

Ecole Polytechnique de Thies

Département : Mécanique

PROJET
DE
FIN D'ETUDES

Gm. 0608

Titre : CONCEPTION ASSISTEE
PAR ORDINATEUR DES
ENGRENAGES

Auteur : SERIGNE AMADOU GAYE

Directeur : Y. A. YOUSSEF
professeur à l'E.P.T

REMERCIEMENTS

- Je tiens tout d'abord à exprimer ma profonde gratitude à Monsieur Youssef A. Youssef, professeur d'Éléments de machines et de mécanismes à l'École Polytechnique de Thès, qui m'a brillamment initié au calcul d'engrenages. Sa disponibilité entière, ses conseils précieux ont grandement contribué à la réalisation de ce projet.
- Mes remerciements vont aussi au personnel du Centre de Calcul pour leurs riches suggestions et leur aide matérielle spontanée.
- Je remercie aussi, Monsieur Roger Martin, qui a bien voulu mettre à ma disposition son programme d'ordinateur sur les techniques de lissage numérique.

SOMMAIRE

Le logiciel Conception Assistée par Ordinateur des engrenages droits et hélicoïdaux est une première tentative d'implantation sur ordinateur d'une partie du cours d'éléments de machines dispensée à l'École.

Il s'adresse donc en priorité aux élèves ingénieurs qui s'initient au calcul d'organes de machines.

Abondamment commenté et offrant une certaine souplesse d'emploi, il permet à partir des algorithmes de calcul de l'AGMA, d'entreprendre la résolution de deux problèmes classiques d'ingénierie : Conception et Vérification.

Dans le cas de la conception l'ordinateur n'optimise pas le calcul mais se limite à guider efficacement l'utilisateur aussi bien dans l'introduction des données initiales que dans l'interprétation et la correction des résultats finaux.

L'usage du logiciel procède donc par une méthode de TRIAL AND ERROR réfléchi qui offre l'avantage d'être très instructive.

La mise au point fastidieuse de ce long programme ne nous ayant pas permis de mener complètement l'indispensable campagne intensive de Tests et d'Essais, il reste que les résultats obtenus par ce programme demandent encore une plus stricte confirmation.

TABLE DES MATIÈRES

	Page
Remerciements	i
Sommaire	ii
Chapitre I : Introduction	1
Chapitre II : ANALYSE	3
Méthode d'approche	3
Activités principales	3
Analyse détaillée des	
1 principales activités	4
1. Exposé de la	
méthode de Calcul	4
1.1 Choix de la norme	5
1.2 Formulation de la	
méthode de calcul	6
1.2.1 Mécanique de	
l'engrenage	7
1.2.2 Géométrie de	
l'engrenage	33
2. Structure du programme	34
2.1. Vue d'ensemble	34
2.2. Organigramme	35
2.3. Mode D'EMPLOI	36
2.4. Listing.	36

TABLE DES MATIÈRES (suite)

	Page
Organigrammes	37
Conclusion	48
References	

CHAPITRE I : INTRODUCTION

Avant Propos

L'engrenage constitue à la fois une des techniques les plus anciennes et les plus avancées de la mécanique industrielle.

L'engrenage édifie par la somme colossale des travaux qui lui ont été consacrés, et continue à susciter la créativité des ingénieurs spécialistes.

Faisant appel aux raffinements les plus poussés de la cinématique et de la dynamique, de la science et de la résistance des matériaux, de l'usinage et du contrôle, il est une technologie qui continue de prospérer, donc de poser des problèmes.

Son design qui exige une étude soignée et une réalisation méticuleuse doit obéir aux contraintes de capacité de service, durée de vie, économie.

Objectifs du travail.

Les objectifs de ce travail se rapprochent plus de l'écriture d'un cours assisté par ordinateur que d'un logiciel pour bureaux d'études.

Son but principal est de donner à l'étève ingénieur les "réflexes" qui mènent à un calcul soigné des

engrenages

Il doit permettre à l'utilisateur de résoudre trois types de problèmes :

- Concevoir un train d'engrenages pour une application donnée
- Vérifier l'adéquation d'un train d'engrenages pour un service donné
- Déterminer les causes les plus probables de défaillance d'engrenages.

La réalisation du programme doit tenir en compte d'un certain nombre de contraintes qui sont :

- Une forme interactive qui facilite le dialogue de l'utilisateur avec l'ordinateur
- Une grande souplesse d'utilisation.
- Une configuration modulaire : emboîtement de sous programmes spécialisés qui favorise le développement futur du programme.

CHAPITRE II : ANALYSE

MÉTHODE D'APPROCHE

L'analyse constitue la phase charnière de la conception d'un programme d'ordinateur.

Elle a pour objet de fixer un canevas précis de résolution du problème posé.

Par une investigation détaillée et organisée, elle doit permettre de circonscrire dans ses justes limites le travail à effectuer : juger de son étendue, anticiper sur les difficultés que sa réalisation soulève, ébaucher les grandes lignes des solutions qui seront apportées.

L'analyse détermine donc en grande partie la qualité de la solution finale.

Pour mener au mieux cette étape décisive, nous avons procédé par une méthode interrogative s'articulant autour de deux éléments :

- Rechercher les activités principales nécessaires à la complétion du projet,
- et pour chacune de ces activités, procéder à un examen systématique et critique en répondant à une série de questions opportunes.

Les réponses apportées appelant éventuellement une nouvelle interrogation, cette démarche aboutit progressivement à une résolution exhaustive du problème.

LES ACTIVITÉS PRINCIPALES

La détermination des activités principales a été effectuée

en suivant le processus classique de la programmation qui se déroule en cinq phases essentielles :

- définition du problème
- élaboration de la solution
- codage du programme
- vérification et mise au point du programme
- documentation d'exploitation du programme

L'application de ce modèle à cette présente étude a permis d'organiser le projet autour de quatre activités directrices, qui sont :

- 1 - L'étude des méthodes et des formules de calcul
- 2 - L'Etude de la structure du programme: agencement des sous programmes et organisation des données
- 3 - Ecriture du programme : connaissance du BASIC MICROMEGA, codage et rédaction de la documentation.
- 4 - Essais : tests et résolution de problèmes pratiques.

La pondération de chacun de ces items en regard de l'étendue des tâches qu'il implique et de son degré d'interdépendance avec les autres a déterminé notre emploi du temps de travail.

ANALYSE DÉTAILLÉE DES PRINCIPALES ACTIVITÉS

1. Exposé de la méthode de Calcul.

[NOTA :

Un énoncé complet et rigoureux des principes théoriques de la

délicate technique de l'engrenage sort du cadre et des objectifs de ce travail.

Comme ce logiciel s'adresse aux mécaniciens qui entament leurs premières expériences de design d'engrenages, nous avons jugé plus utile, et moins périlleux de limiter l'exposé des méthodes de calcul à l'essentiel des connaissances théoriques et pratiques qui président à un dimensionnement poigné des roues dentées.]]

1.1 CHOIX DE LA NORME DE REFERENCE : AFNOR OU AGMA ?

L'institut international ISO s'emploie énergiquement, et avec bonheur à édicter des règles pour la standardisation internationale des méthodes relatives au calcul et à la fabrication des engrenages. De précieuses résolutions ont pu être adoptées, notamment sur les notations et les symboles.

Mais il reste que le design des transmissions par engrenages fait encore appel à deux approches :

- L'approche européenne⁽¹⁾ que nous identifierons (un peu abusivement) avec les normes françaises AFNOR
- Le procédé américain AGMA⁽²⁾

L'approche européenne très fouillée, minutieuse et fine, traite d'une manière exigeante des différents problèmes posés par les engrenages. Mais parce qu'elle réserve une part appréciable à l'expérience du concepteur, et surtout parce qu'elle privilégie la présentation graphique (courbes, abaques multivariables) elle se prête difficilement à un traitement informatique. En effet sa programmation aurait posé des problèmes

connexes d'analyse numérique dont la résolution, toujours très ardue, nous aurait éloigné du sujet de ce rapport, et dont les résultats n'auraient pas nécessairement garanti une précision de calcul minimale.

À la méthode AFNOR, riche mais trop académique, nous avons préféré l'approche plus systématique de l'AGMA.

Très pragmatique, assez analytique, la procédure américaine se révèle aussi efficacement économe sur l'étendue et la nature des difficultés qu'elle lève.

Il est bien sûr superflu de noter que les algorithmes de dessin de l'AGMA et de l'AFNOR ne s'opposent que dans la philosophie de l'approche. Ils procèdent de la même logique, se fixent sensiblement les mêmes impératifs, se complètent et se recoupent souvent.

Du point de vue calcul, la différence entre les deux normes réside essentiellement dans le fait que l'AGMA base son analyse sur la définition du DIAMETRAL PITCH P alors que l'AFNOR travaille à partir du module métrique M .

Si la méthode de calcul qui va être exposée est principalement tirée des normes AGMA, il convient cependant de souligner qu'elle n'hésite pas, sur certains points, à faire d'importants emprunts au procédé européen, pour autant que cela puisse se justifier.

1.2 FORMULATION DE LA MÉTHODE DE CALCUL

[NOTA :

Pour un approfondissement des concepts énoncés, le lecteur pourra consulter avec profit les ouvrages mentionnés

dans la bibliographie]]

Dans une étude de conception, comme de vérification, l'utilisateur de ce logiciel doit résoudre avec l'aide de l'ordinateur deux problèmes clés :

- Donner à l'engrenage des caractéristiques mécaniques aptes à garantir, avec économie et fiabilité, une bonne tenue en service
- Contrôler rigoureusement la géométrie de l'engrenage pour acquérir un engrenement des dentures obéissant le mieux aux lois théoriques

Les deux questions qui résumant le contenu du programme vont être examinées.

1.2.1 MÉCANIQUE DE L'ENGRENAGE

Pour mieux saisir les expressions numériques du calcul mécanique de l'engrenage, examinons d'abord les modes les plus fréquents de détérioration des engrenages.

La faillite mécanique d'engrenages en service s'opère principalement suivant trois modes :

- La rupture de la dent
- L'apparition de piqures superficielles (ou PITCHING)
- Le grippage

— Comme le montreront les équations de calcul, la rupture relève d'un problème classique de résistance des matériaux. C'est une avarie difficilement prévisible qui se manifeste par une cassure nette de la dent.

Elle s'explique par une capacité de reprise de la charge trop faible dans le cas des surcharges accidentelles, ou pour des charges modérées agissant suivant un grand nombre de cycles.

Dans la pratique le caractère aléatoire et brutal de la rupture par surcharge rend prohibitif de calculer avec une précision absolue un engrenage, suivant ce critère.

Par contre le comportement des matériaux à la ruine par fatigue est assez bien maîtrisée pour permettre un design soigné de l'engrenage.

La limite d'endurance des matériaux des roues dentées sert donc de paramètre de contrôle de la capacité de charge.

— La détérioration par piqûres ou PITTING est le mode de faillite de l'engrenage le plus répandu parce qu'étant le plus difficile à contrôler.

Il se manifeste par la présence, à la surface des dentures, de criques et de trous visiblement causés par (in) un arrachement du matériel.

Si l'établissement d'un modèle théorique de la mécanique du PITTING s'avère complexe, les engrenagistes connaissent cependant sur quelles variables agir pour limiter ses effets : ce sont :

- la dureté du matériau en premier lieu,
- la lubrification de l'engrenement et
- les dimensions de la denture (surtout la largeur de la dent)

Comme le PITTING est un dommage mécanique qui n'apparaît qu'après un nombre de cycles élevé, on l'identi-

lie à une rupture par fatigue ; on définit, pour mesurer la capacité de l'engrenage à résister aux piquûres, une limite d'endurance superficielle qui dépend exclusivement de la dureté du matériau.

— Le grippage : C'est le mode de détérioration le moins courant des engrenages. Il se manifeste par un arrachement caractéristique de métal sur la surface de la dent, et reconnaissable à son aspect de rayures monodirectionnelles.

Il est dû à un contact métal sur métal favorisé par des conditions de pression superficielle trop élevées.

En général on prévient cette ruine en jouant sur qualité de la lubrification, la précision de la dent et la vitesse de l'engrenage.

Nous retiendrons qu'une bonne conception de l'engrenage contre les contraintes superficielles entraîne souvent une sécurité au grippage acceptable.

FORMULES DE CALCUL

L'établissement des équations de calcul puit la démarche classique de détermination des pièces mécaniques :

- Calcul des charges
- Calcul des sollicitations de l'élément pour la charge
- Calcul de la résistance offerte par l'élément
- Calcul du facteur de sécurité F.S

$$F.S = \frac{\text{Résistance de la pièce}}{\text{Contraintes induites}}$$

Cette procédure est appliquée pour déterminer la résistance d'un engrenage à la pression superficielle et par résistance à

La rupture

RESISTANCE DE L'ENGRENAGE A LA FLEXION REPETEE

Hypothèse :

Comme ce logiciel est conçu pour un utilisateur qui, à priori, est plus familier à la normalisation des engrenages basée sur les modules métriques ; pour établir les équations de calcul nous avons supposé que la méthode AGMA est applicable aux engrenages métriques.

Dans les équations originales AGMA, le diametral pitch P est donc remplacé par la valeur correspondante normalisée du module métrique m .

Rappelons que les deux grandeurs m et P sont reliés par l'égalité $m \times P = 25.4$

Le tableau 1 donne la correspondance entre les modules métriques normalisés les plus couramment utilisés (et disponibles dans ce logiciel) et les diametral pitches normalisés.

Estimation de la charge

a. Engrenage droit.

Si P_n est la puissance appliquée à l'entrée de la transmission et ω la vitesse en rd/p de l'engrenage moteur, le couple nominal du moteur se calcule par

$$M_t = \frac{P}{\omega} \quad , \quad M_t \text{ en N.m} \quad P \text{ en Watts}$$

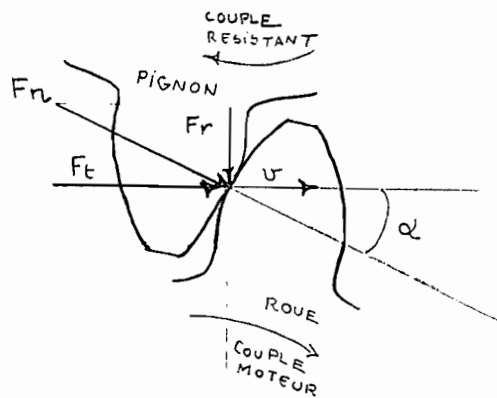
La transmission de ce couple M_t se traduit par l'action

CORRESPONDANCE ENTRE LES MODULES MÉTRIQUES m
ET LES DIAMETRAL PITCH P NORMALISÉS.

MODULE MÉTRIQUE m	DIAMETRAL PITCH P
0.5	—
0.6	—
0.8	—
1	—
1.25	20
1.50	16
2	12
2.50	10
3	8
4	6
5	5
6	4
8	3
10	2 1/2
12	2
16	1,5
20	1,25
25	1

TABLEAU 1

de l'action de la denture du pignon (pour un engrenage réducteur) qui applique sur celle de la roue une force F_n dirigée suivant la normale commune aux dentures en leur point de contact.



α : angle de pression
 v = vitesse tangentielle.

FIG. 1

Comme le montre la figure 1 la force F_n peut être décomposée en

- une force tangentielle F_t

$$F_t = F_n \cos \alpha = \frac{P_n}{v}$$

et en une force radiale

$$F_r = F_n \tan \alpha.$$

Pour la résistance de l'engrenage les contraintes de flexion induites par la composante F_t jouent un rôle primordial.

Le cisaillement créé par F_t et la compression entraînée par F_r ne sont pas considérés dans le calcul de la denture.

Engrenage hélicoïdal

En plus des forces tangentielle et radiale, l'angle d'hélice de la

denture introduit une composante axiale.

Mais celle-ci n'est pas prise en compte dans le calcul de la résistance de la denture

Finalement seule importe la composante tangentielle et elle garde la même valeur que pour un engrenage droit

$$F_t = \frac{P_n}{v}$$

où $v = \omega r$

ω = vitesse de rotation en rad/s

r : rayon primitif.

Estimation des sollicitations induites par la charge.

La contrainte induite dans la dent s'évalue par l'équation de Lewis modifiée

$$\sigma = \frac{F_t}{m} \frac{K_o K_m}{K_v F J} \quad (\text{MPa})$$

F_t : force tangentielle (N)

m : module métrique (mm)

F : largeur de la dent (mm)

K_v : facteur de vitesse

K_o : facteur de service

K_m : facteur de distribution de la charge

J : facteur géométrique AGMA

Les facteurs K_v, K_o, K_m permettent d'intégrer les effets parasites de la transmission.

module métrique m

Il doit répondre à deux exigences :

- correspondre à un module normalisé : Les modules métriques normalisés prévus par ce logiciel sont listés dans la demi-part gauche du tableau 1.

