Production du froid et réseaux : plan de préventif	162
101. Centrales de traitement de l'air	164
102. Centrales de traitement de l'air : défaillances et surveillance	166
103. Centrales de traitement de l'air : plan de préventif	167
Glossaire	169
Crédits iconographiques	173
Index	175



# INTRODUCTION

## Pourquoi cet ouvrage ?

Tout acteur de maintenance, quel que soit son niveau, de l'ouvrier au directeur, s'est dit un jour à propos du préventif d'un matériel courant : « Quel est le plan de préventif standard à appliquer ? Il doit bien exister quelque part, prêt à l'emploi. Où puis-je le trouver ? » C'est précisément l'objet de ce recueil, que vous puissiez le trouver ici !

Le but de cet ouvrage est de collecter et de proposer au lecteur une version standard des plans de préventif, et de permettre aux professionnels de maintenance de trouver les principaux renseignements qu'ils cherchent lorsqu'ils préparent le plan de préventif d'un composant courant.

Il traite de matériels souvent standardisés, en tout cas très répandus dans l'industrie.

Il n'a pas la prétention de remplacer des ouvrages de référence très détaillés et précis, ni les documentations techniques spécifiques des machines.

Il se veut à la fois généraliste, pratique et simple, applicable rapidement par tout « maintenancier ».

Les plans de préventif qui vous sont proposés doivent ensuite être adaptés à votre contexte, en fonction de :

- L'équipement et ses spécificités ;
- L'environnement dans lequel il travaille (poussiéreux, chaud, froid, vibrations, etc.) ;
- Les particularités et contraintes d'utilisation (1 × 8, 2 × 8, 3 × 8...), changements de cadence, etc. ;
- Et bien sûr, les objectifs de fiabilité recherchés : on ne fait pas le même préventif sur une machine vitale que sur une machine secondaire.

## Comment l'utiliser ?

Dans cet ouvrage, chaque type de composant courant fait l'objet de plusieurs fiches :

- une présentation générale,
- une description des modes de défaillance les plus courants pour ces composants, ainsi que leurs causes de défaillance,

- une partie décrivant les savoir-faire les plus courants,
- et une partie appelée « En pratique » dans laquelle on trouvera le plan de préventif en lui-même.

Ces différentes parties font l'objet de plusieurs fiches, ainsi les roulements font l'objet de six fiches, et les capteurs, de trois fiches.

Lorsque vous créez le plan de préventif d'un moteur par exemple, nous vous encourageons à commencer par recopier le plan de préventif que nous proposons et de l'insérer dans celui de l'équipement dont vous voulez préparer la maintenance préventive.

Ensuite, c'est votre contexte, votre expérience et les conditions d'utilisation du type de composant qui vous orienteront pour l'adapter à votre contexte.

# PARTIE A

# LES NOTIONS FONDAMENTALES

Au-delà de sa définition normalisée, qui est de « réaliser des activités ayant pour objectif de réduire les défaillances », la maintenance préventive est en forte évolution.

Le préventif « traditionnel » qui consistait à remplacer systématiquement un certain nombre de composants est en perte de vitesse du fait de son coût. Les services maintenance s'orientent vers toujours plus de conditionnel, de prévisionnel, et à présent de prédictif (fiche 1).

La maintenance préventive systématique coûte cher car :

- le matériel est immobilisé, qu'il présente des signes de dégradation ou non ;
- un ou plusieurs techniciens interviennent et remplacent des pièces ;
- une intervention risque toujours d'être manquée.

Elle doit donc être conçue, préparée et optimisée au plus juste.

La maintenance préventive évolue progressivement d'une politique de remplacements systématiques vers plus de contrôles, de vérifications, de mesures régulières qui, elles, permettent de suivre l'état, le début d'usure, ou l'usure prononcée du matériel.

# 1. PRÉVENTIFS ET MAINTENANCE : DÉFINITIONS

Les distinctions entre les préventifs systématique, conditionnel et prévisionnel sont de plus en plus délicates à faire, d'autant plus depuis l'arrivée de la maintenance prédictive.

## Préventifs systématique, conditionnel et prévisionnel

La norme AFNOR EN13306 explique que :

- le **préventif systématique** consiste à remplacer régulièrement un organe, quelle que soit son usure réelle ;
- le **préventif conditionnel** consiste à mesurer ou collecter la mesure d'un paramètre caractéristique de l'usure ;
- et le **préventif prévisionnel** à chercher à aller plus loin en surveillant l'évolution de cette même usure.

