

DENTURES EN DEVELOPPANTE DE CERCLE DEFINITIONS- VERIFICATIONS

Page 1/98

SANS RESTRICTION D'UTILISATION

AVANT PROPOS

Ce document a été établi par PSA PEUGEOT
CITROEN , RENAULT SA. et RENAULT V.I.

Le document est équivalent au document du
groupe Renault n° 01-33-001 / --G.

Il ne doit pas être modifiée sans une consultation
préalable du service Normalisation de ce groupe.

Il est conforme à l'accord intervenu entre ce
groupe et PSA PEUGEOT CITROEN en Mars
1996.

Elle est conforme à la norme ISO 1328 sauf pour
les écarts de forme ; elle la complète pour les
paramètres non normalisés et elle adopte les
mêmes classes de précision (voir paragraphe 7).

SOMMAIRE

1. OBJET	15. ECART DE DIVISION	
2. DOMAINE D'APPLICATION	15.1. DEFINITION	
3. DOCUMENTS CITES	15.2. VALEURS RETENUES	
4. EXPRESSION SUR DOCUMENT	16. ECART TANGENTIEL (OU ECART DE TRANSMISSION)	
5. TERMINOLOGIE - SYMBOLES (SUIVANT LA NORME ISO 701)	16.1. DEFINITION	
6. DEFINITIONS ELEMENTAIRES	16.2. PRINCIPE DE LA MESURE	6
6.1. ROUE D'ENGRENAGE	16.3. RESULTAT DE LA MESURE	6
6.2. ENGRENAGE	16.4. VALEURS RETENUES	6
6.3. DENT	17. ECART RADIAL	6
6.4. ENTRAXE	17.1. DEFINITION	
6.5. ANGLE DES AXES (POUR ENGRENAGE GAUCHE)	17.2. PRINCIPE DE LA MESURE	7
6.6. PLAN TRANSVERSAL	17.3. RESULTAT DE LA MESURE	11
6.7. CERCLE DE BASE	17.4. VALEURS RETENUES	11
6.8. HELICE DE BASE	18. DENTURE DE MESURE	11
6.9. ANGLE D'HELICE	18.1. PIGNON ETALON	12
6.10. SENS DE L'HELICE	18.2. PIGNON ETALON POUR VERIFICATION DE L'ECART TANGENTIEL	12
6.11. PAS DE BASE	18.3. PIGNON ETALON POUR VERIFICATION DE L'ECART RADIAL	12
6.12. EPAISSEUR OU INTERVALLE DE DENTURE THEORIQUE	19. ETAT DE SURFACE MICROGEOMETRIQUE	12
6.13. JEU ENTRE DENTS	19.1. SURFACES CONSIDEREES	12
6.14. SOMMET DE DENT - PIED DE DENT	19.2. SENS DE LA MESURE	13
6.15. CARACTERISTIQUES DE REFERENCE	19.3. PARAMETRES DE RUGOSITE	13
6.16. CARACTERISTIQUES DE GENERATION	19.4. INDICATIONS A PORTER AU PLAN	14
6.17. CARACTERISTIQUES COMPLEMENTAIRES DE REALISATION	19.5. TOLERANCES	15
7. CLASSE DE PRECISION	20. CRITERES DE CONFORMITE	15
8. VERIFICATION DES FLANCS DE DENT	21. FORMULES DES TOLERANCES NORMALISEES (POUR LA CLASSE 5)	16
8.1. GENERALITES	22. ANNEXE 1 PSA	18
8.2. VERIFICATION DU PROFIL	23. ANNEXE 1 RENAULT	19
8.3. VERIFICATION DE L'HELICE	24. ANNEXE 1 RENAULT VEHICULES INDUSTRIELS	20
8.4. ANALYSE DE LA SURFACE	25. ANNEXE 2	22
9. SURFACES DE TETE ET DE PIED DE DENT	26. ANNEXE 3 : TABLEAUX DES TOLERANCES	23
10. RACCORDEMENT DE PIED DE DENT	27. ANNEXE 4	33
11. CHANFREIN LATERAL	27.1. JEU ENTRE DENTS	39
12. VERIFICATION DE L'EPAISSEUR DE DENTURE	27.2. BOMBÉ	42
12.1. GENERALITES	28. HISTORIQUE ET DOCUMENT CITES	46
12.2. TOLERANCES	28.1. HISTORIQUE	46
12.3. VERIFICATIONS	28.2. DOCUMENTS CITES	49
13. JEU ENTRE DENTS	28.3. EQUIVALENT A :	50
13.1. GENERALITES	28.4. CONFORME A :	50
13.2. JEU ENTRE DENTS EFFECTIF MINIMAL	28.5. MOTS CLEFS	51
13.3. JEU ENTRE DENTS EFFECTIF MAXIMAL		51
13.4. TOLERANCE	8.2 VERIFICATION DU PROFIL.....	32
13.5. VERIFICATION DU JEU ENTRE DENTS DANS UN PLAN TRANSVERSAL DE LA DENTURE	8.2.1 Longueur d'exploitation.....	32
14. ECART RADIAL MESURE A L'AIDE D'UNE BILLE	8.2.2 Direction de profil.....	33
14.1. BATTEMENT SIMPLE RADIAL A LA BILLE	8.2.2.1 Définitions.....	33
14.2. SAUT DE DENT A LA BILLE	8.2.2.2 Convention de signe (valable pour denture intérieure et extérieure).....	35
14.3. VALEURS RETENUES	8.2.2.3 Valeurs d'exploitation	36
	8.2.3 Bombé de profil.....	36
	8.2.3.1 Convention de signe.....	36
	8.2.3.2 Valeur minimale du bombé.....	36
	8.2.3.3 Valeur maximale du bombé.....	36
	8.2.3.4 Valeur d'exploitation.....	36

8.2.3.5	Position du bombé.....	36			
8.2.3.6	Valeur de la position nominale du bombé.....	36	12.0	VERIFICATION DE L'EPAISSEUR DE DENTURE..	49
8.2.3.7	Tolérance.....	37			
8.2.3.8	Valeur d'exploitation.....	37			
8.2.4	Ecart de forme de profil.....	37	12.1	GENERALITES.....	49
8.2.5	Ecart total de profil.....	37	12.2	TOLERANCES.....	50
8.3	VERIFICATION DE L'HELICE...	38	12.3	VERIFICATIONS.....	50
8.3.1	Longueur d'exploitation.....	38	12.3.1	Rayon sous bille.....	50
8.3.2	Direction d'hélice.....	38	12.3.2	Cote sur deux billes ou entre deux billes.....	51
8.3.2.1	Définitions.....	38	12.3.3	Cote réelle sur "k dents".....	52
8.3.2.2	Convention de signe.....	40	12.3.4	Epaisseur effective.....	52
8.3.2.3	Valeur d'exploitation.....	40			
8.3.3	Bombé de l'hélice.....	40	13.0	JEU ENTRE DENTS.....	52
8.3.3.1	Convention de signe.....	40			
8.3.3.2	Valeur minimale du bombé.....	40	13.1	GENERALITES.....	52
8.3.3.3	Valeur maximale du bombé.....	40	13.2	JEU ENTRE DENTS EFFECTIF MINIMAL.....	53
8.3.3.4	Valeur d'exploitation.....	40	13.3	JEU ENTRE DENTS EFFECTIF MAXIMAL.....	53
8.3.3.5	Position du bombé.....	41	13.4	TOLERANCE.....	54
8.3.3.6	Valeur de la position nominale du bombé.....	41	13.5	VERIFICATION DU JEU ENTRE DENTS DANS UN PLAN TRANSVERSAL DE LA DENTURE.....	54
8.3.3.7	Tolérance.....	41			
8.3.3.8	Valeur d'exploitation.....	41	14.0	ECART RADIAL MESURE A L'AIDE D'UNE BILLE.....	54
8.3.4	Ecart de forme de l'hélice.....	41			
8.3.5	Ecart total de l'hélice.....	41	14.1	BATTEMENT SIMPLE RADIAL A LA BILLE.....	54
8.4	ANALYSE DE LA SURFACE....	42	14.2	SAUT DE DENT A LA BILLE....	55
8.4.1	Topographie.....	42	14.3	VALEURS RETENUES.....	55
8.4.2	Quadrillage.....	42			
8.4.3	Ligne de contact.....	42	15.0	ECART DE DIVISION.....	56
9.0	SURFACES DE TETE ET DE PIED DE DENT.....	45	15.1	DEFINITION.....	56
10.0	RACCORDEMENT DE PIED DE DENT.....	45	15.2	VALEURS RETENUES.....	57
11.0	CHANFREIN LATERAL.....	48	16.0	ECART TANGENTIEL (OU ECART DE TRANSMISSION)..	59
			16.1	DEFINITION.....	59
			16.2	PRINCIPE DE LA MESURE.....	59
			16.3	RESULTAT DE LA MESURE....	60
			16.4	VALEURS RETENUES.....	60
			17.0	ECART RADIAL.....	61
			17.1	DEFINITION.....	61
			17.2	PRINCIPE DE LA MESURE.....	61
			17.3	RESULTAT DE LA MESURE....	62
			17.4	VALEURS RETENUES.....	62

(voir suite page suivante)

18.0	DENTURE DE MESURE.....	63
18.1	PIGNON ETALON.....	63
18.2	PIGNON ETALON POUR VERIFICATION DE L'ECART TANGENTIEL.....	63
18.3	PIGNON ETALON POUR VERIFICATION DE L'ECART RADIAL.....	64
19.0	ETAT DE SURFACE MICROGEOMETRIQUE.....	65
19.1	SURFACES CONSIDEREE.....	65
19.2	SENS DE LA MESURE.....	65
19.3	PARAMETRES DE RUGOSITE.	66
19.4	INDICATIONS A PORTER AU PLAN.....	66
19.5	TOLERANCES.....	66
20.0	CRITERES DE CONFORMITE.	67
21.0	FORMULES DES TOLERANCES NORMALISEES (pour la classe 5).....	68

ANNEXES

22.0	ANNEXE 1 PSA.....	70
23.0	ANNEXE 1 RENAULT.....	73
24.0	ANNEXE 1 RENAULT VEHICULES INDUSTRIELS.....	74
25.0	ANNEXE 2.....	75
26.0	ANNEXE 3 : TABLEAUX DES TOLERANCES.....	76
27.0	ANNEXE 4.....	94
27.1	JEU ENTRE DENTS.....	94
27.2	BOMBE.....	94

DENTURES EN DEVELOPPANTE DE CERCLE	B18 1155	6/98
------------------------------------	----------	------

1.OBJET

La présente norme définit les différentes caractéristiques d'une denture en développante de cercle qu'il y a lieu de vérifier pour répondre à une fonction déterminée. Elle précise les méthodes utilisées pour vérifier ces caractéristiques et indique en accord avec les règles définies par la norme ISO 1328, les valeurs des tolérances admissibles pour chacune des classes de précision ISO qui peuvent être retenues pour qualifier une denture.

2.DOMAINE D'APPLICATION

Cette norme s'applique à toutes les dentures en développante de cercle relatives à des pièces équipant les véhicules automobiles, définies sur les plans des groupes PSA PEUGEOT CITROEN et RENAULT. Elle concerne les pièces finies et prêtes au montage et n'est donc pas nécessairement valable pour les contrôles intermédiaires en cours de fabrication.

3.DOCUMENTS CITES

Documents internationaux

Normes ISO : 701, 1328.

Documents français

NF E 22 381

NF E 02 204

Documents PSA	Documents RENAULT
Normes :	Normes :
A32 6110	01 - 10 - 302

4.EXPRESSION SUR DOCUMENT

Voir en Annexe 1 expression sur document pour :

- PSA PEUGEOT CITROEN.
- RENAULT.
- RENAULT VEHICULES INDUSTRIELS.

5.TERMINOLOGIE - SYMBOLES (SUIVANT LA NORME ISO 701)

DENTURES EN DEVELOPPANTE DE CERCLE		B18 1155	8/98
a	Entraxe	x	($P \cdot m_n = 25.4$)
a_w	Entraxe de fonctionnement		Coefficient de déport de denture ($x \cdot m_t = \text{déport de denture}$)
b	Largeur de denture	z	Nombre de dents
C_α	Bombé de profil	α_n	Angle de pression normal
fC_α	Ecart du bombé de profil	α_t	Angle de pression transversal
C_β	Bombé d'hélice	α_{wn}	Angle de pression normal de fonctionnement
fC_β	Ecart du bombé d'hélice	α_{wt}	Angle de pression transversal de fonctionnement
C_{da}	Dépouille de tête	α_{wtα}	Angle de pression transversal actif de tête
C_{df}	Dépouille de pied	α_{wtf}	Angle de pression transversal actif de pied
C_{dβ}	Dépouille d'hélice		
d	Diamètre de référence	β	Angle d'hélice de référence
d_w	Diamètre primitif de fonctionnement	β_w	Angle d'hélice de fonctionnement
d_b	Diamètre de base	β_b	Angle d'hélice de base
d_a	Diamètre de tête	ε_α	Rapport transversal de conduite
d_f	Diamètre de pied	ε_β	Rapport de recouvrement
d_{wa}	Diamètre actif de tête	ε_γ	Rapport total de conduite ($\varepsilon_\alpha + \varepsilon_\beta$)
d_{wf}	Diamètre actif de pied	Σ	Angle des axes
d_{αa}	Diamètre de forme de tête	f_{fα}	Ecart de forme du profil
d_{αf}	Diamètre de forme de pied	f_{fβ}	Ecart de forme de l'hélice
S_{bn}	Epaisseur de base normale	f_{Hα}	Ecart de direction du profil
S_{bt}	Epaisseur de base transversale	f_{Hαm}	Moyenne des écarts de direction du profil
L_{AE}	Longueur active (de tangente au cercle de base)	f_{Hβ}	Ecart de direction de l'hélice
m_n	Module normal	f_{Hβm}	Moyenne des écarts de direction de l'hélice
m_t	Module transversal	wf_{Hβ}	Etendue maximale des écarts de direction de l'hélice
m_{wt}	Module transversal de fonctionnement	f_i	Saut tangentiel (dent à dent)
p_n	Pas normal	f''_i	Saut radial (dent à dent)
p_t	Pas transversal	f_{pt}	Ecart de pas transversal
p_{bn}	Pas de base normal	f_r	
p_{bt}	Pas de base transversal		
P	Diamétral pitch		

DENTURES EN DEVELOPPANTE DE CERCLE	B18 1155	9/98
---	-----------------	------

f_u	Saut de dent à la bille (dent à dent)
f_{um}	Ecart de pas consécutifs
F'_i	Ecart de pas consécutifs moyen
F''_i	Ecart composé tangentiel
F_p	Ecart composé radial
F_{pk}	Ecart cumulé total de pas (erreur totale de division)
F_r	Ecart cumulé de pas sur k pas
F_α	Battement simple radial à la bille
F_β	Ecart total de profil
j_{bn}	Ecart total d'hélice
j_{wt}	Jeu entre dents normal
j_r	Jeu entre dents circonférentiel
k	Jeu radial
L_α	Nombre d'éléments de comptage
L_β	Longueur d'exploitation du profil
Q	Longueur d'exploitation de l'hélice
	Classe de qualité

DENTURES EN DEVELOPPANTE DE CERCLE	B18 1155	10/98
------------------------------------	----------	-------

Indice n	Elément normal défini dans un plan orthogonal aux flancs de denture
Indice t	Elément transversal défini dans un plan orthogonal à l'axe de roue
Indice x	Elément axial défini dans un plan passant par l'axe de roue
Indice m	Relatif à la moyenne
Indice w	Relatif au fonctionnement
Exposant '	Relatif au tangentiel
Exposant ''	Relatif au radial

6.DEFINITIONS ELEMENTAIRES

6.1.ROUE D'ENGRENAGE

Organe denté destiné à en mouvoir un autre, ou à être mû par lui, par l'action des dents venant successivement en contact.

6.2.ENGRENAGE

Mécanisme élémentaire constitué de deux roues d'engrenage, mobiles autour d'axes de position relative invariable et dont l'une entraîne l'autre par l'action des dents venant successivement en contact.

6.2.1.ENGRENAGE PARALLELE

Engrenage dont les axes sont parallèles.

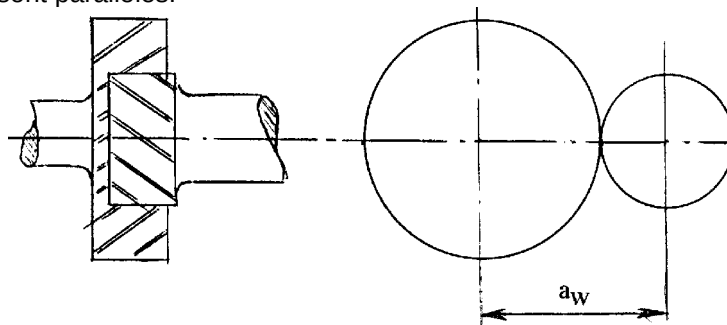


Fig1
Engrenage Parallèle

6.2.2.ENGRENAGE GAUCHE

Engrenage cylindrique dont les axes ne sont pas dans le même plan.

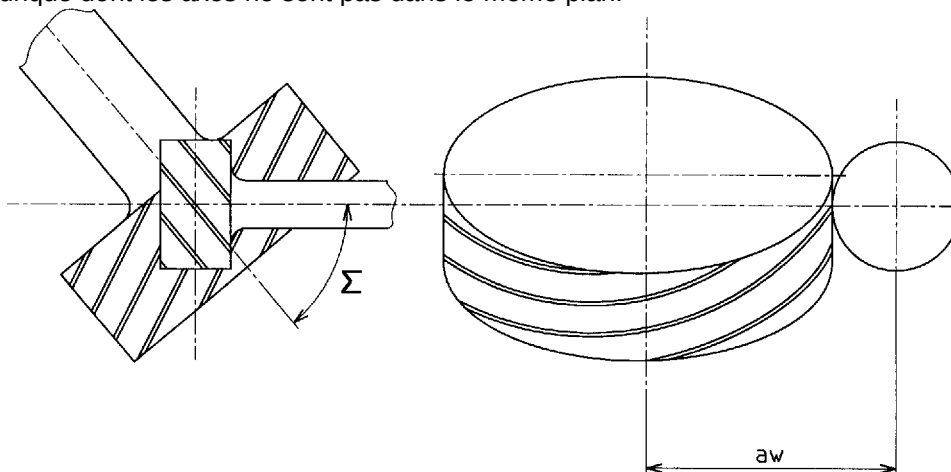


Fig2
Engrenage Gauche

6.3.DENT

Denture extérieure : chacun des éléments en saillie.

Denture intérieure : chacun des éléments en saillie.

6.4.ENTRAXE

Symbole : a

Distance entre les axes d'un engrenage parallèle ou gauche.

L'entraxe théorique est l'entraxe pris en compte pour le calcul des dentures. Il est utilisé pour définir les épaisseurs théoriques sans jeu et le diamètre actif de pied.

Il correspond généralement à l'entraxe minimum de fonctionnement pour les engrenages extérieurs et au maximum pour les engrenages intérieurs.

6.5.ANGLE DES AXES (POUR ENGRENAGE GAUCHE)

Symbole : Σ

Plus petit angle dont on doit faire tourner un des axes pour l'amener en parallélisme avec l'autre, de telle sorte que les sens de rotation des roues soient opposés tout en étant individuellement conservés.

6.6.PLAN TRANSVERSAL

Plan perpendiculaire à l'axe de rotation.

6.7.CERCLE DE BASE

Cercle théorique sur lequel roule la droite dont un point génère la développante. Son diamètre a pour symbole d_b .

6.8.HELICE DE BASE

Dans une roue hélicoïdale à développante, ligne d'intersection de l'hélicoïde développable d'un flanc avec le cylindre de base.

6.9.ANGLE D'HELICE

Angle aigu de la tangente à une hélice avec la génératrice du cylindre portant l'hélice. (fig. 3).

En particulier, si le cylindre est le cylindre de base de diamètre d_b , l'angle d'hélice est l'angle d'hélice de base de symbole β_b .

Nota : L'inclinaison d'hélice est l'angle complémentaire à l'angle d'hélice.

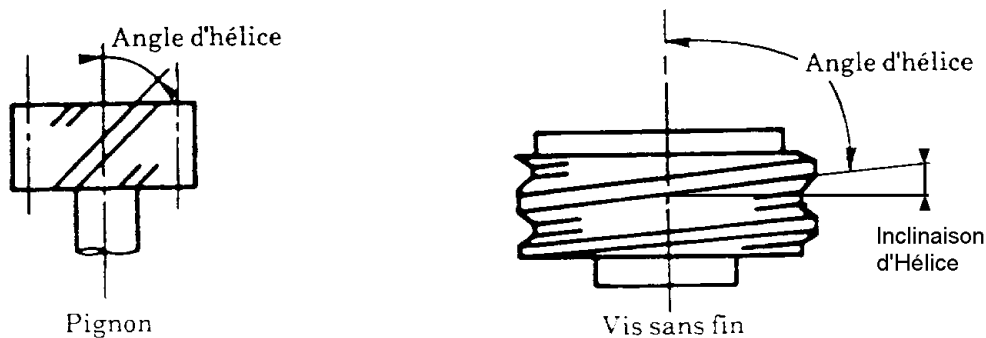


Fig3
Pignon et vis sans fin

6.10.SENS DE L'HELICE

Le sens de l'hélice est le sens conventionnel adopté pour les filetages (fig. 4).

DENTURE	HELICE A DROITE	HELICE A GAUCHE
EXTERIEURE		
INTERIEURE (représentation pièce coupée)		
CREMAILLERE (vue du dessus)		

Fig4
Sens de l'hélice

6.11.PAS DE BASE

6.11.1.PAS DE BASE TRANSVERSAL

Symbole : P_{bt}

Longueur de l'arc du cercle de base compris entre les points de rebroussement des développantes de deux profils homologues consécutifs d'une roue cylindrique.

6.11.2.PAS DE BASE NORMAL

Symbole : P_{bn}

Longueur de l'arc d'une hélice orthogonale aux hélices de base compris entre les hélices de base des hélicoïdes développables de deux flancs homologues consécutifs d'une roue hélicoïdale ($P_{bn} = P_{bt} \cdot \cos \beta_b$).

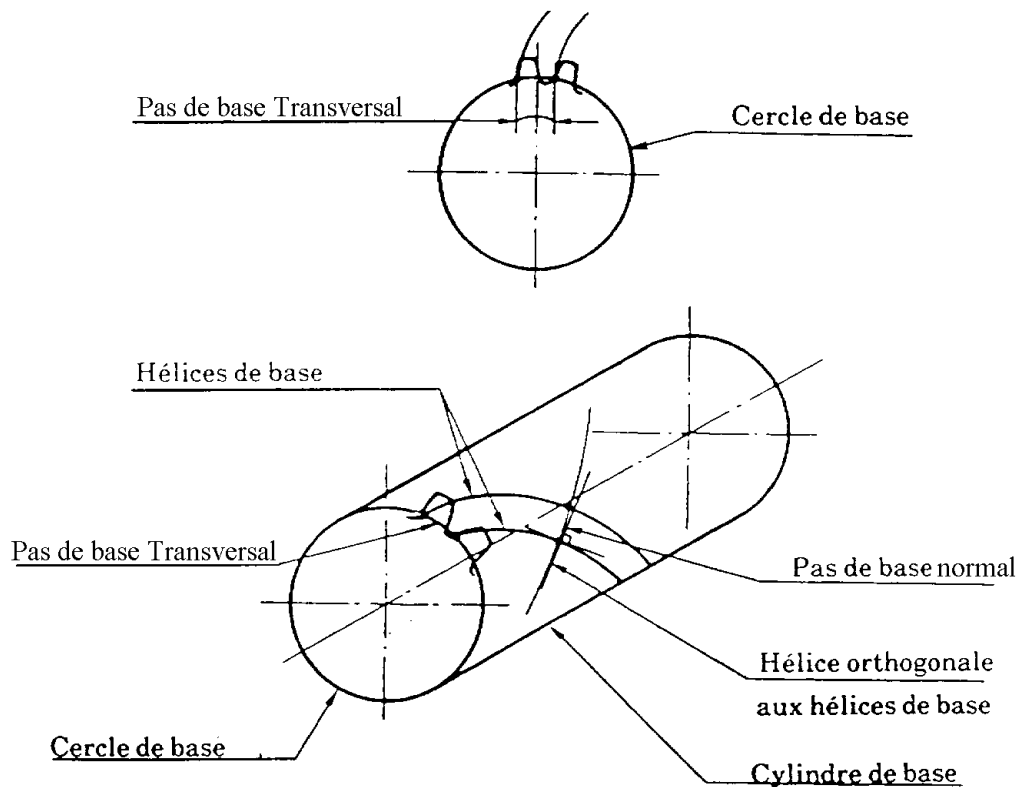


Fig5
Pas de base

6.12.EPAISSEUR OU INTERVALLE DE DENTURE THEORIQUE

6.12.1.EPAISSEUR TRANSVERSALE DE BASE (OU INTERVALLE TRANSVERSAL DE BASE)

Symbole : S_{bt}

Longueur de l'arc du cercle de base compris entre les points de rebroussement des développantes de deux profils d'une dent ou d'un entre dent.

6.12.2.EPAISSEUR NORMALE DE BASE (OU INTERVALLE NORMAL DE BASE)

Symbole : S_{bn}

Longueur de l'arc d'une hélice orthogonale aux hélices de base compris entre les hélices de rebroussement des hélicoïdes développables des deux flancs d'une dent ou d'un entre dent
($S_{bn} = S_{bt} \cdot \cos \beta_b$).

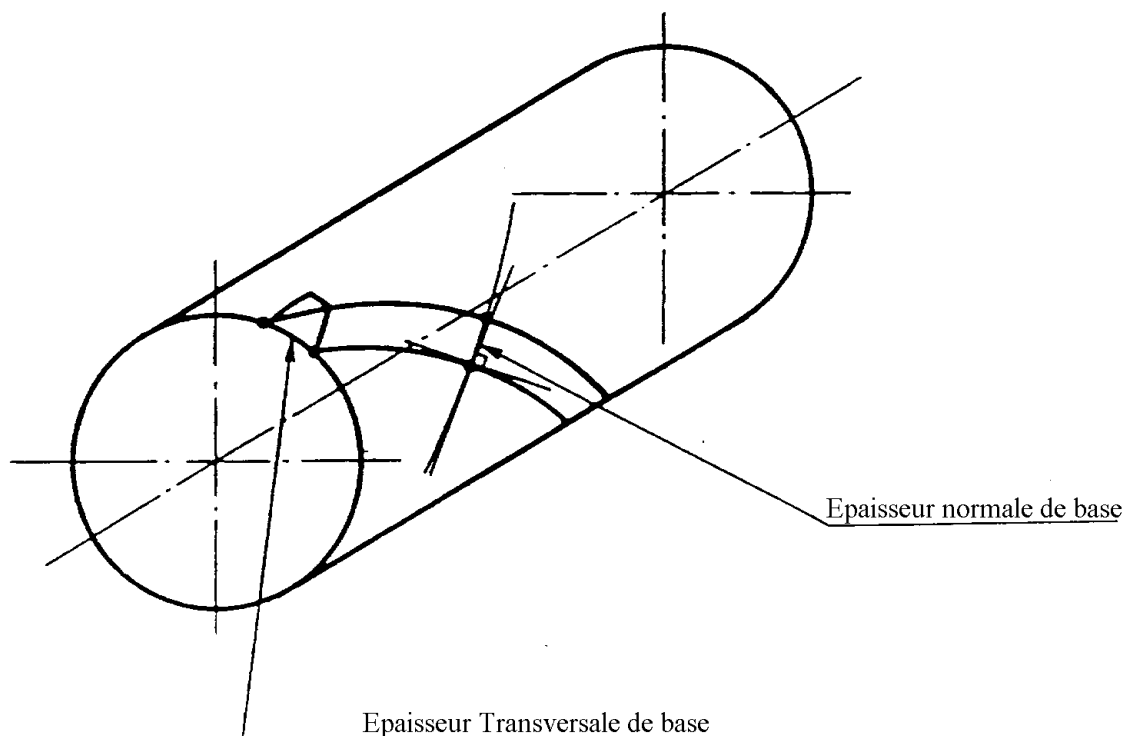
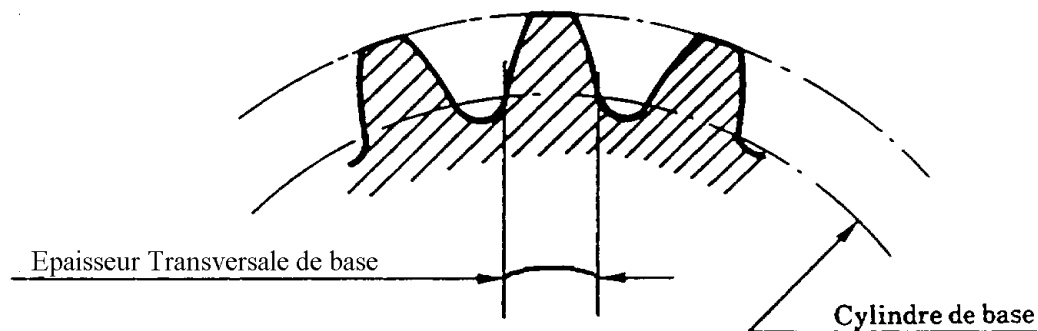


Fig6
Epaisseur denture

6.13.JEU ENTRE DENTS

6.13.1.JEU ENTRE DENTS NORMAL

Symbole : j_{bn}

Le jeu entre dents normal est la plus courte distance entre les flancs inactifs d'un engrenage lorsque les flancs actifs sont en contact et que l'entraxe est à la valeur théorique.