- Avoir une valeur minimale pour garantir la résistance de la denture

Dans le programme la valeur minimale du module est calculée à partir de la relation développée dans Nicdet et Trottet :

$$m \geq \sqrt{\frac{2 M_t}{\pi \lambda Z_1 c}} \quad (\text{mm})$$

M_t : couple nominal transmis

Z_1 : nombre de dents du pignon

λ : rapport $\frac{\text{largeur de la dent}}{\text{module métrique}}$

c : coefficient de résistance de la dent, qui avec une certaine approximation est égal à

- 0.3 pour les fontes

- 0.55 pour les aciers moulés

- 0.8 pour les aciers forgés

e est le matériau de la roue qui est considéré.

Largeur de la denture F .

Elle est exprimée par rapport au module à l'aide du coefficient λ ,

$$\lambda = \frac{F}{m}$$

La norme impose que λ soit compris entre 7 et 13

En pratique la largeur de la dent est fixé en tenant compte de la précision de l'engrenement.

Cette précision dépend de la tolérance d'usinage d'usinage des roues, des conditions de montage des engrenages sur les arbres et de la qualité des paliers et des centra-
ges.

Plus cette précision de la transmission sera faible, plus on réduira la valeur de F .

Facteur de vitesse K_v

Il permet de considérer les charges dynamiques supplémentaires supportées par les dents et dont l'apparition s'explique par erreurs géométriques de la denture.

L'apparition de ces charges dynamiques se traduit par un fonctionnement inégal de la transmission : génération de bruit et de vibrations, qui réduisent la capacité de charge.

Le facteur K_v dépend de la précision de la denture et de la vitesse circonférentielle.

Dans le programme quatre classes de précision de la denture sont considérées et à chacune d'elles se rattache une équation de calcul du facteur K_v

CLASSE 1 : Denture de grande précision rasée, meulée transmission sans impact

$$K_v = 1$$

CLASSE 2 : Denture de précision meulée ou rectifiée sur machine de précision

$$K_v = \sqrt{\frac{5.6}{5.6 + \sqrt{v}}} \quad v \text{ en m/p}$$

Classe 3: Denture de bonne qualité commerciale, obtenue à une machine à tailler en bon état, bonne précision de montage

$$K_v = \frac{5.6}{5.6 + \sqrt{v}} \quad , \quad v \text{ en m/p}$$

Classe 4: Denture de qualité médiocre, engrenages formés ou taillés, faibles précautions de montage

$$K_v = \frac{3.6}{3.6 + \sqrt{v}} \quad , \quad v \text{ en m/p}$$

(Les équations sont tirées de HENRIOT, "Traité théorique et pratique des engrenages", Tome 1 voir bibliographie).

Facteur de service K_o

Il tient compte des surcharges que la nature des organes récepteur et moteur peut entraîner.

Les valeurs adoptées par le programme sont celles qui suivent:

	Machine réceptrice		
	Uniforme	Chocs modérés	Chocs sévères
Machine motrice			
Uniforme	1.00	1.25	1.75
Choc légers	1.25	1.50	2.00
Chocs moyens	1.50	1.75	2.25

Facteur de distribution de la charge K_m .

Le facteur permet d'évaluer la régularité de l'ensemble engrenages - arbres supports

Les erreurs relatives des dentures conjuguées, le mauvais alignement des axes, la déformation des arbres sous l'action des charges, la torsion des dents de grand rapport $\lambda = \frac{F}{m}$ sont autant de facteurs qui rentrent dans la détermination de K_m .

Les valeurs, pour un engrenage hélicoïdal, sont moins sévères que pour un engrenage droit.

Comme durant l'exécution du programme, le tableau qui permet le choix de la valeur de K_m est affiché en détail à l'écran de l'ordinateur, nous ne ferons pas figurer dans ce document les valeurs de K_m .

Facteur géométrique J (voir ANNEXE A)

Le facteur tient de la répartition de la charge entre les dents et des concentrations de contraintes créées au pied de la dent par le rayon à fond de dents (ou rayon à la racine) r .

Les valeurs adoptées par ce programme sont celles présentées sous forme graphique par la publication AGMA 225-01, 1967. qui donne J pour les engrenages droits et les engrenages hélicoïdaux.

Les courbes sont basées sur un rayon à la racine $r = 0,35/P$ et un angle de pression $\alpha = 20^\circ$.

Il est à noter que notre hypothèse de départ, applica-

tion de la méthode AGMA aux engrenages métriques, entraîne une erreur sur la valeur du facteur J . Le rayon r normalisé du vide à fond de dents des engrenages métriques est, en effet légèrement plus grand que celui imposé par l'AGMA

$$\text{AFNOR} \quad , \quad r = 0.38 m$$

$$\text{AGMA} \quad \quad \quad r = 0.35 / P$$

$m =$ module métrique

$P =$ diametral pitch.

La valeur de J utilisée dans les calculs surestime donc l'effet des concentrations de contraintes. Cela va dans le sens de la sécurité, mais pour ne pas exagérer pénaliser la dent seules les courbes du facteur J où la charge est partagée sont considérées.

En résumé il faut insister sur le fait que la valeur des contraintes créées à l'intérieur de la dent dépend pour beaucoup du soin minimum qui est apporté à la détermination des dimensions de l'engrenage (module et largeur de la dent), à sa fabrication et à son montage.

Estimation de la résistance de la dent

En service la dent subit un chargement de fatigue par flexion répétée

La résistance offerte par la dent s'évalue par l'équation

$$S_e = k_a k_b k_c k_d k_e k_f S_e' \quad (\text{MPa})$$

- S_e' : limite d'endurance du matériau (MPa)
 k_a : facteur de fini de surface
 k_b : facteur des dimensions
 k_c : facteur de la fiabilité
 k_d : facteur de température
 k_e : facteur relatif à la concentration de contraintes
 k_f : facteurs des effets divers.

Comme le design des pièces à la fatigue devrait être en principe bien maîtrisé par l'utilisateur du logiciel, on ne procédera pas ici à son analyse détaillée.

Pendant le traitement par le programme de chacune des sept variables de l'équation est indiquée.

Limite d'endurance S_e' (MPa).

a) Pour les aciers

$$S_e' = 0.5 S_{ut} \quad \text{pour} \quad S_{ut} \leq 1400 \text{ MPa}$$

$$S_e' = 700 \text{ MPa} \quad \text{pour} \quad S_u > 1400 \text{ MPa}$$

b) Fontes et aciers coulés

$$S_e' = 0,40 \cdot S_{ut}$$

S_{ut} désigne la contrainte de rupture du matériau

Facteur de fini de surface k_a

Même pour les engrenages de grande précision, ce facteur ne dépend que de S_{ut} .

Le lissage par la méthode des moindres carrés de la courbe du facteur k_a (in "Elements de machines", Robert Vinet) permet de trouver une expression analytique assez précise pour k_a

$$\underline{k_a = 3.141 \cdot S_{ut}^{(-0,2216)}}$$

Facteur des dimensions k_b

Il varie dans le sens inverse du module m .
 Durant l'exécution du programme, ses valeurs tabulées sont affichées à l'écran.

Facteur de fiabilité k_c

Plus la fiabilité de fonctionnement exigée est importante, plus ce facteur diminue.
 Les valeurs sont aussi affichées à l'écran.

Facteur de la température k_d

Pour une température d'opération de l'engrenage de T ° Celsius k_d est calculé par

$$k_d = \frac{344}{273 + T} \quad \text{pour } T > 71^\circ\text{C}$$

$$k_d = 1 \quad \text{pour } T \leq 71^\circ\text{C}$$

Facteur de concentration des contraintes k_e

Comme le facteur géométrique J intègre déjà cette considération, on prend toujours

$$k_e = 1$$

Facteur des effets divers k_f

Il dépend de la nature des contraintes de flexion dans la dent :

- contraintes non complètement renversées : l'engrenage tourne toujours dans la même direction
 k_f dépend alors de sut , les valeurs de k_f sont affichées à l'écran

- contraintes complètement renversées : l'engrenage est réversible
 $k_f = 1$.

Facteur de sécurité à la rupture $F.S$

$$F.S = \frac{S_e}{\sigma}$$

La norme AGMA recommande que le facteur de sécurité à la rupture par fatigue soit supérieure ou égal à deux.

$$F.S. \geq 2$$

RÉSISTANCE DE L'ENGRENAGE A LA PRESSION SUPERFICIELLE

Le critère déterminant du dimensionnement d'un engrenage est sa résistance à la pression superficielle.

Une réduction appréciable de la taille de l'engrenage peut être obtenue en menant correctement cette phase du calcul qui se base essentiellement sur le choix des matériaux.

Calcul de la contrainte superficielle.

$$\sigma_H = C_p \sqrt{\frac{F_t C_o C_m}{C_v F D_p I}}$$

F_t :	force tangentielle	N
D_p :	diamètre duignon	mm
F :	largeur de la denture	mm
C_o :	facteur de service	
C_m :	facteur d'application	
C_v :	facteur de vitesse	
C_p :	facteur des matériaux	($\sqrt{\text{MPa}}$)
I :	facteur géométrique	

Les facteurs F_t , F , C_v , C_o et C_m sont déterminées de la même manière que dans le calcul de la résistance à la rupture.

$$\text{On a } C_v = K_v, \quad C_o = K_o, \quad C_m = K_m.$$

Facteur des matériaux C_p

La valeur dépend des matériaux du pignon et de la roue. (Le tableau qui permet son choix est affiché à l'écran : C_p versus (matériaux pignon et roue)).

Facteur Géométrique I

a) Engrenage droit

$$I = \frac{\cos \alpha \sin \alpha}{2} \frac{R}{R+1}$$

α : angle de pression

R : rapport de transmission

b) Engrenage hélicoïdal

$$I = \frac{\cos \alpha_t \sin \alpha_t}{2 m_n} \frac{R}{R+1}$$

α_t : angle de pression apparent.

$$m_n = \frac{P_N}{0.95 Z}$$

P_N : pas de base, Z : rapport de conduite.

Resistance de la denture aux contraintes superficielles.

AGMA recommande de déterminer la résistance S_H en fatigue relative aux contraintes de surface par la relation

$$S_H = \frac{C_L C_H}{C_T C_R} S_{Je}$$

$$S_{Je} = 2.76 HB - 58.95 \text{ MPa}$$

où HB désigne la dureté Brinell du matériau, le moins dur.

C_L : facteur de durée

C_H : facteur du rapport des duretés.

C_T : facteur de température

C_R : facteur de fiabilité.

facteur de durée C_L

Il dépend du nombre de cycles de mise en charge N des dents.

Pour $N < 10^8$ cycles la relation

$$C_L = \left(\frac{10^7}{N}\right)^{1/17} \quad \text{donne avec une}$$

bonne précision les valeurs de C_L ,

Pour $N \geq 10^8$ cycles

$$C_L = 1.$$

facteur du rapport des duretés C_H

a) Engrenage droit $C_H = 1$

b) engrenage hélicoïdal

C_H dépend du rapport de la plus grande dureté sur la plus petite dureté.

Les valeurs présentées sous forme de courbes sur les normes AGMA sont traduites dans le programme par une expression analytique obtenue par un lissage numérique

facteur de température C_T .

Il permet de considérer l'effet de la température sur le lubrifiant.

Pour une température d'opération $T < 120^\circ\text{C}$ prendre

$$C_T = 1,$$

pour des températures $T > 120^\circ\text{C}$ prendre une valeur de $C_T > 1$ et dépendant de la qualité de la lubrification.

facteur de fiabilité C_R .

Les valeurs dépendent de la fiabilité de service désirée et sont affichées à l'écran.

Facteur de sécurité $F.S$

$$F.S = \frac{S_H}{\sigma_H}$$

AGMA recommande d'adopter un $F.S \geq 1.4$

En résumé nous retiendrons que la capacité d'un engrenage à supporter une charge dépend d'abord de sa limite d'endurance relative aux contraintes superficielles et cette dernière est étroitement reliée aux choix des matériaux.

CHOIX DES MATERIAUX DES ENGRENAGES.

C'est une étape délicate du processus de design.
Le matériau choisi doit être à la fois :

- assez résistant pour supporter les contraintes de rupture, et
- assez dur pour garantir la pérennité contre les contraintes superficielles.

Si l'utilisateur le désire, l'ordinateur peut le guider dans le choix des matériaux pour quelques applications typiques des engrenages en lui présentant :

- Une liste résumée d'applications industrielles des engrenages
- Une ou deux propositions de choix des matériaux suivant le cas pratique du design⁽¹⁾
- Une liste de matériaux (designation AFNOR, limite de rupture S_{ut} et Dureté BRINELL) tirée des normes françaises AFNOR.

⁽¹⁾ La liste des solutions proposées est tirée des Techniques de l'Ingénieur.

Le logiciel comprend une banque de matériaux (FONTES ET ACIERS) qu'on peut subdiviser en sept classes suivant leurs propriétés caractéristiques:

- 1 Les aciers au carbone
- 2 Les aciers alliés à trempe totale à l'huile
- 3 Les aciers alliés auto trempants
- 4 Les aciers alliés de cémentation
- 5 Les aciers alliés de nitruration.
- 6 Les Fontes grises
- 7 Les Fontes ductiles (ou à graphite sphéroïdal).

1 Les aciers au carbone

Les aciers sont assez connus pour qu'on insiste pas sur leurs propriétés

Plus leur teneur en carbone augmente plus ces aciers sont résistants et durs.

Une trempe suivie d'un revenu à température adéquate permet une amélioration possible de leurs propriétés.

2 Les aciers alliés à trempe totale.

Pour ces aciers plus la température de revenu augmente plus la résistance et la dureté diminuent, mais la résilience s'améliore. Ces aciers sont recommandés

dans les applications poignées de mécanique générale.

Pendant il faut rappeler que la trempe totale induit un gauchissement des roues et impose donc une rectification ou un rabage après le traitement thermique.

3 Les aciers alliés auto trempants.

Ils allient une grande résistance avec un minimum de déformation au traitement thermique.

Ils sont particulièrement appréciés dans les applications à vitesse modérée où la rectification des dentures ne peut opérer pour des questions de prix de revient.

4 Les aciers alliés de cémentation.

Ils possèdent une tenue à l'usure élevée.

Ils permettent d'élever la dureté de la surface sans affecter la ténacité du cœur de la denture.

Mais une dureté trop grande de la denture sur sa surface combinée avec une dureté à cœur trop faible, fragilise les dents, affecte la résistance à la rupture et risque de provoquer l'effondrement de la couche de cémentation.

De plus la rectification des dentures est pratiquement obligatoire après la cémentation.

5 Les aciers alliés de nitruration.

La dureté élevée des surfaces s'obtient par la nitrura

Outre leur remarquable tenue à l'usure, l'avantage des roues niturées réside dans leur faible gauchissement après traitement et pour bon nombre d'applications n'exigent pas une rectification ultérieure.

Ils s'emploient dans des applications chargées, à régime régulier, pour ralentir l'usure.

6 Les Fontes grises

Les fontes ^{ne} sont pratiquement utilisées que pour les grandes roues à faible vitesse.

Elles offrent une grande capacité d'absorption des vibrations ainsi qu'une bonne surface de frottement.

7 Les Fontes ductiles.

Elles s'emploient aussi pour des engrenages lents et peu chargés.

Leur résilience, leurs qualités frottantes et leur tenue à haute température sont meilleures que celle des fontes grises.

Elles offrent une excellente résistance au grippage et au pitting, leur trempabilité permet d'atteindre des duretés superficielles de 550 à 600 BRINELL par un traitement au chalumeau.

Liste des matériaux disponibles dans le programme

NOTA: [Les valeurs de résistance ultime S_{ut} et de dureté HB sont des valeurs moyennes par rapport à celles des ouvrages consultés. (NF A 35 551, HENRIOT).
Les lettres A, H, E: désignent les traitements à l'eau, à l'huile, à l'air]

Aciers au carbone

température de revenu : 550°C

DESIGNATION AFNOR	XC 32	XC 38	XC 42	XC 48	XC 55
Résistance S_{ut} (MPa)	580 E: 800	610 E: 860	660 E: 920	700 H: 890	790 H: 1015
Dureté HB	170 230	170 245	195 480	220 480	220 480

Aciers alliés à trempe totale

température de revenu : 550°C

DESIGNATION AFNOR	35NCD6	40NCD3	30Nc11	35Nc6
Résistance S_{ut} (MPa)	H: 1185	H: 1185	H: 1015	H: 1185
Dureté HB	H: 340	H: 300	H: 290	H: 300

Aciers alliés auto trempants.