Dans son principe, le **préventif conditionnel** consiste à surveiller une dégradation, pour remplacer l'organe ou le composant au moment optimal (juste avant la casse). En pratique, c'est bien plus complexe, bien entendu. En particulier du fait que le « paramètre caractéristique » de l'usure n'est pas toujours simple à trouver. Autant ce paramètre est simple à définir lorsqu'il s'agit de mesurer l'usure d'un chemin de roulement, autant l'usure d'un composant électronique est impossible à traduire en termes de « paramètre caractéristique ».

Avant de réaliser une intervention parfois lourde de maintenance préventive, il est souvent utile de procéder à une « prévisite ».

### LA PRÉVISITE

Il s'agit d'aller inspecter l'équipement, en marche puis, si possible, lors d'un arrêt court, pour observer les débuts d'usure, les signaux précurseurs, les fuites éventuelles. Cette prévisite est toujours riche d'enseignements sur l'état du matériel et pour préparer un arrêt programmé au cours duquel on réalisera des interventions efficaces.

## Maintenance prédictive

Ce type de maintenance est récent, et se développe rapidement car il peut constituer un apport considérable aux services maintenance qui l'utilisent. C'est un type de maintenance préventive. Le terme « prédictif » fait l'objet d'une controverse. Certaines personnes considèrent que la maintenance ne peut pas faire l'objet de « prédictions » (dans le sens de prédictions astrologiques, par exemple). À l'inverse, d'autres souhaitent étendre le terme, largement utilisé dans les pays anglosaxons, car le terme maintenance prévisionnelle est traduit en anglais par « predictive maintenance ».

Pour ma part, j'utilise le terme d'« analyse prédictive », qui fait ressortir l'obligation de réaliser une étude et des analyses précises.

Dans la pratique, il s'agit d'utiliser les capteurs de l'équipement, d'en ajouter des spécifiques, puis de s'appuyer sur les tendances observées et l'historique. Des outils numériques d'analyse, comme l'intelligence artificielle, sont ensuite mis à contribution pour rechercher des analogies avec des défaillances passées. Ils délivrent alors des alertes au service maintenance.

Encore onéreux aujourd'hui (fin 2021), cet outil est appelé à se développer car il détecte réellement et efficacement des amorces de défaillance. Certains services maintenance ont d'ores et déjà remplacé les révisions systématiques de gros moteurs par ce type d'analyse.

## 2. PLAN DE PRÉVENTIF

Pour réaliser un préventif construit, il est nécessaire de le penser, de le préparer et de le décrire. Le plan de préventif, aussi appelé **programme** de préventif, est fait pour cela.

### Caractéristiques d'un plan de préventif

Pour un matériel donné, le plan préventif concentre sur un même tableau l'ensemble des **prévisions** d'interventions de préventif, qu'il s'agisse de contrôles, de remplacements ou de lubrifications qui sont à réaliser. Il est annuel, mais les opérations pluriannuelles y figurent également.

Pour chaque ligne du tableau se trouvent :

- le nom du sous-ensemble concerné ;
- le nom de l'opération à réaliser ;
- son niveau de maintenance ;
- la charge de travail qu'elle représente ;
- sa périodicité (définition ci-après) ;
- la présence de pièces de rechange ou de consommable, et lesquelles.

Un exemple de plan de préventif est donné à la fin de cette fiche.

#### ▲ PÉRIODICITÉ

La périodicité est exprimée en termes de « paramètre d'usage », souvent le temps calendaire, mais qui peut ne pas être caractéristique, ni suffisant. Le temps calendaire présente l'avantage d'être simple (pas besoin d'être collecté, ni de calcul de date), alors qu'un compteur suppose d'être collecté, enregistré et comparé à la prochaine échéance.

### Plan de préventif et GMAO

Le plan de préventif est un document séparé de la GMAO qui, elle, a pour fonction de planifier les opérations de préventif, puis d'enregistrer le préventif réalisé ainsi que les mesures réalisées.

Il est important de le construire **avant** qu'il ne soit saisi dans la GMAO, car une fois construit pour chaque équipement, il peut être consolidé par atelier et

pour l'ensemble du site. Cela permet de vérifier sa cohérence d'ensemble et la cohérence entre les équipements.

#### GMAO

La GMAO est la gestion de la maintenance assistée par ordinateur. Cet outil informatique, apparu dans les années 1980, est devenu indispensable aux services maintenance. Il permet de centraliser, stocker et restituer l'ensemble des outils de gestion nécessaires à une bonne maintenance : la gestion des interventions, des équipements, des dépenses de maintenance, du préventif, des pièces de rechange, etc.

Aujourd'hui de nombreuses GMAO existent. Elles proposent des solutions pour des services maintenance de toute taille, de deux à plusieurs dizaines de personnes.