6.13.2.JEU ENTRE DENTS CIRCONFÉRENTIEL

Symbole : j_{wt}

Le jeu entre dents circonférentiel est la longueur d'arc maximum sur le cercle primitif de fonctionnement décrit par un pignon lorsque l'autre est fixe et que l'entraxe est à la valeur théorique.

$$j_{wt} = \frac{j_{bn}}{\cos \alpha_{wt} \cdot \cos \beta_b}$$

6.13.3.JEU RADIAL

Symbole : j_r

Le jeu radial est la variation d'entraxe, à partir de l'entraxe théorique, nécessaire pour mettre simultanément les deux flancs de pignons conjugués en contact.

$$j_r = \frac{j_{wt}}{2 \cdot \tan \alpha_{wt}}$$

6.14.SOMMET DE DENT - PIED DE DENT

6.14.1.CERCLE ET SURFACE DE TÊTE

La surface de tête est le cylindre (ou cône) de révolution, coaxial à la roue, circonscrit aux sommets de dents pour une denture extérieure et le cylindre (ou cône) inscrit aux sommets de dents pour une denture intérieure.

Le cercle de tête est la circonférence définie par l'intersection de la surface de tête par un plan perpendiculaire à l'axe de la roue.

6.14.2.CERCLE ET SURFACE DE PIED

La surface de pied est le cylindre (ou cône) de révolution, coaxial à la roue, circonscrit au fond des entre-dents pour une denture extérieure et le cylindre inscrit au fond des entre-dents pour une denture intérieure.

Le cercle de pied est la circonférence définie par l'intersection de la surface de pied par un plan perpendiculaire à l'axe de roue.

6.14.3.CERCLES ACTIFS DE TÊTE ET DE PIED

Ce sont les circonférences des sections droites des cylindres de révolution limitant la zone active de la surface en hélicoïde développable côté sommet de dent d'une part, côté pied de dent d'autre part.

Nota :

a) Denture extérieure (figure 7)

En l'absence de chanfrein en sommet de dent, le cercle actif de tête est confondu avec le cercle de tête.

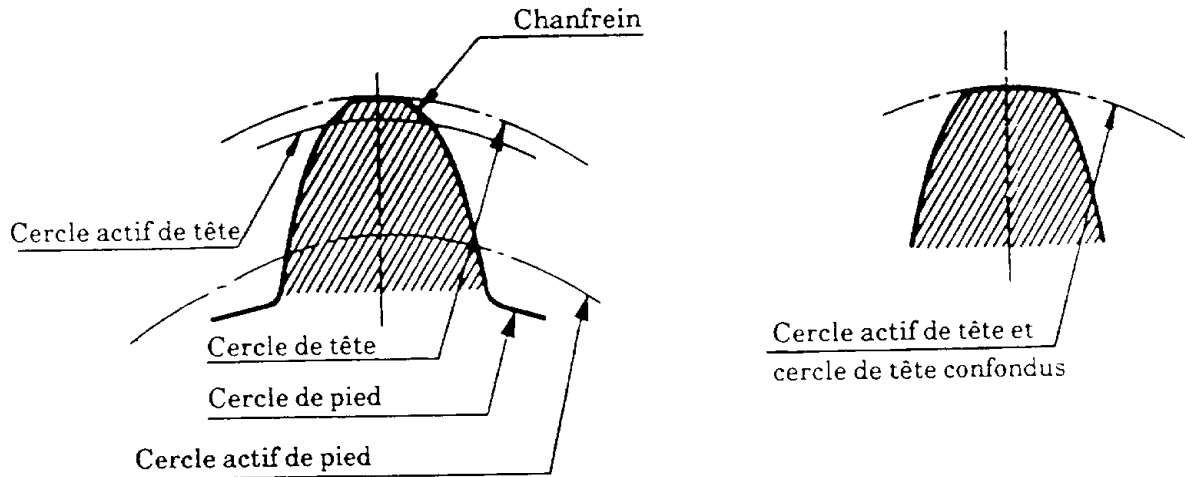


Fig7
Denture extérieure

b) Denture intérieure (figure 8)

En l'absence de chanfrein en tête de dent, le cercle actif de tête est confondu avec le cercle de tête.

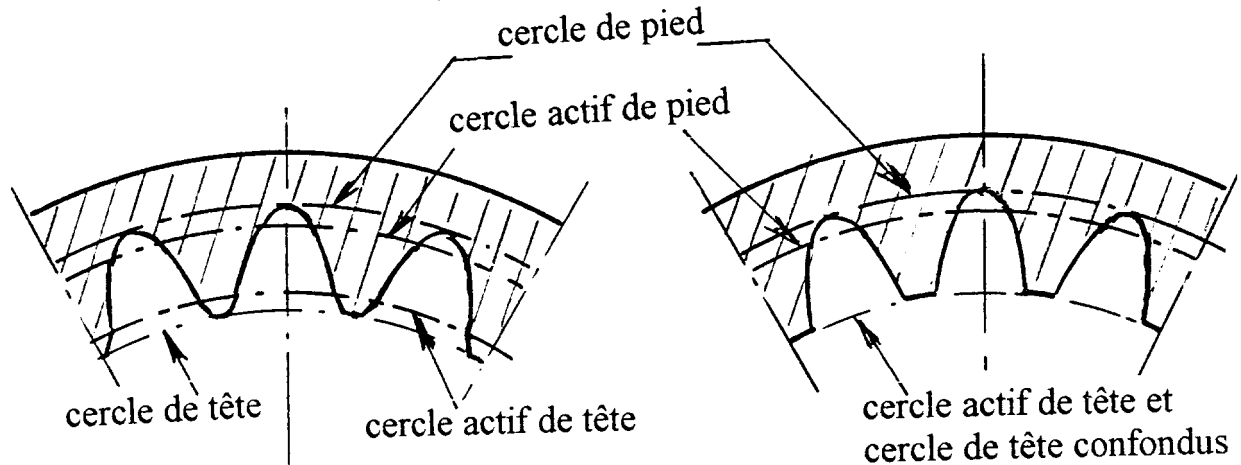


Fig8
Denture intérieure

6.14.4.DETAIL DU CHANFREIN EN SOMMET DE DENT

Sauf indication particulière portée au plan, le chanfrein, habituellement en développante de cercle, en sommet de dent est réalisé pour garantir la relation :

$$0,8 \leq \frac{c}{c'} \leq 1,2$$

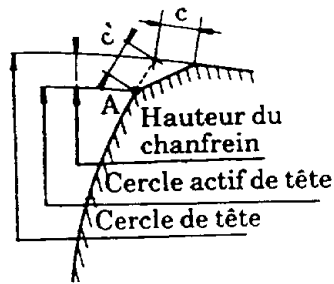


Fig9

Détail du chanfrein de dent

6.15.CARACTERISTIQUES DE REFERENCE

Ce sont les caractéristiques d'un engrenage, définies par convention pour un angle de pression normal de 20°.

6.15.1.CYLINDRE DE REFERENCE

Surface de référence d'une roue cylindrique, dont le diamètre a pour symbole d.

6.15.2.ANGLE D'INCIDENCE NORMAL

Angle aigu minimal entre le rayon passant par un point d'un flanc et le plan tangent au flanc en ce point.

6.15.3.ANGLE DE PRESSION NORMAL

Symbole : α_n

Angle d'incidence normal en l'un des points où le flanc coupe le cylindre de référence.

6.15.4.ANGLE D'HELICE DE REFERENCE

Symbole : β

Angle d'hélice lorsque le cylindre est le cylindre de référence.

6.16.CARACTERISTIQUES DE GENERATION

6.16.1.ANGLE D'INCIDENCE TRANSVERSAL

Symbole : θ

Angle aigu entre le rayon passant par un point d'un flanc et la tangente en ce point dans le plan transversal.

6.16.2.ANGLE DE ROULEMENT

Symbole : ρ

Angle dont l'arc sur un cercle de base de rayon égal à l'unité est égal à la tangente de l'angle de pression en un point donné de la développante à ce cercle.

6.16.3.ANGLE POLAIRE

Symbole : τ

Angle entre un vecteur rayon en un point de la développante et la ligne rayon passant par l'intersection de la développante et du cercle de base.

Nota : $\text{inv } \theta = \tan \theta - \theta$

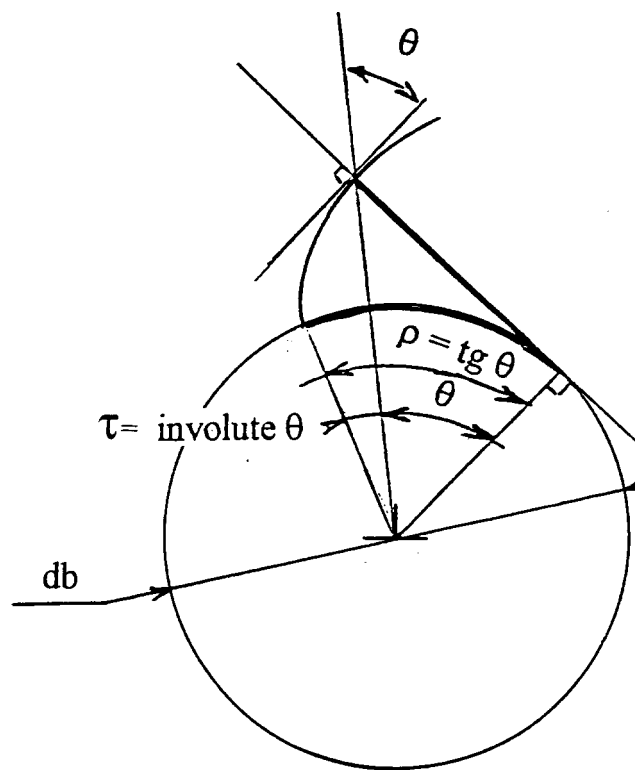


Fig10

Caractéristiques de génération

6.17.CARACTERISTIQUES COMPLEMENTAIRES DE REALISATION

6.17.1.SURFACE DE RACCORDEMENT

Portion du flanc comprise entre le flanc utilisable et le fond d'entre-dent (fig. 11).

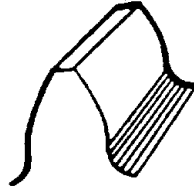


Fig11
Surface de raccordement

6.17.2.DENTURE THEORIQUE

Hélicoïde défini à partir du diamètre de base et de l'hélice de base.

6.17.3.DENTURE DE REFERENCE

Hélicoïde dont le profil et /ou l'hélice peuvent être, volontairement, définis différents du théorique.

6.17.4.DENTURE EFFECTIVE

Denture réalisée.

6.17.5.ECARTS DE REFERENCE

Différence entre les caractéristiques de la denture de référence et celles de la denture théorique.

6.17.6.ECARTS EFFECTIFS

Différence entre les caractéristiques d'une denture effective et celles de la denture de référence.

6.17.7.BOMBE DE PROFIL

Modification intentionnelle de la forme du profil aux dépends de l'épaisseur de matière à la tête, et/ou au pied, ayant pour but d'améliorer l'engrènement (fig. 12).

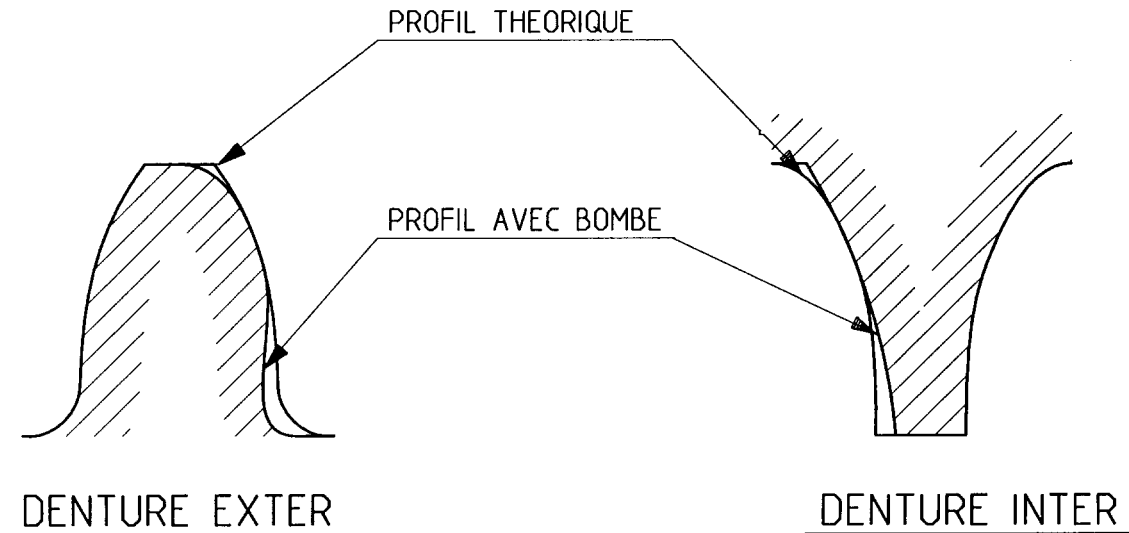


Fig12
Bombé de profil

6.17.8.BOMBE D'HELICE

Réduction progressive intentionnelle de l'épaisseur d'une dent depuis la partie médiane vers chaque extrémité, ayant pour but d'améliorer l'engrènement (fig. 13).



Fig13
Bombé d'hélice

6.17.9.LONGUEUR D'EXPLOITATION

Portion d'un graphe utilisée pour la caractérisation des différents critères de qualification.

DENTURES EN DEVELOPPANTE DE CERCLE	B18 1155	22/98
------------------------------------	----------	-------

7. CLASSE DE PRECISION

Les normes ISO définissent 13 classes de précision (de 0 à 12).

A la date de la parution de cette norme, les engrenages utilisés dans les transmissions véhicules doivent être dans les classes de la présente norme (5 à 11) en correspondance avec la norme ISO 1328/2 (rapport technique en projet - Mai 1992)..

La correspondance classe à classe des anciennes éditions des normes B18 1155 (PSA) et 01-33-001 (RENAULT) avec la présente édition est la suivante :

Correspondances fixant l'exécution des pièces dont la définition est antérieure à la norme								
NORME PSA B18 1155 ind OR NORME RENAULT 01-33-001 éditions 07/72 à 02/82		CORRESPONDANCE DES CLASSES DE PRECISION						
ANCIENNES CLASSES	-	1	2	3	4	5	6	
NOUVELLES CLASSES	5	6	7	8	9	10	11	

La classe de précision doit figurer sur le plan dans le tableau des caractéristiques (voir Annexe 1).

Exemples d'application des nouvelles classes de précision : voir annexe 2.

La même classe s'applique à tous les éléments de la denture d'une roue d'un engrenage. Toutefois, dans certaines applications particulières une classe différente pourra être adoptée pour tel ou tel élément. Cette précision doit impérativement figurer dans le tableau des caractéristiques.

Remarque : Les tolérances sont établies en fonction du module normal à 20° d'angle de pression normal.

Dans le cas d'une denture définie à un angle α_n différent de 20°, les formules ci dessous sont appliquées :

$$m_n = \frac{P_{bn}}{\pi \cos 20^\circ} \quad \sin \beta = \frac{\sin \beta_b}{\cos 20^\circ} \quad d = z \cdot m_t = z \cdot \frac{m_n}{\cos \beta}$$

8. VERIFICATION DES FLANCS DE DENT

8.1. GENERALITES

8.1.1. OBJET DE LA VERIFICATION DES FLANCS

La vérification des flancs concerne les surfaces en hélicoïdes développables et est effectuée par les relevés du profil et de l'hélice ou de la topographie.

8.1.2. IDENTIFICATION DES FLANCS DE DENTS

8.1.2.1. Flanc tirage

Celui des deux flancs d'une dent par lequel se transmet le mouvement de, ou à, la roue conjuguée (figure 14).

8.1.2.2. Flanc rétro

Le flanc anti-homologue du flanc tirage d'une dent (figure 14).

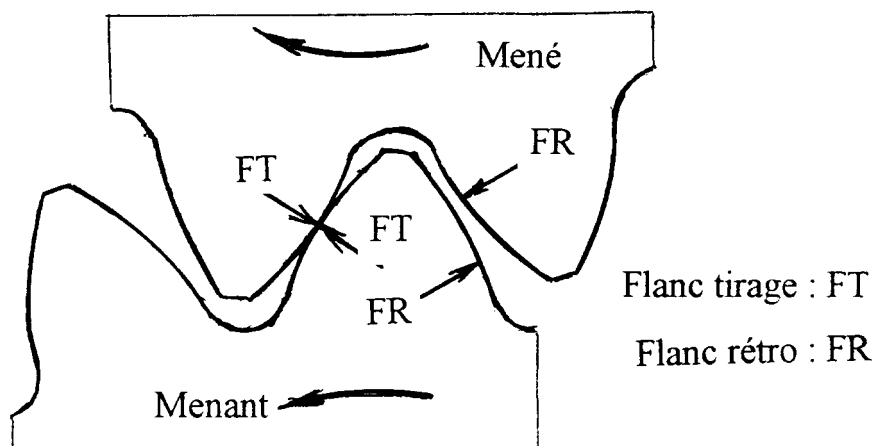


Fig14

Flanc tirage et flanc rétro

Le plan doit identifier le flanc tirage (FT) et le flanc rétro (FR) et la face de référence de la denture.

Ces précisions doivent figurer sur les rapports de mesure.

Dans le cas d'un engrènement multiple, la pièce intermédiaire doit être repérée par sa fonction dans le premier engrènement.

Tout rapport de mesure doit comporter un croquis précisant l'orientation de la pièce (voir fig 15)

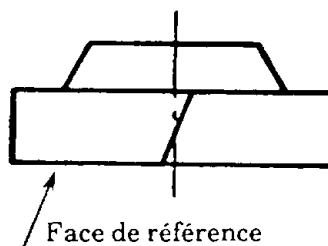


Fig15

Identification des flancs de dents

Nota : Lorsque la pièce est symétrique ou présente une dissymétrie difficilement reconnaissable à l'oeil nu, il est nécessaire de repérer la face de référence sur les pièces mesurées.

Lorsque les flancs ne sont pas identifiés, l'identification se fait par rapport à une dent. Le flanc droit (ou gauche) est celui qui est à droite (ou gauche) de la dent vue sommet en haut en observant une face déterminée de la pièce : face de référence précisée au plan par les études.

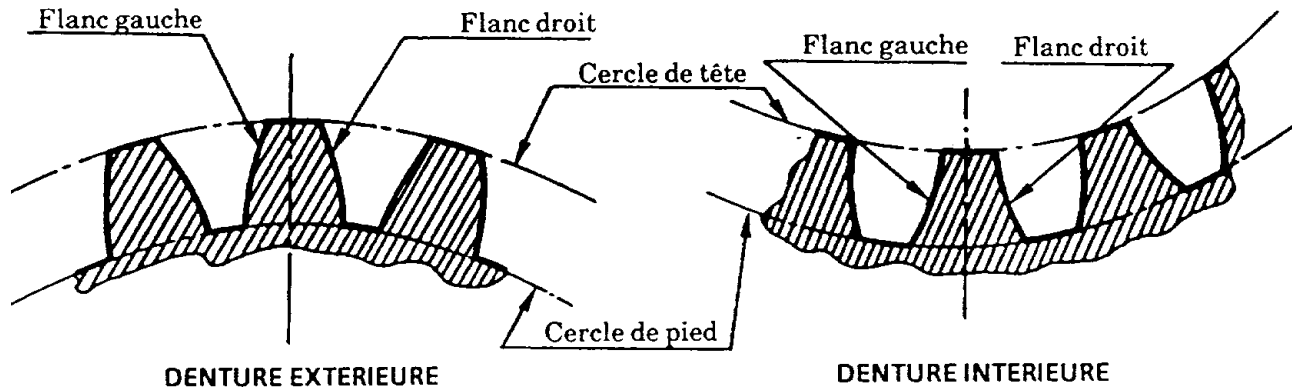


Fig16

Denture Extérieure et Intérieure

8.1.3.PRATIQUE DES MESURES

8.1.3.1.Appareil de mesure

Comme pour toute mesure, la précision de l'ensemble de l'appareil de la chaîne de mesure doit être suffisante vis-à-vis de la tolérance à mesurer (voir norme NF E 02-204). Dans tous les cas, les valeurs numériques des écarts mesurés s'expriment en micromètres.

Lorsque les relevés de profil et d'hélice sont effectués sur machine spéciale dotée d'un dispositif d'enregistrement graphique et munie d'un cercle de base matérialisé, la tolérance du diamètre du cercle de base est **js 4**.

DENTURES EN DEVELOPPANTE DE CERCLE	B18 1155	25/98
---	-----------------	-------

Les recommandations concernant les machines de mesure à calculateur sont les suivantes :

Rayon du palpeur : 0,5 mm		
-	Profil	Hélice
Vitesse de palpage	1 mm/s (2 mm/s max.)	1,5 mm/s (2 mm/s max.)
Incrément	0,075 mm (0,1 mm max.)	0,1 mm (0,15 mm max.)

8.1.3.2.Zones de mesure

NOTA : Dans le cas de mesures effectuées après phosphatation, les valeurs mesurées ne doivent pas être comparées aux limites des classes de la norme.

Les mesures des hélices et des profils sont réalisées sur les 2 flancs sur un minimum de 3 dents également réparties.

Remarque : Il y a lieu de tenir compte du procédé d'usinage (exemple : nombre de filets de la fraise, etc...).

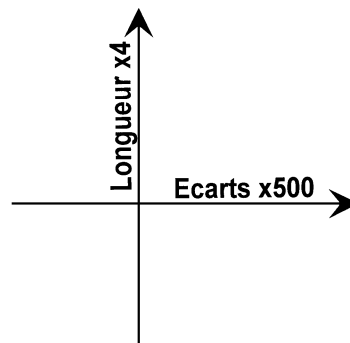
Le palpage est effectué dans le plan médian de la largeur de denture en ce qui concerne le profil, et au niveau du diamètre moyen entre actif de pied et actif de tête en ce qui concerne l'hélice sauf dans le cas de l'exécution d'une topographie.

Les relevés de profil et d'hélice doivent faire apparaître les échappements du palpeur.

8.1.3.3.Amplifications généralement utilisées

X 4 pour les longueurs de profil et d'hélice.

X 500 pour les écarts.



8.1.3.4.Indications à porter sur les graphiques

- Schéma de la position de la pièce sur machine de mesure avec identification de la face de référence.
- N° de la dent vérifiée.
- Indication de la matière (avec hachures par exemple).
- Indication du flanc de dent contrôlé : Tirage (FT) ou Rétro (FR), ou à défaut Droite (FD) ou Gauche (FG).
- Tracé des lignes limitant la longueur d'exploitation pour le profil et/ou l'hélice (voir § 8.2.1 et 8.3.1).
- Indication du pied ou de la tête de la dent en ce qui concerne le profil.
- Indication du haut ou du bas de la denture en ce qui concerne l'hélice ainsi que le sens de l'hélice (à porter sur le croquis de la pièce).
- Le rayon du palpeur utilisé.
- Les amplifications utilisées.
- La référence d'axe de mesure.

Remarque : Pour des applications internes aux ateliers, ces indications peuvent ne pas apparaître en totalité, si un document émanant des services techniques compétents les détermine une fois pour toutes.

8.1.4.PRESENTATION ET EXPLOITATION DES ENREGISTREMENTS

Un graphe de profil ou d'hélice se présente:

- soit sous la forme d'une ligne courbe modulée continue,
- soit sous la forme d'une courbe avec dépouille(s) d'extrémité (précisée(s) au plan).

8.1.4.1. Présentation des enregistrements

8.1.4.1.1.a) Direction théorique

C'est la direction d'une denture dont le profil ou l'hélice correspond à la définition théorique (diamètre de base ou hélice de base sans correction de forme et de direction). Le graphe d'une telle denture présente une direction de profil ou d'hélice parallèle au lignage du papier (voir fig 17).

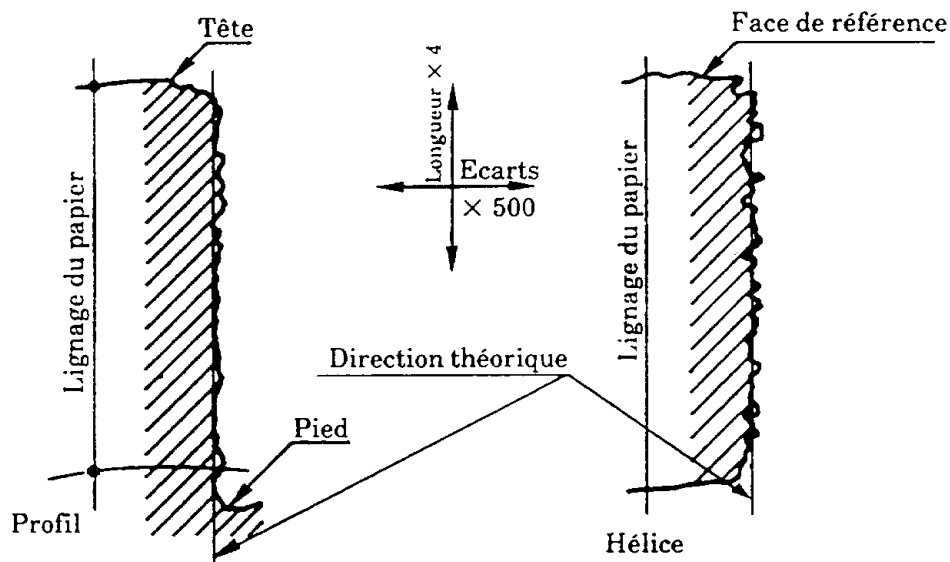


Fig17

Direction théorique profil et hélice

8.1.4.1.2.b) Direction de référence

C'est la direction d'une denture dont le profil ou l'hélice est décalé volontairement par rapport à la définition théorique et présente sur un graphe une direction inclinée par rapport au lignage du papier et à la direction théorique (voir fig 18).

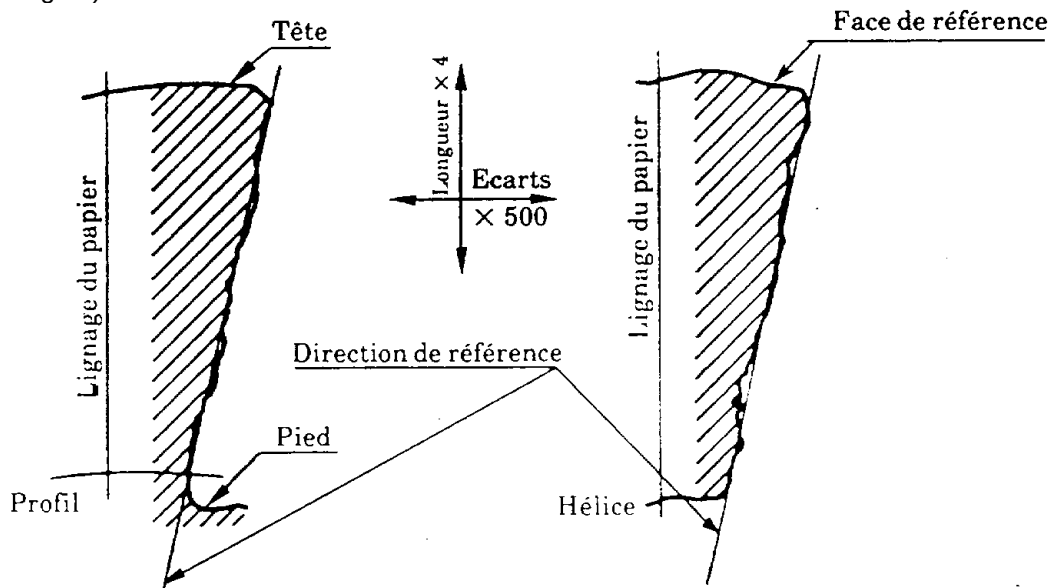


Fig18

Direction de référence Profil et Hélice

Nota : Sans correction portée sur le plan, la denture de référence est la denture théorique. Dans ce cas, la direction théorique et la direction de référence sont confondues.

8.1.4.1.3.c) Forme de référence

La forme de référence est la forme d'un graphe de profil ou d'hélice réalisé avec ou sans une modification de forme du type bombé ou dépouille (voir fig 19).

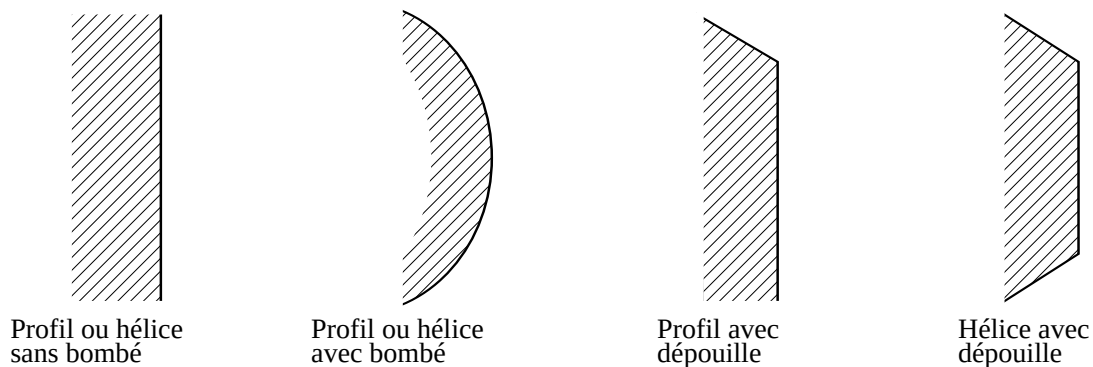


Fig19

Forme de référence

8.1.4.1.4.d) Courbe de référence

La courbe de référence est la courbe obtenue en basculant la forme de référence suivant la direction de référence.

8.1.4.1.5.e) Tracé effectif

Le tracé effectif est le graphe du profil ou de l'hélice d'une denture réalisée (voir fig 20).