T_v : température de revenu

DESIGNATION AFNOR	35NCD16	25CD4	42CD4	35NC15
Résistance S_{ut} (MPa)	A: 1720	H: 1040	H: 1285	H: 1520
Dureté HB	A: 520	H: 530	H: 530	H: 500
T_v (°C)	200	550	550	200

Aciers alliés de cémentation

DESIGNATION AFNOR	10NC6	16NC6	20NCD2	18NCD6	18CD4
S_{ut} (MPa)	H: 1285	H: 1335	H: 990	H: 1210	H: 1310
Dureté HB	570	550	550	550	570
T_v (°C)	200	350	200	200	200

Aciers alliés de nitruration

DESIGNATION AFNOR	30CAD6-12	45CAD6-12	30CD12
S_{ut} (MPa)	H: 990	H: 1025	H: 1160
Dureté HB	H: 710	H: 710	H: 710

Fontes Grises

DÉSIGNATION AFNOR	FC 20	FC 25
Résistance S_{ut} (MPa)	200	250
Dureté HB	150 (à 300)	170 (à 300)

Fontes Ductiles

DÉSIGNATION AFNOR	FGS38-15	FGS42-12	FGS50-07
Résistance S_{ut} (MPa)	380	420	500
Dureté HB	150	170	220

Durant l'exécution du programme le choix des matériaux ne se restreint pas à ceux présentés ci-dessus, l'utilisateur peut introduire ses propres données.

LUBRIFICATION DE L'ENGRENAGE

Le calcul de la viscosité minimale de l'huile à adopter pour la lubrification de l'engrenage, est effectué

par la relation :

$$\mu = \text{Viscosité en Redwood} = 40 + \frac{9,97 Rr}{v + 0,075}$$

S_{ut} : résistance de rupture en MPa

v : vitesse tangentielle en m/p.

Pour des aciers cementés on fixe $S_{ut} = 1250$ MPa.

La conversion de Redwood en Cst est donnée par les relations

$$\begin{aligned} \rightarrow Cst &= 0,25 \text{ Redwood} \quad \text{pour } \mu > 100 \text{ Redw} \\ \rightarrow Cst &= 10 + 0,4339285 * \text{Redw} - 0,00091667 * (\text{Redw})^2 \\ &\text{pour } \mu < 100 \text{ Redwood.} \end{aligned}$$

1.2.2 GEOMETRIE DE L'ENGRENAGE

Nous ne nous présentons pas sur cette section qui consiste essentiellement au calcul des dimensions normalisées d'engrenages droits et hélicoïdaux.

Une consultation du listing du programme "EP382 GEO" montre clairement les caractéristiques géométriques des roues qui sont calculés.

Les calculs sont basés sur la normalisation AFNOR

2. Structure du programme

2.1 VUE D'ENSEMBLE

Le souci d'obtenir une configuration structurée du programme combiné avec la capacité mémoire limitée (29 K octets) de l'interpréteur BASIC du MICROMEGA nous ont imposé le fractionnement du programme principal en six programmes spécialisés :

- EP382 TOP : qui affiche le menu du logiciel, valide le choix de l'utilisateur et appelle en mémoire le programme choisi
- EP382 QDU qui est un questionnaire commun à tous les programmes de calcul
Il permet le choix des matériaux, demande et valide les données initiales de calcul, rappelle en mémoire le programme choisi
- EP382 GEO qui calcule les dimensions géométriques des engrenages droits et hélicoïdaux.
- EP382 RES

Il calcule les contraintes superficielles et les contraintes de rupture, évalue les résistances et le facteur de sécurité et prodigue des recommandations suivant la sécurité évaluée.

Il permet aussi à l'utilisateur de déterminer les valeurs adéquates des facteurs de correction (K_v , J etc...)

→ EP382 FCT

C'est un programme satellite de EP382RES il permet de définir les fonctions et certaines variables caractères nécessaires respectivement au calcul des facteurs de corrections des contraintes et des résistances, et à l'affichage.

→ EP382 IMP

C'est le programme d'impression des résultats donnés par le calcul des variables propres au programme choisi au menu.

Il permet aussi de rappeler en mémoire le programme EP382TOP si l'utilisateur désire poser un nouveau problème.

L'ensemble de six programmes occupe un espace mémoire d'environ 43 K OCTETS.

2.2 ORGANIGRAMME

Dans les pages qui suivent sont présentés les organigrammes généraux des principaux programmes (à l'exclusion de EP382FCT qui consiste uniquement en une définition de fonctions et de variables).

Les organigrammes ne sont pas détaillés mais rehaussent uniquement les grandes lignes des programmes.

Si l'utilisateur désire faire une analyse algorithmique

que plus précise du programme, l'utilitaire Basic "Program Analysis *YPSD permet l'impression d'un organigramme et le regroupement des instructions par blocs logiques (Consulter Business Basic, bibliographie).

*YPSD disponible sur MICROMEGA est un outil puissant pour l'analyse et la correction des programmes.

2.3 MODE D'EMPLOI

à voir

Du fait de l'abondance des textes affichés à l'écran et de la validation de toutes les entrées au clavier, le mode d'emploi de ce logiciel est extrêmement simple.

Il suffit de suivre la procédure ci dessus :

FAIRE LOAD "EP3BZTOP"

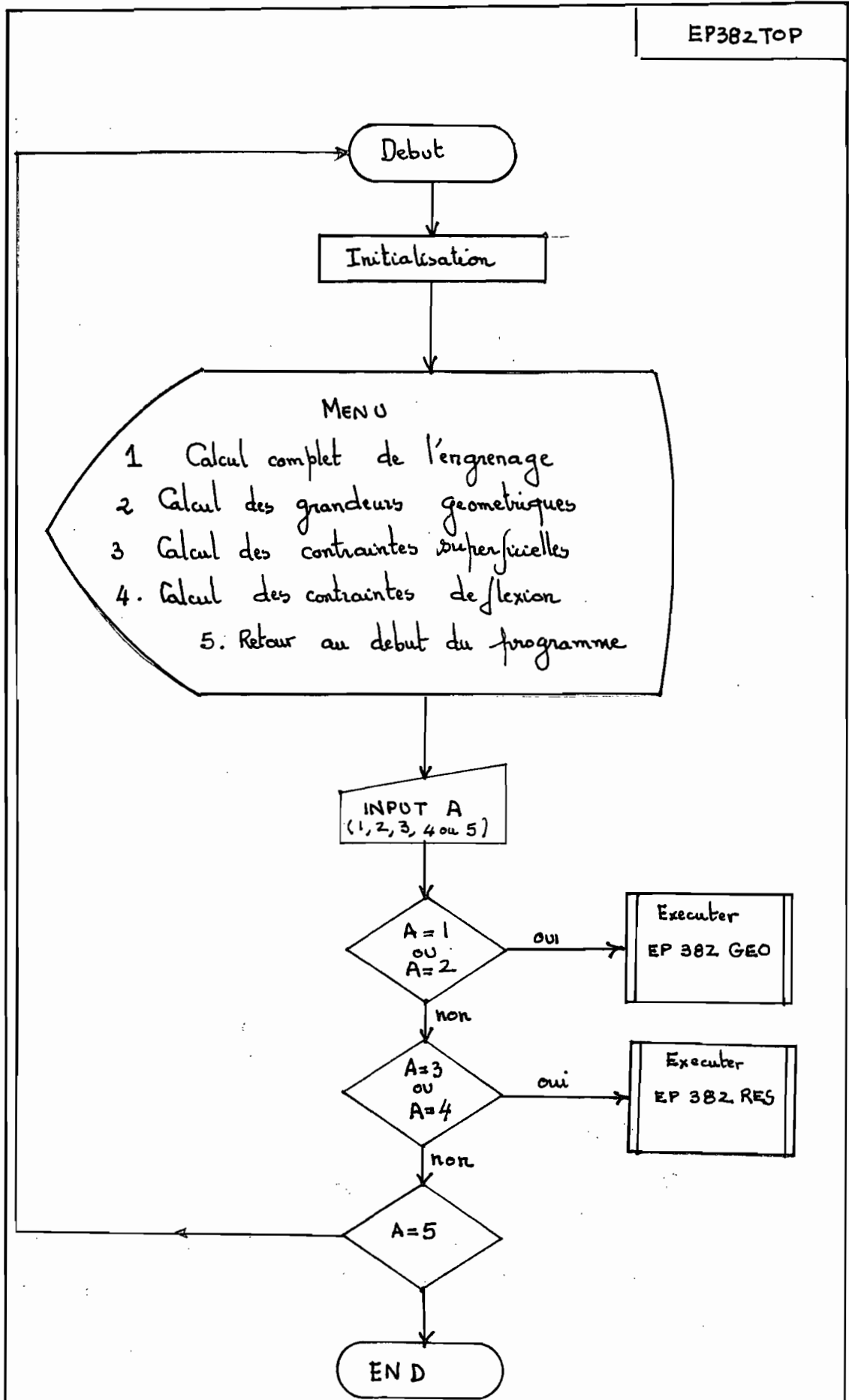
FAIRE RUN

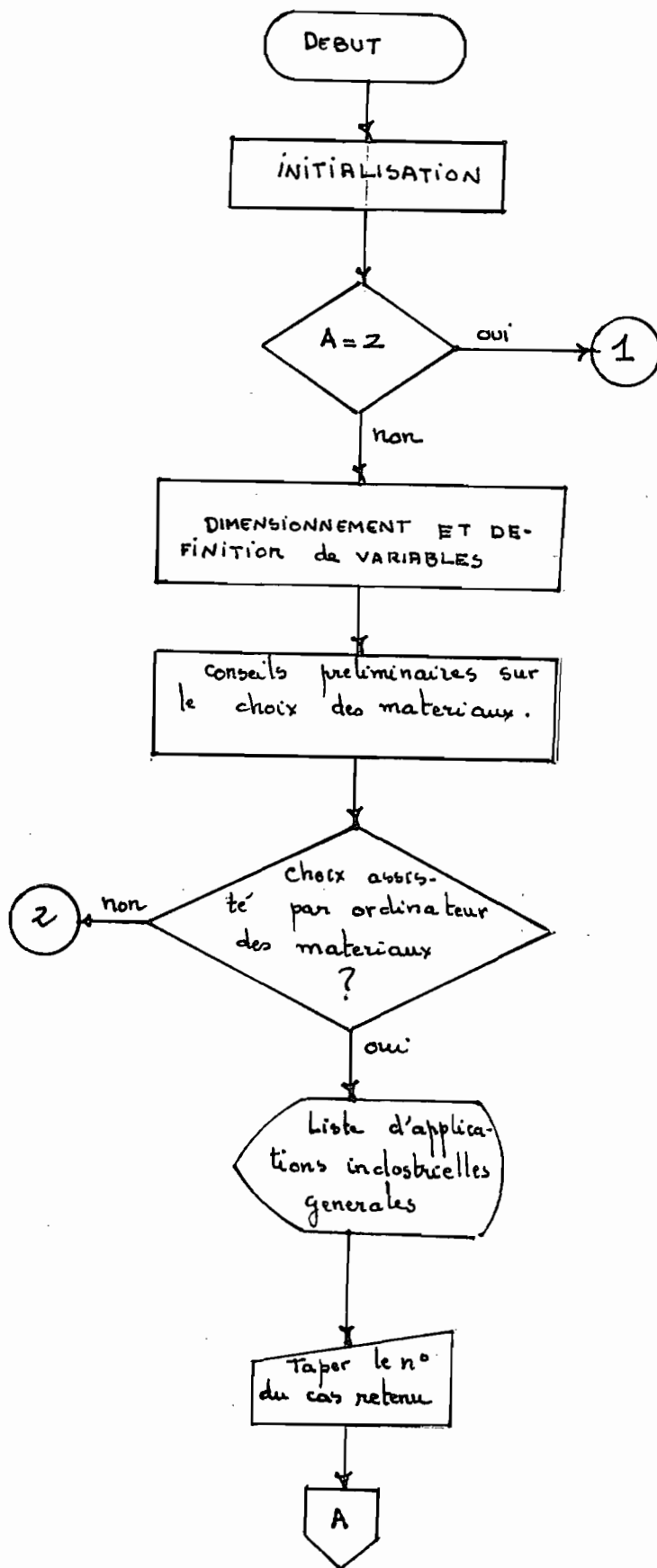
RÉPONDRE AUX QUESTIONS.

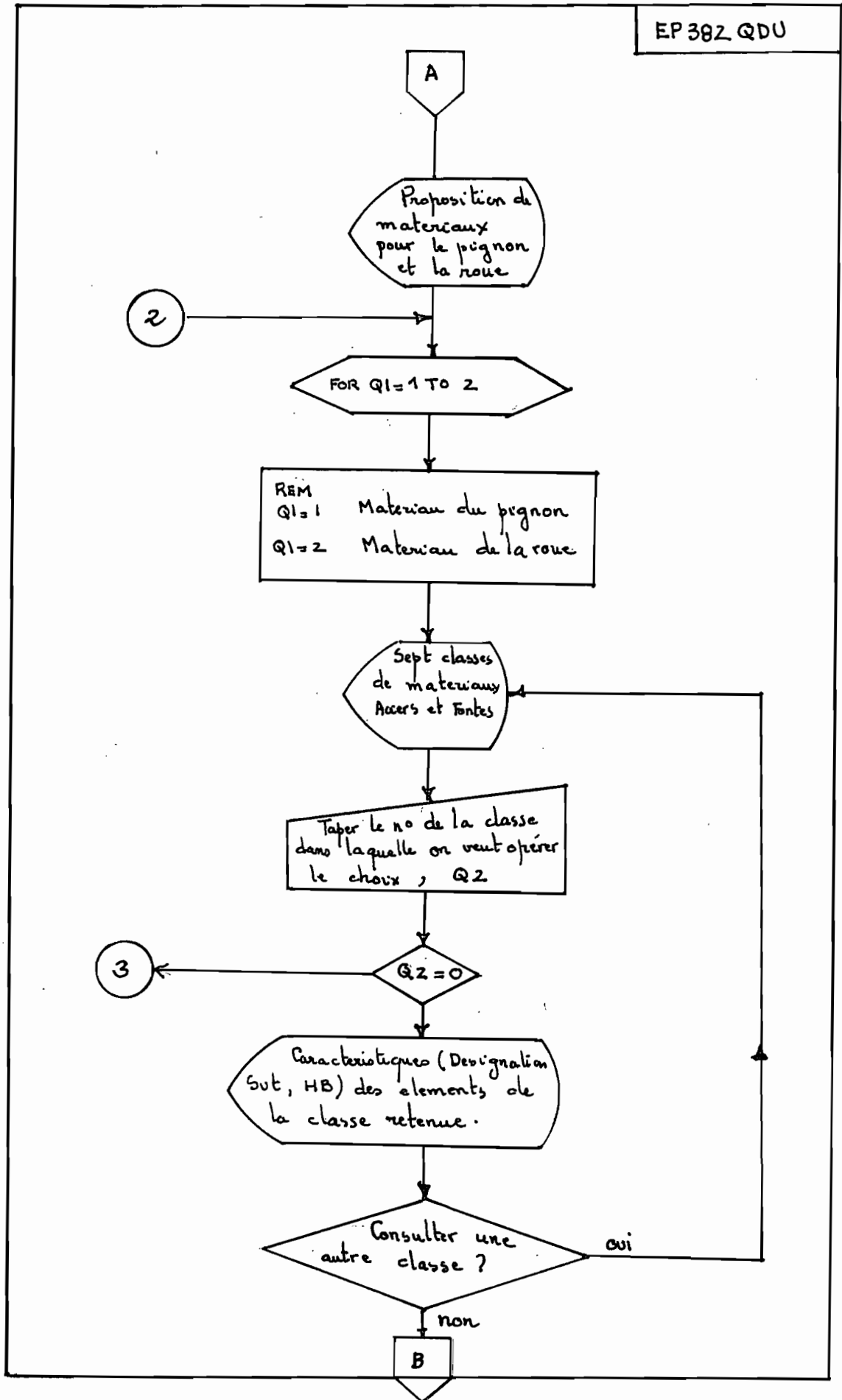
(Pendant, comme le SYSTEME MICROMEGA travaille en temps partagé il est possible que les délais d'exécution du programme soient assez longs, dans ce cas il faudra toujours reprendre le contrôle de l'ordinateur avant d'actionner les touches du clavier)