## Un point de départ... à affiner !

Enfin, il est important de noter que les plans de préventif que nous proposons sont ceux qui sont le plus souvent retenus dans l'industrie et dans les ouvrages. Les interventions à réaliser et leurs périodicités ne garantissent pas 100 % de fonctionnement sans panne pour deux raisons.

- Elles correspondent à un fonctionnement courant qui n'est presque jamais celui de l'industrie, et les conditions d'exploitation réelles doivent être prises en compte pour ajuster la périodicité d'une intervention.
- Une intervention de contrôle ou de remplacement préventif ne pourra jamais garantir à 100 % le bon fonctionnement d'un équipement, dont la fiabilité diminue dès la mise en route.

Ainsi, les éléments donnés dans cet ouvrage doivent être considérés comme des points de départ, à affiner avec la connaissance que vous avez de votre équipement.

## PLAN DE PREVENTIF

n° équipement :

Criticité : 1		Date de MAJ : 03/01/2020		Par :															
		Date de MAJ : 03/01/2020		Par :															
n°	Organe ou appareil	Opération, contrôle à réaliser	Valeur & tolérance	NivMc e	Qui fait	Arrêt/ Marche	Outils	Pièces	Tps interv	Tps Immo	Q	H	M	T	S	A	>A	Nb/an	Heures/an
PA1	Palier vérin de traction	Contrôle de l'état des roulements		3	Méca	M		2303GE & 6036	4							1		1	4
PA1	Palier vérin de traction	Graissage du palier		2	Méca	M	Pompe à graisse		0.5							1		1	0.5
AS1	Frein de sécurité	Test bon fonctionnement		3	Méca	A			x					1				2	
AA1	Frein de sécurité	Groupe du frein : contrôler pression de service		3	Hydraulique	A			0.5							1		1	0.5
PA1	Roue d'inertie	Contrôle des roulements paliers		3	Méca	M			4							1		1	4
PT1	Remontée d'huile (x2)	Pompe	Contrôle fonctionnement capteur de niveau	2	Hydraulique	M			x					1				4	
MIN1	Remontée d'huile (x2)	Filter à huile	Contrôle colmatage	1	Essais	M			x		1							45	
AA1	Moteurs électriques	Graissage des paliers		2	Méca	A			0.5							1		1	0.5
AA1	Moteurs électriques	Contrôle isolement et connexions		3	Électrique	A			3							1		1	3

**Figure 2.1** Exemple de plan de préventif



## 3. MÉTHODES DE MAINTENANCE PRÉVENTIVE

Au-delà des définitions, la maintenance préventive s'articule principalement autour de quatre grands types d'intervention :

- les **surveillances** ou **contrôles d'usure**, qui permettent d'identifier le moment où un composant doit être changé. Les cas les plus élaborés de contrôles correspondent à la maintenance préventive conditionnelle, voire prévisionnelle ;
- les **remplacements systématiques** (de plus en plus rares) ;
- la **lubrification** ;
- les **contrôles réglementaires**.

### Surveillances et contrôles

#### Surveillance en marche

Elle consiste essentiellement à réaliser des rondes et des mesures en cours de marche. Pour être un réel préventif, ces rondes doivent être formalisées avec un circuit précis, des données à relever, et une check-list. Ce relevé est ensuite traité en programmant des contrôles complémentaires ou des remplacements.

#### REMARQUE

Selon nous, le remplacement d'un composant dont l'usure a été révélée au cours d'une de ces rondes est aussi considéré comme une opération de préventif.

#### Surveillance à l'arrêt

L'arrêt programmé d'un équipement doit être précédé d'une **prévisite** : arrêt court, réalisé par un technicien chevronné, consistant à ouvrir les carters et armoires pour examiner l'état des principaux éléments mécaniques invisibles lors de la marche.

Cette prévisite permet une préparation plus précise de l'arrêt, en approvisionnant les composants dégradés, de façon à les avoir à disposition pendant l'arrêt.

## Remplacements systématiques

Cette technique de maintenance préventive est de moins en moins utilisée dans l'industrie, dans la mesure où l'échange systématique qui se fait à date fixe consiste à démonter un composant qui fonctionne encore. Dès lors, son remplacement donne lieu à une perte de potentiel dans son utilisation. De plus, l'intervention de remplacement constitue un risque non négligeable d'erreur. Elle reste cependant indispensable dès que des questions de sécurité sont en jeu : transports en commun, énergie, etc. Elle peut aussi être imposée par le fabricant d'un équipement comme condition de maintien de la garantie.