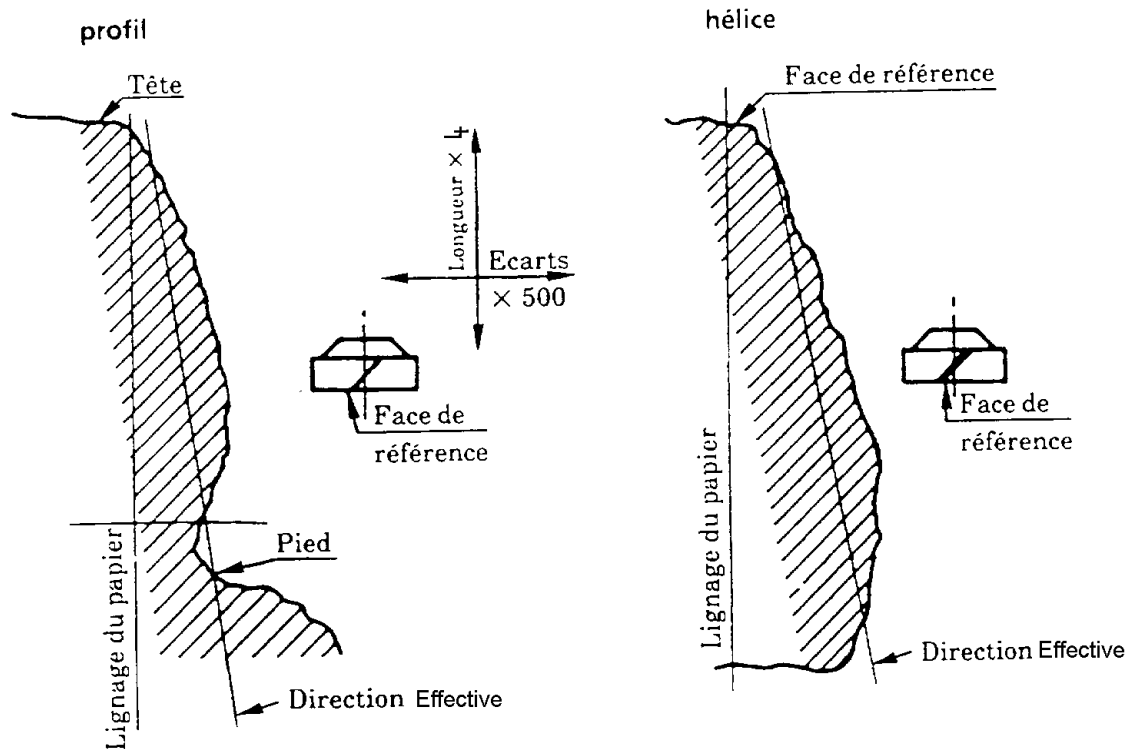


Fig20

Exemple de relevé de profil et d'hélice

8.1.4.2. Interprétation des enregistrements

8.1.4.2.1. Généralités

Ces graphes doivent avoir des tracés convexes pour les dentures extérieures et intérieures, sans rupture de forme localisée à caractère macrogéométrique par rapport à la forme de référence.

Si ces conditions ne sont pas remplies, l'expression chiffrée des écarts n'est pas représentative ; la comparaison avec les valeurs de la norme ne doit pas être faite, la pièce est déclarée non conforme.

La rupture de forme ne doit pas être confondue avec l'écart de forme (voir fig 21).

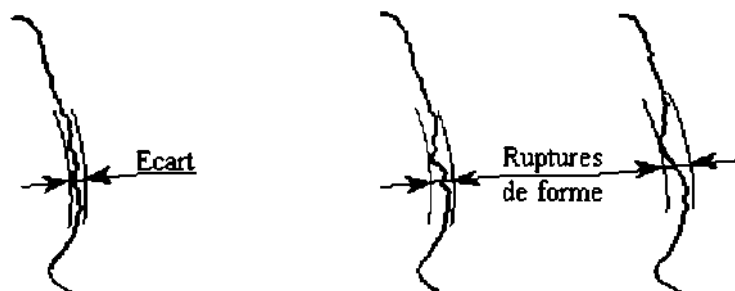


Fig21

Rupture de forme - Ecart de forme

L'exploitation des enregistrements peut se faire suivant les moyens en place, soit par une méthode informatique basée sur le calcul des moindres carrés, soit de façon manuelle.

Lorsque la méthode informatique existe, elle sert de référence et elle est la seule à prendre en compte en cas de litige.

8.1.4.3. Exploitation informatique des graphes

Tous les écarts se mesurent perpendiculairement à la direction théorique.

Les calculateurs donnent des résultats :

- soit par le calcul de la parabole des moindres carrés lorsque la forme de référence présente un bombé,
- soit par le calcul de la droite des moindres carrés lorsque la forme de référence ne présente pas de bombé c'est à dire lorsqu'un bombé égal à zéro figure au plan.

Forme effective : la forme effective est la forme du graphe d'une courbe calculée (parabole des moindres carrés) à partir du tracé effectif.

Direction effective : la direction effective est déterminée par la droite qui joint les points d'intersection de la parabole (fig. 22) ou de la droite (fig. 22) des moindres carrés avec les lignes déterminant la longueur d'exploitation.

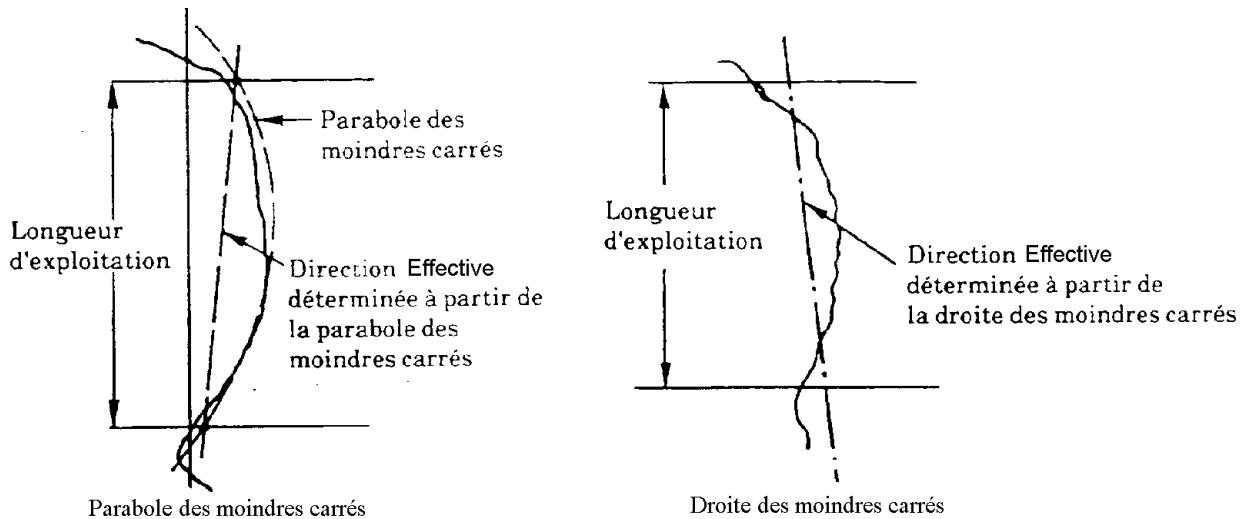


Fig22

Parabole et Droite des moindres carrés

Ecart de direction f_H ($f_{H\alpha}$ pour le profil et $f_{H\beta}$ pour l'hélice)

L'écart de direction caractérise la différence d'inclinaison entre la direction effective et la direction de référence.

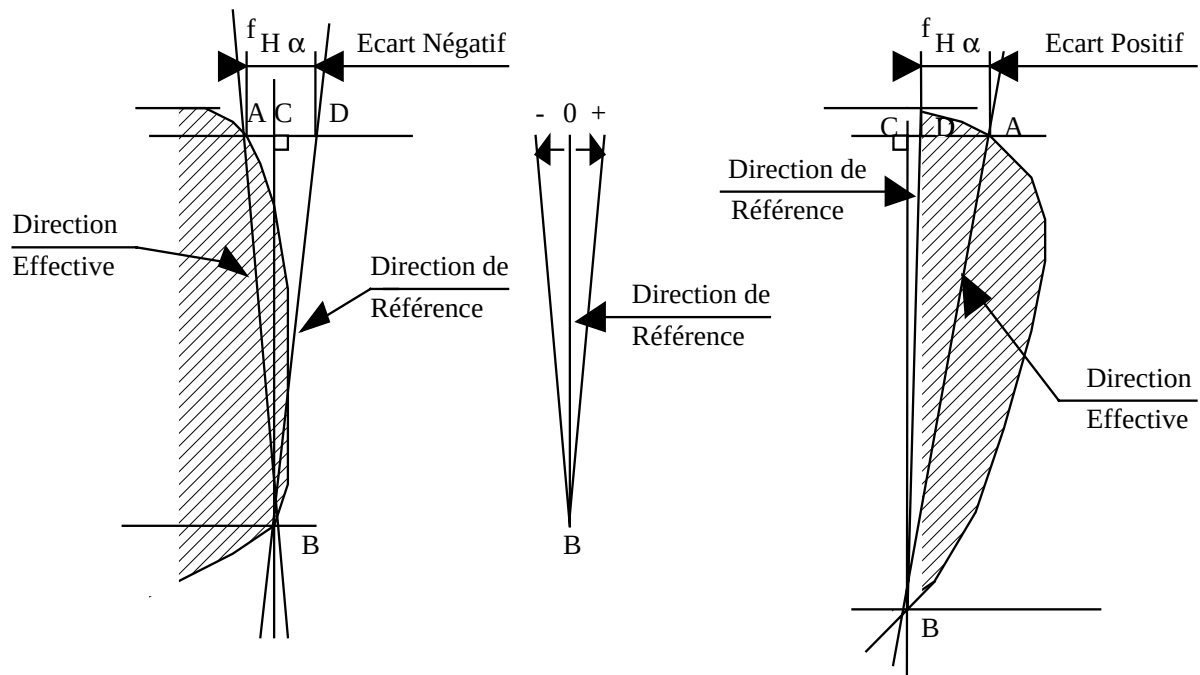


Fig23

*Ecart de direction***Bombé C (C_α pour le profil, C_β pour l'hélice)**

Le bombé est la flèche de la courbe de régression par rapport à la direction effective, mesurée dans le sens des écarts.

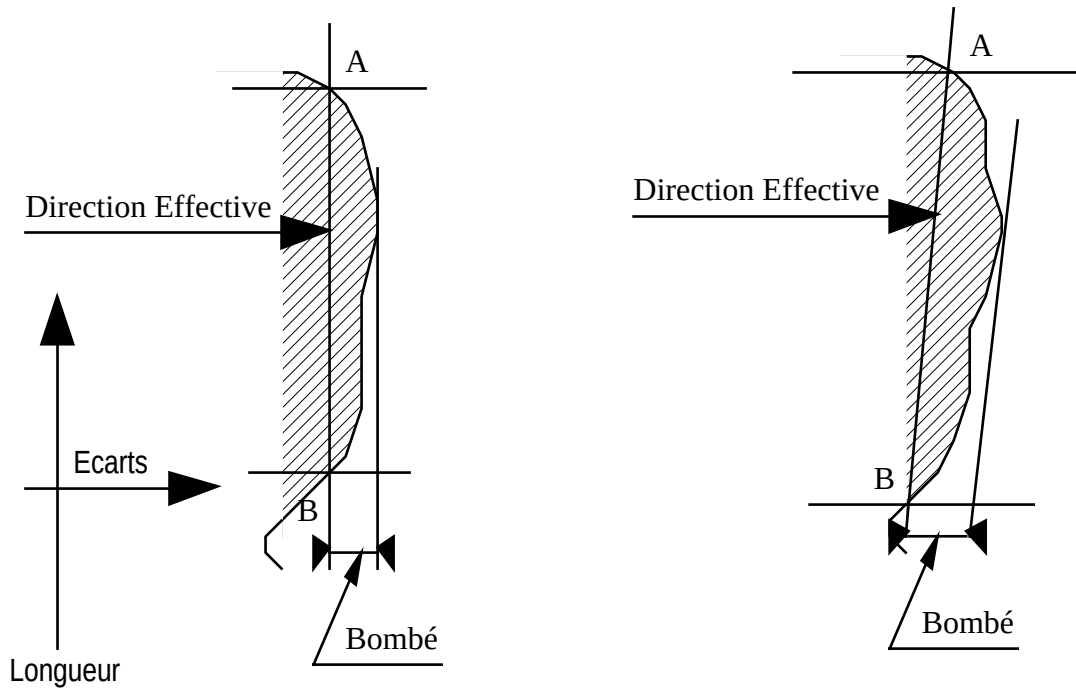
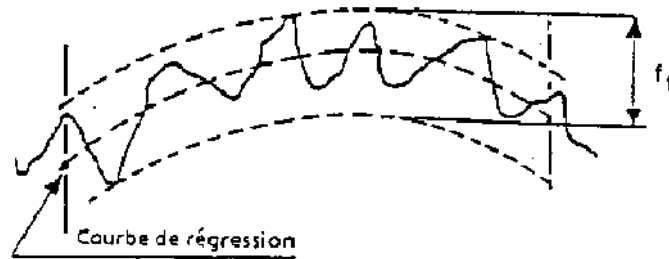


Fig24

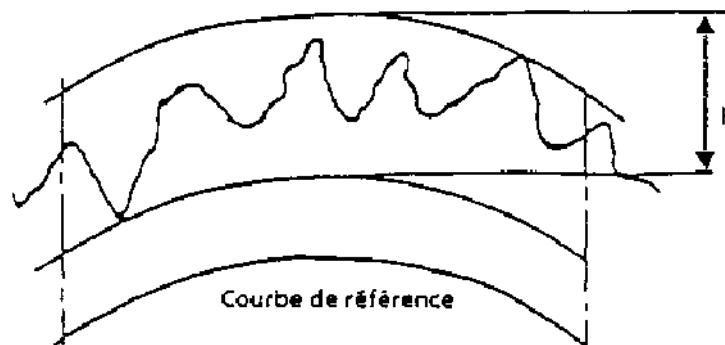
Bombé de profil

Ecart de forme f ($f_{f\alpha}$ pour le profil, $f_{f\beta}$ pour l'hélice)

L'écart de forme est l'amplitude de la translation, perpendiculaire à la direction théorique, de la courbe effective de manière à envelopper la courbe réelle.

*Fig25**Ecart de forme***Ecart total F (F_{α} pour le profil, F_{β} pour l'hélice)**

L'écart total est l'amplitude de la translation, perpendiculaire à la direction théorique, de la courbe de référence de manière à envelopper la courbe réelle.

*Fig26**Ecart total*

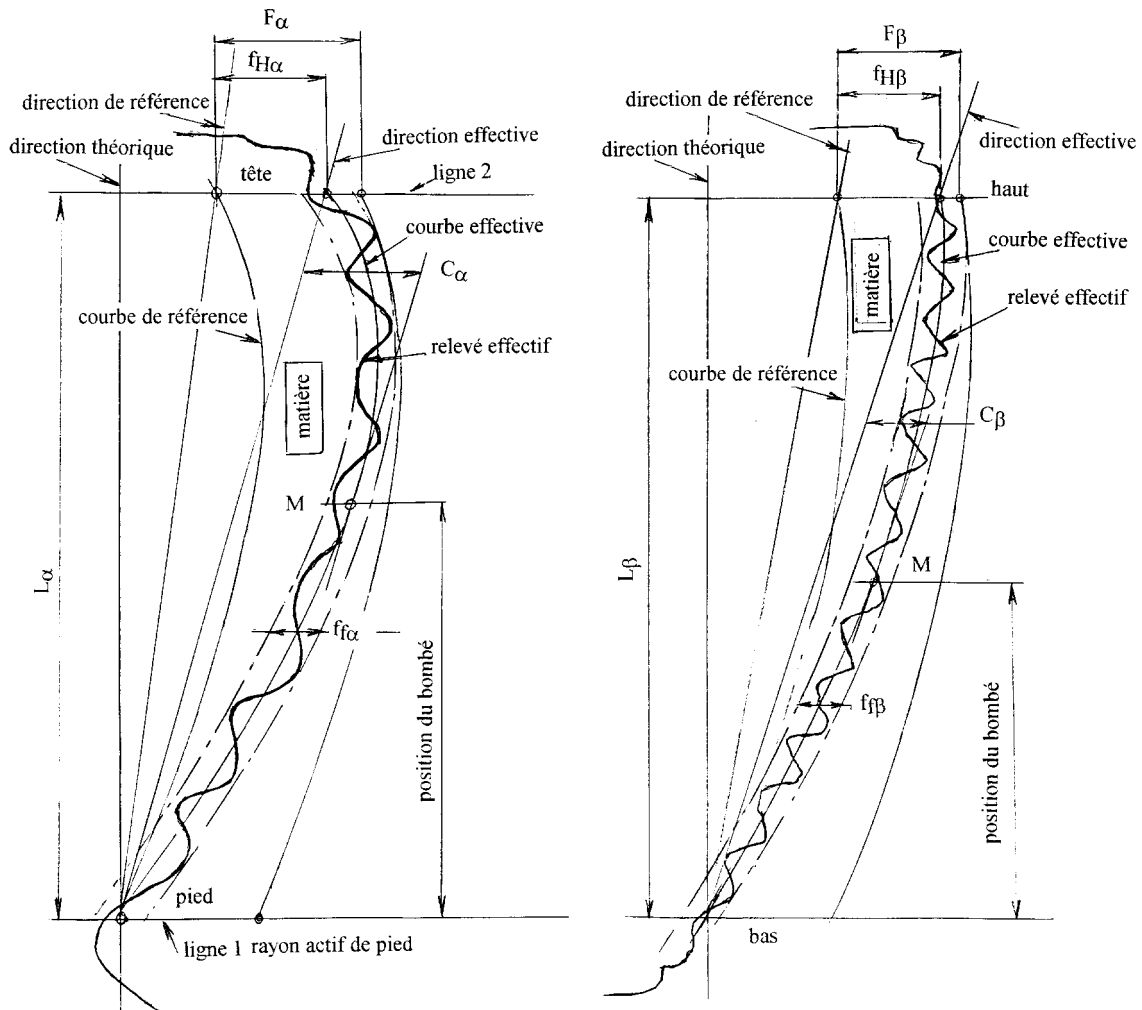


Fig27

Tracé effectif et représentation des écarts

8.1.4.3.1. Valeurs significatives des écarts de direction et de forme

En ce qui concerne les écarts de forme ou de direction, soit d'hélice soit de profil, et pour chaque famille de flancs homologues, les valeurs significatives suivantes sont prises en considération :

- Ecart individuel maximal (en μm) : c'est l'écart ayant la plus grande valeur absolue.
- Etendue (en μm) : c'est la valeur absolue de la différence entre les écarts individuels extrêmes.
- Valeur moyenne (en μm) : c'est la moyenne algébrique (arrondie à l'unité la plus proche) des écarts relevés au milieu des flancs de dents choisies.

8.2.VERIFICATION DU PROFIL

L'exploitation des enregistrements du profil s'applique au graphique relevé dans un plan perpendiculaire à l'axe de la pièce.

8.2.1.LONGUEUR D'EXPLOITATION.

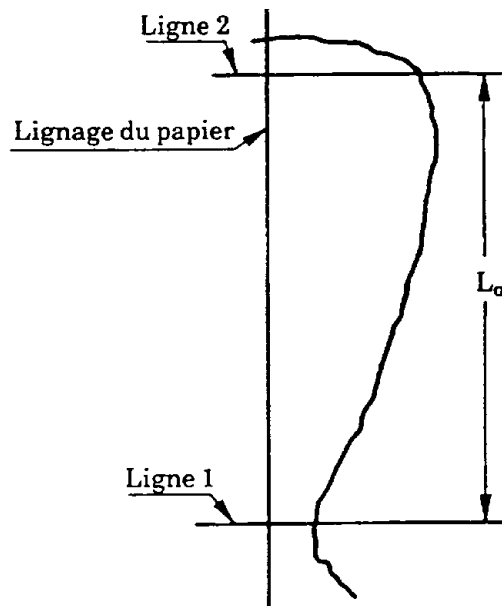


Fig28

Vérification du profil. Longueur d'exploitation

Ligne 1 : Perpendiculaire au lignage du papier correspondant au : (fig. 28).

- cercle actif de pied maximal porté au plan pour une denture extérieure,
- cercle actif de pied minimal porté au plan pour une denture intérieure.

Ligne 2 : Elle est positionnée à une distance L_α de la ligne 1 (fig. 28).

La longueur active (de tangente au cercle de base) (L_{AE}) est la longueur de la portion d'une droite tangente au cercle de base comprise entre le cercle actif de pied et le cercle actif de tête minimal pour une denture extérieure et maximal pour une denture intérieure.

La longueur d'exploitation L_α est égale à 92 % de cette longueur active ($L_\alpha = 0,92 \cdot L_{AE}$).

En tête de dent au-delà de L_α , un excédent de matière (qui accroît le défaut) doit être pris en compte pour déterminer l'écart de forme du profil ($f_{f\alpha}$ voir § 8.2.4) et l'écart total du profil (F_α voir § 8.2.5).

NOTA : La position des lignes 1 et 2 doit être repérée au moment du relevé, sur le papier, pour une machine avec exploitation manuelle.

8.2.2.DIRECTION DE PROFIL

8.2.2.1.Définitions

8.2.2.1.1.Direction théorique (figures 29 et 30)

Sur le graphe du profil, la direction théorique est la droite BC parallèle au lignage du papier et passant par le point B du profil situé sur le cercle actif de pied maximal (denture extérieure) ou sur le cercle actif de pied minimal (denture intérieure).

8.2.2.1.2.Direction de référence (figures 29 et 30)

Dans le cas où la direction théorique n'est pas la direction de référence, cette dernière est représentée sur le graphe du profil par une droite BD inclinée par rapport à la direction théorique.

8.2.2.1.3.Ecart de direction du profil

Symbole : fH_α

8.2.2.1.3.1.Exploitation par algorithme de calcul

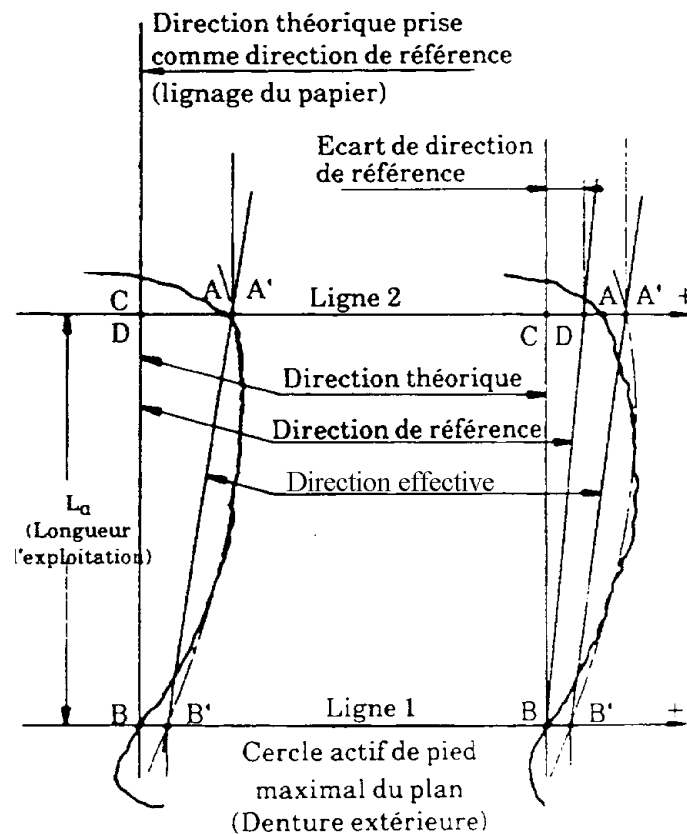


Fig29

Exploitation par algorithme de calcul (à partir de la courbe de régression)

8.2.2.2. Convention de signe (valable pour denture intérieure et extérieure) (figures 31 et 32)

8.2.2.2.1. Ecart de référence négatif (figure 31 A).

Manque de matière à la tête, par rapport à la direction théorique, donc cercle de base faible, angle de pression fort,

8.2.2.2.2. Ecart de référence positif (fig 31 B)

Excès de matière à la tête, par rapport à la direction théorique, donc cercle de base fort, angle de pression faible,

8.2.2.2.3. Ecart effectif négatif (figure 32 A)

Manque de matière à la tête par rapport à la direction de référence,

8.2.2.2.4. Ecart effectif positif (figure 32 B)

Excès de matière à la tête par rapport à la direction de référence.

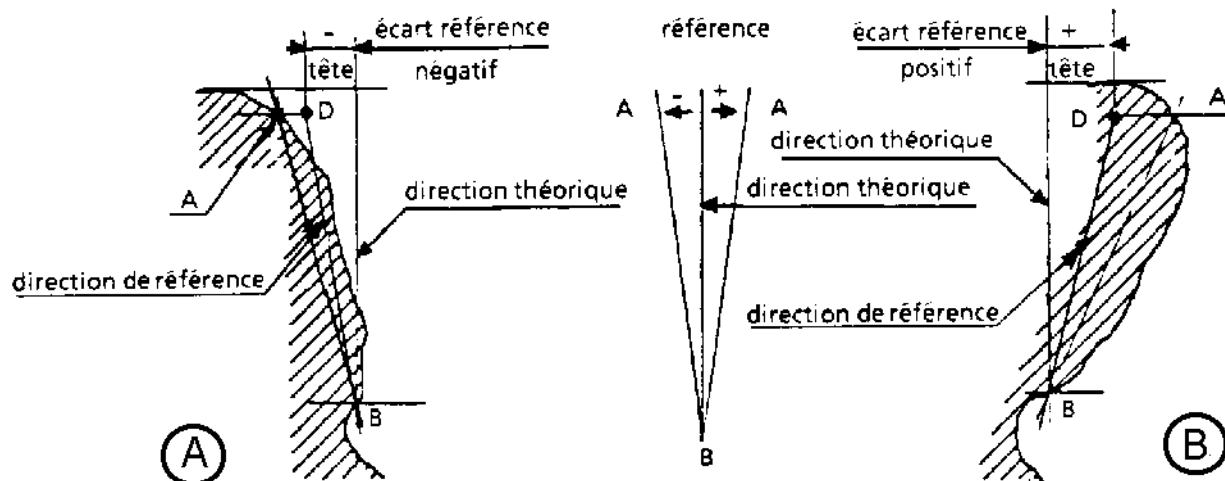


Fig31

Ecart de direction de référence de profil

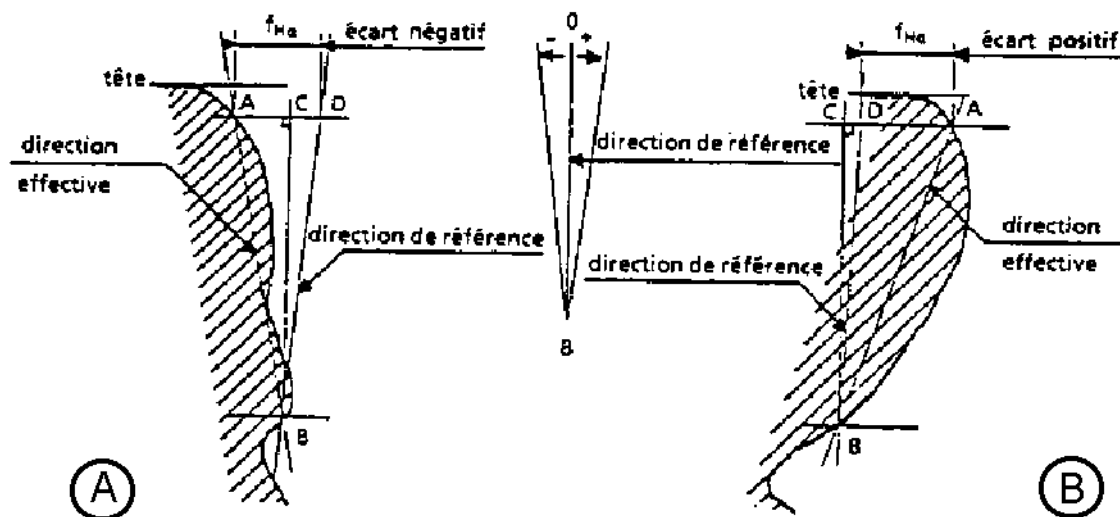


Fig32

Ecart de direction effective de profil

8.2.2.3. Valeurs d'exploitation (voir paragraphe 8.1.4.3)

Ecart individuel maximal : sa valeur doit être comprise entre plus et moins la valeur de $f_{H\alpha}$ calculée par la formule n° 1 chapitre 21 pour la classe de précision demandée.

NOTA : La valeur moyenne $f_{H\alpha m}$ sur 3 (ou 4) dents et l'étendue ne sont pas retenues en tant que valeurs d'exploitation. Elle peuvent être utilisées pour caractériser un suivi de fabrication.

8.2.3. BOMBE DE PROFIL

Symbole : C_α

8.2.3.1. Convention de signe

Par convention, le graphe d'un profil convexe est appelé bombé positif et le graphe d'un profil concave est appelé bombé négatif (ou creux).

8.2.3.2. Valeur minimale du bombé

La valeur minimale du bombé est précisée sur le plan du Bureau d'Etudes. Les bureaux d'études ne possédant pas les éléments nécessaires à sa détermination trouveront des valeurs indicatives en annexe 4.

8.2.3.3. Valeur maximale du bombé

La valeur maximale du bombé est égale à la valeur minimale plus la valeur de fC_α calculée suivant la formule 2a chapitre 21 pour la classe de précision concernée.

8.2.3.4. Valeur d'exploitation

Toutes les valeurs individuelles doivent être comprises entre la valeur minimale et la valeur maximale du bombé définies dans le paragraphe précédent.