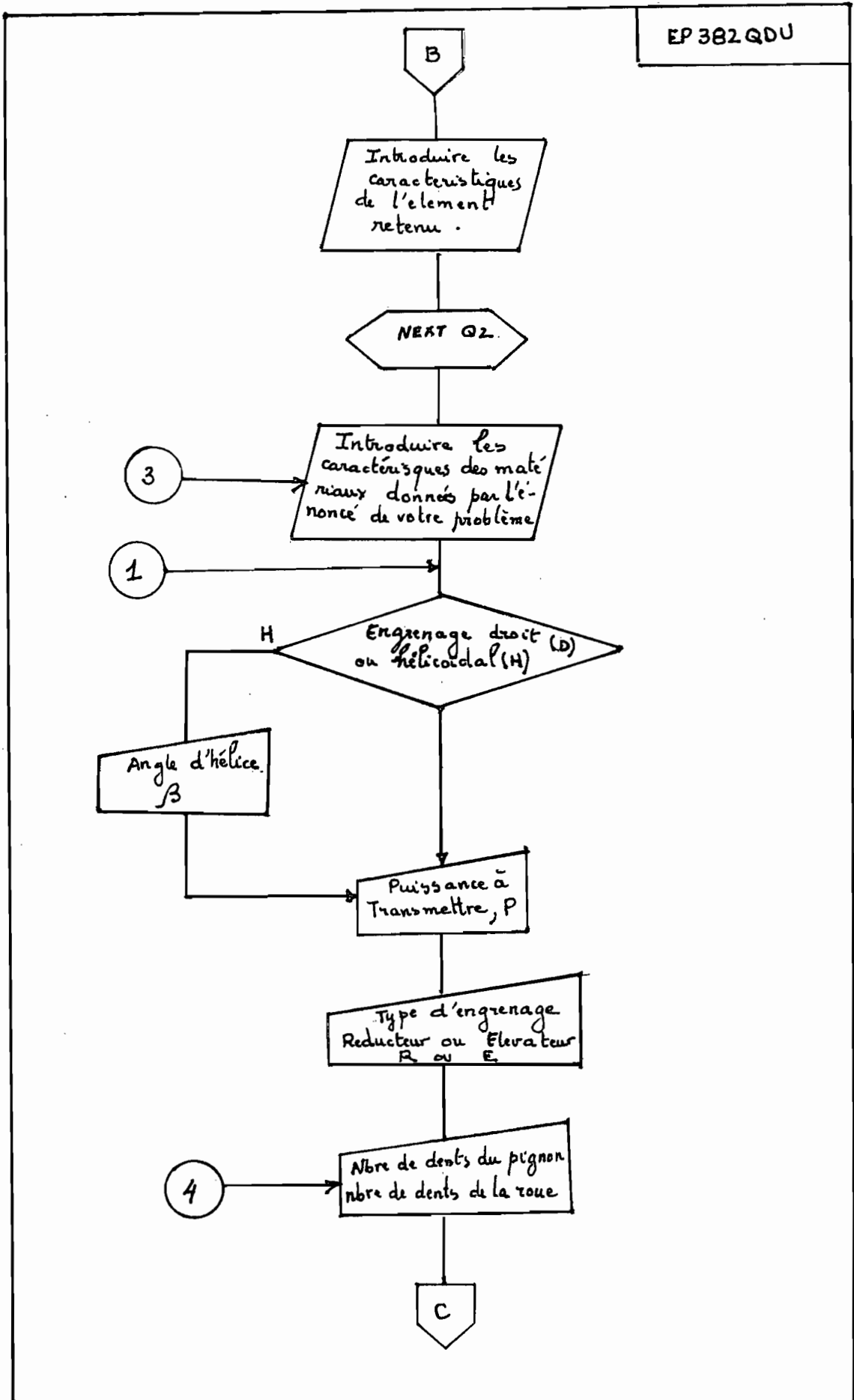
2.4 LISTING DU PROGRAMME

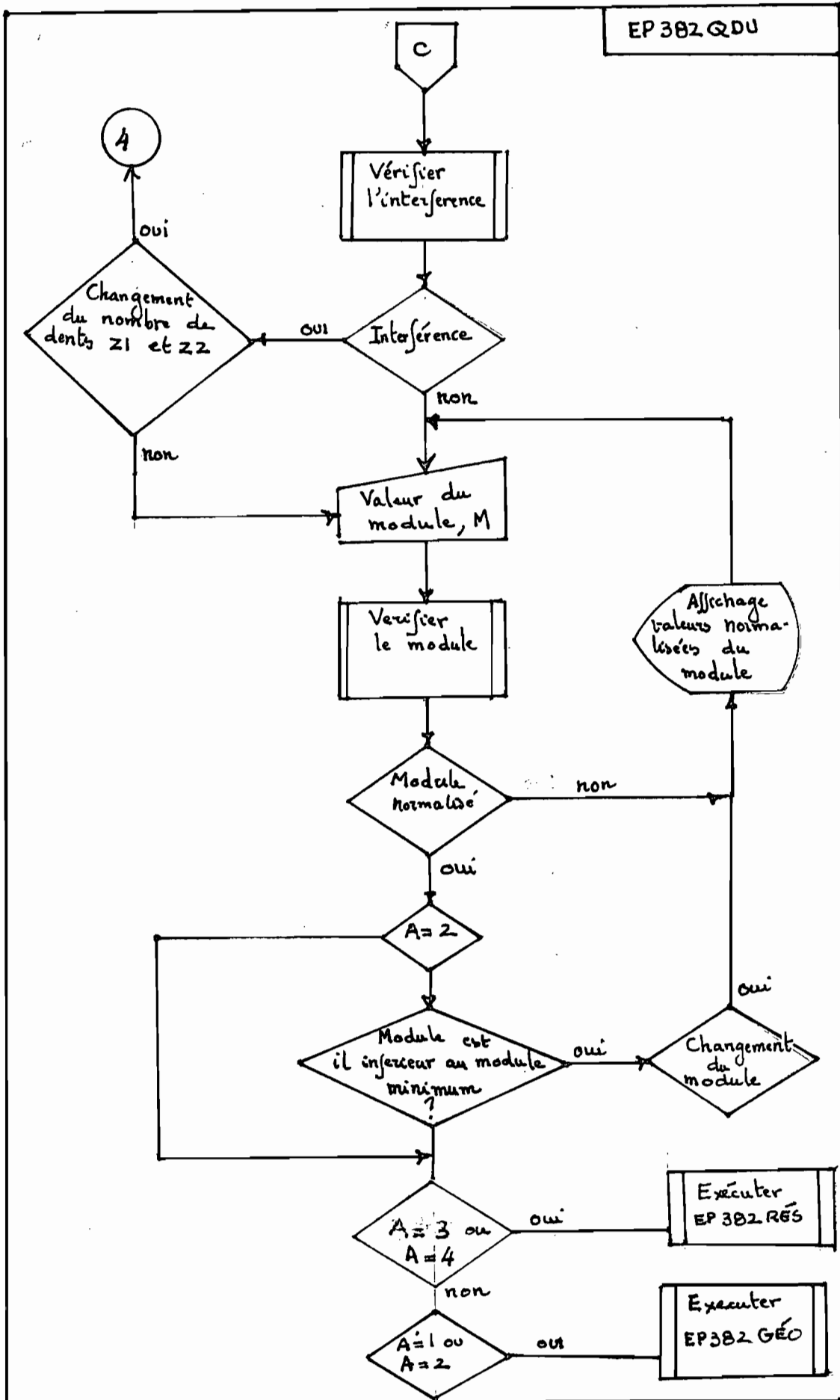
(Voir Annexe).