## Lubrification

Une lubrification adaptée et suffisante est indispensable au bon fonctionnement de tout système mécanique. Le lubrifiant (huile ou graisse) forme un film entre les corps roulants ou coulissants l'un sur l'autre. Ce film de lubrifiant diminue les frottements internes et il réduit les pressions de surface, prolongeant ainsi la durée de vie de l'ensemble.

Il protège également les surfaces métalliques contre la corrosion, assure une protection contre l'oxydation et la pollution extérieure, et aide au refroidissement lorsque la lubrification se fait à l'huile. L'absence ou une mauvaise lubrification peuvent provoquer très rapidement des grippages et des casses mécaniques importantes.

## Contrôles réglementaires

Les contrôles réglementaires sont des actions de contrôle qui sont imposées par la loi, pour assurer, soit la sécurité des personnes, soit la sécurité de l'environnement. Ils sont effectués pour prévenir les dangers liés à l'utilisation d'un bien.

Bien qu'imposés par la réglementation, il s'agit bien d'interventions de maintenance préventive. Ils doivent être considérés comme tel et :

- inscrits sur le plan de préventif ;
- suivis scrupuleusement ;
- réalisés par un organisme extérieur.

### EXEMPLES

Voici une liste non exhaustive d'équipements concernés par les contrôles réglementaires : installations électriques, équipements sous pression, portes automatiques, équipements de protection individuelle, systèmes de climatisation, appareils de levage, systèmes de détection incendie, etc.

# PARTIE B

# LES COMPOSANTS MÉCANIQUES

Dans cette partie, nous abordons les principaux composants mécaniques qui composent un équipement (vous retrouverez aussi régulièrement le terme « machine » dans cet ouvrage.)

Nous décrivons :

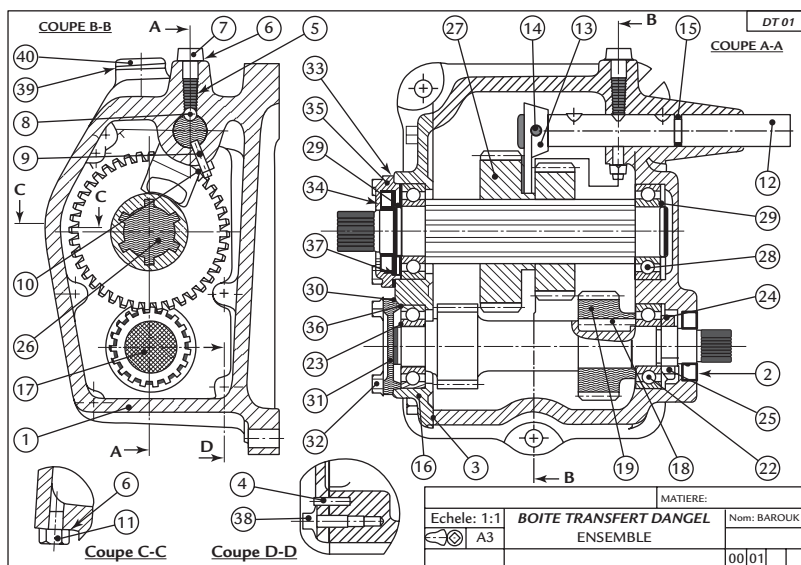
- les roulements ;
- les accouplements et les cardans ;
- les courroies et les poulies ;
- les roues et les chaînes de transmission ;
- les engrenages ;
- les guidages linéaires ;
- les robots (qui ne sont pas des composants, mais plutôt des ensembles mécaniques).

## 4. MAINTENANCE DES COMPOSANTS MÉCANIQUES

Un mécanisme bien conçu et bien entretenu peut durer longtemps.

Dans le cas d'ensembles mécaniques ayant la même conception, le même montage et la même mise en service, plusieurs facteurs peuvent influencer leur durée de vie :

- les surcharges, ponctuelles ou permanentes ;
- le manque de lubrification, qui peut être catastrophique, y compris pour les machines les plus sophistiquées et les mieux conçues ;
- le lubrifiant qui peut aussi provoquer l'une des causes principales de dégradation : la contamination ;
- la température de fonctionnement qui a une influence forte sur le type de lubrifiant et les fréquences de lubrification, car le lubrifiant doit couvrir les pièces en contact sans s'échapper ni fuir.



**Figure 4.1** Plan d'un réducteur à deux vitesses. Les roulements y assurent la bonne rotation des engrenages.

## ▲ LES ROULEMENTS

Les excès de température (mini ou maxi) et l'environnement, la contamination par la poussière, l'humidité et la condensation sont la première cause d'usures prématurées des roulements (48% pour les particules).