8.2.3.5. Position du bombé

La position du bombé est définie par le diamètre mesuré au point M où la flèche est maximale (voir figure 33)

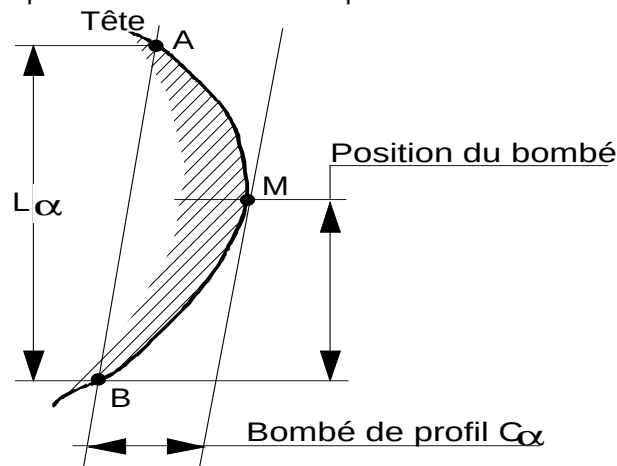


Fig33

Position du bombé

8.2.3.6. Valeur de la position nominale du bombé

La valeur de la position nominale du bombé est soit précisée sur le plan du Bureau d'Etudes soit égale au diamètre correspondant au milieu de la longueur d'exploitation.

8.2.3.7. Tolérance

La tolérance est limitée par les diamètres correspondant aux fractions de longueur d'exploitation mentionnées dans le tableau 2 figurant en annexe 3.

8.2.3.8.Valeur d'exploitation

Toutes les valeurs doivent être comprises dans la tolérance.

8.2.4.ECART DE FORME DE PROFIL :

Symbole : $f_{f\alpha}$

La valeur d'exploitation de l'écart de forme est l'écart individuel maximal qui doit être inférieur ou égal à la valeur calculée par la formule N° 3 chapitre 21, pour la classe de précision demandée.

8.2.5.ECART TOTAL DE PROFIL :

Symbole : F_{α}

La valeur d'exploitation de l'écart total de profil est l'écart individuel maximal qui doit être inférieur ou égal à la valeur calculée par la formule N° 4 chapitre 21, pour la classe de précision demandée.

8.3.VERIFICATION DE L'HELICE

8.3.1.LONGUEUR D'EXPLOITATION

Symbole : L_β

La longueur d'exploitation d'hélice L_β (cf ci-dessous) est égale à la largeur minimum de la denture diminuée à chaque extrémité de la valeur maxi du chanfrein d'extrémité et de 5% de la largeur de la denture ($L_\beta = b_{\text{mini}} - (\text{chanfreins maxi} + 2 \times 5\% \text{ de } b_{\text{mini}})$).

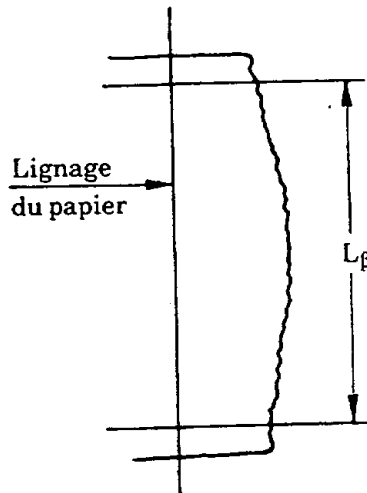


Fig34

Vérification de l'hélice (longueur d'exploitation)

Les excédents de matière, qui accroissent le défaut dans les 2 zones en dehors de L_β , doivent être pris en compte dans les résultats de mesure pour déterminer l'écart de forme d'hélice $f_{f\beta}$ et l'écart total d'hélice F_β .

Dans le cas d'une dépouille d'hélice, les mesures sont limitées à la largeur active.

8.3.2.DIRECTION D'HELICE

Symbole : $f_{H\beta}$

8.3.2.1.Définitions

8.3.2.1.1.Direction Théorique

Sur le graphe d'hélice, la direction théorique est la droite CE parallèle au lignage du papier. (fig. 35).

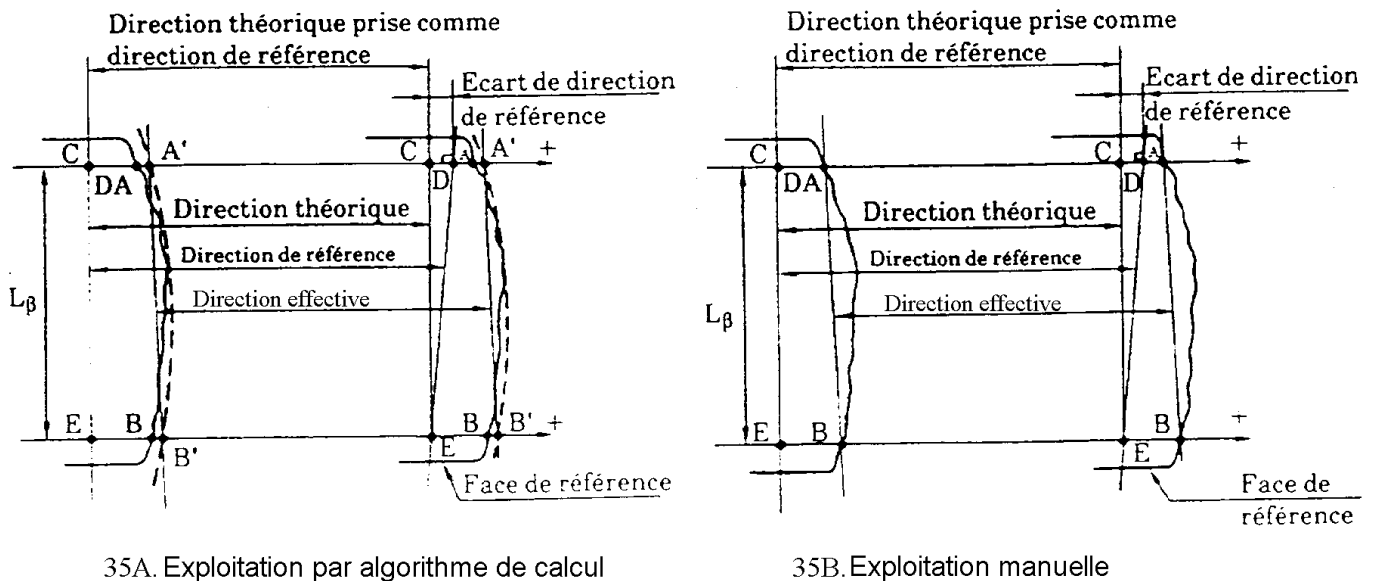


Fig35
Directions d'hélices

8.3.2.1.2.Direction de référence

Dans le cas où la direction théorique n'est pas la direction de référence, cette dernière est représentée sur le graphe de l'hélice par une droite ED inclinée par rapport à la direction théorique.

8.3.2.1.2.1.Exploitation par algorithme de calcul

8.3.2.1.2.1.1.Direction effective

Sur le graphe de l'hélice, la direction effective est la droite A'B' (intersection des lignes limitant L_β avec la parabole des moindres carrés).

8.3.2.1.2.1.2.Mesure des écarts de direction (cf figure 35A)

Ils se mesurent perpendiculairement au lignage du papier, sur la longueur d'exploitation L_β . L'écart de direction de référence est la différence d'inclinaison entre la direction théorique et la direction de référence. C'est la valeur algébrique du vecteur CD. $CD=0$ lorsque la direction théorique est prise comme référence. L'écart de direction effective est la différence d'inclinaison entre la direction de référence et la direction effective. Il est défini par l'expression algébrique:

$$f_{H\beta} = \overline{DA'} - \overline{EB'}$$

8.3.2.1.2.2.Exploitation manuelle

8.3.2.1.2.2.1.Direction effective

Sur le graphe de l'hélice, la direction effective est la droite passant par les points d'intersection A et B du tracé avec les lignes limitant L_β .

8.3.2.1.2.2.2.Mesure des écarts de direction (cf figure 35B)

Ils se mesurent perpendiculairement au lignage du papier, sur la longueur d'exploitation L_β . L'écart de direction de référence est la différence d'inclinaison entre la direction théorique et la direction de référence. C'est la valeur algébrique du vecteur CD. $CD=0$ lorsque la direction théorique est prise comme référence. L'écart de direction effective est la différence d'inclinaison entre la direction de référence et la direction effective. Il est défini par l'expression algébrique:

$$f_{H\beta} = \overline{DA} - \overline{EB}$$

8.3.2.2.Convention de signe

DENTURES EN DEVELOPPANTE DE CERCLE	B18 1155	41/98
---	-----------------	-------

8.3.2.2.1.Denture hélicoïdale

Ecart négatif : angle d'hélice plus faible que l'angle d'hélice théorique (ou de référence).

Ecart positif : angle d'hélice plus fort que l'angle d'hélice théorique (ou de référence).

8.3.2.2.2.Denture droite

Par convention, lorsque l'écart d'angle d'hélice provoque une hélice à droite, le signe de l'écart est positif; lorsqu'il provoque une hélice à gauche, le signe de l'écart est négatif.

8.3.2.3.Valeurs d'exploitation

8.3.2.3.1.Ecart individuel maximal

Sa valeur doit être comprise entre plus et moins la valeur de $f_{H\beta}$ calculée par la formule n° 5 chapitre 21 pour la classe de précision demandée.

8.3.2.3.2.Etendue

Elle ne doit pas dépasser la valeur $Wf_{H\beta}$ calculée suivant la formule n° 6 chapitre 21 pour la classe de précision concernée.

Nota : la valeur moyenne $f_{H\beta m}$ sur 3 (ou 4) dents n'est pas retenue en tant que valeur d'exploitation. Elle peut être utilisée pour caractériser un suivi de fabrication.

8.3.3.BOMBE DE L'HELICE

Symbole : C_{β}

8.3.3.1.Convention de signe

Par convention le graphe d'une hélice convexe présente un bombé positif et le graphe d'une hélice concave présente un bombé négatif (ou creux).

8.3.3.2.Valeur minimale du bombé

La valeur minimale du bombé est précisée sur le plan du Bureau d'Etudes. Les bureaux d'études ne possédant pas les éléments nécessaires à sa détermination trouveront des valeurs indicatives en annexe 4.

8.3.3.3.Valeur maximale du bombé

La valeur maximale du bombé est égale à la valeur minimale plus la valeur de fC_{β} calculée suivant la formule n° 2b chapitre 21 pour la classe de précision concernée.

8.3.3.4.Valeur d'exploitation

Toutes les valeurs individuelles doivent être comprises entre la valeur minimale et la valeur maximale du bombé définies dans le paragraphe précédent.

8.3.3.5.Position du bombé

La position du bombé est définie par la position du point M, par rapport au point B, où la flèche, exprimée en pourcentage de la longueur d'exploitation, est maximale (voir figure 36)

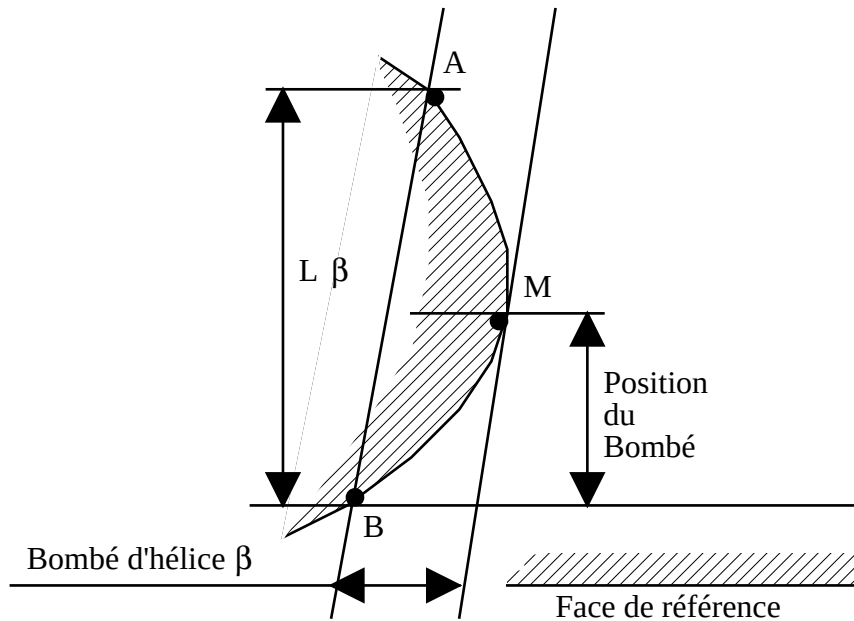


Fig36

Position du bombé

8.3.3.6. Valeur de la position nominale du bombé

La valeur de la position nominale du bombé, exprimée en pourcentage de L_β , est soit précisée sur le plan du Bureau d'Etudes soit égale à 50 %.

8.3.3.7. Tolérance

La tolérance est limitée par les positions du point M correspondant aux fractions de longueur d'exploitation mentionnées dans le tableau 2 figurant en annexe 3.

8.3.3.8. Valeurs d'exploitation

Toutes les valeurs doivent être comprises dans la tolérance.

8.3.4. ECART DE FORME DE L'HELICE

Symbole : $f_{f\beta}$

La valeur d'exploitation de l'écart de forme est l'écart individuel maximal qui doit être inférieur ou égal à la valeur calculée par la formule N° 7 chapitre 21 pour la classe de précision demandée.

8.3.5. ECART TOTAL D'HELICE

Symbole : F_β

La valeur d'exploitation de l'écart total d'hélice est l'écart individuel maximal qui doit être inférieur ou égal à la valeur calculée par la formule N° 8 chapitre 21 pour la classe de précision demandée.

8.4. ANALYSE DE LA SURFACE

8.4.1. TOPOGRAPHIE

La topographie ne fait pas l'objet d'une normalisation.

La mesure peut être faite :

- soit point par point aux noeuds d'un maillage.

DENTURES EN DEVELOPPANTE DE CERCLE	B18 1155	43/98
---	-----------------	-------

- soit en continu suivant les profils ou les hélices.

L'exploitation est faite suivant un maillage conventionnel laissé à l'initiative de l'opérateur. Il est généralement composé de 5 hélices et 9 profils.

La surface de référence est soit l'hélicoïde développable soit une surface acquise par apprentissage sur une surface étalon.

Pour les évaluations, la surface est délimitée par les longueurs d'exploitation de profil et d'hélice précédemment définies.

Pour les investigations, il est souhaitable d'explorer le maximum de surface.

A ce jour, l'exploitation de ce type de mesure n'est pas normalisée, les méthodes d'analyse sont à valider.

8.4.2. QUADRILLAGE.

Le quadrillage ne fait pas l'objet d'une normalisation.

L'expression quadrillage désigne l'exploitation de deux profils ou de deux hélices mesurés aux limites d'exploitation.

Le vrillage est la valeur absolue de la différence algébrique entre les écarts individuels de direction soit de profil soit d'hélice. Les deux valeurs sont identiques à l'incertitude de mesure ou d'exploitation près.

Si le vrillage est voulu, il est nécessaire de préciser son orientation au plan en cotant les écarts de direction des hélices de tête et de pied.

8.4.3. LIGNE DE CONTACT.

La topographie de denture peut être exploitée suivant les lignes de contact théoriques et les lignes de la surface qui leur sont orthogonales.

L'exploitation de ce type de mesure n'est pas normalisée.

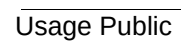
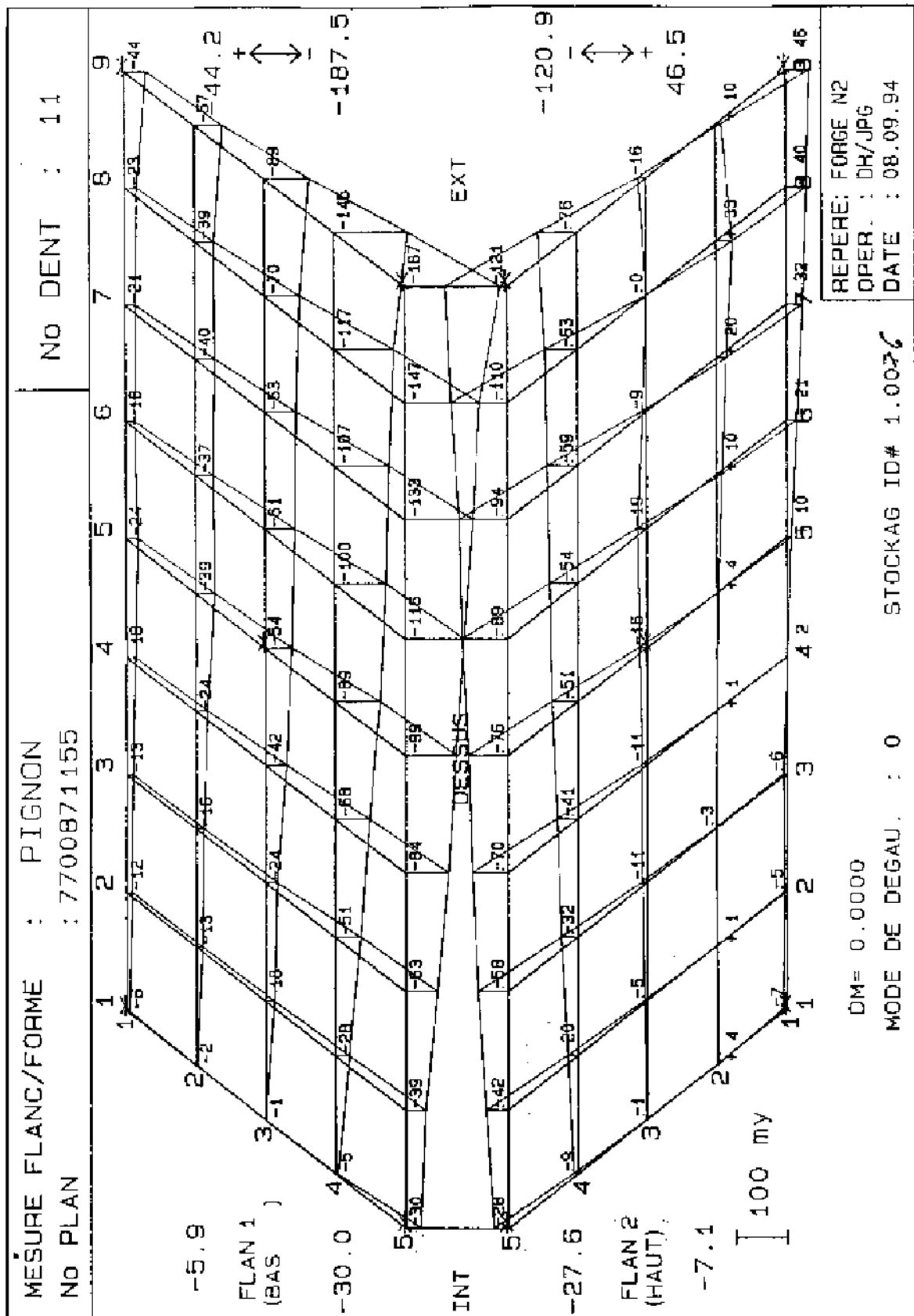


Fig37

Exemple de topographie : relevé de 5 Hélices



DENTURES EN DEVELOPPANTE DE CERCLE	B18 1155	46/98
------------------------------------	----------	-------

*Fig38**Exemple de topographie : mesures point par point*

9.SURFACES DE TETE ET DE PIED DE DENT

Le diamètre de tête, le diamètre actif de tête et le diamètre de pied ont la même tolérance.

Pour les dentures extérieures figurent au plan les diamètres de tête et actif de tête maximaux et le diamètre de pied minimal

Pour les dentures intérieures figurent au plan les diamètres de tête et actif de tête minimaux et le diamètre de pied maximal

La tolérance est calculée suivant la formule N° 9 chapitre 21 pour la classe de précision demandée.

10.RACCORDEMENT DE PIED DE DENT

C'est la partie de l'entredent qui raccorde les 2 hélicoïdes antihomologues.

Le raccordement est habituellement étudié par sa section par un plan transversal.

Ce profil de raccordement est engendré :

- soit dans sa totalité, en une seule opération,
- soit en partie par l'outil d'ébauche et en partie par l'outil de finition (voir figures 39 et 40)

DENTURE EXTERIEUREExemple : pièce taillée en 2 fois

- ébauche complète de la denture
- finition par reprise du flanc en développante

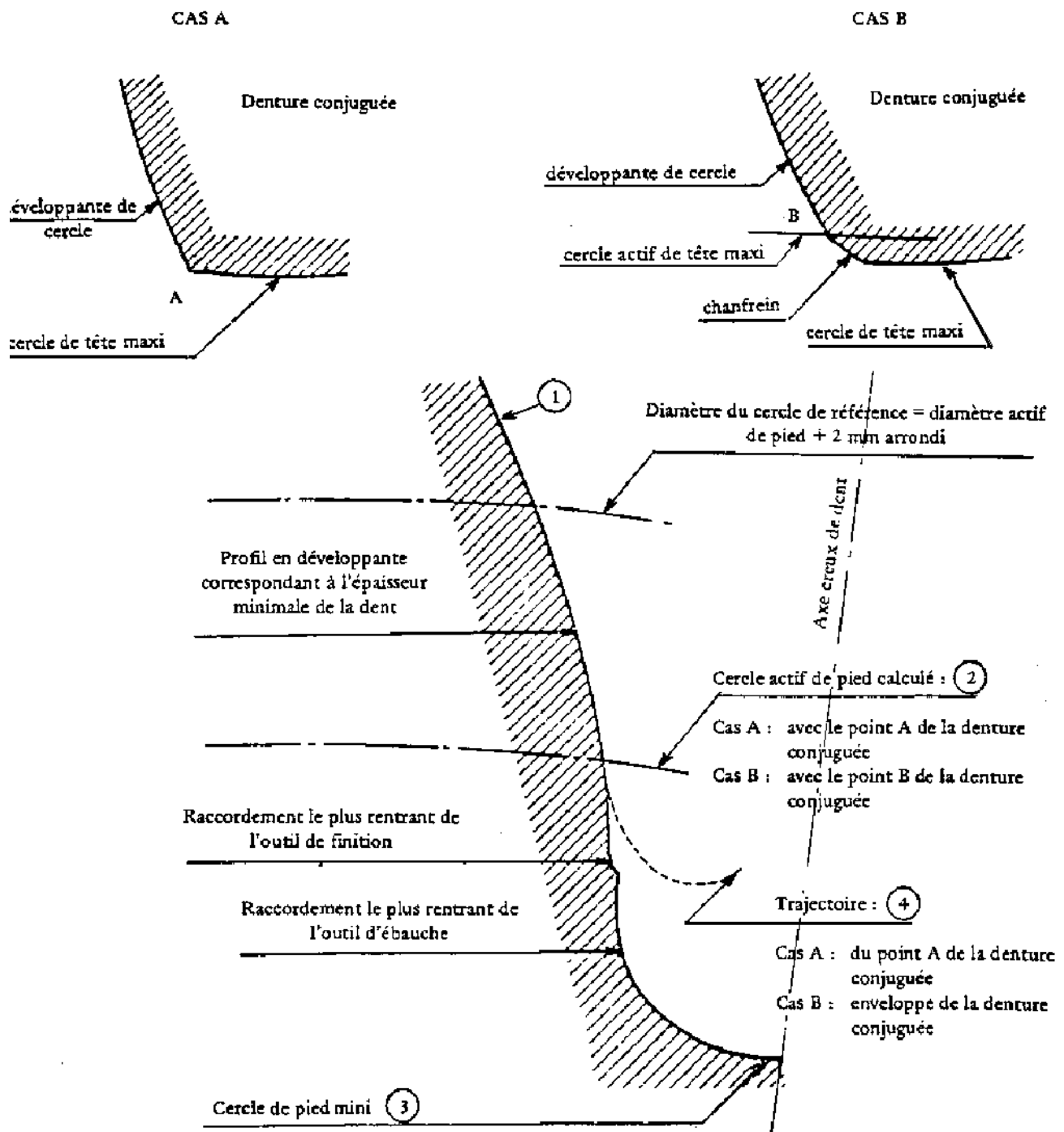
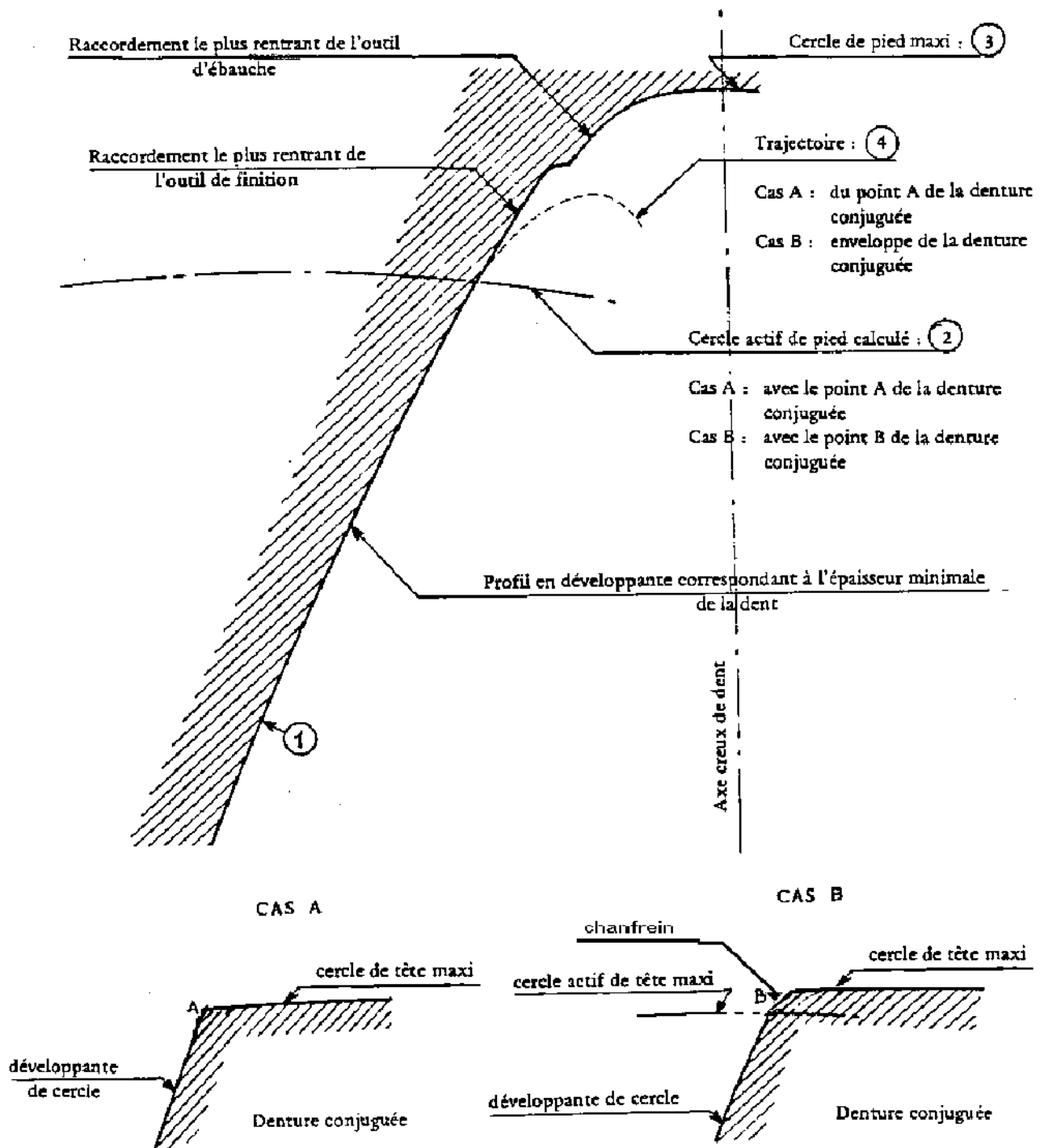


Fig39

Denture extérieure

DENTURE INTERIEURE**Exemple :** pièce taillée en 2 fois

- ébauche complète de la denture
- finition par reprise du flanc en développante

**Fig40****Denture intérieure**

La forme du raccordement du pied de dent doit assurer le jeu nécessaire au passage du pignon conjugué.

La tenue des dents en flexion est fonction de la forme du pied de dent.

La forme du raccordement du pied de dent est définie conjointement par le Service Etudes et le Service Méthodes et est portée au plan ou à la définition numérique dans le cas d'une forme non générée. Pour un usinage par

génération, le plan ou tout autre document officiel doit comporter le numéro de fichier s'il existe et les caractéristiques de l'outil d'ébauche (voir annexe 1).

11.CHANFREIN LATERAL

Pour satisfaire des exigences de conception et de fabrication (bavures, chocs,...) un chanfrein latéral peut être réalisé sur les arêtes formées par les flancs droit et gauche avec les faces latérales avant ou arrière de la dent (voir figures ci-après).

Dans le cas d'une denture hélicoïdale, ce chanfrein n'est généralement réalisé que du côté de l'angle aigu formé par ces arêtes.

Le plan doit préciser les dimensions du chanfrein et éventuellement les spécifications qui concernent le raccordement du chanfrein avec le pied ou le sommet de dent ou l'hélicoïde développable.

A défaut de spécifications portées au plan, le raccordement du chanfrein s'il se fait dans la zone du pied de dent (entre le diamètre actif de pied et le diamètre de pied), ne doit pas constituer une zone de concentration de contraintes. Le rayon de courbure en tous points du raccordement doit être égal ou supérieur à 0,5 mm.