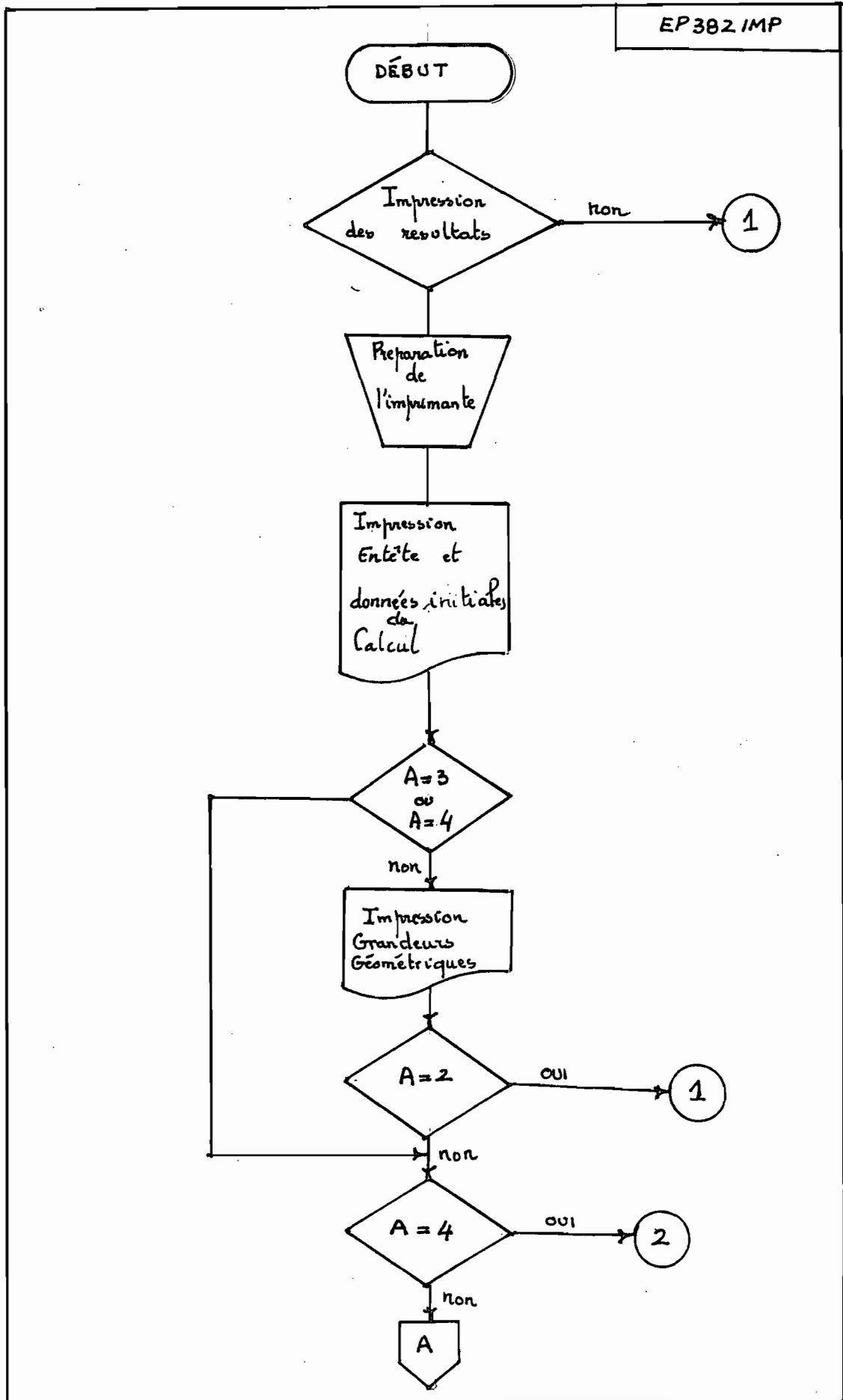




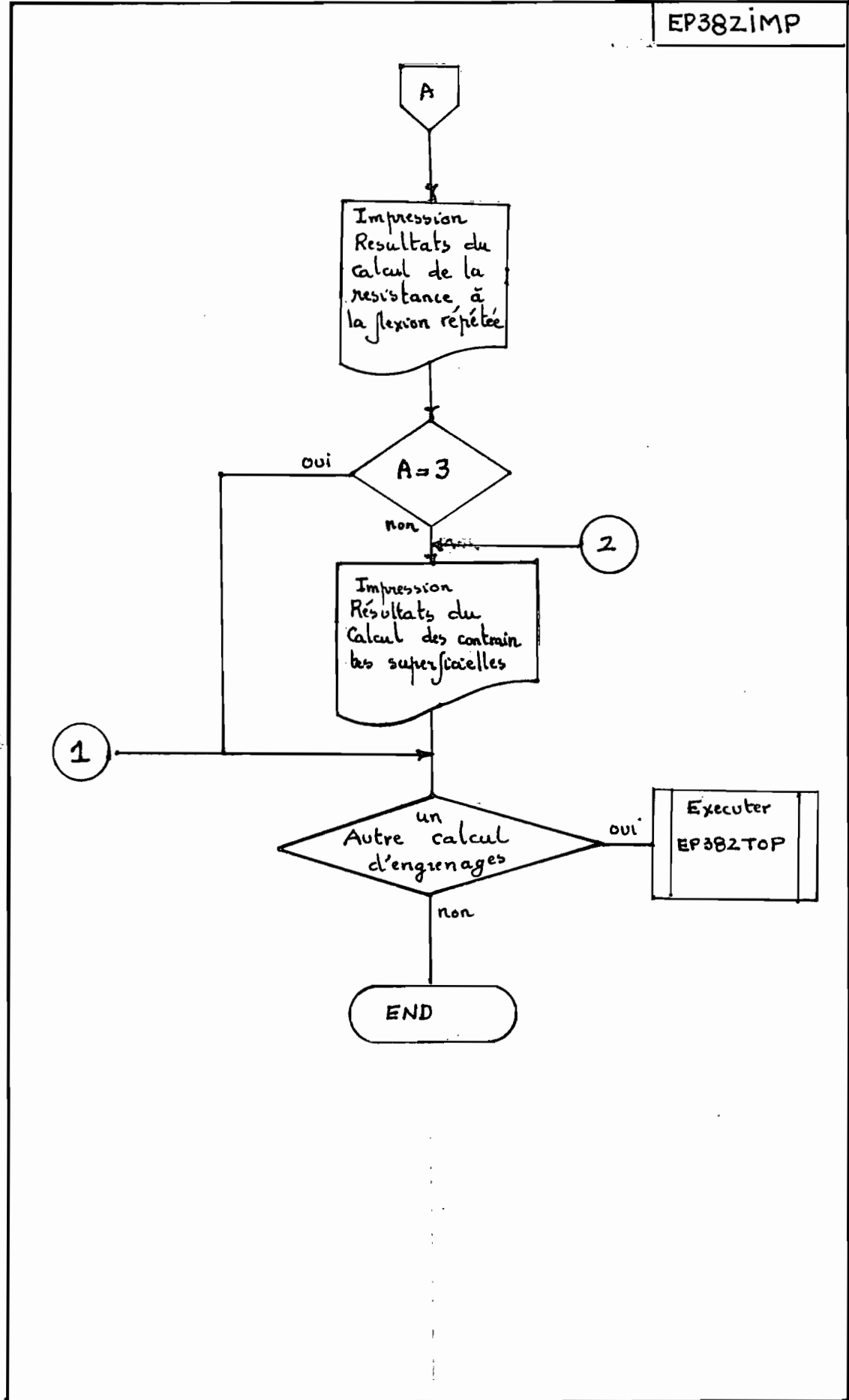


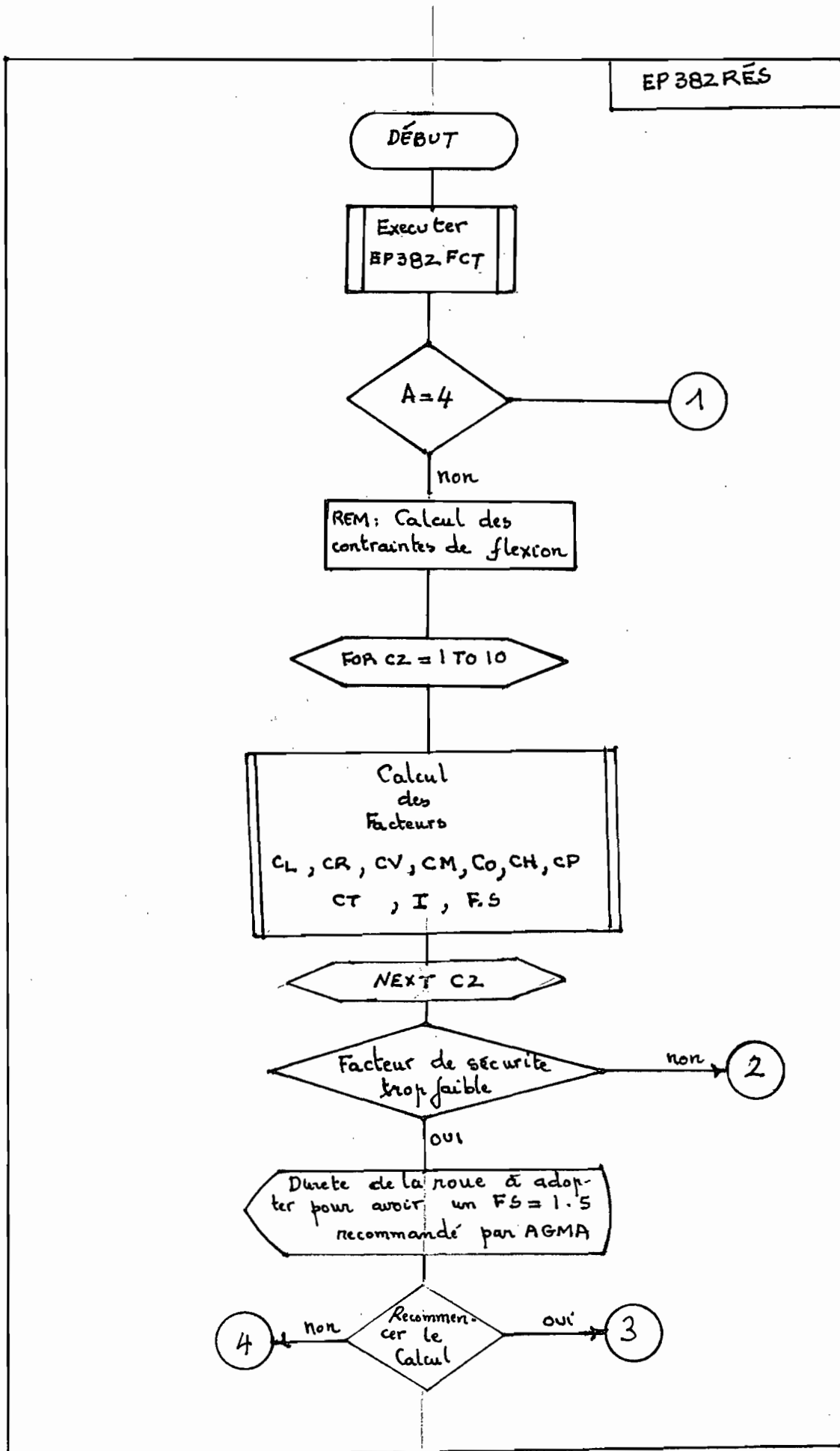


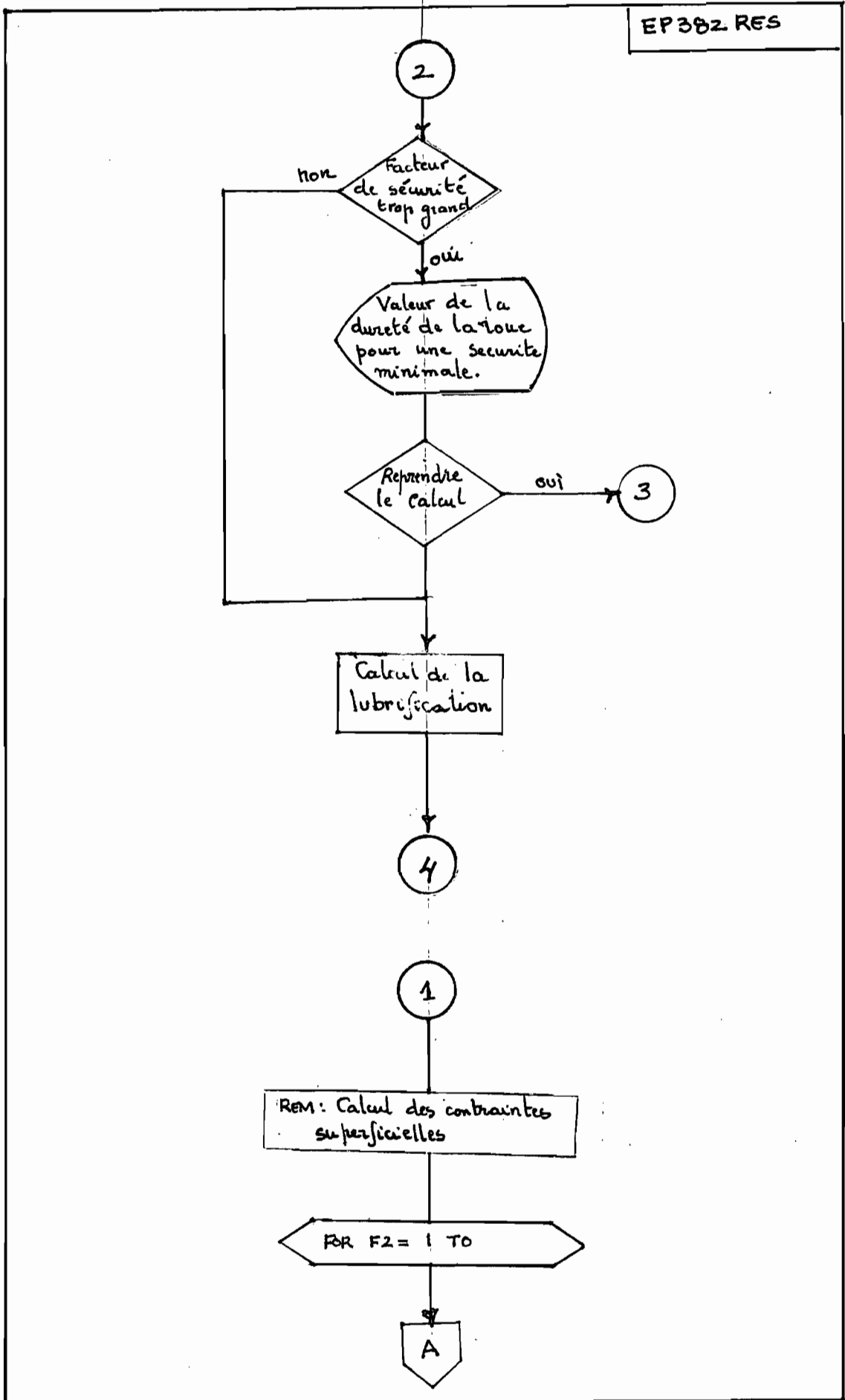


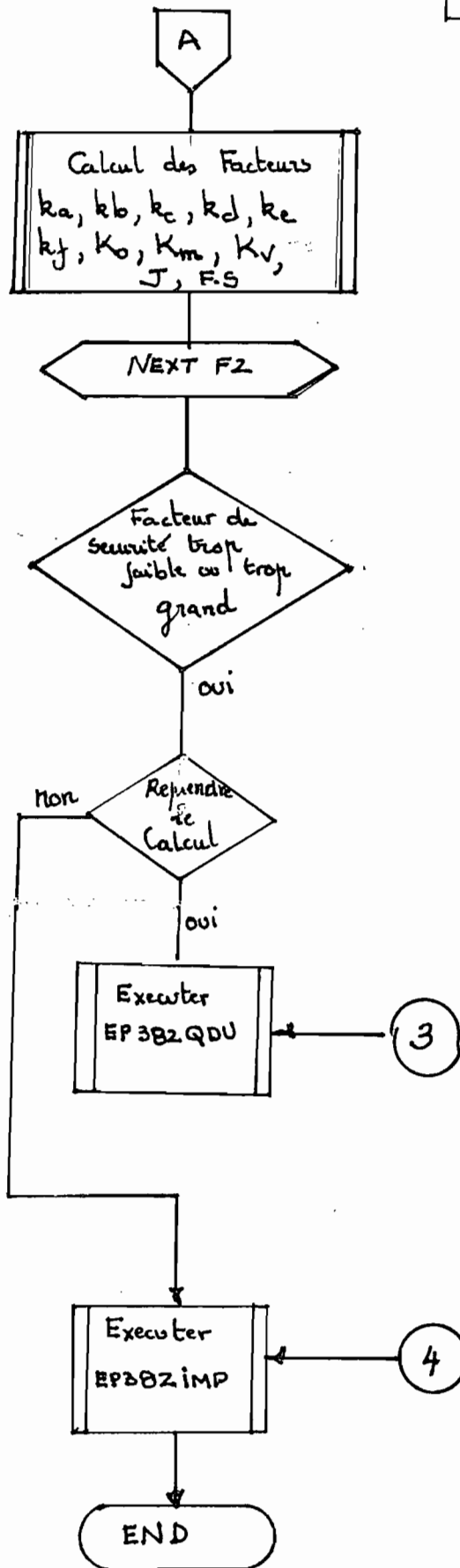


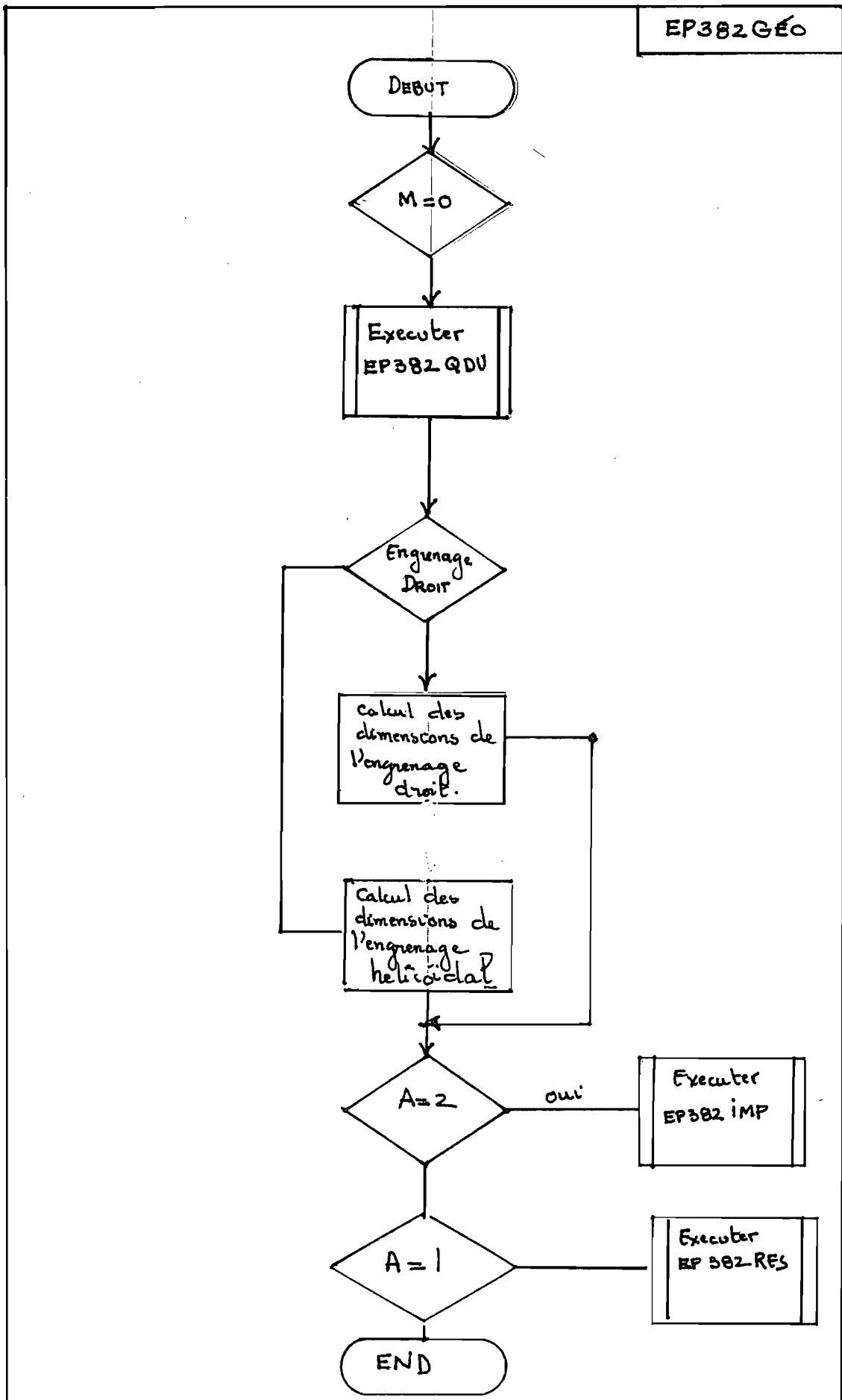
EP38ZIMP











CONCLUSION

L'écriture d'un "MANUEL INFORMATIQUE" prêtant son appui pédagogique au cours de design d'engrenages était l'objectif initial de ce travail.

Le logiciel "CAO ENGRENAGES" qui est la concrétisation de cet objectif offre dans sa forme actuelle trois avantages majeurs :

- Sa grande facilité d'emploi
- L'étendue de son domaine d'application
- Son caractère d'outil didactique performant.

- L'aisance d'emploi a été acquise par l'extrême abondance et la précision des textes affichés à l'écran durant l'exécution du programme. A tout moment l'ordinateur indique à l'utilisateur les voies possibles à emprunter, l'oriente vers les décisions pertinentes à prendre, lui facilite la correction des données introduites, et permet un rejet total ou partiel des solutions numériques.

En outre l'utilisation du logiciel n'exige qu'une connaissance sommaire de la théorie des engrenages.

- Le champ d'application du programme est appréciable : il ne se restreint pas à des activités pédagogiques uniquement. Le logiciel peut aussi apporter son concours dans le calcul d'engrenages industriels de mécanique générale soumis à des charges modérées.

- Le logiciel est enfin un outil didactique efficace :

REFERENCES :

Bibliographie

Lissage du Facteur J

Listing du Programme.

aussi bien dans le choix des matériaux, l'introduction des données, le calcul de la résistance l'ordinateur rappelle à l'utilisateur la signification des variables impliquées, les exigences et les recommandations que la normalisation formule à leur égard

Pendant ce logiciel est perfectible

En effet de part l'espace mémoire important qu'il occupe et sa relative complexité, la mise au point du programme a nécessité plus de temps qu'escompté et demande encore un effort appréciable

Si les trois programmes qui constituent l'ossature du logiciel EP3B2QDU, EP3B2GEO, EP3B2RES ont subi avec plus ou moins de réussite des essais, il faut souligner que le manque de confrontations systématiques des résultats obtenus avec des solutions pratiques et éprouvées interdit de tirer une conclusion définitive sur les performances, au point de vue calcul, du logiciel.

On notera aussi que la recherche d'une géométrie structurée et modulable pour le programme, amplifiée par les surpenantes contingences du BASIC MICROMEGA, ont pénalisé l'approfondissement de l'algorithme de calcul.

Un problème aussi important que celui du déport n'a pu être abordé, alors qu'il aurait permis de trouver une solution élégante au problème de l'interférence et la distribution équitable des contraintes superficielles sur les deux engrenages. Un tel problème pourra être abordé à l'avenir, et l'aisance du développement et de la reorganisation du logiciel conférée par sa forme modulaire facilitera grandement ce travail

BIBLIOGRAPHIE

- JOSEPH EDWARD SHIGLEY : Mechanical Engineering design.
2nd and fourth édition
- GEORGES HENRIOT : Traité théorique et pratique des engrenages 1
5^e édition , Dunod Technique , 1968
- ROBERT VINET
- GILBERT DROUIN
- MICHEL GOU
- PIERRE THIRY : Eléments de Machines.
édition de l'Ecole Polytechnique de Montréal,
1982
- NICHOLAS P. CHIRONIS : Gear Design and Application . Mc Graw-Hill , 1967
- V. DOBROVOLSKI : Eléments de Machines.
éditions Mir-Moscou , 1974
- I.T YOUNG : A wider scope for nitrited gears,
pages : 99 - 110 IN General Electric Company
Journal of Science and technology; vol. 46; 1980
- Business Basic Reference Guide, Fortune Systems.

ANNEXE A

LISSAGE DU FACTEUR GEOMETRIQUE J:
Engrenages Droits.

MG = 12 à 17		
Nbre de dents : Z	Valeur de la courbe	Valeur lissée
12	0.214	0.2146
13	0.223	0.221
14	0.235	0.234
15	0.250	0.2507
16	0.271	0.2718
17	0.298	0.297

$$J = 4.751280 \cdot 10^{-1}$$

$$- 4.870706 \cdot 10^{-2} Z$$

$$+ 2.249997 \cdot 10^{-3} Z^2$$

$$\Sigma E^2 = 3.342 \cdot 10^{-6}$$

MG : Nombre de dents de la roue conjuguée .

ΣE^2 = Somme du carré des erreurs .

LISSAGE DU FACTEUR GEOMETRIQUE J:

Engrenages Droits

(MG : Nombre de dents de la roue conjuguée)

MG = 17		
Nbre de dents: Z	Valeur de la courbe	Valeur lissée
20	0.325	0.329
24	0.344	0.344
30	0.367	0.364
35	0.381	0.378
40	0.391	0.390
45	0.400	0.400
50	0.408	0.408
60	0.417	0.420
70	0.423	0.427
80	0.431	0.430
100	0.437	0.433
125	0.444	0.445

$$\begin{aligned}
 J &= 2.237134 \cdot 10^{-1} \\
 &+ 6.532634 \cdot 10^{-3} Z \\
 &- 6.944806 \cdot 10^{-5} Z^2 \\
 &+ 2.508878 \cdot 10^{-7} Z^3 \\
 \Sigma E^2 &= 6.919 \cdot 10^{-5}
 \end{aligned}$$

MG = 25		
Nbre de dents: Z	Valeur de la courbe	Valeur lissée
20	0.333	0.337
24	0.354	0.353
30	0.378	0.375
35	0.392	0.390
40	0.404	0.403
45	0.414	0.414
50	0.423	0.422
60	0.432	0.435
70	0.438	0.442
80	0.446	0.446
100	0.454	0.450
125	0.462	0.463

$$\begin{aligned}
 J &= 2.238161 \cdot 10^{-1} \\
 &+ 7.050450 \cdot 10^{-3} Z \\
 &- 7.533313 \cdot 10^{-5} Z^2 \\
 &+ 2.740817 \cdot 10^{-7} Z^3 \\
 \Sigma E^2 &= 7.782 \cdot 10^{-5}
 \end{aligned}$$

LISSAGE DU FACTEUR GEOMETRIQUE J.