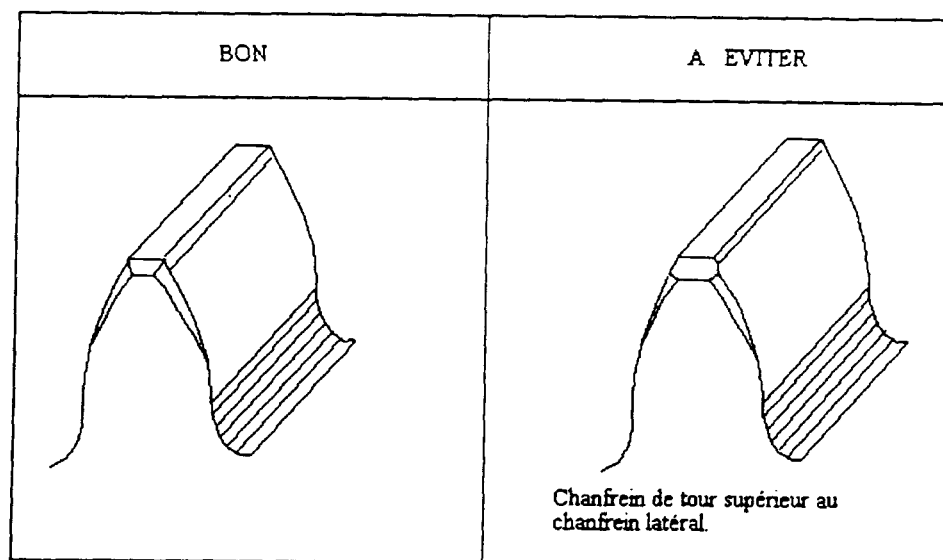
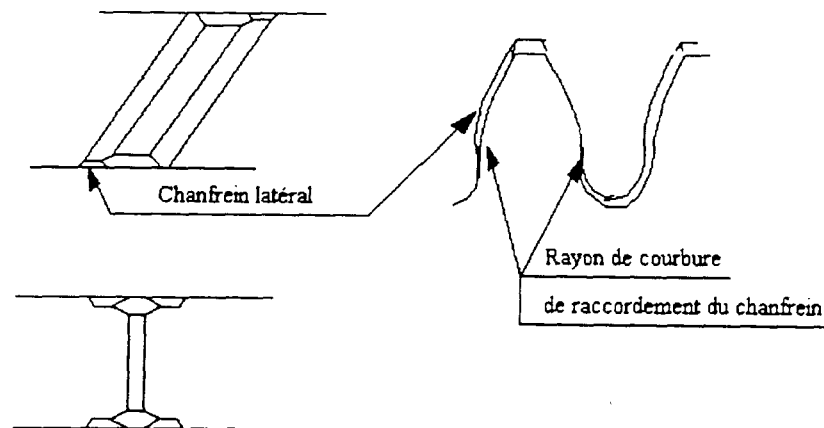


Fig41
Chanfrein latéral

12. VERIFICATION DE L'ÉPAISSEUR DE DENTURE

12.1. GENERALITES

L'épaisseur théorique correspondant à un engrenage de référence (sans jeu) exprimée dans le plan normal est l'épaisseur de référence. Les différentes épaisseurs sur le cercle de base, exprimées dans un plan normal, sont représentées sur les figures ci-après :

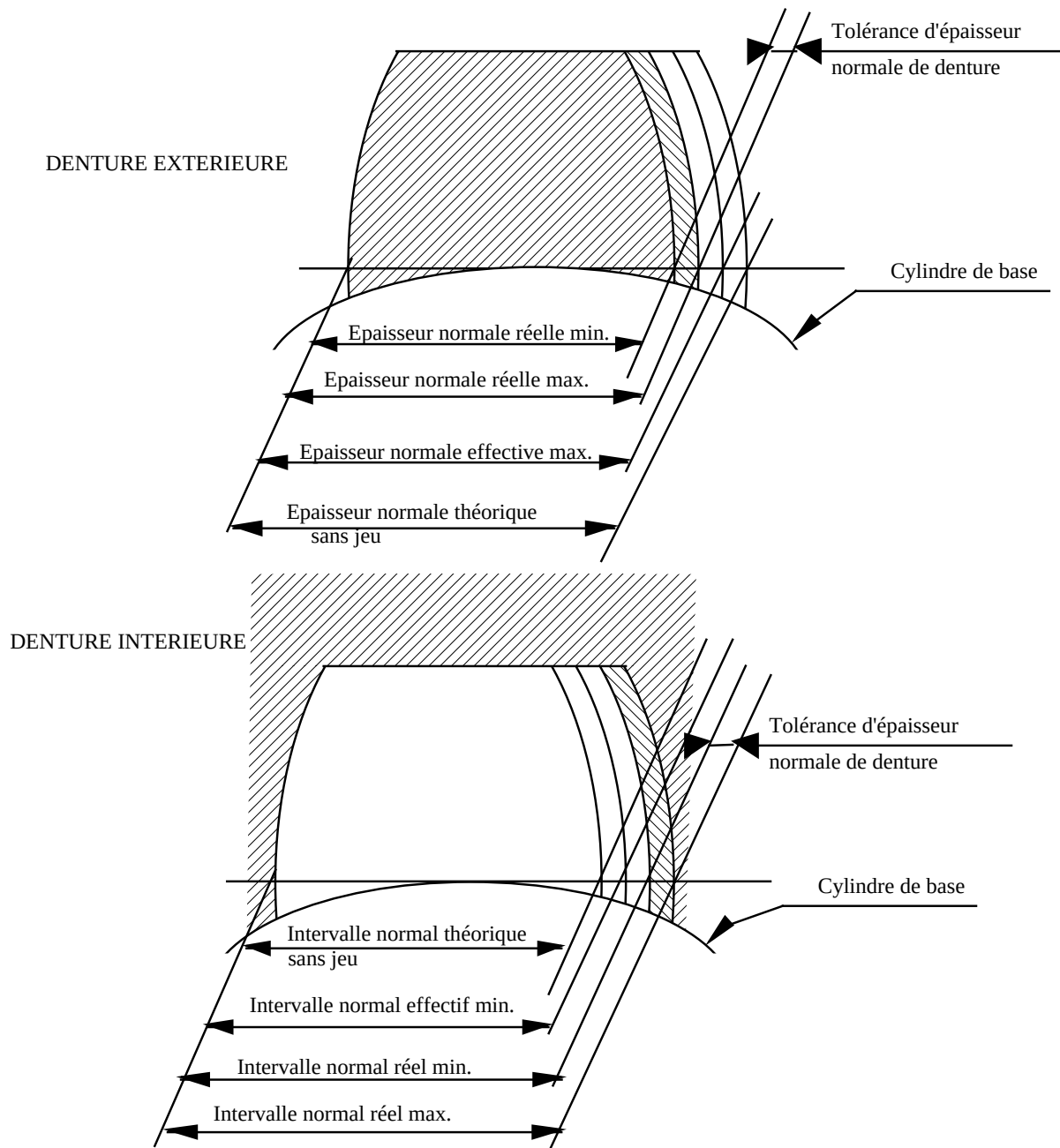


Fig42

Vérification de l'épaisseur de denture

12.2.TOLERANCES

La tolérance d'épaisseur de denture est comprise entre les épaisseurs réelles minimum et maximum. Elle ne doit pas dépasser la valeur calculée par la formule 11 chapitre 21.

12.3.VERIFICATIONS

La vérification de l'épaisseur de la denture n'est pas effectuée directement, mais par l'intermédiaire des mesures suivantes :

- soit rayon sous bille (voir fig 43)
- soit cote sur 2 billes dans le cas d'une denture extérieure ou cote entre 2 billes pour une denture intérieure (voir fig. 44).
- soit cote sur k dents (voir fig. 45).
- soit épaisseur effective à l'aide d'un pignon étalon.

Nota : Les différentes corrections apportées sur les dentures (bombé d'hélice, de profil, direction...) peuvent entraîner la modification des cotes de vérification.

12.3.1.RAYON SOUS BILLE

Ce rayon (voir figure 43) est calculé à partir des épaisseurs réelles minimales et maximales et intègre conventionnellement le battement simple radial.

La mesure doit être effectuée au voisinage du plan médian de la largeur de la denture.

Le diamètre de la bille est immédiatement supérieur à celui d'une bille tangente aux deux profils d'un creux de dent au niveau du cercle primitif de fonctionnement ou à défaut au niveau du diamètre moyen (mi-hauteur active).

Diamètres recommandés :

- de 1 mm à 8 mm par pas de 0.5 mm
- au delà de 8 mm par pas de 1 mm

La précision des billes est celle définie dans la norme française :

NF E 22 381 - Classe 0 , grade 40

Valeur retenue pour une denture extérieure (respectivement intérieure) :

- Rayon sous bille min. = Rayon sous bille pour épaisseur (intervalle) réelle min. - 1/2 battement
- Rayon sous bille max. = Rayon sous bille pour épaisseur (intervalle) réelle max. + 1/2 battement

Valeur d'exploitation : toutes les valeurs mesurées doivent être comprises entre le rayon sous bille minimal et le rayon sous bille maximal.

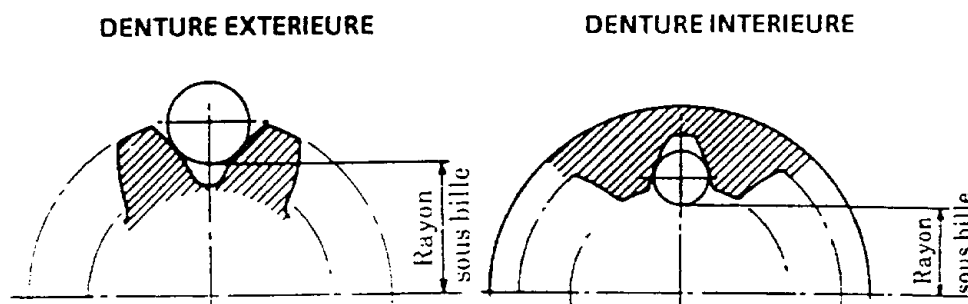


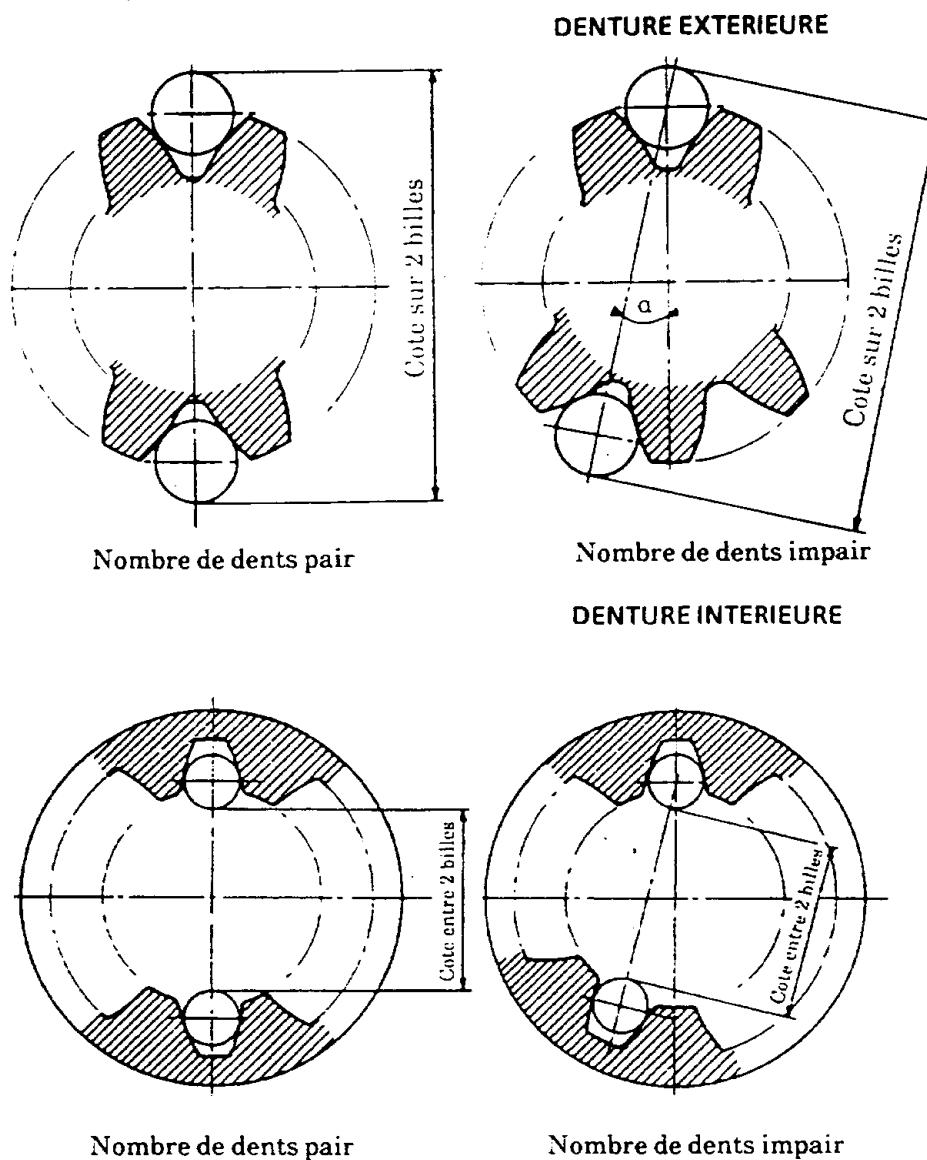
Fig43

Rayon sous bille

12.3.2.COTE SUR DEUX BILLES OU ENTRE DEUX BILLES

Elle est calculée à partir des épaisseurs réelles minimale et maximale. Elle est indépendante de l'excentrage (voir figure 44). La valeur d'exploitation est la moyenne d'au moins trois valeurs de cotes sur billes sensiblement équidistantes angulairement.

La cote sur deux billes ou entre deux billes est portée sur les instructions de contrôle.

**Fig44***Cote sur deux billes ou entre deux billes*

12.3.3.COTE REELLE SUR "K DENTS"

La cote réelle sur "k dents" est mesurée sur une droite tangente au cylindre de base. C'est la distance entre les traces rectilignes des deux flancs anti-homologues de "k dents" consécutives (fig. 45). La valeur d'exploitation est la moyenne d'au moins 3 valeurs.

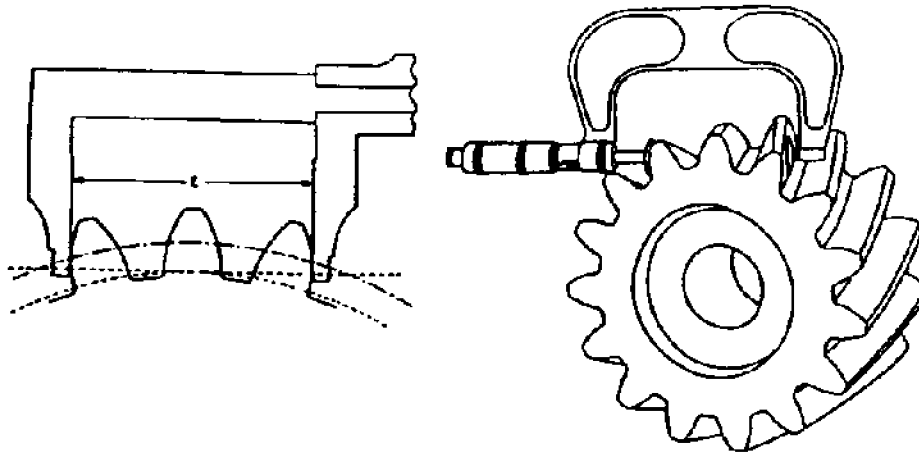


Fig45

Cote réelle sur k dents

12.3.4.EPAISSEUR EFFECTIVE

Le contrôle de l'épaisseur effective est réalisée à l'aide d'un pignon étalon lors de l'essai de roulement bi-flanc sur machine à entraxe variable.

Ce contrôle consiste en une comparaison entre la valeur mesurée de l'entraxe pratique de fonctionnement du pignon étalon avec la pièce à contrôler et la valeur de l'entraxe théorique calculée en fonction des épaisseurs respectives du pignon étalon et de la pièce au théorique.

La variation de l'entraxe enregistrée traduit une variation de l'épaisseur effective de la pièce à vérifier.

Cette épaisseur est la combinaison de l'épaisseur réelle de la dent et des différents défauts de la denture (battement, profil, hélice...).

Dans le cas où on désire le contrôle de l'épaisseur effective avec un pignon étalon, un entraxe de fonctionnement min./max., avec une référence de pignon étalon, doit être porté sur les instructions de contrôle.

13.JEU ENTRE DENTS

13.1.GENERALITES

Le jeu entre dents normal mesuré à l'entraxe théorique est défini par une valeur maximale et une valeur minimale suivant la fig. 46 ci-après. Il se mesure approximativement à mi hauteur de dent.

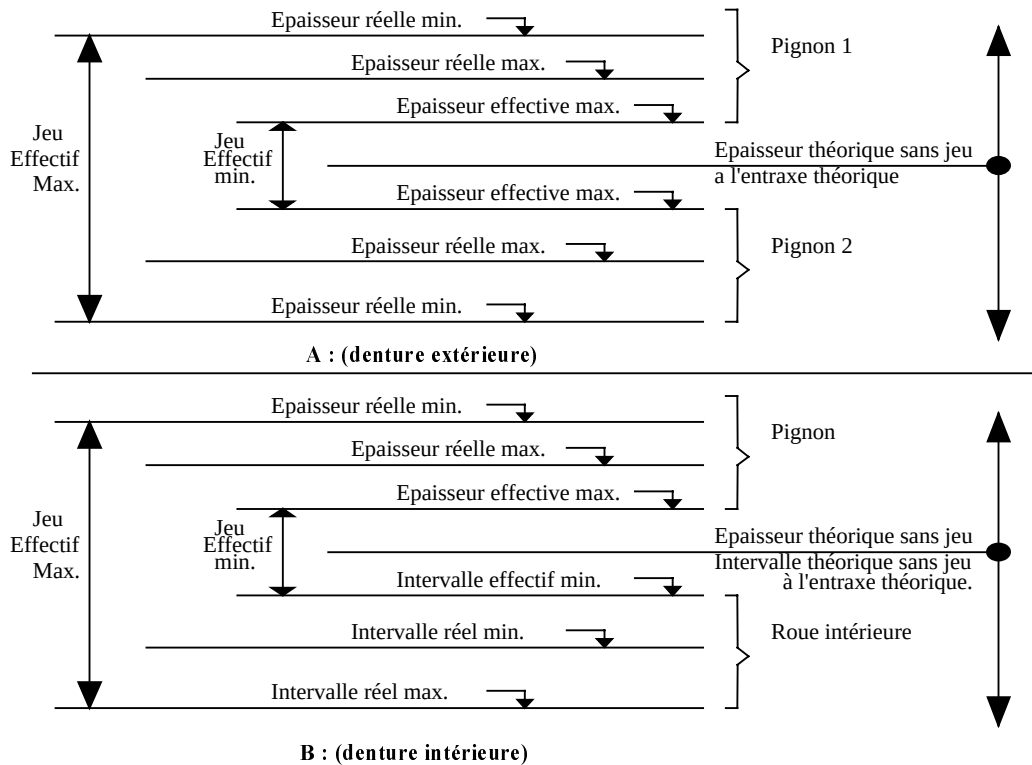


Fig46

jeu entre dents normal

13.2. JEU ENTRE DENTS EFFECTIF MINIMAL

Denture extérieure :

Le jeu entre dents effectif minimal dans un engrenage est le jeu mesuré lorsque la dent d'épaisseur effective maximale du pignon engrène avec la dent conjuguée d'épaisseur effective maximale de la roue à l'entraxe admissible minimal.

Denture intérieure :

Le jeu entre dents effectif minimal dans un engrenage est le jeu mesuré lorsque la dent d'épaisseur effective maximale du pignon engrène avec la dent conjuguée d'épaisseur effective maximale de la roue à l'entraxe admissible maximal.

13.3. JEU ENTRE DENTS EFFECTIF MAXIMAL

Denture extérieure :

Le jeu entre dents effectif maximal dans un engrenage est le jeu mesuré lorsque la dent d'épaisseur effective minimale du pignon engrène avec la dent conjuguée d'épaisseur effective minimale de la roue à l'entraxe admissible maximal.

Nota : l'épaisseur effective minimale est au moins égale à l'épaisseur réelle minimale.

Denture intérieure :

Le jeu entre dents effectif maximal dans un engrenage est le jeu mesuré lorsque la dent d'épaisseur effective minimale du pignon engrène avec la dent conjuguée d'épaisseur effective minimale de la roue à l'entraxe admissible minimal.

Nota : l'intervalle effectif maximal est au plus égal à l'intervalle réel maximal.

DENTURES EN DEVELOPPANTE DE CERCLE	B18 1155	55/98
---	-----------------	-------

Le jeu mesuré à l'entraxe minimum doit toujours être compris entre le jeu effectif min. et le jeu effectif max.

Le jeu entre dents maximum est la somme du jeu effectif minimum, des tolérances d'épaisseur de dent, de l'effet d'entraxe et des effets de l'écart géométrique des dents de l'engrenage.

La somme des écarts géométriques des dents d'un pignon est évaluée à : $2 F''_i \sin \alpha_{wn}$

et pour un couple cette valeur est évaluée à :

$$(F''_{i1} + F''_{i2}) \cdot \sin \alpha_{wt} \cdot \cos \beta_b$$

La variation possible de l'entraxe (tolérance d'entraxe) d'un couple (roue + pignon) influe sur le jeu de la denture suivant la formule :

$$\Delta \text{ jeu normal de denture} = \text{Tolérance d'entraxe} \cdot 2 \cdot \sin \alpha_{wn}$$

L'excentricité de denture a la même influence que la variation d'entraxe.

13.4.TOLERANCE

Il n'existe pas de tolérance pour cette valeur.

Le tableau de l'annexe 4 propose les valeurs du jeu réel normal minimal (jeu min.) recommandé pour les véhicules automobiles et les véhicules industriels.

Le jeu maximal peut être calculé grâce à la formule du paragraphe précédent.

13.5.VERIFICATION DU JEU ENTRE DENTS DANS UN PLAN TRANSVERSAL DE LA DENTURE

Le jeu entre dents est vérifié en 3 points à 120° sur un tour de la roue.

14.ECART RADIAL MESURE A L'AIDE D'UNE BILLE

14.1.BATTEMENT SIMPLE RADIAL A LA BILLE

Symbole : F_r

Le battement simple radial à la bille est la variation totale d'enfoncement d'une bille, tangente aux deux profils utiles de chaque creux de dent successifs, mesurée radialement dans un plan de mesure spécifié ou au voisinage du plan médian, sur un tour complet autour de l'axe fonctionnel de rotation (voir figure 47).

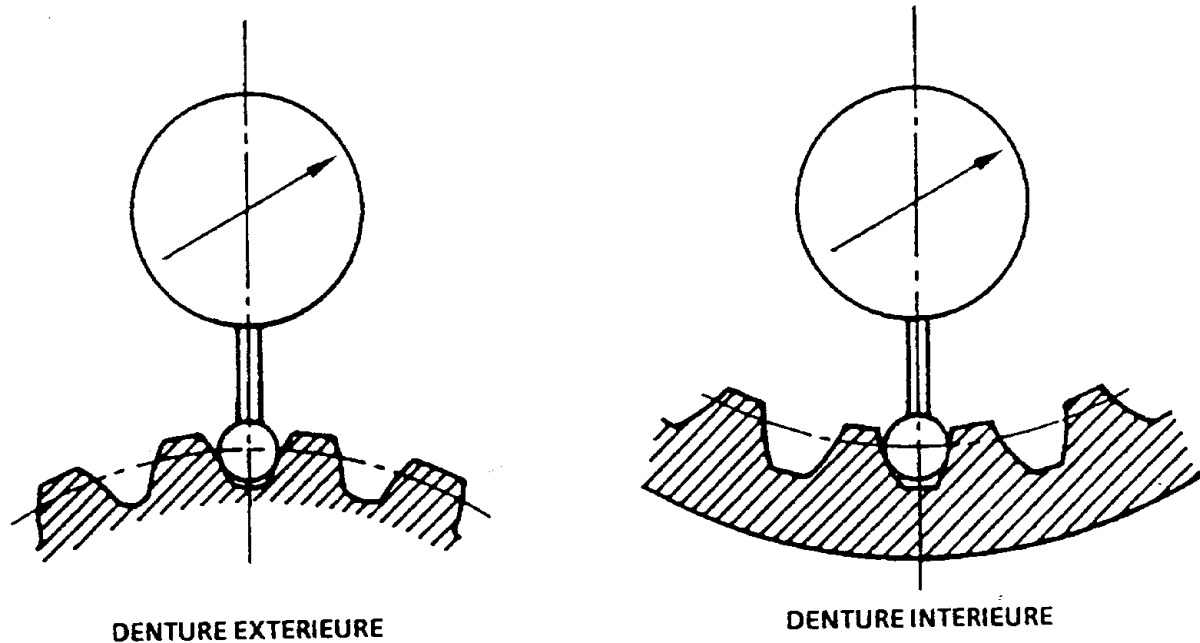


Fig47

Battement simple radial à la bille

Dans tous les cas, le diamètre de la bille utilisée doit être spécifié sur le procès-verbal de mesure. Ce diamètre doit être le plus proche possible de celui spécifié pour effectuer la mesure de la cote sur ou entre 2 billes.

Nota : Il est possible à partir de la mesure de F_r et sur moyens spécifiques de valoriser la concentricité d'une denture c'est-à-dire la distance entre son axe fonctionnel et son axe effectif.

14.2.SAUT DE DENT A LA BILLE

Symbole : f_r

Le saut de dent à la bille est la variation d'enfoncement de la bille entre deux creux de dents consécutifs, relevée lors de la mesure du battement simple radial à la bille (voir ci-dessus).

14.3.VALEURS RETENUES

Battement simple radial à la bille (F_r)

Il est caractérisé par la valeur de l'étendue de la mesure du rayon sous bille.
Valeurs maximales voir formule N° 11 chapitre 21.

Saut de dent à la bille (f_r)

Il est caractérisé par l'écart maximal entre 2 dents consécutives.
Valeurs maximales voir formule N° 12 chapitre 21.

15. ECART DE DIVISION

15.1. DEFINITION

L'écart de division est la mesure des écarts de présentation angulaire des flancs homologues successifs à partir de l'axe fonctionnel.

Elle est exprimée en micromètres ramenée à un diamètre de mesure spécifié. Elle se fait à mi-hauteur de dent dans le plan de mesure spécifié ou à défaut dans le plan médian de la largeur de denture.

Sont distingués :

1 - L'écart de pas transversal.

Symbole : f_{pt}

C'est la différence algébrique entre le pas circulaire effectif et le pas circulaire de référence (valeur moyenne de tous les pas circulaires effectifs).

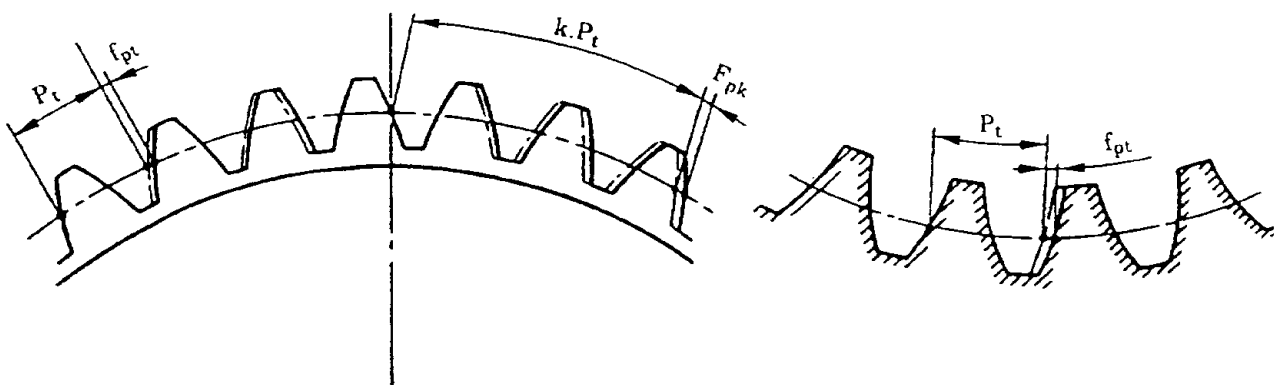


Fig48

Ecart de division - Ecart de pas transversal

2 - L'écart de pas consécutifs

Symbole : f_u

C'est la différence entre 2 pas transversaux effectifs consécutifs : c'est aussi la différence algébrique entre les écarts transversaux effectifs de 2 pas consécutifs.

3 - L'écart cumulé de pas sur k pas

Symbole : F_{pk}

L'écart cumulé sur un secteur de k pas est la somme algébrique des k écarts de pas transversaux.

4 - L'écart cumulé total de pas

Symbole : F_p

C'est l'étendue des écarts de pas cumulée sur un tour.

15.2.VALEURS RETENUES

1 - Ecart maximal de pas transversal

Sa valeur absolue doit être inférieure à la valeur de f_{pt} calculée par la formule N° 13 chapitre 21 (voir figure 49(2)).

2 - Ecart de pas consécutifs moyen (f_{um})

$$f_{um} = \frac{\sum_{i=1}^{i=Z} |(f_u)_i|}{Z}$$

C'est la moyenne des valeurs absolues de f_u sur un tour (voir formule N° 16 chapitre 21 et figure 49 (1)).

3 - Ecart cumulé total de pas (F_p)

C'est la valeur de l'étendue des écarts de pas cumulés sur un tour (voir formule N° 15 chapitre 21 et figure 49 (3)).

Exemple :

N° pas	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	1
pas	7,02 5	7,02 3	7,02 6	7,02 4	7,01 9	7,01 9	7,02 2	7,01 9	7,02 0	7,01 8	7,02 3	7,02 1	7,01 9	7,02 1	7,02 4	7,02 5	7,02 7	7,02 1	
moyenne	7,022																		
f_u		-2	+3	-2	-5	0	+3	-3	+1	-2	+5	-2	-2	+2	+3	+1	+2	-6	+4
f_{pt}	+3	+1	+4	+2	-3	-3	0	-3	-2	-4	+1	-1	-3	-1	+2	+3	+5	-1	
F_p	+3	+4	+8	+1 0	+7	+4	+4	+1	-1	-5	-4	-5	-8	-9	-7	-4	+1	0	
f_{um}	2,66																		

f_{pt} : Différence entre les pas et la moyenne.

F_p : Additions successives des valeurs de f_{pt} .

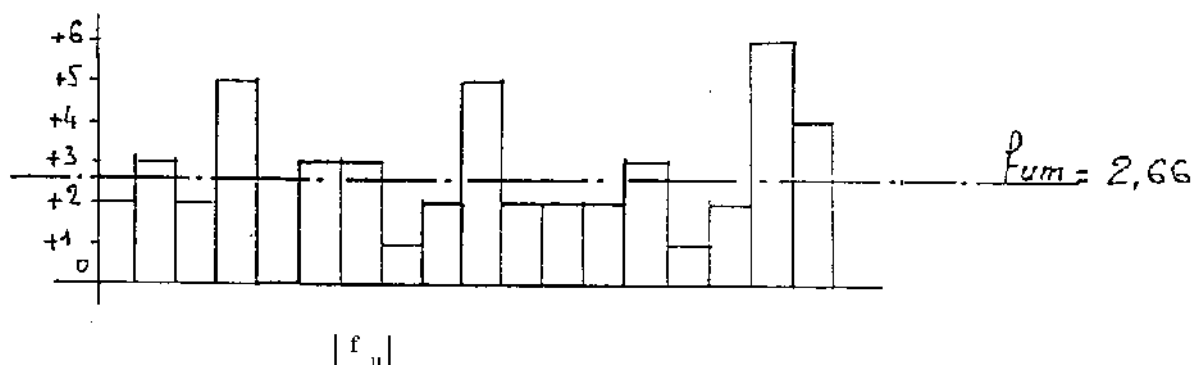


Figure 49 (1)

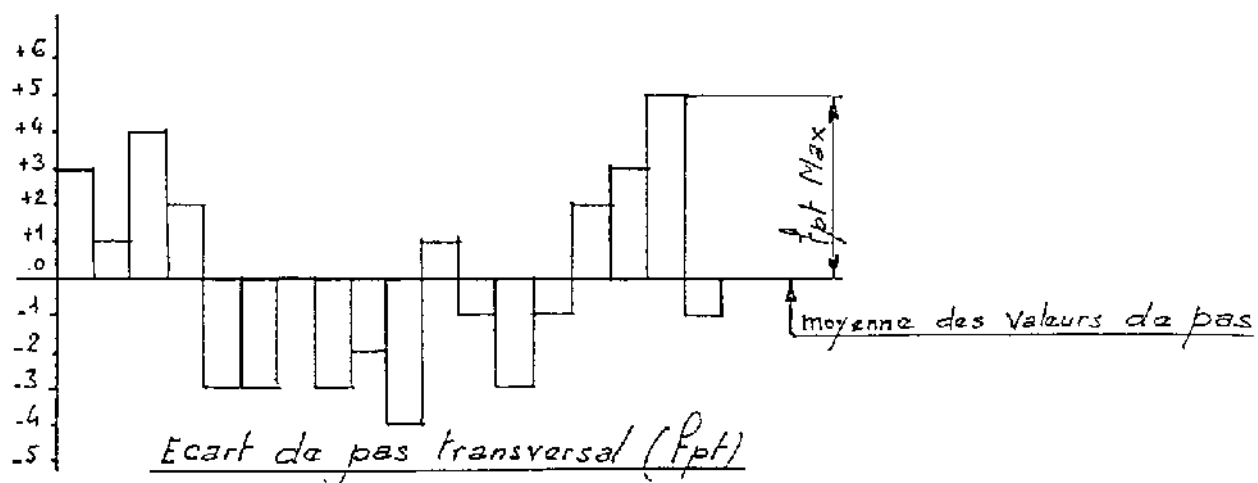


Figure 49 (2)

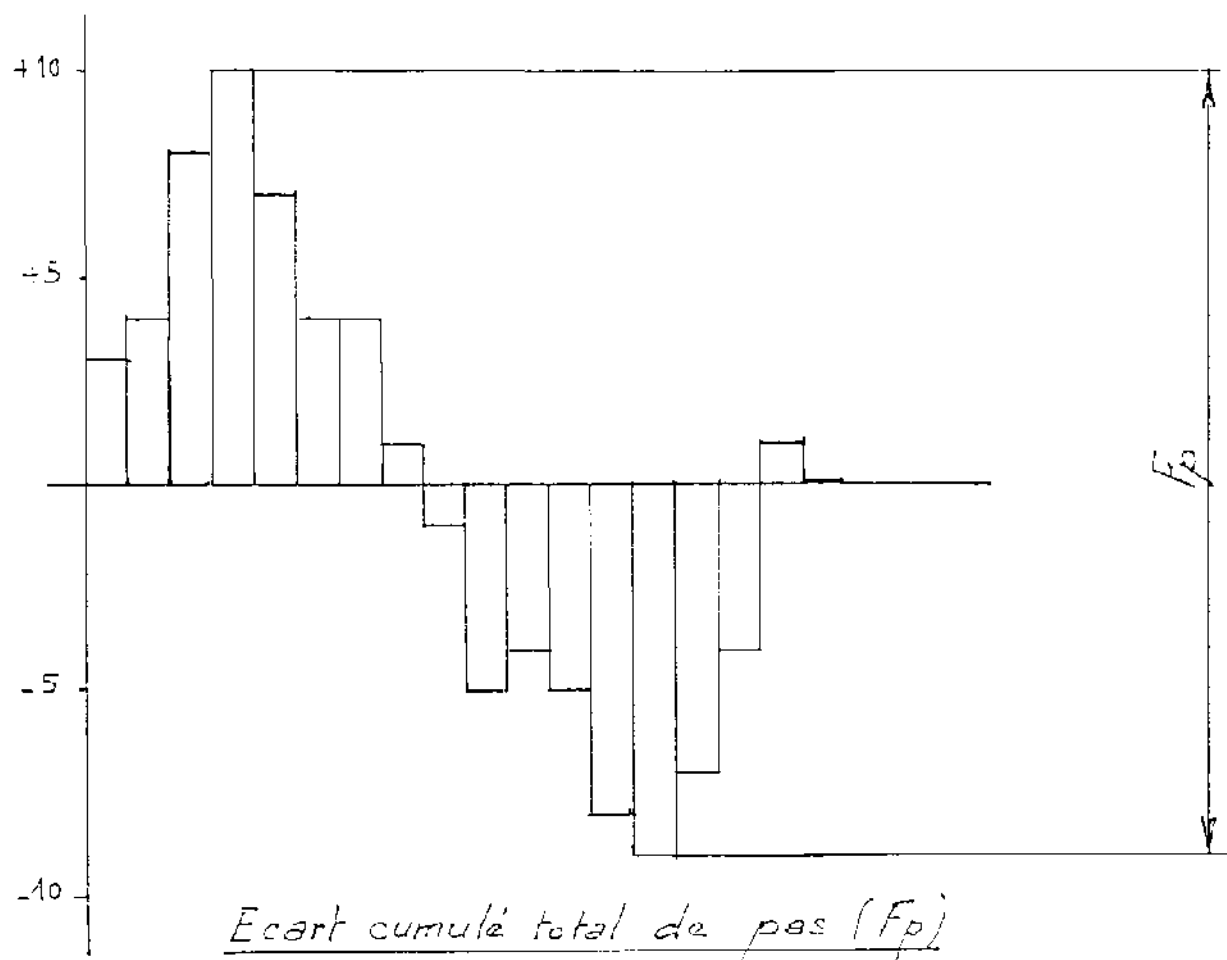


Figure 49 (3)

Fig49
Ecart de division

16. ECART TANGENTIEL (OU ECART DE TRANSMISSION)

16.1. DEFINITION

L'écart tangentiel est le déphasage angulaire entre la position effective d'une denture à vérifier et la position théorique qu'elle aurait (dans le cas du roulement parfait entre cette denture à vérifier et un pignon étalon) lors de son engrènement sur un seul flanc.

16.2. PRINCIPE DE LA MESURE

Le pignon étalon et la denture à vérifier doivent constituer un engrenage à axes parallèles fonctionnant à l'entraxe théorique. Cette mesure s'effectue sur une machine spécifique (voir figure 50) au minimum sur un tour pour chaque famille de flancs (tirage et rétro).

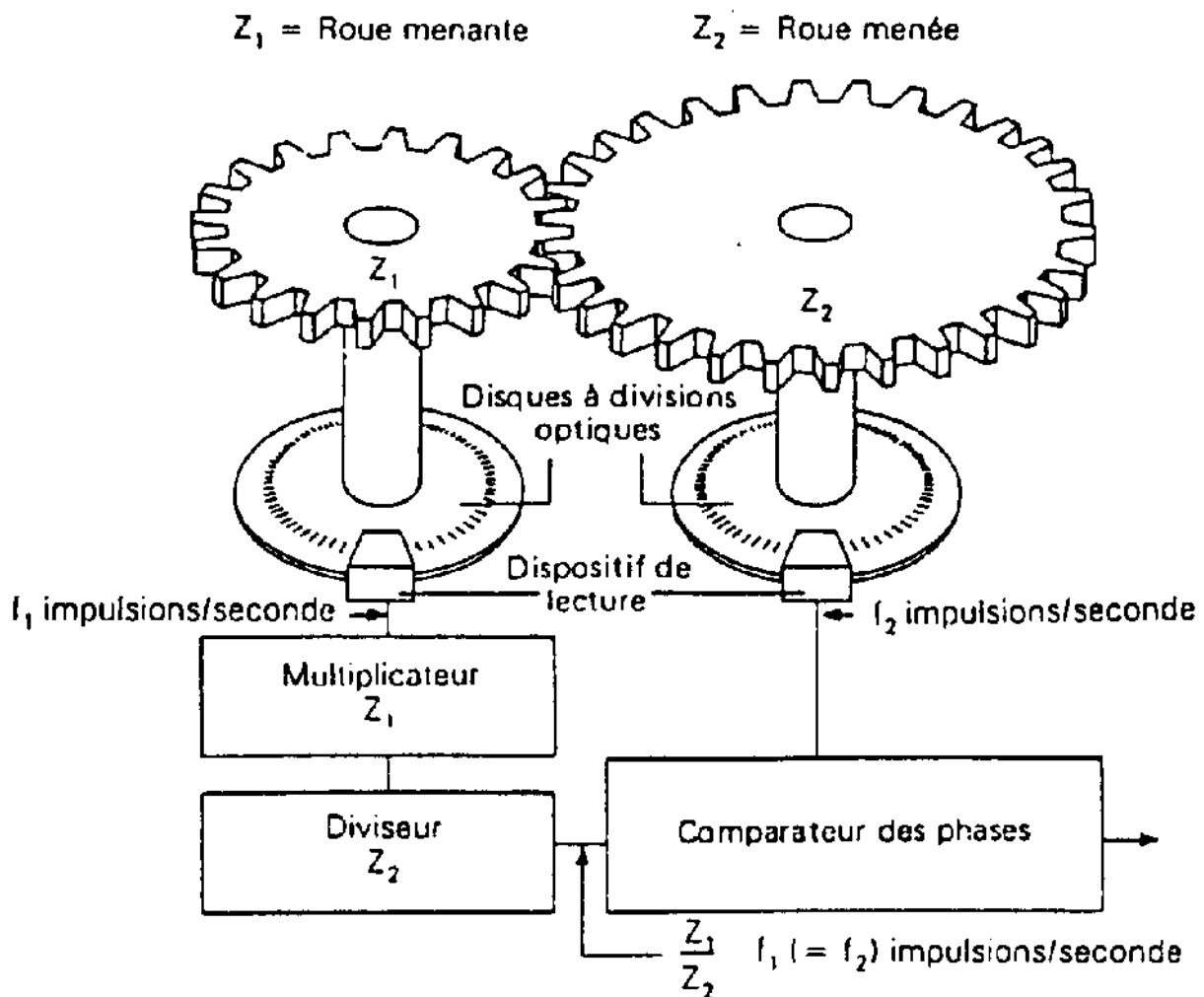


Fig50

Exemple : schéma d'un appareil à disques à divisions optiques

16.3.RESULTAT DE LA MESURE

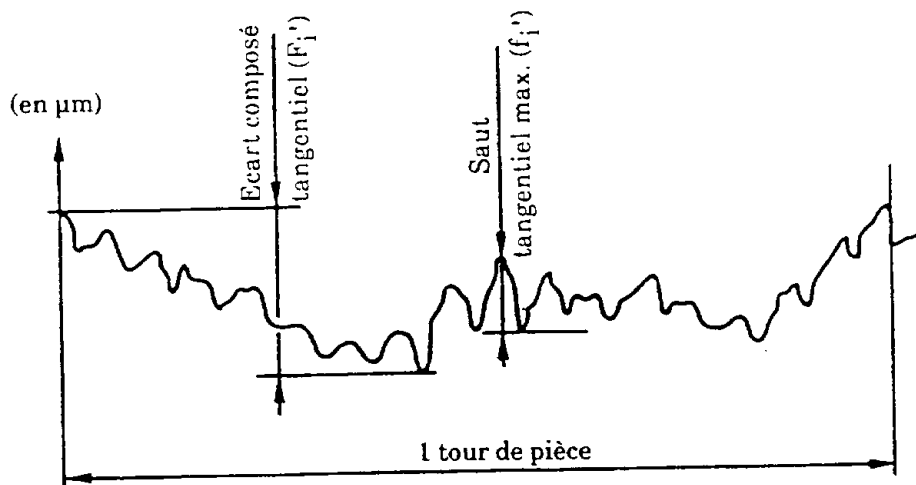


Fig51
Ecart tangentiel

16.4.VALEURS RETENUES

1 - Ecart composé tangentiel

Symbole : F_i'

L'écart composé tangentiel est caractérisé par la valeur de l'étendue des écarts tangentiels sur un tour (voir figure 51 et formule N° 17 chapitre 21).

2 - Saut tangentiel

Symbole : f_i'

C'est la valeur absolue de l'écart tangentiel maximal dent à dent (voir figure 51 et formule N° 18 chapitre 21).

Remarque 1 : Les formules s'expriment en μm . Pour exprimer les valeurs de ces tableaux en radians, appliquer la formule :

$$\mu \text{ radians} = 2000 \frac{\mu \text{ m}}{d \text{ en mm}}$$

Remarque 2 : L'écart de transmission peut être mesuré sur un engrenage (roue + pignon). Dans ce cas, les valeurs limites ne font pas l'objet d'une normalisation.

Remarque 3 : L'Analyse du signal par filtrage permet de déterminer 2 valeurs remarquables (voir exemple et figure ci-après) :

- 1) Une composante basse fréquence (f_L) correspondant à l'harmonique 1 (1 tour de roue à vérifier).
- 2) Une composante haute fréquence (f_s) correspondant à l'harmonique z (nombre de dents de la roue à vérifier).

Remarque 4 : L'analyse du signal par transformation de FOURRIER donnera des informations complémentaires sur les différents défauts qui peuvent être imputables au pignon ou à la roue.

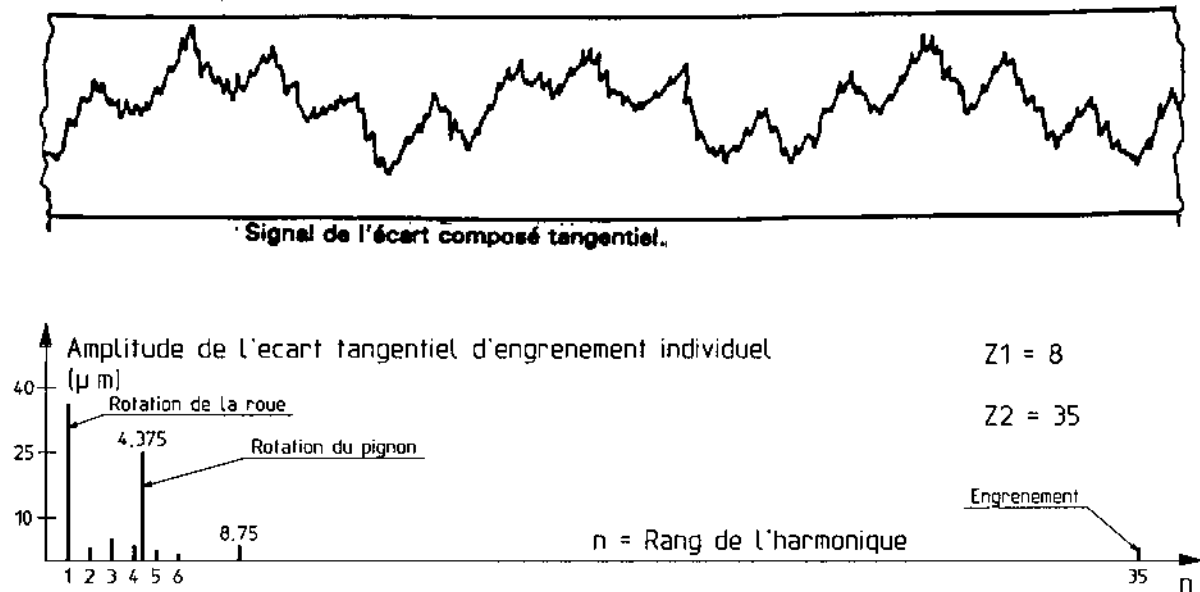


FIG52

Traitement réalisé sur un signal global d'écart de transmission pour un couple 8x35

Remarque 5 : L'écart de transmission peut être déterminé par la mesure de vitesses ou d'accélération angulaires. Les conditions de mesure et les valeurs limites feront dans ce cas l'objet de spécifications particulières.

17. ECART RADIAL

17.1. DEFINITION

L'écart radial est la variation d'entraxe d'une denture à vérifier lors de son engrènement avec un pignon "étalon".

17.2. PRINCIPE DE LA MESURE

Le pignon étalon et la denture à vérifier doivent constituer un engrenage à axes parallèles engrènement sans jeu de fonctionnement sous l'effet d'une force exercée dans la direction de l'entraxe.

Cette mesure est réalisée sur une machine à entraxe variable (voir figure 53 ci-après).

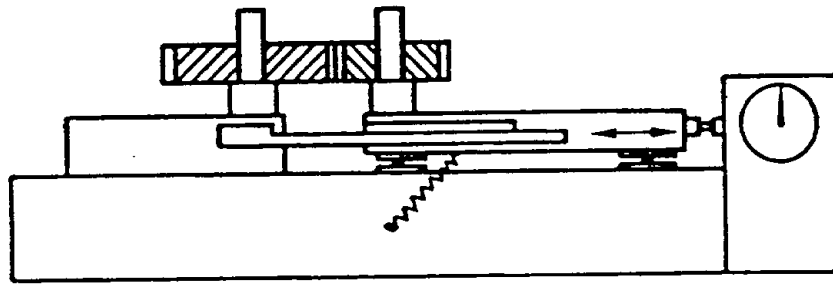


Fig53

Schéma d'un appareil de mesure de l'écart radial

17.3.RESULTAT DE LA MESURE

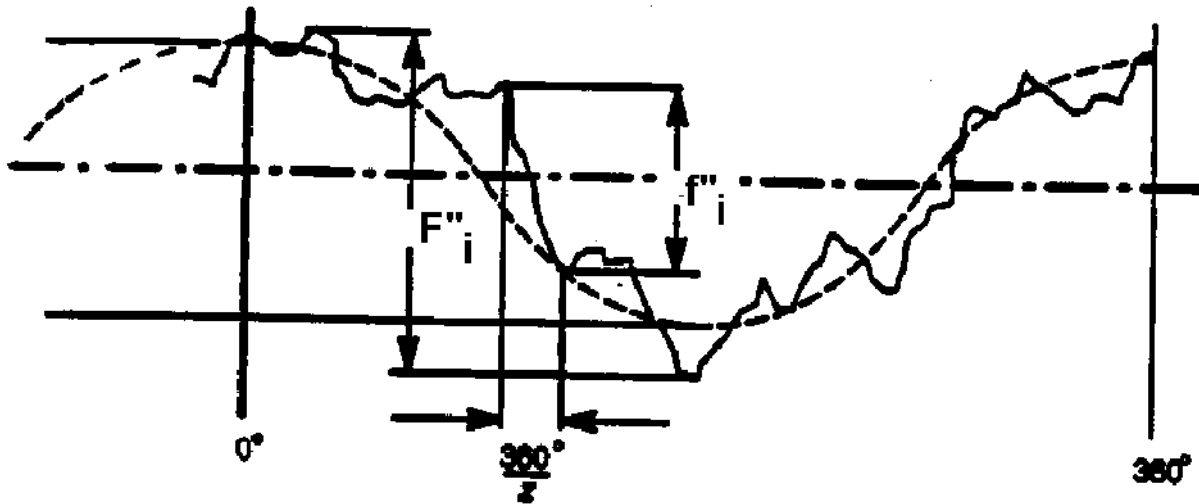


Fig54

Diagramme d'écart composé radial

17.4.VALEURS RETENUES

1 - Ecart composé radial

Symbole : F''_i

C'est l'étendue de l'écart radial mesuré sur un tour de la denture à vérifier (voir figure 54 et formule N° 19 chapitre 21).

2 - Saut radial

Symbole : f''_i

C'est la valeur absolue de l'écart radial maximal dent à dent (voir figure 54 et formule N° 20 chapitre 21).

18.DENTURE DE MESURE

18.1.PIGNON ETALON

18.1.1.1.1.Définition :

C'est une denture type qui remplit la fonction de denture conjuguée de la pièce à vérifier.

18.1.1.1.2.Fonction :

Il existe 2 types de pignon étalon :

1. L'un permet la mesure de l'écart tangentiel et éventuellement permet de déterminer l'épaisseur de la denture (en mesurant le jeu entre dents) et la conformité de l'actif de pied.
2. L'autre permet la mesure de l'écart radial (dans ce cas il permet aussi la mesure de l'épaisseur de la denture).

18.1.1.1.3.Remarque :

Pour les dentures ayant des corrections de géométrie portées au plan, la denture du pignon étalon sera à déterminer suivant cahier des charges spécifique.

18.2.PIGNON ETALON POUR VERIFICATION DE L'ECART TANGENTIEL

- Le pignon étalon est le reflet du pignon conjugué de la denture à vérifier.

- Nombre de dents :

Il doit être égal au nombre de dents du pignon conjugué.

- Entraxe entre la denture à vérifier et le pignon étalon :

C'est l'entraxe théorique précisé au plan.

- Epaisseur de dent :

Elle est inférieure à l'épaisseur effective de dent maximum du pignon conjugué. Elle doit être mesurée et gravée afin de permettre la mesure du jeu de denture (j_{Dn}).

- Diamètre du cercle actif de pied maximal :

Il est égal à l'actif de pied du pignon conjugué.

- Diamètre du cercle actif de tête :

Il est égal à l'actif de tête maxi du pignon conjugué.

- Diamètre de tête :

Il est égal au diamètre de tête maximal du pignon conjugué. Le raccordement entre l'actif de tête et le diamètre de tête doit correspondre au cas le plus défavorable du pignon conjugué.

- Largeur de denture :

Elle doit être supérieure au moins de 2 mm à celle de la denture à vérifier quand cela est possible. La définition et la mesure se font sur la largeur du pignon conjugué.

- Tolérances d'exécution :

La qualité du pignon étalon doit se situer dans une classe inférieure ou égale à celle indiquée dans le tableau ci-après.

DENTURES EN DEVELOPPANTE DE CERCLE	B18 1155	65/98
---	-----------------	-------

CLASSE DE LA PIECE	6	7	8	9	10	11
CLASSE DU PIGNON ETALON	4*	5	6	7	7	7

* A prendre suivant les valeurs de la norme ISO 1328.

18.3.PIGNON ETALON POUR VERIFICATION DE L'ECART RADIAL

- Nombre de dents

Il peut être :

- soit égal au nombre de dents du pignon conjugué de la denture à vérifier,
- soit différent tout en conservant au maximum les caractéristiques d'engrènement.

- Entraxe nominal entre la denture à vérifier et le pignon étalon

Il doit figurer sur le plan du pignon étalon.

Il est fonction de :

- caractéristiques du pignon à vérifier,
- caractéristiques du pignon étalon.

- Epaisseur nominale (mini)

La valeur est définie avec une épaisseur de dent minimale du pignon à vérifier pour un engrènement sans jeu tout en conservant au maximum les caractéristiques d'engrènement.

- Diamètre du cercle actif de pied maximal

Il doit garantir le passage du diamètre de tête maximal à vérifier.

- Diamètre du cercle actif de tête

Il doit contrôler au plus près le diamètre actif de pied du pignon conjugué à vérifier.

- Diamètre du cercle de pied (ou diamètre intérieur)

Il doit permettre le passage du diamètre de tête de la denture à vérifier.

- Largeur de denture :

Elle doit être supérieure au moins de 2 mm à celle de la denture à vérifier.

- Tolérances d'exécution :

La qualité d'un pignon étalon doit se situer au moins deux classes en dessous de celle de la roue à vérifier.

CLASSE DE LA PIECE	6	7	8	9	10	11
CLASSE DU PIGNON ETALON	4*	5	6	7	7	7

* A prendre suivant les valeurs de la norme ISO 1328.

19. ETAT DE SURFACE MICROGEOMETRIQUE

19.1. SURFACES CONSIDEREES

Sur les flancs des dentures, 2 zones sont à prendre en compte :

- la zone active des contacts durant l'engrènement,
- la zone de raccordement en pied de dent.

Les fonctions à prendre en compte (voir norme PSA A326110 et RENAULT 01-10-302) sont pour la zone active :

- le frottement de glissement (FG),
- le frottement de roulement (FR),

et pour la zone de raccordement (comprise entre le diamètre actif de pied et le diamètre de pied),

- la résistance aux efforts alternés (EA).

19.2. SENS DE LA MESURE

En règle générale, la mesure doit être effectuée transversalement au sens d'usinage. C'est-à-dire en suivant le sens du profil. Le tableau ci-après image les différents types d'usinage rencontrés pour réaliser les zones actives ou les zones de raccordement des dentures :

Rectification Tête  1	Rectification Tête  1 2*	Rectification en trait croisé Tête  1* 2*
Rectification Tête  1 2*	Meule de forme Tête  1	Fraisage ou ébauche Tête  1 2*
Taillage couteau Brochage Tête  1	Rasage Tête  1 2 3	Super finition Tête  1 2 3

Remarque : Sur pièces phosphatées, la mesure de l'état de surface doit être effectuée dans tous les cas après déphosphatation.

19.3.PARAMETRES DE RUGOSITE

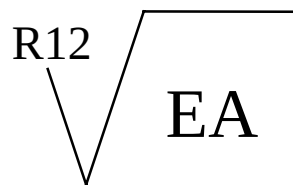
Un ou plusieurs des paramètres de rugosité explicités ci-après doivent être employés pour spécifier la rugosité de surface :

- R, Rmax.
- W .
- Tp (c) La mesure du taux de portance sur les dentures est une mesure de laboratoire.

19.4.INDICATIONS A PORTER AU PLAN

Voir les normes PSA A326110 et RENAULT 01-10-302.

Exemple :



19.5.TOLERANCES

Les tolérances ne sont pas liées à la classe de qualité de la denture.

Les valeurs numériques des critères d'état de surface sont à choisir dans la série normalisée de RENARD.

En fonction du mode de réalisation, on peut conseiller les valeurs suivantes :

taillage	R = 12	Brochage	R = 12
rasage	R = 5		
rectification	R = 2		
rectification + Super finition	R = 1		

Pour d'anciennes fabrications, les correspondances directes entre R, Ra et Rz n'existent pas. Néanmoins, en ce qui concerne les dentures, statistiquement on constate que :

$$R \approx 4 Ra$$

$$R \approx 0.64 Rz$$

DENTURES EN DEVELOPPANTE DE CERCLE	B18 1155	68/98
------------------------------------	----------	-------

20.CRITERES DE CONFORMITE

L'assurance de la conformité globale à la norme d'une pièce est conditionnée par le respect de l'ensemble des critères du premier groupe de caractéristiques données ci-après ou, à défaut, du 2^{ème} groupe.
Toute présentation de relevés statistiques doit être accompagnée des modalités de prélèvement.