Engrenages Droits

MG : Nombre de dents de la roue conjuguée

MG = 35			MG = 50		
Nbre de dents: Z	Valeur de la courbe	Valeur lissée	Nbre de dents: Z	Valeur de la courbe	Valeur lissée
20	0.344	0.347	20	0.348	0.351
24	0.364	0.364	24	0.368	0.368
30	0.388	0.386	30	0.394	0.390
35	0.404	0.401	35	0.408	0.406
40	0.415	0.414	40	0.420	0.419
45	0.425	0.425	45	0.431	0.430
50	0.433	0.434	50	0.438	0.439
60	0.444	0.446	60	0.450	0.452
70	0.450	0.454	70	0.456	0.460
80	0.459	0.458	80	0.465	0.464
100	0.465	0.462	100	0.472	0.469
125	0.475	0.476	125	0.483	0.484
$J = 2.331954 \cdot 10^{-1}$ $+ 7.108342 \cdot 10^{-3} Z$ $- 7.581777 \cdot 10^{-5} Z^2$ $+ 2.759588 \cdot 10^{-7} Z^3$ $ZE^2 = 6.046 \cdot 10^{-5}$			$J = 2.355396 \cdot 10^{-1}$ $+ 7.218185 \cdot 10^{-3} Z$ $- 7.702811 \cdot 10^{-5} Z^2$ $+ 2.815325 \cdot 10^{-7} Z^3$ $ZE^2 = 6.554 \cdot 10^{-5}$		

LISSAGE DU FACTEUR GEOMETRIQUE J :

Engrenages Droits

MG = 85			MG = 100		
Nbre de dents: Z	Valeur de la courbe	Valeur lissée	Nbre de dents: Z	Valeur de la courbe	Valeur lissée
20	0.352	0.356	20	0.369	0.374
24	0.374	0.374	24	0.395	0.394
30	0.400	0.396	30	0.423	0.419
35	0.415	0.413	35	0.440	0.438
40	0.427	0.426	40	0.455	0.453
45	0.438	0.438	45	0.465	0.466
50	0.448	0.447	50	0.475	0.476
60	0.458	0.461	60	0.487	0.491
70	0.466	0.470	70	0.497	0.499
80	0.475	0.474	80	0.504	0.504
100	0.482	0.479	100	0.511	0.508
125	0.492	0.493	125	0.524	0.525
$J = 2.361553 \cdot 10^{-1}$ $+ 7.446248 \cdot 10^{-3} Z$ $- 7.860475 \cdot 10^{-5} Z^2$ $+ 2.838518 \cdot 10^{-7} Z^3$ $\Sigma E^2 = 7.15 \cdot 10^{-5}$			$J = 2.371527 \cdot 10^{-1}$ $+ 8.539182 \cdot 10^{-3} Z$ $- 9.220822 \cdot 10^{-5} Z^2$ $+ 3.386104 \cdot 10^{-7} Z^3$ $\Sigma E^2 = 8.006 \cdot 10^{-5}$		

LISSAGE DU FACTEUR GEOMETRIQUE J :

ENGRENAGES HELICOÏDAUX

20T		
Angle d'hélice: β	Valeur de la courbe	Valeur lissée
8	0.450	0.448
10	0.456	0.457
15	0.467	0.467
20	0.465	0.464
25	0.450	0.451
30	0.430	0.429
$J = 3,91151 \cdot 10^{-1}$ $+ 1.014853 \cdot 10^{-2} \beta$ $- 3.846847 \cdot 10^{-4} \beta^2$ $+ 2.974220 \cdot 10^{-6} \beta^3$ $\Sigma E^2 = 3.73 \cdot 10^{-6}$		

30T		
Angle d'hélice β	Valeur de la courbe	Valeur lissée
8	0.504	0.503
10	0.509	0.510
15	0.517	0.517
20	0.512	0.510
25	0.490	0.492
30	0.465	0.465
$J = 4.333458 \cdot 10^{-1}$ $+ 1.079360 \cdot 10^{-2} \beta$ $- 4.456498 \cdot 10^{-4} \beta^2$ $+ 3.646941 \cdot 10^{-6} \beta^3$ $\Sigma E^2 = 9.24 \cdot 10^{-6}$		

β désigne l'angle d'hélice.

LISSAGE DU FACTEUR GEOMETRIQUE J

Engrenages Hélicoïdaux

500T		
Angle d'hélice β	Valeur de la courbe	Valeur lissée
8	0.626	0.626
10	0.631	0.633
12	—	0.637
13	—	0.638
15	0.640	0.638
20	0.627	0.626
25	0.594	0.597
30	0.552	0.551

$$J = 5.490464 \cdot 10^{-1} + 1.3848 \cdot 10^{-2} \beta - 5.843337 \cdot 10^{-4} \beta^2 + 4.184416 \cdot 10^{-6} \beta^3$$

$$\sum E^2 =$$

LISSAGE DU MULTIPLICATEUR DE J, M :

Engrenages Helicoïdaux

20T		
Angle d'hélice β	Valeur de la courbe	Valeur lissée
5	0.9259	0.9260
10	0.9278	0.9274
15	0.9296	0.9297
20	0.9322	0.9326
25	0.937	0.936
30	0.9407	0.9408
$M = 0.9252799$ $+ 7.0429266 \beta \cdot 10^{-5}$ $+ 1.499998 \cdot 10^{-5} \beta^2$ $\Sigma E^2 = 7.41 \cdot 10^{-7}$		

150T		
Angle d'hélice β	Valeur de la courbe	Valeur lissée
5	1.019	1.018
10	1.019	1.018
15	1.018	1.017
20	1.017	1.016
25	1.015	1.015
30	1.013	1.013
$M = 1.018499$ $+ 9.642887 \cdot 10^{-5} \beta$ $- 9.285723 \cdot 10^{-6} \beta^2$ $\Sigma E^2 = 4.642 \cdot 10^{-7}$		

30T		
Angle d'hélice β	Valeur de la courbe	Valeur lissée
5	0.950	0.950
30	0.9662	0.9662
$M = 0.94676 + 6.486 \cdot 10^{-4} \beta$		

50T		
Angle d'hélice β	Valeur de la courbe	Valeur lissée
10	0.9808	0.9808
30	0.985	0.985
$M = 0.9787 + 2.10 \cdot 10^{-4} \beta$		

LISSAGE DU FACTEUR GEOMETRIQUE J :

Engrenages Helicoïdaux

60T		
Angle d'hélice β	Valeur de la courbe	Valeur lissée
8	0.562	0.561
10	0.566	0.569
12	—	(0.573)
15	0.577	0.577
17	—	(0.574)
20	0.566	0.566
22	—	(0.558)
25	0.540	0.541
30	0.502	0.502

$$\begin{aligned}
 J = & 4.970725 \cdot 10^{-1} \\
 & - 1.126856 \cdot 10^{-2} \beta \\
 & - 4.335704 \cdot 10^{-4} \beta^2 \\
 & + 2.104796 \cdot 10^{-6} \beta^3
 \end{aligned}$$

150T		
Angle d'hélice β	Valeur de la courbe	Valeur lissée
8	0.608	0.608
10	0.612	0.612
12	0.614	0.615
13	—	0.616
14	—	0.616
15	0.615	0.616
17	—	0.613
20	0.606	0.604
21	—	0.600
25	0.575	0.576
30	0.530	0.530

$$\begin{aligned}
 J = & 5.703955 \cdot 10^{-1} \\
 & + 6.179890 \cdot 10^{-3} \beta \\
 & - 1.700845 \cdot 10^{-4} \beta^2 \\
 & - 2.706187 \cdot 10^{-6} \beta^3
 \end{aligned}$$

EP382TOP

```
00070 BEGIN
00100 PRINT 'CS',"LE LOGICIEL  CONCEPTION----VERIFICATION offre CINQ CHOIX",'
00100:LF','LF'
00120 PRINT 'LF',"  VERIFICATION COMPLETE DE TOUT L'ENGRENEMENT",'RB',a(60),"
00120:1"
00130 PRINT 'LF',"  VERIFICATION DES CARACTERISTIQUES GEOMETRIQUES
00130:                DE LA DENTURE",'RB',a(60),"2"
00140 PRINT 'LF',"  VERIFICATION A LA FATIGUE DE LA SURFACE DE LA
00140:                DENTURE (CONTRAINTES SUPERFICIELLES)",a(60),"
00140:3"
00150 PRINT 'LF',"  VERIFICATION A LA FLEXION ET A LA FATIGUE DE
00150:                LA DENT",'RB',a(60),"4"
00160 PRINT 'LF',"  Retour au debut du programme",a(60),"5",'LF','LF'
00190 INPUT (0,ERR=00190,SIZ=1) "TAPER LA VALEUR CORRESPONDANT A VOTRE CHOIX
00190:",a(70),A:(5)
00200 IF A=1 OR A=2 THEN RUN "EP382GEO"
00205 IF A=3 OR A=4 THEN RUN "EP382RES"
00250 END
  27664
```

LISSAGE DU MULTIPLICATEUR DE J. M

Engrenages Hélicoïdaux

500 T		
Angle d'hélice β	Valeur de la courbe	Valeur lissée
5	1.037	1.037
10	1.036	1.036
15	1.0346	1.0340
20	1.0315	1.031
25	1.0288	1.0280
30	1.025	1.0240

$M = 1.037419$ $- 3.999699 \cdot 10^{-6} \beta$ $- 1.371429 \cdot 10^{-5} \beta^2$ $\Sigma E^2 = 2.394 \cdot 10^{-7}$

- 75 T

Pour $\beta = 8$ à 30 ; $M = 1$

```

00450 RESET
00500 REM *****QUESTIONNAIRE D'UTILISATION*****
00502 IF A=2 THEN GOTO 01040
00505 DIM A1$(350),M1$(300)
00590 LET M1$(1,40)="ACIERS AU CARBONE"
00592 LET M1$(41,40)="ACIERS ALLIES A TREMPE TOTALE A L'HUILE"
00593 LET M1$(81,40)="ACIERS ALLIES AUTO TREMPANTS"
00594 LET M1$(121,40)="ACIERS ALLIES DE CEMENTATION"
00595 LET M1$(161,40)="ACIERS DE NITRURATION"
00597 LET M1$(241,20)="Au Ni- Cr"
00598 LET M1$(201,40)="FONTES GRISES"
00600 LET M1$(261,40)="FONTES DUCTILES"
00610 PRINT 'CS', 'LF', 'RB', 'ES', 'H', a(15), "CHOIX DES MATERIAUX DU PIGNON ET D
00610: E LA ROUE "
00615 PRINT 'LF', 'LF', a(5), "Dans le calcul des engrenages ( a axes paralleles
00615: droits et helicoidaux ) ,il faut toujours respecter une certaine exigen
00615: ce entre la durete de la roue et celle du pignon . Le pignon doit toujo
00615: urs posseder une durete (HB, ROCKWELL, ... etc) superieure a celle de la
00615: roue"
00620 PRINT 'LF', a(5), "Le rapport X = (durete du pignon /durete de la roue), d
00620: oit augmenter avec le rapport de conduite I ( I =nombre de dents de
00620: la roue / nombre de dents du pignon)"
00625 PRINT 'LF', a(5), "(A titre indicatif la valeur minimale de X permise p
00625: our I= 2 est x=1.15, elle passe a X= 1.30 pour I=4 et elle devient X=1
00625: .50 pour I= 10 )", 'ES', "I"; WAIT 30
00640 PRINT 'LF', 'LF', 'RB', "Dans une etude de conception , ce logiciel peut v
00640: ous guider ( assez sommairement .... ) dans le choix des materiaux pou
00640: r quelques applications des engrenages "; WAIT 8
00645 INPUT (0,ERR=00645,SIZ=3) 'LF', " DESIREZ-VOUS BENEFICIER DE CETTE AS
00645: SISTANCE ( taper OUI ou NON) ", R7$:( "OUI"=00650, "NON"=00755)
00650 PRINT 'CS', 'LF', a(5), "PARMI LES CAS ENVISAGES CI DESSOUS ,QUEL EST CELU
00650: I QUI SE RAPPROCHE LE PLUS ", a(5), "DU PROBLEME QUE VOUS TRAITEZ"
00655 PRINT 'LF', 'ES', 'H', a(25,5), "TYPE D'ENGRENAGES ", 'LF', 'ES', "I"
00660 LET A1$(1,70)="TRES FAIBLE VITESSE ,ROUE DE GRANDE DIMENSION"; PRINT 'L
00660: F', a(3), A1$(1,70), a(75), "1"
00665 LET A1$(71,70)="MECANIQUE GENERALE VITESSE MOYENNE ,ROUE DE GRANDE DIME
00665: NSION"; PRINT 'LF', a(3), A1$(71,70), a(75), "2"
00675 LET A1$(141,70)="MECANIQUE GENERALE ,VITESSE ET DIMENSIONS MOYENNES ";
00675: PRINT 'LF', a(3), A1$(141,70), a(75), "3"
00680 LET A1$(211,70)="BOITES DE VITESSE DE QUALITE ( automobiles,machines ou
00680: tils)"; PRINT 'LF', a(3), A1$(211,70), a(75), "4"
00685 LET A1$(281,70)="FORTES CHARGES ,GRANDES VITESSES (exple turbines)"; P
00685: RINT 'LF', a(3), A1$(281,70), a(75), "5"
00690 INPUT (0,ERR=00690,SIZ=1) a(17,21), "TAPER SVP LE NUMERO CHOISI ", B
00690: (5)
00695 PRINT 'CS', 'LF', 'RB', 'LF', a(3), A1$(1+(B-1)*70,70)
00700 PRINT 'LF', 'ES', 'H', a(20), "MATERIAUX", 'ES', "I"
00710 IF B=1 THEN PRINT 'LF', a(10), "PIGNON : ", M1$(1,40), " (de 600 a 700 MPa
00710: )", 'LF', a(10), "ROUE : ", M1$(261,7), " OU ACIERS MOULES "
00713 IF B=2 THEN PRINT 'LF', a(10), "PIGNON : ", M1$(1,7), M1$(241,20), " ( de
00713: 780 a 880 MPa)", 'LF', a(10), "ROUE : ", "ACIER FORGE (environ 590 MPa)"
00716 IF B=3 THEN PRINT 'LF', a(5), "SOLUTION CLASSIQUE", 'LF', 'LF', a(10), "PIGNO
00716: N : ", M1$(1,7), M1$(241,20), " (de 780 a 880 MPa)", 'LF', a(10), "ROUE
00716: ", " ACIER FORGE (environ 590 MPa)", a(5,14), "SOLUTION DE FAIBLE ENCOMBRE
00716: MENT ", 'LF', a(10,16), "PIGNON : ", M1$(1,7), M1$(241,20), " cemente tremp
00716: e rectifie", 'LF', a(10), "ROUE : ", " ACIER FORGE (de 880 a 980 MPa)"
00719 IF B=4 THEN PRINT 'LF', a(5), "LE PIGNON ET LA ROUE SERONT DANS LA MEME N
00719: UANCE D'ACIER (Mais ne pas oublier que la durete de la doit etre infe
00719: rieure a celle du pignon", 'LF', a(20,15), "ACIER Ni-Cr, cemente, trempe, re
00719: ctifie"
00722 IF B=5 THEN PRINT 'LF', a(5), "SOLUTION CLASSIQUE ", 'LF', 'LF', a(10), "PIGN
00722: ON : ", "ACIER Ni-Cr (environ 980 MPa)", 'LF', a(10), "ROUE : ACIER FO
00722: RGE ( environ 680 MPa)", 'LF', a(7), "La roue et le pignon devront subir t
00722: ous un rasage de denture", a(5,14), "SOLUTION DE FAIBLE ENCOMBREMENT ", a(
00722: 10,16), "PIGNON : ", M1$(1,7), " Au Ni-Cr cemente trempe rectifie", a(10,
00722: 18), "ROUE : ", M1$(1,7), " au Ni-Cr cemente trempe rectifie", a(17,19), "(
00722: ou ACIER FORGE traite pour 980 MPa taille et rectifie (pour roue de gr
00722: ande dimension))"
00725 INPUT a(3,22), "VEUILLEZ RETENIR SVP LE CHOIX QUI VOUS EST PROPOSE ET T
00725: APER SUR RETOUR POUR CONTINUER", V0$