Critères de conformité					
1er grou - pe	2èm e grou - pe	CARACTERISTIQUE		CRITERE	
X		Ecart de transmission	Ecart composé tangentiel F'_i		Valeur sur 1 tour
			Saut tangentiel f'_i		Valeur maximale sur 1 tour
X	X	Epaisseur de denture	OU	Ecart tangentiel ou Jeu entre dents	Valeur maximale, étendue
				Cote sur 2 billes	Moyenne de 3 mesures, F_r
				Rayon sous bille	Valeur minimale et valeur maximale, F_r
				Cote sur K dents	Moyenne de 3 mesures, F_r
X	X	Profil et diamètre de pied			Conforme au plan
	X	Hélice	OU	Direction $f_{H\beta}$ Bombé C_β	Valeur maximale, étendue Valeur minimale et valeur maximale
				Ecart total F_β	Ecart individuel maximal
	X	Profil	OU	Direction $f_{H\alpha}$ Bombé C_α	Valeur maximale Valeur minimale et valeur maximale
				Ecart total F_α	Ecart individuel maximal
	X	Division	Ecart cumulé F_p Ecart de pas consécutifs moyen f_{um}		Valeur sur 1 tour Valeur sur 1 tour
					Valeur maximale (denture extérieure) ou minimale (denture intérieure)

DENTURES EN DEVELOPPANTE DE CERCLE	B18 1155	69/98
------------------------------------	----------	-------

21.FORMULES DES TOLERANCES NORMALISEES (POUR LA CLASSE 5)

N°	Critère	Origine	Formule (classe 5)	Raison	Observations
1	$f_{H\alpha}$	ISO DESEVERISE	$c \cdot (2 \sqrt{m_n} + 0,14 \sqrt{d} + 0,5)$ avec $c = 1$ pour $z \geq 18$ et $c = 1 + 0,06 \cdot (18-z)$ pour $z < 18$	$\sqrt{2}$	en expérimentation tableau 1 seulement pour $z < 18$
2a	$f_{C\alpha}$		$1,2 \sqrt{m_n} + 2 - 0,8 \sqrt[3]{m_n}$	$\sqrt{2}$	
3	$f_{f\alpha}$	ISO SEVERISE (0,4 . ISO)	$0,4 \cdot (2,5 \sqrt{m_n} + 0,17 \sqrt{d} + 0,5)$	$\sqrt{2}^*$ et $\sqrt{3}$	en expérimentation
4	F_{α}	ISO	$3,2 \sqrt{m_n} + 0,22 \sqrt{d} + 0,7$	$\sqrt{2}$	
5	$f_{H\beta}$	ISO	$0,07 \sqrt{d} + 0,45 \sqrt{b} + 3$	$\sqrt{2}$	
6	$Wf_{H\beta}$		$f_{H\beta} \cdot \sqrt{2}$	$\sqrt{2}$	
2b	$f_{C\beta}$		$0,15 b + 2$	$\sqrt{1,5}$	
7	$f_{f\beta}$	ISO SEVERISE (0,4 . ISO)	$0,4 \cdot (0,07 \sqrt{d} + 0,45 \sqrt{b} + 3)$	$\sqrt{2}^*$ et $\sqrt{3}$	en expérimentation
8	F_{β}	ISO	$0,1 \sqrt{d} + 0,63 \sqrt{b} + 4,2$	$\sqrt{2}$	
9	Tol Diam	d_a, d_{wa}, d_f	$20m_n + 105$	$\sqrt{2}$	**
10	Tol S_{bn}		$3 f_{pt}$	$\sqrt{2}$	
11	F_r	ISO	$0,24 m_n + \sqrt{d} + 5,6$	$\sqrt{2}$	
12	f_r		$0,8 f_{pt}$	$\sqrt{2}$	
13	f_{pt}	ISO	$0,3 \cdot (m_n + 0,4 \sqrt{d}) + 4$	$\sqrt{2}$	
14	F_{pk}	ISO	$f_{pt} + 1,6 \sqrt{[(k-1) \cdot m_n]}$	$\sqrt{2}$	sans tableau
15	F_p	ISO	$0,3m_n + 1,25 \sqrt{d} + 7$	$\sqrt{2}$	
16	f_{um}		$f_{pt} / 2\sqrt{2}$	$\sqrt{2}$	en expérimentation
17	F'_i	ISO	$F_p + f'_i$	$\sqrt{2}$	
18	f'_i	ISO avec $k = 0,5$	$0,5 \cdot (9 + 0,3m_n + 3,2 \sqrt{m_n} + 0,34 \sqrt{d})$	$\sqrt{2}$	
19	F''_i	ISO	$3,2m_n + 1,01 \sqrt{d} + 6,4$	$\sqrt{2}$	
20	f''_i	ISO	$2,96m_n + 0,01 \sqrt{d} + 0,8$	$\sqrt{2}$	

Les formules permettent d'obtenir une variation continue des écarts. **Elles servent de référence.**

Les valeurs sont arrondies au 1 μm sauf (**) tolérance de diamètre valeurs arrondies à 10 μm .

Comme il est parfois difficile d'appliquer ces formules, des tableaux de valeurs approchées ont été établis à titre **indicatif** (voir annexe 3).

Les tolérances normalisées par l'ISO s'expriment sous la forme de formules fonction du module normal (m_n), du diamètre de référence (d) et de la largeur minimum (minimum de b) de la denture. Etablies pour la qualité 5, les tolérances des autres qualités s'en déduisent par progression géométrique de raison $\sqrt{2}$ sauf (*) où on utilise $\sqrt{2}$ pour les classes 6, 7, 8 et $\sqrt{3}$ pour les classes 9, 10, 11.

Mode d'élaboration des tableaux :

La valeur indiquée pour une plage de modules m_1 à m_2 est calculée sur la base d'un module théorique égal à

$$\sqrt{m_1 m_2}.$$

Pour une plage de diamètres d_1 à d_2 , la valeur théorique utilisée pour le calcul est

$$\sqrt{d_1 d_2}.$$

Pour une plage de largeurs b_1 à b_2 , la valeur théorique utilisée pour le calcul est

$$\sqrt{b_1 b_2}.$$

Pour le calcul des premières plages, les valeurs prises en compte sont $d_{\min} = 5 \text{ mm}$, $m_{\min} = 0.5 \text{ mm}$ et $b_{\min} = 4 \text{ mm}$.

DENTURES EN DEVELOPPANTE DE CERCLE	B18 1155	71/98
---	-----------------	-------

22.ANNEXE 1 PSA

EXPRESSION SUR DOCUMENT (PSA PEUGEOT CITROEN)

Tableau des caractéristiques

Ces caractéristiques sont gérées dans le logiciel ENGEXPAR. En général, ce tableau est placé dans la partie "graphique" du plan.

EXEMPLES			
REPERE		N° REPORT (cf. ci-après)	
ENGRENAGES CYLINDRIQUES : NOM DU FICHIER		-	(1)
COUPLE D'ENGRENEMENT		-	(2)
COUPLE A AXES PARALLELES OU ANGLE DES AXES		-	(3)
ENTRAXE THEORIQUE DE FONCTIONNEMENT		-	(4)
CLASSE DE PRECISION SUIVANT NORME B18 1155 sauf indication contraire			(5)
TYPE DE DENTURE (EXTERIEURE OU INTERIEURE)		-	(6)
NOMBRE DE DENTS		-	(7)
PAS DE BASE NORMAL		-	(8)
ANGLE D'HELICE DE BASE		-	(9)
SENS DE L'HELICE		-	(10)
EPAISSEUR TRANSVERSALE DE BASE MAXI.		-	(11)
EPAISSEUR TRANSVERSALE DE BASE MINI.		-	(12)
DIAMETRE DE TETE (maxi pour extérieure, mini pour intérieure)		-	(13)
DIAMETRE ACTIF DE TETE (maxi pour extérieure, mini pour intérieure)		-	(14)
DIAMETRE ACTIF DE PIED		-	(15)
DIAMETRE DE PIED (mini pour extérieure, maxi pour intérieure)		-	(16)
CARACTERISTIQUES DE TAILLAGE : TYPE		-	(17)
ANGLE DE PRESSION NORMAL DE TAILLAGE		-	(18)
RAYON DE SOMMET OUTIL MIN.		-	(19)
SAILLIE TOTALE EGALE DIV. OU Ø EXT. MAX.		-	(20)
NOMBRE DE DENTS OUTIL PIGNON		-	(21)
EPAISSEUR DE BASE TRANSVERSALE		-	(22)
PROTUBERANCE : ANGLE DE PRESSION/EPAISSEUR MAX.		-	(23)
DIAMETRE DE DEFINITION PROTUBERANCE		-	(24)
CORRECTIONS (en micromètres)		(29)	(39)
PROFIL	ECART DE DIRECTION DE REFERENCE	- (30)	- (40)
	BOMBE MINI	- (31)	- (41)
	POSITION DU BOMBE ET FORME	- (32)	- (42)
HELICE (largeur d'exploitation)	ECART DE DIRECTION DE REFERENCE	- (33)	- (43)
	BOMBE MINI	- (34)	- (44)
	POSITION DU BOMBE ET FORME	- (35)	- (45)
CARACTERISTIQUES COMPLEMENTAIRES à titre indicatif (pour engrenages gauches seulement)			
DIAMETRE DE BASE			
MODULE NORMAL NOMINAL ANGLE PRESSION NORMAL 20°			
ANGLE D'HELICE NOMINAL			
DIAMETRE DE REFERENCE			

DENTURES EN DEVELOPPANTE DE CERCLE	B18 1155	72/98
------------------------------------	----------	-------

DENTURES EN DEVELOPPANTE DE CERCLE	B18 1155	73/98
------------------------------------	----------	-------

UTILISATION DU CARTOUCHE (Voir page précédente)

- 1** Mettre le nom du fichier ENGEXPAR s'il existe.
- 2** Indiquer les nombres de dents séparés par "x". Si le pignon sert à plusieurs engrènements, les préciser tous.
- 3 18 23** Notation des angles : exprimer l'angle en degrés suivi de 4 décimales.
- 3** Laisser " " ou mettre l'angle des axes.
- 4** Indiquer le ou les entraxes correspondants à 2. L'entraxe utilisé est normalement le plus pénalisant pour le calcul du diamètre actif de pied (min. pour une denture extérieure, max. pour une denture intérieure).
- 8** Notation à cinq décimales.
- 9** Exprimer l'angle en degrés suivi de 5 décimales.
- 10** Indiquer droite, gauche ou " " s'il n'y a pas d'hélice.
- 11 12 22** Notation à 3 décimales.
- 13 14 15 16 19 24** Notation à 2 décimales y compris les éventuelles tolérances.
- 15** En cas d'engrènements multiples, mettre le diamètre actif de pied le plus pénalisant (min. pour une denture extérieure, max. pour une denture intérieure).
- 17** Indiquer FM pour un taillage fraise mère ou OP pour un outil pignon.
- 20** Notation à 3 décimales s'il s'agit de saillie, à 2 décimales s'il s'agit de diamètre.
- 23** Notation à 3 décimales pour l'épaisseur.
- 29 et 39** Préciser FT et FR si les flancs tirage et rétro sont précisés au plan ou FD et FG.
- 30 à 35** Corrections du flanc tirage (ou droit).
- 40 à 45** Corrections du flanc rétro (ou gauche).
- 30 31 34 35 40 41 44 45** Notation sans décimale.
- 32 35 42 45** Indiquer un renvoi éventuel à un croquis explicatif.
- Voir exemples ci après.

Calcul du diamètre de base : $d_b = z \cdot p_{bn} / (\pi \cdot \cos \beta_b)$

Autres formules : voir dans la norme.

DENTURES EN DEVELOPPANTE DE CERCLE	B18 1155	75/98
---	-----------------	-------

Exemples :

Exemples					
REPERE		-		-	
ENGRENAGES CYLINDRIQUES : NOM DU FICHIER		A12345B1		B12315C	
COUPLE D'ENGRENEMENT		23 X 45		30 X 55	
COUPLE A AXES PARALLELES OU ANGLE DES AXES		-		-	
ENTRAXE THEORIQUE DE FONCTIONNEMENT		80.000		60.000	
CLASSE DE PRECISION SUIVANT NORME B18 1155 sauf indication contraire		8		8	
TYPE DE DENTURE (EXTERIEURE OU INTERIEURE)		Extérieur		Intérieur	
NOMBRE DE DENTS		23		55	
PAS DE BASE NORMAL		5.00000		6.00000	
ANGLE D'HELICE DE BASE		22.00000		25.00000	
SENS DE L'HELICE		Droite		Gauche	
EPAISSEUR TRANSVERSALE DE BASE MAXI.		3.645		3.645	
EPAISSEUR TRANSVERSALE DE BASE MINI.		3.600		3.600	
DIAMETRE DE TETE (maxi pour extérieure, mini pour intérieure)		85.30		75.00	
DIAMETRE ACTIF DE TETE (maxi pour extérieure, mini pour intérieure)		85.00		75.50	
DIAMETRE ACTIF DE PIED		75.00		80.00	
DIAMETRE DE PIED (mini pour extérieure, maxi pour intérieure)		73.00		82.00	
CARACTERISTIQUES DE TAILLAGE : TYPE		FM		OP	
ANGLE DE PRESSION NORMAL DE TAILLAGE		18.0000		-	
RAYON DE SOMMET OUTIL MIN.		0.60		0.70	
SAILLIE TOTALE EGALE DIV. OU Ø EXT. MAX.		4.000		40.15	
NOMBRE DE DENTS OUTIL PIGNON		-		25	
EPAISSEUR DE BASE TRANSVERSALE		-		4.444	
PROTUBERANCE : ANGLE DE PRESSION/EPAISSEUR MAX.		15.0000/0.02		14.1234/0.05	
DIAMETRE DE DEFINITION PROTUBERANCE		0		0	
		-		38.12	
CORRECTIONS (en micromètres)		FT	FR	FT	FR
PROFIL	ECART DE DIRECTION DE REFERENCE	-5	-5	-10	5
	BOMBE MINI	5	5	0	10
	POSITION DU BOMBE ET FORME	-	-	-	-
HELICE (largeur d'exploitation)	ECART DE DIRECTION DE REFERENCE	-4	8	-5	6
	BOMBE MINI	5	10	10	0
	POSITION DU BOMBE ET FORME	-	-	-	-
CARACTERISTIQUES COMPLEMENTAIRES à titre indicatif (pour engrenages gauches seulement)					
DIAMETRE DE BASE					
MODULE NORMAL NOMINAL ANGLE PRESSION NORMAL 20°					
ANGLE D'HELICE NOMINAL					
DIAMETRE DE REFERENCE					

DENTURES EN DEVELOPPANTE DE CERCLE	B18 1155	76/98
------------------------------------	----------	-------

23.ANNEXE 1 RENAULT

EXPRESSION SUR DOCUMENT (RENAULT)

TABLEAU TAILLAGE ENGRENAGE CYLINDRIQUES			
INDICES	20		
NOMBRE DE DENTS A L'ENGRENAGE	52 x 67		
COUPLE A AXES PARALLELES OU ANGLE DES AXES			
ENTRAXE DE FONCTIONNEMENT	119		
ETUDE NUMERO	2045 * 2 *		
NOMBRE DE DENTS	67		
MODULE NORMAL	1.85		
ANGLE DE PRESSION NORMAL	20 °		
ANGLE D'HELICE DE REFERENCE	25° 28' 32"		
SENS DE L'HELICE	GAUCHE		
Ø PRIMITIF DE REFERENCE	137.30		
DEPLACEMENT DE PROFIL THEORIQUE SANS JEU AU RAYON	-1.73		
DEPLACEMENT DE PROFIL FINITION MAXI AU RAYON	-1.77		
DEPLACEMENT DE PROFIL FINITION MINI AU RAYON	-1.83		
PAS DE BASE NORMAL	5.4614		
ANGLE D'HELICE DE BASE	23° 50' 24"		
Ø DE BASE	127.340		
EPAISSEUR AU Ø PRIMITIF (THEORIQUE SANS JEU)			
EPAISSEUR EFFECTIVE (MAXI: ARBRE MINI: MOYEU)			
EPAISSEUR REELLE AU Ø PRIMITIF (MINI: ARBRE MAXI: MOYEU)			
Ø EXTERIEUR DE TETE	0 138.80 -250		
Ø ACTIF DE TETE MAXI	138.20		
Ø ACTIF DE PIED MAXI	130.00		
Ø DE PIED OU INTERIEUR	127.24		
Ø BILLE DE CONTROLE	4.000		
RAYON SOUS BILLE			
COTE SUR 2 BILLES	-0.08 141.52 -0.21		
ENTRAXE DE VERIFICATION			
QUALITE SUIVANT NORME 01 33 001	7 SAUF :		
CRITERES DE QUALITE DENTURE	Flanc TIRAGE	Flanc RETRO	Classe
ECART DE DIRECTION DE PROFIL : $f_{H\alpha}$	$\mu \pm \mu$	$\mu \pm \mu$	
BOMBE DU PROFIL : C_α	$\mu \pm \mu$	$\mu \pm \mu$	
ECART DE DIRECTION D'HELICE : $f_{H\beta}$	$\mu \pm \mu$	$\mu \pm \mu$	
BOMBE DE L'HELICE : C_β	$\mu \pm \mu$	$\mu \pm \mu$	
ECART TOTAL DE DIVISION : F_p	μ	μ	8
BATTEMENT SIMPLE RADIAL : F_R	μ		8
ECART CONSECUTIF DE PAS : F_u			
VISAS : METHODES TAILLAGE	M. HYVERNAT		
VISAS : BUREAU D'ETUDE	F. VICHI		

24.ANNEXE 1 RENAULT VEHICULES INDUSTRIELS

24.1.1.1.1.EXPRESSION SUR DOCUMENT (RENAULT VEHICULES INDUSTRIELS).

Sur le plan de la pièce des éléments sommaires seront indiqués :

- Le nombre de dents.
- Le numéro de la fiche caractéristique.

24.1.1.1.2.LA FICHE CARACTERISTIQUE.

Elle est établie par le secteur chargé du calcul des engrenages.

Elle est éditée en automatique dans la chaîne de conception des engrenages.

Son support sera conforme aux normes et recommandations en vigueur dans la société.

24.1.1.1.3.SA GESTION.

Elle est identique à celle du plan de la pièce (lancement, mise en documentation, circuit de modification / mise à jour).

25.ANNEXE 2

CLASSES DE PRECISION - EXEMPLES D'APPLICATION

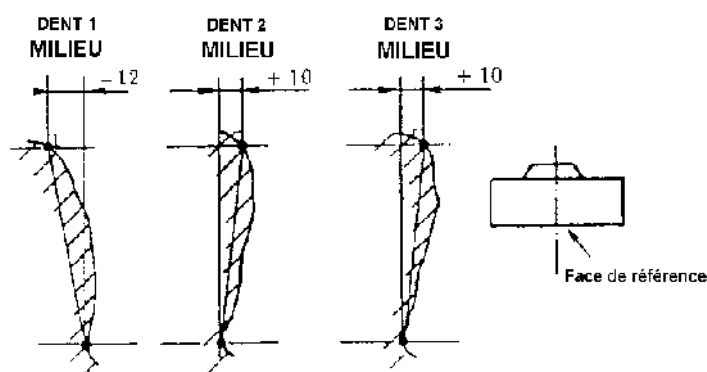
CLASSES DE PRECISION	EXEMPLES DE MODE D'EXECUTION	EXEMPLES D'APPLICATION
< ou = 6	Finition par rectification	- denture de poids lourd - appareillage de grande précision
7	Finition par rectification ou par rasage (shaving)	- mécanique générale machine-outils - denture de M. AV de boîte de vitesses
8	Finition par rasage (shaving) Finition par roulage	- denture de M. AV de boîte de vitesses
9	Finition par rasage Taillage sans reprise de l'ébauche Roulage Brochage Forgeage	- denture M. AR de boîte de vitesses - denture de crabots - pignon de direction - pignon d'arbres à cames - pignon de tachymètre
10	Taillage sans reprise de l'ébauche Forgeage Moulage	- pièce tournante pour laquelle on n'exige pas de qualité acoustique - couronne de démarreur - mécanisme statique

26. ANNEXE 3 : TABLEAUX DES TOLERANCES

Ecart de direction du profil ($f_{H\alpha}$) Tableau 1 pour $z \geq 18$

- Valeur en μm . Rappel : tableau à titre indicatif : la formule fait foi

		CLASSE DE PRECISION						
$\varnothing$ de référence mm	Module mm	5	6	7	8	9	10	11
≤ 20	≤ 2	3	4	6	8	12	17	24
	> 2 et ≤ 3.5	4	6	8	12	17	24	34
> 20	≤ 2	3	5	7	10	13	19	26
	> 2 et ≤ 3.5	5	6	9	13	18	26	36
≤ 50	> 3.5 et ≤ 6	6	8	11	16	22	32	45
> 50	≤ 2	4	5	7	11	15	21	30
	> 2 et ≤ 3.5	5	7	10	14	20	28	40
≤ 125	> 3.5 et ≤ 6	6	9	12	17	24	34	48
	> 6 et ≤ 10	7	10	15	21	29	41	58
> 125	≤ 2	4	6	9	12	18	25	35
	> 2 et ≤ 3.5	6	8	11	16	23	32	45
≤ 280	> 3.5 et ≤ 6	7	9	13	19	27	38	54
	> 6 et ≤ 10	8	11	16	23	32	45	64
> 280	≤ 2	5	7	11	15	21	30	42
	> 2 et ≤ 3.5	7	9	13	18	26	37	52
≤ 560	> 3.5 et ≤ 6	8	11	15	21	30	43	61
	> 6 et ≤ 10	9	13	18	25	35	50	71



Exemple : Diamètre de référence : 40 Module normal : 3 Classe de précision : 8.

	Valeur lue	Spécification (formule)	Valeur du tableau
$f_{H\alpha}$	-12	± 14	± 13

DENTURES EN DEVELOPPANTE DE CERCLE	B18 1155	80/98
------------------------------------	----------	-------

Bombés**Tableau 2****Ecart du bombé de profil fC_{α}**

- Valeur en μm . Rappel : tableau à titre indicatif : la formule fait foi

Module mm	CLASSES DE PRECISION						
	5	6	7	8	9	10	11
≤ 2	2	3	5	7	10	14	19
$> 2 \text{ et } \leq 3.5$	3	4	6	8	11	16	23
$> 3.5 \text{ et } \leq 6$	3	5	6	9	13	18	26
$> 6 \text{ et } \leq 10$	4	5	8	11	15	21	30

Ecart du bombé d'hélice fC_{β}

- Valeur en μm . Rappel : tableau à titre indicatif : la formule fait foi

Largeur de denture mm	CLASSES DE PRECISION						
	5	6	7	8	9	10	11
≤ 10	3	4	4	5	7	8	10
$> 10 \text{ et } \leq 20$	4	5	6	8	9	11	14
$> 20 \text{ et } \leq 40$	6	8	9	11	14	17	21
$> 40 \text{ et } \leq 80$	10	13	16	19	24	29	35
$> 80 \text{ et } \leq 160$	19	23	28	35	43	52	64

Tolérances de position du bombé de profil et du bombé d'hélice

	CLASSES DE PRECISION								
	5	6	7	8	9	10	11		
% de L_{α}	+/- 10				+/- 20				
% de L_{β}	+/- 25								

Exemple : Diamètre de référence : 40 Module normal : 3 Classe de précision : 8 Largeur : 17.

Diamètre actif de tête : 46,00 Diamètre actif de pied : 40,53 2 chanfreins de 0,5 maxi

	Spécification (formule)	Valeur du tableau
fC_{α}	8	8
fC_{β}	8	8

$$L_{\alpha} = 0,92 \cdot (\sqrt{(46,00^2 - 37,59^2)} - \sqrt{(40,53^2 - 37,59^2)}) = 10,45 \text{ mm}$$

Tolérance de position du bombé : +/- 2 mm

$$L_{\beta} = 17 - 1 - 2 \cdot 0,85 = 14,3 \text{ mm}$$

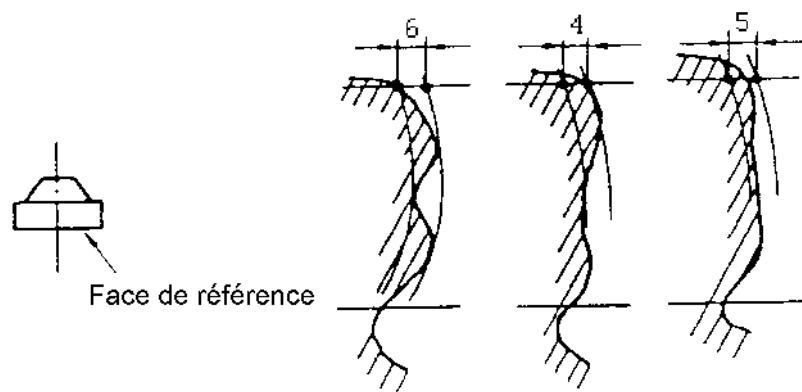
Tolérance de position du bombé : +/- 4 mm

- Ecart de forme de profil ($f_{f\alpha}$)

Tableau 3

- Valeur en μm . Rappel : tableau à titre indicatif : la formule fait foi

		CLASSE DE PRECISION						
$\varnothing$ de référence mm	Module mm	5	6	7	8	9	10	11
≤ 20	≤ 2	1	2	3	4	7	12	21
	> 2 et ≤ 3.5	2	3	4	6	10	17	30
> 20	≤ 2	1	2	3	5	8	13	23
	> 2 et ≤ 3.5	2	3	4	6	11	19	32
≤ 50	> 3.5 et ≤ 6	3	4	6	8	13	23	40
> 50	≤ 2	2	3	4	5	9	15	27
	> 2 et ≤ 3.5	2	3	5	7	12	21	36
≤ 125	> 3.5 et ≤ 6	3	4	6	8	14	25	43
	> 6 et ≤ 10	4	5	7	10	18	30	53
> 125	≤ 2	2	3	4	6	10	18	31
	> 2 et ≤ 3.5	3	4	6	8	14	23	41
≤ 280	> 3.5 et ≤ 6	4	5	7	9	16	28	48
	> 6 et ≤ 10	4	6	8	11	19	33	58
> 280	≤ 2	3	4	5	7	13	22	38
	> 2 et ≤ 3.5	3	4	6	9	16	27	47
≤ 560	> 3.5 et ≤ 6	4	5	7	10	18	31	54
	> 6 et ≤ 10	4	6	9	12	21	37	64

**Exemple :** Diamètre de référence : 40 Module normal : 3 Classe de précision : 8.

	Valeur lue	Spécification (formule)	Valeur du tableau
Ecart individuel maximal	6	7	6

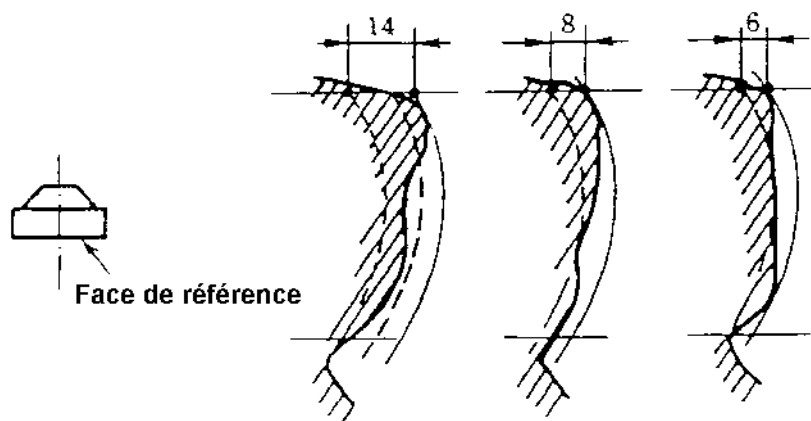
Ecart total de profil (F_{α})

Tableau 4

- Valeur en μm .

Rappel : tableau à titre indicatif : la formule fait foi

		CLASSE DE PRECISION						
$\varnothing$ de référence mm	Module mm	5	6	7	8	9	10	11
≤ 20	≤ 2	5	6	9	13	18	26	37
	> 2 et ≤ 3.5	7	10	13	19	26	37	53
> 20	≤ 2	5	7	10	15	21	29	41
	> 2 et ≤ 3.5	7	10	14	20	29	40	57
≤ 50	> 3.5 et ≤ 6	9	12	18	25	35	50	70
	≤ 2	6	8	12	17	23	33	47
> 50	> 2 et ≤ 3.5	8	11	16	22	31	44	63
	> 3.5 et ≤ 6	10	13	19	27	38	54	76
≤ 125	> 6 et ≤ 10	12	16	23	33	46	65	92
	≤ 2	7	10	14	20	28	39	55
> 125	> 2 et ≤ 3.5	9	13	18	25	36	50	71
	> 3.5 et ≤ 6	11	15	21	30	42	60	84
≤ 280	> 6 et ≤ 10	13	18	25	36	50	71	101
	≤ 2	8	12	17	23	33	47	66
> 280	> 2 et ≤ 3.5	10	15	21	29	41	58	82
	> 3.5 et ≤ 6	12	17	24	34	48	67	95
≤ 560	> 6 et ≤ 10	14	20	28	40	56	79	112

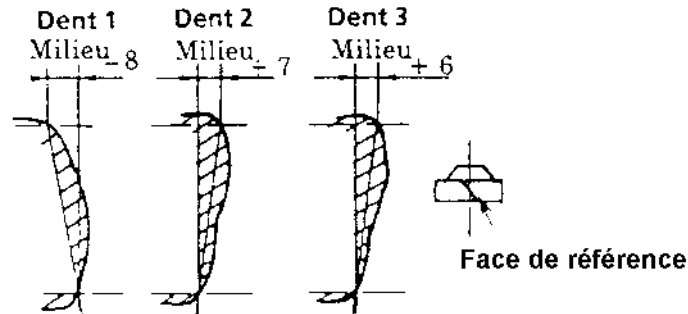
**Exemple :** Diamètre de référence : 40 Module normal : 3 Classe de précision : 8.

	Valeur lue	Spécification (formule)	Valeur du tableau
Ecart individuel maximal	14	22	20

DENTURES EN DEVELOPPANTE DE CERCLE	B18 1155	83/98
---	-----------------	-------

Ecart de direction d'hélice ($f_{H\beta}$)**Tableau 5**- Valeur en μm . Rappel : tableau à titre indicatif : la formule fait foi

		CLASSE DE PRECISION						
$\varnothing$ de référence mm	Largeur de denture mm	5	6	7	8	9	10	11
≤ 20	≤ 10	4	6	9	12	17	25	35
	> 10 et ≤ 20	5	7	10	14	20	28	39
	> 20 et ≤ 40	6	8	11	16	22	32	45
> 20 ≤ 50	≤ 10	5	6	9	13	18	26	36
	> 10 et ≤ 20	5	7	10	14	20	29	41
	> 20 et ≤ 40	6	8	12	16	23	33	46
> 50 ≤ 125	≤ 10	5	7	10	13	19	27	38
	> 10 et ≤ 20	5	8	11	15	21	30	43
	> 20 et ≤ 40	6	9	12	17	24	34	48
	> 40 et ≤ 80	7	10	14	20	28	40	56
> 125 ≤ 280	≤ 10	5	7	10	14	20	29	41
	> 10 et ≤ 20	6	8	11	16	23	32	45
	> 20 et ≤ 40	6	9	13	18	25	36	51
	> 40 et ≤ 80	7	10	15	21	29	42	59
	> 80 et ≤ 160	9	12	17	25	35	49	70
> 280 ≤ 560	> 10 et ≤ 20	6	9	12	17	24	34	49
	> 20 et ≤ 40	7	10	14	19	27	38	54
	> 40 et ≤ 80	8	11	16	22	31	44	62
	> 80 et ≤ 160	9	13	18	26	37	52	73

**Exemple :** Diamètre de référence : 40 Module normal : 3 Classe de précision : 8 Largeur : 17.

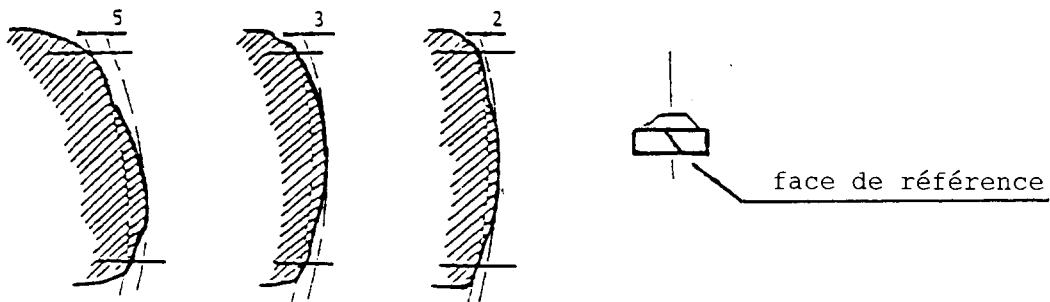
	Valeur lue	Spécification (formule)	Valeur du tableau
Ecart individuel maximal	-8	+/-15	+/-14
Etendue $Wf_{H\beta}$	$ (7) - (-8) = 15$	21	20

- Ecart de forme d'hélice ($f_{f\beta}$)

Tableau 7

- Valeur en μm . Rappel : tableau à titre indicatif : la formule fait foi

		CLASSE DE PRECISION						
$\varnothing$ de référence mm	Largeur de denture mm	5	6	7	8	9	10	11
≤ 20	≤ 10	2	2	3	5	9	15	26
	> 10 et ≤ 20	2	3	4	6	10	17	29
	> 20 et ≤ 40	2	3	4	6	11	19	33
> 20 ≤ 50	≤ 10	2	3	4	5	9	15	27
	> 10 et ≤ 20	2	3	4	6	10	17	30
	> 20 et ≤ 40	2	3	5	7	11	20	34
> 50 ≤ 125	≤ 10	2	3	4	5	9	16	28
	> 10 et ≤ 20	2	3	4	6	10	18	31
	> 20 et ≤ 40	2	3	5	7	12	20	35
	> 40 et ≤ 80	3	4	6	8	14	24	41
> 125 ≤ 280	≤ 10	2	3	4	6	10	17	30
	> 10 et ≤ 20	2	3	5	6	11	19	33
	> 20 et ≤ 40	3	4	5	7	12	22	37
	> 40 et ≤ 80	3	4	6	8	14	25	43
	> 80 et ≤ 160	4	5	7	10	17	30	51
> 280 ≤ 560	> 10 et ≤ 20	2	3	5	7	12	21	36
	> 20 et ≤ 40	3	4	5	8	13	23	40
	> 40 et ≤ 80	3	4	6	9	15	26	46
	> 80 et ≤ 160	4	5	7	10	18	31	54

**Exemple :** Diamètre de référence : 40 Module normal : 3 Classe de précision : 8 Largeur : 17.

	Valeur lue	Spécification (formule)	Valeur du tableau
Ecart individuel maximal	5	6	6

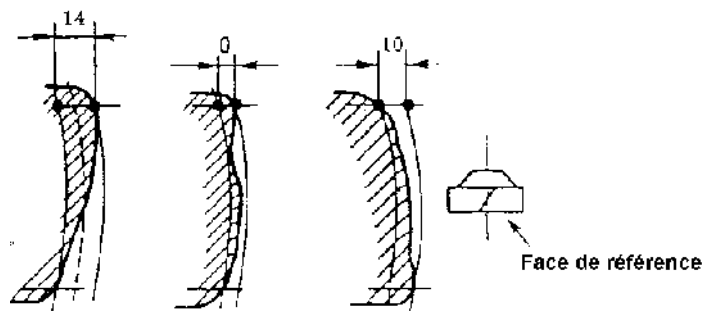
Ecart total d'hélice (F_β)

Tableau 8

- Valeur en μm .

Rappel : tableau à titre indicatif : la formule fait foi

		CLASSE DE PRECISION						
$\varnothing$ de référence mm	Largeur de denture mm	5	6	7	8	9	10	11
≤ 20	≤ 10	6	9	12	17	24	35	49
	> 10 et ≤ 20	7	10	14	19	28	39	55
	> 20 et ≤ 40	8	11	16	22	31	45	63
> 20 ≤ 50	≤ 10	6	9	13	18	25	36	51
	> 10 et ≤ 20	7	10	14	20	29	40	57
	> 20 et ≤ 40	8	11	16	23	32	46	65
> 50 ≤ 125	≤ 10	7	9	13	19	27	38	53
	> 10 et ≤ 20	7	11	15	21	30	42	60
	> 20 et ≤ 40	8	12	17	24	34	48	68
	> 40 et ≤ 80	10	14	20	28	39	56	79
> 125 ≤ 280	≤ 10	7	10	14	20	29	40	57
	> 10 et ≤ 20	8	11	16	22	32	45	63
	> 20 et ≤ 40	9	13	18	25	36	50	71
	> 40 et ≤ 80	10	15	21	29	41	58	82
	> 80 et ≤ 160	12	17	25	35	49	69	98
> 280 ≤ 560	> 10 et ≤ 20	9	12	17	24	34	48	68
	> 20 et ≤ 40	10	13	19	27	38	54	76
	> 40 et ≤ 80	11	15	22	31	44	62	87
	> 80 et ≤ 160	13	18	26	36	52	73	103

**Exemple :** Diamètre de référence : 40. Module normal : 3 Classe de précision : 8 Largeur : 17.

	Valeur lue	Spécification (formule)	Valeur du tableau
Ecart individuel maximal	14	21	20

DENTURES EN DEVELOPPANTE DE CERCLE	B18 1155	86/98
---	-----------------	-------

TOLERANCE **Tableau 9**
SUR LE DIAMETRE DE TETE (d_a)
SUR LE DIAMETRE ACTIF DE TÊTE (d_{wa})
SUR LE DIAMETRE DE PIED (d_f)

- Valeur en μm . Rappel : tableau à titre indicatif : la formule fait foi

	CLASSE DE PRECISION						
Module mm	5	6	7	8	9	10	11
≤ 2	130	180	250	350	500	710	1000
$> 2 \text{ et } \leq 3.5$	160	220	320	450	630	890	1260
$> 3.5 \text{ et } \leq 6$	200	280	390	560	790	1110	1570
$> 6 \text{ et } \leq 10$	260	370	520	740	1040	1470	2080

Exemple : Diamètre de référence : 40 Module normal : 3 Classe de précision : 8 Denture extérieure.

	Spécification (formule)	Valeur du tableau
Tolérance du diamètre de tête	0 / - 0.470	0 / - 0.450
Tolérance du diamètre actif de tête	0 / - 0.470	0 / - 0.450
Tolérance du diamètre de pied	0 / + 0.470	0 / + 0.450

DENTURES EN DEVELOPPANTE DE CERCLE	B18 1155	87/98
---	-----------------	-------

Tolérance d'épaisseur de base normale (S_{bn}) Tableau 10

- Valeur en μm . Rappel : tableau à titre indicatif : la formule fait foi

		CLASSE DE PRECISION						
$\varnothing$ de référence mm	Module mm	5	6	7	8	9	10	11
≤ 20	≤ 2	14	20	28	40	56	79	112
	$> 2 \text{ et } \leq 3.5$	16	22	31	44	62	88	124
> 20	≤ 2	15	21	30	42	60	84	119
	$> 2 \text{ et } \leq 3.5$	16	23	33	46	66	93	131
≤ 50	$> 3.5 \text{ et } \leq 6$	18	26	36	51	73	103	145
	≤ 2	16	23	32	46	64	91	129
> 50	$> 2 \text{ et } \leq 3.5$	18	25	35	50	70	99	141
	$> 3.5 \text{ et } \leq 6$	19	27	39	55	77	109	155
≤ 125	$> 6 \text{ et } \leq 10$	22	31	44	63	89	125	177
	≤ 2	18	25	36	50	71	101	143
> 125	$> 2 \text{ et } \leq 3.5$	19	27	39	55	77	109	154
	$> 3.5 \text{ et } \leq 6$	21	30	42	60	84	119	168
≤ 280	$> 6 \text{ et } \leq 10$	24	34	48	68	96	135	191
	≤ 2	20	28	40	57	80	114	161
> 280	$> 2 \text{ et } \leq 3.5$	22	30	43	61	86	122	172
	$> 3.5 \text{ et } \leq 6$	23	33	47	66	93	132	186
≤ 560	$> 6 \text{ et } \leq 10$	26	37	52	74	105	148	209

Exemple : Diamètre de référence : 40 Module normal : 3 Classe de précision : 8.

	Spécification (formule)	Valeur du tableau
Tolérance d'épaisseur de base	48	46

DENTURES EN DEVELOPPANTE DE CERCLE	B18 1155	88/98
---	-----------------	-------

Tolérance de battement simple radial à la bille (F_r) Tableau 11

- Valeur en μm . Rappel : tableau à titre indicatif : la formule fait foi

		CLASSE DE PRECISION						
$\varnothing$ de référence mm	Module mm	5	6	7	8	9	10	11
≤ 20	≤ 2	9	13	18	25	36	51	72
	> 2 et ≤ 3.5	9	13	19	27	38	53	75
> 20	≤ 2	11	16	23	32	46	65	92
	> 2 et ≤ 3.5	12	17	24	34	47	67	95
≤ 50	> 3.5 et ≤ 6	12	17	25	35	49	70	99
	≤ 2	15	21	29	42	59	83	118
> 50	> 2 et ≤ 3.5	15	21	30	43	61	86	121
	> 3.5 et ≤ 6	16	22	31	44	62	88	125
≤ 125	> 6 et ≤ 10	16	23	33	46	65	92	131
	≤ 2	20	28	39	55	78	110	156
> 125	> 2 et ≤ 3.5	20	28	40	56	80	113	159
	> 3.5 et ≤ 6	20	29	41	58	82	115	163
≤ 280	> 6 et ≤ 10	21	30	42	60	85	120	169
	≤ 2	26	36	51	73	103	146	206
> 280	> 2 et ≤ 3.5	26	37	52	74	105	148	209
	> 3.5 et ≤ 6	27	38	53	75	106	150	213
≤ 560	> 6 et ≤ 10	27	39	55	77	109	155	219

Exemple : Diamètre de référence : 40 Module normal : 3 Classe de précision : 8.

- Valeurs relevées par creux de dent

N° CREUX	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
	0	+6	+11	+12	+20	+17	+13	+10	+2	-6	-10	-7	-6

- Le battement est $| (+20) - (-10) | = 30 \mu\text{m}$

	Valeur lue	Spécification (formule)	Valeur du tableau
F_r	30	36	34

Tolérance du saut de dent à la bille (f_r)

Tableau 12

- Valeur en μm .

Rappel : tableau à titre indicatif : la formule fait foi

		CLASSE DE PRECISION						
$\varnothing$ de référence mm	Module mm	5	6	7	8	9	10	11
≤ 20	≤ 2	4	5	7	11	15	21	30
	> 2 et ≤ 3.5	4	6	8	12	17	23	33
> 20	≤ 2	4	6	8	11	16	23	32
	> 2 et ≤ 3.5	4	6	9	12	17	25	35
≤ 50	> 3.5 et ≤ 6	5	7	10	14	19	27	39
	≤ 2	4	6	9	12	17	24	34
> 50	> 2 et ≤ 3.5	5	7	9	13	19	27	38
	> 3.5 et ≤ 6	5	7	10	15	21	29	41
≤ 125	> 6 et ≤ 10	6	8	12	17	24	33	47
	≤ 2	5	7	10	13	19	27	38
> 125	> 2 et ≤ 3.5	5	7	10	15	21	29	41
	> 3.5 et ≤ 6	6	8	11	16	22	32	45
≤ 280	> 6 et ≤ 10	6	9	13	18	25	36	51
	≤ 2	5	8	11	15	21	30	43
> 280	> 2 et ≤ 3.5	6	8	11	16	23	33	46
	> 3.5 et ≤ 6	6	9	12	18	25	35	50
≤ 560	> 6 et ≤ 10	7	10	14	20	28	39	56
	≤ 2	5	8	11	15	21	30	43

Exemple : Diamètre de référence : 40 Module normal : 3 Classe de précision : 8.

- Valeurs relevées par creux de dent

N° CREUX	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	1
	0	+6	+11	+12	+20	+17	+13	+10	+2	-6	-10	-7	-6	0
$ f_r $		6	5	1	8	3	4	3	8	8	4	3	1	6

	Valeur lue	Spécification (formule)	Valeur du tableau
$ f_r _{\text{max}}$	8	13	12

DENTURES EN DEVELOPPANTE DE CERCLE	B18 1155	90/98
---	-----------------	-------

Tolérance sur l'écart de pas transversal (f_{pt}) Tableau 13

- Valeur en μm . Rappel : tableau à titre indicatif : la formule fait foi

		CLASSE DE PRECISION						
$\varnothing$ de référence mm	Module mm	5	6	7	8	9	10	11
≤ 20	≤ 2	5	7	9	13	19	26	37
	> 2 et ≤ 3.5	5	7	10	15	21	29	41
> 20	≤ 2	5	7	10	14	20	28	40
	> 2 et ≤ 3.5	5	8	11	15	22	31	44
≤ 50	> 3.5 et ≤ 6	6	9	12	17	24	34	48
	≤ 2	5	8	11	15	21	30	43
> 50	> 2 et ≤ 3.5	6	8	12	17	23	33	47
	> 3.5 et ≤ 6	6	9	13	18	26	36	51
≤ 125	> 6 et ≤ 10	7	10	15	21	30	42	59
	≤ 2	6	9	12	17	24	34	48
> 125	> 2 et ≤ 3.5	7	9	13	18	26	36	52
	> 3.5 et ≤ 6	7	10	14	20	28	40	56
≤ 280	> 6 et ≤ 10	8	11	16	23	32	45	64
	≤ 2	7	9	13	19	27	38	54
> 280	> 2 et ≤ 3.5	7	10	14	20	29	41	57
	> 3.5 et ≤ 6	8	11	16	22	31	44	62
≤ 560	> 6 et ≤ 10	9	12	17	25	35	49	70

Exemple : Diamètre de référence : 40 Module normal : 3 Classe de précision : 8.

- Valeurs relevées à chaque creux de dent sur le diamètre de mesure 41,40

N° CREUX	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	1
	0	10,0 07	10,0 04	10,0 12	10,0 10	10,0 05	10,0 07	10,0 09	10,0 04	10,0 02	10,0 01	10,0 02	10,0 00	10,00 2
Moyenn e des pas mesuré s	10,005													
f_{pt}		+2	-1	+7	+5	0	+2	+4	-1	-3	-4	-3	-5	-3

	Valeur lue	Spécification (formule)	Valeur du tableau
$ f_{pt} _{\text{max}}$	7	16	15

DENTURES EN DEVELOPPANTE DE CERCLE	B18 1155	91/98
---	-----------------	-------

Tolérance sur l'écart cumulé total de pas (F_p) Tableau 15

- Valeur en μm . Rappel : tableau à titre indicatif : la formule fait foi

		CLASSE DE PRECISION						
$\varnothing$ de référence mm	Module mm	5	6	7	8	9	10	11
≤ 20	≤ 2	11	16	23	32	45	64	90
	> 2 et ≤ 3.5	12	17	23	33	47	66	94
> 20	≤ 2	14	20	29	41	57	81	115
	> 2 et ≤ 3.5	15	21	30	42	59	84	119
≤ 50	> 3.5 et ≤ 6	15	22	31	44	62	87	123
	≤ 2	18	26	37	52	74	104	147
> 50	> 2 et ≤ 3.5	19	27	38	53	76	107	151
	> 3.5 et ≤ 6	19	28	39	55	78	110	156
≤ 125	> 6 et ≤ 10	20	29	41	58	82	116	164
	≤ 2	24	35	49	69	98	138	195
> 125	> 2 et ≤ 3.5	25	35	50	70	100	141	199
	> 3.5 et ≤ 6	25	36	51	72	102	144	204
≤ 280	> 6 et ≤ 10	26	37	53	75	106	149	211
	≤ 2	32	46	64	91	129	182	257
> 280	> 2 et ≤ 3.5	33	46	65	92	131	185	261
	> 3.5 et ≤ 6	33	47	66	94	133	188	266
≤ 560	> 6 et ≤ 10	34	48	68	97	137	193	274

Exemple : Diamètre de référence : 40 Module normal : 3 Classe de précision : 8.

- Valeurs relevées à chaque creux de dent sur le diamètre de mesure 31,40.

N° CREUX k	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	1
	0	10,0 07	10,0 04	10,0 12	10,0 10	10,0 05	10,0 07	10,0 09	10,0 04	10,0 02	10,0 01	10,0 02	10,0 00	10,00 2
Moyenne des pas mesurés	10,005													
f_{pt}		+2	-1	+7	+5	0	+2	+4	-1	-3	-4	-3	-5	-3
F_{pk}		+2	+1	+8	+13	+13	+15	+19	+18	+15	+11	+8	+3	0

	Valeur lue	Spécification (formule)	Valeur du tableau
F_p	19	45	42

DENTURES EN DEVELOPPANTE DE CERCLE	B18 1155	92/98
---	-----------------	-------

Tolérance de l'écart de pas consécutifs moyen (f_{um}) Tableau 16

- Valeur en μm . Rappel : tableau à titre indicatif : la formule fait foi

		CLASSE DE PRECISION						
$\varnothing$ de référence mm	Module mm	5	6	7	8	9	10	11
≤ 20	≤ 2	2	2	3	5	7	9	13
	$> 2 \text{ et } \leq 3.5$	2	3	4	5	7	10	15
> 20	≤ 2	2	2	4	5	7	10	14
	$> 2 \text{ et } \leq 3.5$	2	3	4	5	8	11	15
≤ 50	$> 3.5 \text{ et } \leq 6$	2	3	4	6	9	12	17
	≤ 2	2	3	4	5	8	11	15
> 50	$> 2 \text{ et } \leq 3.5$	2	3	4	6	8	12	17
	$> 3.5 \text{ et } \leq 6$	2	3	5	6	9	13	18
≤ 125	$> 6 \text{ et } \leq 10$	3	4	5	7	10	15	21
	≤ 2	2	3	4	6	8	12	17
> 125	$> 2 \text{ et } \leq 3.5$	2	3	5	6	9	13	18
	$> 3.5 \text{ et } \leq 6$	2	4	5	7	10	14	20
≤ 280	$> 6 \text{ et } \leq 10$	3	4	6	8	11	16	23
	≤ 2	2	3	5	7	9	13	19
> 280	$> 2 \text{ et } \leq 3.5$	3	4	5	7	10	14	20
	$> 3.5 \text{ et } \leq 6$	3	4	5	8	11	16	22
≤ 560	$> 6 \text{ et } \leq 10$	3	4	6	9	12	17	25

Exemple : Diamètre de référence : 40 Module normal : 3 Classe de précision : 8.

- Valeurs relevées à chaque creux de dent sur le diamètre de mesure 31,40

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	1
	10,00	10,00	10,01	10,01	10,00	10,00	10,00	10,00	10,00	10,00	10,00	10,00	10,00
	7	4	2	0	5	7	9	4	2	1	2	0	2

- Valeur absolue des écarts entre deux pas.

$ f_{ui} $	3	8	2	5	2	2	5	2	1	1	2	2	5
------------	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---

$$f_{um} = \frac{1}{Z} \sum_{i=1}^{i=Z} |(f_{ui})_i| = \frac{1}{13} \cdot 40 = 3,08 \mu\text{m}$$

	Valeur lue	Spécification (formule)	Valeur du tableau
f_{um}	3	8	5

DENTURES EN DEVELOPPANTE DE CERCLE	B18 1155	93/98
---	-----------------	-------

Ecart composé tangentiel (F'_i)**Tableau 17**

- Valeur en μm . Rappel : tableau à titre indicatif : la formule fait foi

		CLASSE DE PRECISION						
$\varnothing$ de référence mm	Module mm	5	6	7	8	9	10	11
≤ 20	≤ 2	18	26	36	51	72	102	144
	> 2 et ≤ 3.5	20	28	40	56	79	112	158
> 20	≤ 2	22	30	43	61	86	122	172
	> 2 et ≤ 3.5	23	33	47	66	93	132	186
≤ 50	> 3.5 et ≤ 6	25	35	50	71	100	141	200
	≤ 2	26	37	52	74	105	148	209
> 50	> 2 et ≤ 3.5	28	39	56	79	112	158	223
	> 3.5 et ≤ 6	30	42	59	84	118	168	237
≤ 125	> 6 et ≤ 10	32	45	64	91	128	181	257
	≤ 2	33	47	66	93	132	187	264
> 125	> 2 et ≤ 3.5	35	49	69	98	139	196	278
	> 3.5 et ≤ 6	36	51	73	103	146	206	291
≤ 280	> 6 et ≤ 10	39	55	78	110	155	220	311
	≤ 2	42	59	84	118	167	236	334
> 280	> 2 et ≤ 3.5	44	62	87	123	174	246	348
	> 3.5 et ≤ 6	45	64	90	128	181	256	362
≤ 560	> 6 et ≤ 10	48	67	95	135	191	270	382

Exemple : Diamètre de référence : 40 Module normal : 3 Classe de précision : 8.

- Valeurs relevées à chaque creux de dent.

N° CREUX	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
	0	+9	+16	+20	+25	+17	+15	+13	+5	-8	-15	-10	-7

- L'écart composé tangentiel est :

	Valeur lue	Spécification (formule)	Valeur du tableau
F'_i	40	70	66

DENTURES EN DEVELOPPANTE DE CERCLE	B18 1155	94/98
---	-----------------	-------

Saut tangentiel (f'_i)**Tableau 18**- Valeur en μm .

Rappel : tableau à titre indicatif : la formule fait foi

		CLASSE DE PRECISION						
$\varnothing$ de référence mm	Module mm	5	6	7	8	9	10	11
≤ 20	≤ 2	7	10	14	19	27	39	54
	> 2 et ≤ 3.5	8	11	16	23	32	45	64
> 20	≤ 2	7	10	14	20	29	41	58
	> 2 et ≤ 3.5	8	12	17	24	34	48	68
≤ 50	> 3.5 et ≤ 6	10	14	19	27	38	54	77
	≤ 2	8	11	16	22	31	44	62
> 50	> 2 et ≤ 3.5	9	13	18	25	36	51	72
	> 3.5 et ≤ 6	10	14	20	29	40	57	81
≤ 125	> 6 et ≤ 10	12	16	23	33	47	66	93
	≤ 2	9	12	17	24	34	49	68
> 125	> 2 et ≤ 3.5	10	14	20	28	39	56	79
	> 3.5 et ≤ 6	11	15	22	31	44	62	88
≤ 280	> 6 et ≤ 10	12	18	25	35	50	70	100
	≤ 2	10	14	19	27	39	54	77
> 280	> 2 et ≤ 3.5	11	15	22	31	44	62	87
	> 3.5 et ≤ 6	12	17	24	34	48	68	96
≤ 560	> 6 et ≤ 10	13	19	27	38	54	76	108

Exemple : Diamètre de référence : 40 Module normal : 3 Classe de précision : 8.

- Valeurs relevées à chaque creux de dent.

N° CREUX	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	1
	0	+9	+16	+20	+25	+17	+15	+13	+5	-8	-15	-10	-7	0
$ f'_i $		9	7	4	5	8	2	2	8	13	7	5	3	7

	Valeur lue	Spécification (formule)	Valeur du tableau
$ f'_i _{\text{max}}$	13	25	24

DENTURES EN DEVELOPPANTE DE CERCLE	B18 1155	95/98
---	-----------------	-------

Ecart composé radial (F''_i)**Tableau 19**- Valeur en μm .

Rappel : tableau à titre indicatif : la formule fait foi

		CLASSE DE PRECISION						
$\varnothing$ de référence mm	Module mm	5	6	7	8	9	10	11
≤ 20	≤ 2	13	18	26	36	51	72	102
	> 2 et ≤ 3.5	18	26	36	51	72	102	144
> 20	≤ 2	15	22	31	43	61	86	122
	> 2 et ≤ 3.5	21	29	41	58	82	116	164
≤ 50	> 3.5 et ≤ 6	27	38	53	76	107	151	214
	≤ 2	19	26	37	53	74	105	149
> 50	> 2 et ≤ 3.5	24	34	48	67	95	135	191
	> 3.5 et ≤ 6	30	42	60	85	120	170	240
≤ 125	> 6 et ≤ 10	40	57	80	114	161	227	321
	≤ 2	23	33	47	66	94	132	187
> 125	> 2 et ≤ 3.5	29	41	57	81	115	162	229
	> 3.5 et ≤ 6	35	49	70	99	140	197	279
≤ 280	> 6 et ≤ 10	45	64	90	127	180	255	360
	≤ 2	30	42	59	84	119	168	238
> 280	> 2 et ≤ 3.5	35	49	70	99	140	198	280
	> 3.5 et ≤ 6	41	58	82	116	165	233	329
≤ 560	> 6 et ≤ 10	51	73	103	145	205	290	410

Exemple : Diamètre de référence : 40 Module normal : 3 Classe de précision : 8.

- Valeurs relevées à chaque creux de dent.

N° CREUX	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
	0	+7	+13	+15	+23	+18	+13	+11	+4	-7	-12	-8	-6

	Valeur lue	Spécification (formule)	Valeur du tableau
F''_i	35	63	58

Saut radial (f''_i)

Tableau 20

- Valeur en μm .

Rappel : tableau à titre indicatif : la formule fait foi

		CLASSE DE PRECISION						
$\varnothing$ de référence mm	Module mm	5	6	7	8	9	10	11
≤ 20	≤ 2	4	5	8	11	15	21	30
	> 2 et ≤ 3.5	9	12	17	25	35	49	69
> 20	≤ 2	4	5	8	11	15	22	31
	> 2 et ≤ 3.5	9	12	17	25	35	49	70
≤ 50	> 3.5 et ≤ 6	14	20	29	41	58	82	115
	≤ 2	4	5	8	11	15	22	31
> 50	≤ 2	4	5	8	11	15	22	31
	> 2 et ≤ 3.5	9	12	17	25	35	49	70
≤ 125	> 3.5 et ≤ 6	14	20	29	41	58	82	116
	> 6 et ≤ 10	24	34	48	67	95	135	191
> 125	≤ 2	4	6	8	11	16	22	31
	> 2 et ≤ 3.5	9	12	18	25	35	50	70
≤ 280	> 3.5 et ≤ 6	15	21	29	41	58	82	116
	> 6 et ≤ 10	24	34	48	67	95	135	191
> 280	≤ 2	4	6	8	11	16	22	32
	> 2 et ≤ 3.5	9	12	18	25	35	50	71
≤ 560	> 3.5 et ≤ 6	15	21	29	41	58	82	117
	> 6 et ≤ 10	24	34	48	68	96	135	191

Exemple : Diamètre de référence : 40 Module normal : 3 Classe de précision : 8.

- Valeurs relevées à chaque creux de dent.

N° CREUX	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	1
	0	+7	+13	+15	+23	+18	+13	+11	+4	-7	-12	-8	-6	0
$ f''_i $		7	6	2	8	5	5	2	7	11	5	4	2	6

	Valeur lue	Spécification (formule)	Valeur du tableau
$ f''_i _{\text{max}}$	11	28	25

27.ANNEXE 4

27.1.JEU ENTRE DENTS

Jeu réel normal minimal recommandé (par couple) en μm .

Denture automobile

MODULE mm	CLASSES			
	5 - 6	7 - 8	9 -10	11
$\leq 3,5$	10	40	60	100

Denture de véhicule industriel

m_n mm	1,5 - 2,5	2,5 - 3,5	3,5 - 4,5	4,5 - 5,5	5,5 - 6,5	6,5 - 7,5	7,5 - 8,5	8,5 - 9,5	9,5 - 10,5	10,5 - 11,5	11,5 - 12,5
jo en μm	50	70	90	110	130	150	170	190	210	230	250

27.2.BOMBE

Valeurs minimales conseillées en l'absence d'autres éléments :

$$C_\alpha = m_n + 0,5$$

$$C_\beta = 0,025 b$$

Indépendant des classes.

Pour classe 5

raison $\sqrt{2}$

28.HISTORIQUE ET DOCUMENT CITES

28.1.HISTORIQUE

28.1.1.CREATION

- OR: 01/02/1983 - CREATION DE LA NORME

28.1.2.OBJET DE LA MODIFICATION

- A: 01/12/1992 - REFONTE COMPLETE DE LA NORME.
- B: 17/04/1996 - REFONTE COMMUNE PSA - RENAULT

28.2.DOCUMENTS CITES

28.2.1.DOCUMENTS PSA

28.2.1.1.Normes

A326110.

28.2.1.2.Autres

28.2.2.DOCUMENTS EXTERIEURS

DEXISO1122-1 DEXISO1328 DEXISO701 DEXNFE02-204 DEXNFE22-381

28.3.EQUIVALENT A :

28.4.CONFORME A :

28.5.MOTS CLEFS

CERCLE, DEFINITION, DENTURE, DEVELOPPANTE, ENGRENAGE, VERIFICATION