```

```

00755 LET K2$="XC3238424855"; LET K1$="580610660700790"; LET K2$="E:800E:860E
00755:920H:890H1015"; LET K3$="170170195220220"; LET K4$="230245480480480"
00760 LET T0$="35NCD640NCD330NC11 35NC6"; LET T1$="H:1185H:1185H:1015H:1185";
00760: LET T2$="340300290300"
00765 LET W0$="35NCD16 25CD4 42CD4 35NC15 "; LET W1$="A:1720H:1040H:1285H:15
00765:20"; LET W2$="500530530500"
00770 LET Y0$="18NCD620NCD2 10NC6 16NC6 18CD4"; LET Y1$="H:1285H:1335 H:990H:
00770:1210H:1310"; LET Y2$="570550550550570"
00775 LET Z0$="30CD12 30CAD6-1245CAD6-12"; LET Z1$="H:1160 H:990H:1025"
00776 LET Z2$="710710710"
00780 LET N0$="FT20FT25"; LET N1$="200250"; LET N2$="150170"
00785 LET J0$="FGS38-15FGS42-12FGS50-7 "; LET J1$="380420500"; LET J2$="15017
00785:0220"
00800 DIM G$(20),G(2),Q(2),J(2),Q(2); FOR Q1=1 TO 2
00805 IF Q1=1 THEN PRINT 'CS', 'ES', "H", a(25,2), "CHOIX DU MATERIAU DU PIGNON"
00805: ELSE PRINT 'CS', 'ES', "H", a(25,2), "CHOIX DU MATERIAU DE LA ROUE"
00807 PRINT 'RB', 'ES', "I"; WAIT 3
00810 PRINT a(5,5), "Parmi les differentes classes de materiaux qui suivent , d
00810: onnez le numero de la classe dans laquelle vous desirez operer votre c
00810: hoix", 'LF', 'LF', "Se reporter au manuel de l'usager pour un examen detai
00810: lle des proprietes qui se rattachent a chacune de ces classes", 'LF', 'LF'
00810: '; WAIT 3
00815 FOR Q2=1 TO 7
00820 LET Q3=40*(Q2-1)+1
00825 IF Q3=241 THEN LET Q3=261
00830 PRINT a(17), M1$(Q3,40), a(65), Q2; WAIT 1
00835 NEXT Q2
00837 IF R7$="NON" THEN PRINT a(2,19), "Si les caracteristiques ( designation
00837: AFNOR , resistance limite Ru et durete HB ) des materiaux de la roue et
00837: du pignon sont connues et que vous ne desirez pas afficher la liste
00837: des materiaux en memoire ,Repondez en choisissant la classe 0 (zero)"
00837: ; WAIT 2
00840 INPUT (0,ERR=00840,SIZ=1) a(30,23), "CLASSE CHOISIE : ", Q2
00842 IF Q2=0 THEN EXITTO 00930
00843 LET Q(Q1)=Q2
00845 PRINT 'CS', a(3), "LA DESIGNATION DES MATERIAUX OBEIT AUX NORMES AFNOR .
00845: (Les lettres A: H: E: designent respectivement les traite
00845: ments thermiques a l'air ,a l'huile et a l'eau ( Pour d'aut
00845: res renseignements consulter le manuel de l'usager", 'LF', 'LF'; WAIT 4
00850 LET Q3=40*(Q2-1)+1; IF Q3=241 THEN LET Q3=261
00855 PRINT a(15), M1$(Q3,40), 'LF'
00860 PRINT a(1,8), "DESIGNATION", a(1,10), "Sut (en MPa)", a(1,12), "DURETE HB"
00865 IF Q2=1 THEN PRINT a(1,15), "Ru (en MPa)", a(1,17), "DURETE HB"
00867 ON Q2-1 GOSUB 00870,00875,00880,00885,00890,00895,00900
00868 GOTO 00905
00870 FOR Q3=0 TO 4; LET Q4=Q3*13+15; PRINT a(Q4,8), "XC", K0$(2*Q3+3,2), a(Q4,1
00870: 0), K1$(3*Q3+1,3), a(Q4,12), K3$(3*Q3+1,3), a(Q4,15), K2$(5*Q3+1,5), a(Q4,17)
00870: , K4$(3*Q3+1,3); NEXT Q3; RETURN
00875 FOR Q3=0 TO 3; LET Q4=Q3*13+15; LET Q5=6*Q3+1; PRINT a(Q4,8), T0$(Q5,6),
00875: a(Q4,10), T1$(Q5,6), a(Q4,12), T2$(3*Q3+1,3); NEXT Q3; RETURN
00880 FOR Q3=0 TO 3; LET Q4=Q3*13+15; PRINT a(Q4,8), W0$(7*Q3+1,7), a(Q4,10), W1
00880: $(6*Q3+1,6), a(Q4,12), W2$(3*Q3+1,3); NEXT Q3; RETURN
00885 FOR Q3=0 TO 4; LET Q4=Q3*13+15; PRINT a(Q4,8), Y0$(6*Q3+1,6), a(Q4,10), Y1
00885: $(6*Q3+1,6), a(Q4,12), Y2$(3*Q3+1,3); NEXT Q3; RETURN
00890 FOR Q3=0 TO 2; LET Q4=Q3*13+15; PRINT a(Q4,8), Z0$(9*Q3+1,9), a(Q4,10), Z1
00890: $(6*Q3+1,6), a(Q4,12), Z2$(3*Q3+1,3); NEXT Q3; RETURN
00895 FOR Q3=0 TO 1; LET Q4=Q3*13+15; PRINT a(Q4,8), N0$(4*Q3+1,4), a(Q4,10), N1
00895: $(3*Q3+1,3), a(Q4,12), N2$(3*Q3+1,3); NEXT Q3; RETURN
00900 FOR Q3=0 TO 2; LET Q4=Q3*13+15; PRINT a(Q4,8), J0$(8*Q3+1,8), a(Q4,10), J1
00900: $(3*Q3+1,3), a(Q4,12), J2$(3*Q3+1,3); NEXT Q3; RETURN
00905 PRINT a(1,20), "Donner les reponses (ou taper C et RETOUR pour changer
00905: de classe)"
00908 INPUT (0,ERR=00908) a(45,21), "DESIGNATION : ", G$(10*(Q1-1)+1,10)
00910 IF Q1=1 AND G$(1,1)="C" OR (Q1=2 AND G$(11,1)="C") THEN LET Q1=Q1-1 ELS
00910: E GOTO 00920
00915 GOTO 00925
00920 INPUT (0,ERR=00925) a(45,22), "RESISTANCE LIMITE Ru" = ", G(Q1), a(45,23), "
00920: DURETE HB = ", J(Q1)
00925 NEXT Q1

```

```

00928 GOTO 00950
00930 FOR Q1=1 TO 2
00935 IF Q1=1 THEN PRINT 'CS',a(25,5),"MATERIAU DU PIGNON " ELSE PRINT 'CS',a
00935:(25,5),"MATERIAU DE LA ROUE "
00937 INPUT (0,ERR=00937,SIZ=1) a(25,26),"ACIER (1) OU FONTE (2) ? (tape
00937: r le bon numero )",Q(Q1)
00938 IF Q(Q1)<>1 AND Q(Q1)<>2 THEN GOTO 00937
00939 IF Q(Q1)=2 THEN LET Q(Q1)=6
00940 INPUT (0,ERR=00940) a(20,8),"DESIGNATION AFNOR : ",G$(10*(Q1-1)+1,10
00940:),a(20,10),"RESISTANCE LIMITE Ru (en MPa)",G(Q1),a(20,12),"DURETE BRIN
00940: ELL = ",J(Q1)
00945 NEXT Q1
00950 LET H1=J(1); LET H2=J(2); LET R1=G(1); LET R2=G(2)
00960 IF H2>H1 THEN PRINT 'CS',a(2,7)," LA DURETE DE LA ROUE NE DOIT PAS ETR
00960: E SUPERIEURE A CELLE DU PIGNON ",a(2,10),"DURETE DE LA ROUE : ",H2,a(2
00960: ,12),"DURETE DU PIGNON : ",H1,a(2,15),"IL EST INDISPENSABLE QUE VOUS R
00960: EPROCEDER AU CHOIX DES MATERIAUX DE L'ENGRENAGE "; INPUT (0,ERR=00960,S
00960: IZ=3) a(10,18),"DESIREZ REPROCEDER A CE CHOIX (taper OUI OU NON SVP)
00960: ",V1$:( "OUI"=00800,"NON"=01040) ELSE GOTO 01040
00975 IF R0$="OUI" THEN INPUT (0,ERR=00975,SIZ=3) "DESIREZ VOUS CHANGER LA VA
00975: LEUR D'UN AUTRE PARAMETRE ( Puissance ,type d'engrenage (H ou E) )AVA
00975: NT DE PROCEDER A UNE AUTRE VERIFICATION",V0$:( "OUI"=01040,"NON"=00980)
00980 GOTO 02000
01040 WAIT 2; INPUT (0,ERR=01040,SIZ=1) 'LF','CS',a(2,50),"ENGRENAGE DROIT :
01040: D ,OU ENGRENAGE HELICOIDAL : H ? (Taper la lettre correspondant a
01040: u cas traite) ",E1$:( "H"=01050,"D"=01062)
01050 INPUT (0,ERR=01060) a(1,8),"DONNER (en degres) LA VALEUR DE L'ANGLE D'H
01050: ELICE DE L'OUTIL CREMAILLERE DE TAILLAGE , beta zero= ",B1:(30)
01052 LET B1=B1*(22/7)/180
01055 GOTO 01062
01060 PRINT " La valeur de l'angle d'outil doit etre comprise entre 8 et
01060: 30 degres"; RETRY
01062 INPUT (0,ERR=01062) 'CS',a(1,5),"QUELLE EST (en Kilowatts) LA VALEUR D
01062: E LA PUISSANCE MAX TRANSMISE PAR L'ENGRENAGE (RAPPEL 1 CV = 0.736 KW
01062: , 1 HP = 0.746 KW) . . . . . ATTENTION NE PAS OUBLIER QUE LES
01062: METHODES DE CALCUL UTILISEES DANS CE PROGRAMME NE GARANTISSENT UN CALC
01062: UL CORRECTE QUE POUR UNE PUISSANCE MAX DE L'ORDRE DE 100 KW. . . . . tap
01062: er la valeur svp ",a(50,12),P
01064 INPUT (0,ERR=01064,SIZ=1) 'CS',a(1,5),"Quelle type d'engrenage calculez
01064: vous, un Reducteur de vitesse (vitesse d'entree superieure a la vites
01064: se de sortie )ou un Elevateur de vitesse (vitesse de sortie superieure
01064: a la vitesse d'entree) . . . ? TAPER R ou E ",R1$:( "R"
01064: =01065,"E"=01065)
01065 INPUT (0,ERR=01065) 'CS',a(1,5),"QUELLE EST LA VALEUR (en tours par min
01065: ute) DE LA VITESSE DE ROTATION DE L'ENGRENAGE MENANT , N= ",V
01075 PRINT 'CS',a(2,5),"Dans ce logiciel la valeur de l'angle de pression de
01075: l'outil cremaillere de taillage est fixee a 20 degres"; WAIT 6; LET A
01075: 1=20
01077 LET A1=A1*(22/7)/180
01090 INPUT (0,ERR=01090) 'CS',"DONNER LE NOMBRE DE DENTS DU PIGNON (Le pigno
01090: n est celui des deux engrenages qui compte le moins de dents) Z1= "
01090: ,Z1
01100 INPUT (0,ERR=01100) a(1,5),"DONNER LE NOMERE DE DENTS DE LA ROUE Z2=
01100: ",Z2
01105 IF Z2<Z1 THEN GOTO 01090
01108 REM _____ VERIFIER L'INTERFERENCE PRIMAIRE _____
01110 GOSUB 01800
01120 LET M2$="0.500.600.801 1.251.502 2.503 4 5 6 8 10 12 16
01120: 20 25 "
01125 INPUT (0,ERR=01070) 'CS',a(1,2),"DONNER (en millimetres) LA VALEUR DU M
01125: ODULE DE L'OUTIL CREMAILLERE DE TAILLAGE ",M:(25)
01130 REM _____ Verifier la valeur du module _____
01132 GOSUB 01900

```

```

01135 PRINT 'CS',a(2,5),"Donner (en mm) la valeur L de la LARGEUR DE LA DE
01135:NT Si la qualite de taillage des dents et leur condition de montage o
01135:ffre un engrenement de faible precision, la largeur de la dent doit etr
01135:e reduite ",a(2,8),"ILA NORME RECOMMANDE QUE LA LARGEUR DES DENTS L
01135:SOIT COMPRISE ENTRE 7 a 14 FOIS LE MODULE",a(2,12)," Rappel : M
01135:ODULE = ",M," (mm)"; WAIT 5
01140 INPUT (0,ERR=01140) a(20,15),"L (en mm) =" ,L
01145 IF L<7*M OR L>14*M THEN GOTO 01135
01148 GOTO 02000
01800 REM ++++++SPG :VERIFICATION DE L'INTERFERENCE PRIMAIRE ++++++
01802 LET Z5=Z1; IF E1$="H" THEN LET Z5=Z1/COS(B1)**3; LET Z6=Z2/COS(B1)**3 E
01802:LSE LET Z6=Z2
01805 LET Z4=2/SIN(A1)**2
01810 IF Z5>Z4 OR Z5>(-Z6)+(Z6**2+4/SIN(A1)**2*(Z6+1))**(1/2) THEN LET I1$="
01810:Il n'existe pas d'interference primaire a l'engrenement de la roue et d
01810:u pignon" ELSE LET I1$="Attention , l'engrenement de la roue et du pign
01810:on s'effectue avec une interference primaire"
01820 PRINT 'LF',I1$,'LF'; WAIT 5
01830 IF I1$(1,2)="At" THEN INPUT (0,ERR=01830,SIZ=3) " DESIREZ VOUS MODIFIER
01830: LE NOMBRE DE DENTS DU PIGNON ET DE LA ROUE ( le logiciel ne prévoit
01830:pas le calcul des deports) REPONDEZ SVP PAR OUI OU NON ",R4$ E
01830:LSE GOTO 01840
01835 IF R4$="OUI" THEN EXITTO 01090
01840 RETURN
01900 REM *****VERIFICATION DU MODULE*****
01905 FOR M1=1 TO 69 STEP 4
01910 LET M2=NUM(M2$(M1,4))
01915 IF M=M2 THEN EXITTO 01960
01920 NEXT M1
01925 PRINT 'LF','RE','RB',a(10),"LA VALEUR DU MODULE DONNE NE CORRESPOND PAS
01925:A UN MODULE NORMALISE.....Il faut proceder a son changement
01925:"; WAIT 12
01930 PRINT 'LF','CR','CR',"Les modules metriques normalises M (en mm) accept
01930:es par ce logiciel sont :","LF'
01935 FOR M1=1 TO 69 STEP 4
01940 IF M1>37 THEN LET M4=2*M1-80; GOTO 01946 ELSE LET M4=2*M1
01945 PRINT 'ES',"H",a(M4),M2$(M1,4); GOTO 01947
01946 PRINT 'ES',"H",a(M4,17),M2$(M1,4),
01947 WAIT 1
01950 NEXT M1
01952 PRINT 'ES',"I","LF','LF'; WAIT 10
01955 EXITTO 01120
01960 PRINT 'LF','LF','LF',a(5),"__Verification du module du point de vue res
01960:istance de la denture__","LF'
01962 IF A=2 THEN GOTO 01995
01965 PRINT a(10),"MATERIAU DE LA ROUE ", 'LF','LF',a(25),"FONTE",a(39),1,'LF'
01965:', 'LF',a(25),"ACIER MOULE",a(39),2,'LF','LF',a(25),"ACIER FORGE",a(40),3
01968 PRINT 'LF','CR',a(20),"RAPPEL : MATERIAU DE LA ROUE : ",G$(11,10)
01970 INPUT (0,ERR=01970,SIZ=1) 'LF','CR','CR',"Taper le numero correspondant
01970: au cas traite ",M4
01975 IF M4=1 THEN LET M4=.3
01977 IF M4=2 THEN LET M4=.55 ELSE LET M4=.8
01980 LET M5=(2*P/(2*(22/7)*V/60)*1000000/((22/7*10*Z1*M4))**(1/3)
01985 PRINT 'LF','CR','LF',"LE MODULE A ADOPTER POUR GARANTIR LA RESISTANCE D
01985:E LA DENT EST APPROXIMATIVEMENT LE MODULE NORMALISE LE PLUS PROCHE SUPE
01985:RIEURE A M = ",M5:"aa aaa","mm"
01987 INPUT (0,ERR=01987,SIZ=3) "DESIREZ VOUS MODIFIER VOTRE MODULE OUI O
01987:U NON ",R8$
01990 IF R8$="OUI" THEN EXITTO 01120
01995 RETURN
02000 IF A=1 AND R0$="OUI" THEN RUN "EP382RES"
02010 IF A=1 OR A=2 THEN RUN "EP382GEO"
02020 IF A=3 OR A=4 THEN RUN "EP382RES"
02050 END

```

```

02900 RESET
03000 PRECISION 3
03005 IF A=1 AND LEN(C1$)=0 THEN RUN "EP382FCT"
03008 IF A=1 AND F3<>0 THEN GOTO 05000
03010 IF A=3 AND LEN(C1$)=0 THEN RUN "EP382FCT"
03015 IF A=3 AND P=0 THEN RUN "EP382QDU"
03017 IF A=4 THEN GOTO 05000
03210 LET C3=0; LET C2=0
03290 FOR C2=1 TO 10
03295 GOSUB 03330
03300 NEXT C2
03310 GOTO 03820
03330 LET C3=C3+10; GOSUB 03340
03335 GOTO 03350
03340 LET C5=LEN(C1$+C$(1+4*(C3-10),40)); LET C5=INT((79-C5)/2)
03342 PRINT 'RB', 'CS', P1$, 'ES', "H", 'LF', a(C5), C1$, C$(1+4*(C3-10),40), 'ES', "I"
03342: , a(1,3), P1$; WAIT 5; RETURN
03350 ON C2-1 GOSUB 03360,03370,03380,03430,03470,03520,03630,03670,03760,037
03350: 80
03353 GOSUB 03900; GOSUB 03910
03355 IF R5$="OUI" THEN LET C2=C2-1; IF R5$="OUI" THEN LET C3=C3-10
03357 RETURN
03360 INPUT (0,ERR=03360) 'LF',"QUEL EST LE NOMBRE DE CYCLES DE MISES EN CHA
03360: RGE AUQUEL SONT SOUMIS LES DENTS DES ENGRENAGES. . . . . N = ",C(1)
03361 IF C(1)>=10*8 THEN LET C(1)=1 ELSE LET C(1)=(10*7/C(1))*(1/17)
03362 RETURN
03370 INPUT (0,ERR=03370) 'LF',"A QUELLE VALEUR ESTIMEZ VOUS LA FIABILITE DE
03370: SERVICE DE L'ENGRENAGE (Cette valeur doit etre comprise entre 0.5 et
03370: 1) ",C(2):(1); LET C4=C(2)
03372 LET C4=C4*100
03373 IF C(2)<=.99 THEN LET C(2)=.8
03374 IF C(2)>.99 AND C(2)<=.999 THEN LET C(2)=1
03375 IF C(2)>.999 THEN LET C(2)=1.25
03376 PRINT 'LF',a(25),"FIABILITE DE SERVICE ESCOMPTEE : ",C4," %"
03378 RETURN
03382 PRINT 'LF', 'ES', "H", a(8), C0$, 'CR', a(8), C2$, 'ES', "I"; WAIT 40
03385 PRINT 'LF',"SUIVANT LE PROCEDE DE TAILLAGE QUATRE CLASSES DE PRECISION
03385: SONT FIXEES", 'CR', a(10),"CLASSE 1 : DENTURES DE TRES GRANDES PRECISIO
03385: N , POUR ENGRENAGES DE GRANDE VITESSE , OBTENUES PAR RECTIFICATION ,SHAVI
03385: NG SANS TRAITEMENT THERMIQUE ULTERIEUR. . . . . La vitesse peut atteindr
03385: e et meme depasser 100 m/s", 'CR', a(10),"CLASSE 2 : DENTURES DE PRECISI
03385: ON OBTENUES PAR RECTIFICATION ,SHAVING (sans traitement thermique ulter
03385: ieur),OU SUR MACHINES A TAILLER DE TRES GRANDE PRECISION. . . . . La vit
03385: eese peut atteindre et meme depasser 50 m/s", 'CR', a(10),"CLASSE 3 : DE
03385: NTURES DE BONNE QUALITE COMMERCIALE , OBTENUES AVEC DES MACHINES A TAILL
03385: ER RECENTES, EN BON ETAT , ET AVEC UN CERTAIN SOIN DE L'OPERATEUR. . . . .
03385: . . . . . La vitesse peut atteindre 20 m/s", 'CR', a(10),"CLASSE 4 : DEN
03385: TURES DE QUALITE MEDIOCRE OBTENUES SUR DES MACHINES EN MAUVAIS ETAT, AV
03385: EC UN UOTILLAGE ANCIEN ,OU MONTÉES SANS PRECAUTION. . . . . La
03385: vitesse doit se situer en deca de 10 m/s "; WAIT 8
03390 INPUT (0,ERR=03390,SIZ=1) 'LF',"TAPER S.V.P AU CLAVIER LE NUMERO DE LA
03390: CLASSE CORRESPONDANT AU PROBLEME TRAITE ",X3:(4); LET C4=X3
03392 GOSUB 03395
03393 GOTO 03402
03395 IF R1$="R" AND E1$="D" THEN LET V1=2*(22/7)*V/60*Z1*M/2/1000
03397 IF R1$="R" AND E1$="H" THEN LET V1=2*(22/7)*V/60*Z1*M/COS(B1)/2/1000
03399 IF R1$="E" AND E1$="D" THEN LET V1=2*(22/7)*V/60*Z2*M/2/1000
03400 IF R1$="E" AND E1$="H" THEN LET V1=2*(22/7)*V/60*Z2*M/COS(B1)/2/1000
03401 RETURN

```

```
03402 IF X3=1 THEN LET X3=1
03404 IF X3=2 THEN LET X3=SQR(5.6/(5.6+SQR(V1)))
03406 IF X3=3 THEN LET X3=5.6/(5.6+SQR(V1))
03408 IF X3=4 THEN LET X3=3.6/(3.6+SQR(V1))
03410 IF C4=1 AND V1<=7 THEN PRINT 'LF','RB',a(8),"La faible valeur de la vit
03410:esse de la vitesse circonférentielle n'impose la très grande précision
03410:de taillage choisie, ... Une classe de précision 2 conviendrait"; WAIT
03410: 3 ELSE GOTO 03418
03414 GOTO 03422
03418 IF C4=2 AND V1>=55 OR (C4=3 AND V1>=25) OR (C4=4 AND V1>=12) THEN PRINT
03418: 'LF','RB',a(8),"Pour la classe de précision retenue, la vitesse circon
03418:férentielle retenue est trop grande et impose un facteur de vitesse rel
03418:ativement faible"; WAIT 6
03422 PRINT 'LF',a(15),"CLASSE DE PRECISION :",C4,a(45),"VITESSE CIRCONFÉREN
03422:CIELLE = ",V1,"m/s"
03423 IF X5=1 THEN LET F(11)=X3 ELSE LET C(3)=X3
03425 RETURN
03434 IF E1$="D" THEN LET C4$="1.31.41.51.81.61.71.82.2PLUS QUE 2.2"
03436 IF E1$="H" THEN LET C4$="1.21.31.41.71.51.61.72.0PLUS QUE 2.0"
03440 PRINT 'LF','RB','ES','H',C3$,'ES','I'; WAIT 35
03442 PRINT 'CS'; GOSUB 03340
03446 PRINT P1$
03448 PRINT a(48,5),"LARGEUR DE LA DENT (en mm)",a(43,7),P1$(1,35)
03450 PRINT a(15,11),"CONDITIONS DE MONTAGE",a(44,9),"0-50",a(52,9),"150",a(6
03450:0,9),"200",a(68,9),"400 et plus"
03452 PRINT 'LF',P1$
03454 PRINT a(1,12),"Engrenages de précision montés avec soin",a(1,13),"faibl
03454:e jeu des paliers, petite deflection"
03456 PRINT a(44,13),C4$(1,3),a(51,13),C4$(4,3),a(59,13),C4$(7,3),a(71,13),C4
03456:$(10,3)
03458 PRINT a(1,15),"Engrenages moins précis montage moins ",a(1,16),"rigide
03458:, contact sur toute la face",a(44,16),C4$(13,3),a(51,16),C4$(16,3),a(59,
03458:16),C4$(19,3),a(71,16),C4$(22,3)
03460 PRINT a(1,18),"La précision du montage ne permet pas un",a(1,19),"conta
03460:ct sur toute la face",a(50,19),C4$(25)
03462 PRINT 'LF',P1$,a(20),"Rappel largeur de la dent L = ",L," mm ", 'LF'
03466 INPUT (0,ERR=03466) 'LF',"INTRODUIRE LA VALEUR DU FACTEUR CORRESPONDANT
03466: LE MIEUX AU CAS TRAITÉ CM = ",X4
03468 IF X5=1 THEN LET F(10)=X4 ELSE LET C(4)=X4
03469 RETURN
03470 PRINT 'ES','H','LF',"LE FACTEUR DE SERVICE PREND EN COMPTE LES IRREGULA
03470:RITES DES COUPLES MOTEUR ET RECEPTEUR ( Il faut cependant noter que c
03470:e facteur ne prend pas en considération les vibrations qui peuvent exis
03470:ter dans la transmission ) ", 'ES','I'
03474 PRINT 'LF','LF',a(10),"QUEL EST LE RÉGIME DE SERVICE DE L'ORGANE MOTEUR
03474:"
03476 PRINT 'RB','LF',a(25),"FONCTIONNEMENT UNIFORME",a(65),"1"
03478 PRINT 'LF',a(25),"FONCTIONNEMENT AVEC CHOCS LÉGERS ",a(65),"2"
03480 PRINT 'LF',a(25),"FONCTIONNEMENT AVEC CHOCS MOYENS",a(65),"3"
03484 INPUT (0,ERR=03484,SIZ=1) 'LF',"TAPER S.V.P LA VALEUR CORRESPONDANT AUX
03484: CONDITIONS DE SERVICE ",X5:(3)
03486 IF X5=1 THEN LET X5=1
03488 IF X5=2 THEN LET X5=1.25
03490 IF X5=3 THEN LET X5=1.5
03494 PRINT 'LF','LF','RB',a(10),"QUELLE EST L'IMPORTANCE DES CHOCS SUR LA MA
03494:CHINE RECEPTRICE "
03496 PRINT 'LF',a(25),"FONCTIONNEMENT PRATIQUEMENT SANS CHOCS",a(65),"1"
03498 PRINT 'LF',a(25),"FONCTIONNEMENT AVEC CHOCS MODÉRÉS ",a(65),"2"
03500 PRINT 'LF',a(25),"FONCTIONNEMENT AVEC CHOCS IMPORTANTS",a(65),"3"
03504 INPUT (0,ERR=03504,SIZ=1) 'LF',"TAPER S.V.P LA VALEUR CORRESPONDANT A
03504:UX CONDITIONS DE SERVICE",C4:(3)
03506 IF C4=1 THEN LET X5=X5+0
03508 IF C4=2 THEN LET X5=X5+.25
03510 IF C4=3 THEN LET X5=X5+.75
03513 IF X0=1 THEN LET F(9)=X5 ELSE LET C(5)=X5
03516 RETURN
```



```

03520 PRINT 'ES', "H", "Le facteur CH permet de tenir compte de la diffe
03520 : rence de resistance entre le pignon et la roue. Pour un engrenage droi
03520 : t il est egal a 1, pour un engrenage helicoidal il varie avec le rappor
03520 : ts de durete et de vitesse", 'ES', "I"
03521 LET Z=Z2/Z1; LET K=H1/H2
03522 IF E1$="D" THEN GOTO 03605
03525 LET Z=Z2/Z1; LET K=H1/H2
03530 IF K<1.2 THEN GOTO 03605
03535 IF K>1.7 THEN LET C(6)=1.12; GOTO 03610 ELSE GOTO 03540
03540 LET C5$="1 21 31 41 51 61 7"; LET C4=0
03545 FOR C5=1 TO 13 STEP 3
03550 LET C4=C4+1
03555 LET K1=NUM(C5$(C5,3)); LET K2=NUM(C5$(C5+3,3))
03560 IF K>=K1 AND K<=K2 THEN EXITTO 03570
03565 NEXT I
03570 ON C4-1 GOTO 03575,03580,03585,03590,03595
03575 LET C8=.025*Z+1; LET C9=.033*Z+1; GOTO 03600
03580 LET C8=.033*Z+1; LET C9=EXP(.00395*Z); GOTO 03600
03585 LET C8=EXP(.00395*Z); LET C9=FNA(Z); GOTO 03600
03590 LET C8=FNA(Z); LET C9=FNB(Z); GOTO 03600
03595 LET C8=FNB(Z); LET C9=FNC(Z); GOTO 03600
03600 LET C(6)=C8+(K-K1)/(K2-K1)*(C9-C8); GOTO 03615
03605 LET C(6)=1
03610 PRINT 'LF', 'LF', "RAPPORT DES DURETES K = ", K
03615 RETURN
03630 PRINT 'ES', "H", "Le facteur des materiaux est fonction des modules d'ela
03630 : sticite et de poisson des materiaux de la roue et du pignon", 'ES', "I"
03635 PRINT a(20,10), "Valeurs du facteur CH (en MPa *(1/2)", a(60,12), "ROUE"
03635 : , a(50,13), F1$(1,26), a(5,14), "PIGNON", a(55,14), "Acier", a(65,14), "Fonte",
03635 : a(5,16), "Acier", a(5,18), "Fonte", a(56,16), 191, a(66,16), 166, a(56,18), 166,
03635 : a(66,18), 149.5
03640 PRINT a(1,20), "RAPPEL : ", a(10), "MATERIAU DU PIGNON : ", G$(1,10), a(40), "MA
03640 : TERIAU DE LA ROUE : ", G$(11,10); WAIT 3
03645 INPUT (0,ERR=03645) a(2,21), "Donner la valeur exacte de CH indiquee dan
03645 : s le tableau CH =", C(7)
03650 IF C(7)<>191 AND C(7)<>166 AND C(7)<>149.5 THEN GOTO 03635
03660 RETURN
03670 PRINT 'ES', "H", "Le facteur CT prend en compte l'effet de la temperature
03670 : sur le lubrifiant", 'ES', "I"
03670 : FERIEURE A 120
03670 : ET DEPENDANT DE LA QUALITE DE LA LUBRIFICATION", 'ES', "I"
03675 WAIT 5; INPUT (0,ERR=03680) a(2,15), "FACTEUR CT= ", C(8)
03680 RETURN
03760 PRINT 'ES', "H", "Pour un engrenage droit le facteur geometrique depend d
03760 : e l'angle de pression et du rapport de vitesse", 'CR', a(8), "Pour un engr
03760 : enage helicoidal, il varie aussi avec le rapport de conduite"
03765 LET Z=Z2/Z1; IF E1$="D" THEN LET C(9)=COS(A1)*SIN(A1)/2*C4/(C4+1); GOTO
03765 : 03775 ELSE GOTO 03768
03768 LET C4=ATN(TAN(A1)/COS(B1)); LET C5=Z1/2*M/COS(B1); LET C6=Z2/2*M/COS(B
03768 : 1)
03769 LET C7=SQR((C5+M)**2-(C5*COS(C4))**2); LET C8=SQR((C6+M)**2-(C6*COS(C4)
03769 : )**2); LET C9=(C5+C6)*SIN(C4)
03770 IF C7>C9 THEN LET C6=C9
03771 IF C8>C9 THEN LET C8=C9
03772 LET C9=C7-C8-C9; LET C9=22/7*M*COS(A1)/(.95*C9)
03774 LET C(9)=SIN(C4)*COS(C4)/(2*C9*Z/(Z/(Z+1))); LET C(9)=ABS(C(9))
03775 RETURN

```

```

03780 PRINT 'LE', 'RB', "PLUS LES CONDITONS DE SERVICE DE L'ENGRENAGE SONT
03780: SEVERES , ET LES DONNEES INTRODUITES APPROXIMATIVES , PLUS LE FACTEUR DE
03780: SECURITE DOIT ETRE IMPORTANT", 'ES', 'I', 'CR', 'CR', "L'AGMA RECOMMANDE DE
03780: RESPECTER UN FACTEUR DE SECURITE F.S SUPERIEUR OU EGAL A 1.4 (F.S =
03780: Resistance superficielle corrigee / contrainte induite)"; WAIT 2
03785 PRINT a(5,11), "CL=", C(1), a(15,11), "CH=", C(6), a(25,11), "CT=", C(8), a(35,1
03785: 1), "CR=", C(2)
03786 IF H1<H2 THEN LET H0=H1 ELSE LET H0=H2
03787 LET C(13)=2.76*H0-70
03790 LET C(14)=C(1)*C(6)*C(13)/(C(8)*C(2))
03795 PRINT a(5,12), "Resistance superficielle Sfe = ", C(13): "aaa.aaa", " MPa
03795: ", a(5,13), "Resistance superficielle corrigee SH = ", C(14), " MPa"
03796 PRINT a(5,14), "CF=", C(7), a(15,14), "CV = ", C(3), a(25,14), "I = ", C(9), a(35
03796: ,14), "L = ", L, " mm", a(45,14), "CM = ", C(4), a(60,14), "CO = ", C(5)
03800 LET C(15)=C(7)*SQR(C(4)*C(5)*(P*1000/V1)/(C(3)*L*Z1*M*C(9)))
03810 PRINT a(5,15), "Contrainte superficielle induite ", C(15): "aaa.aa", " MPa"
03812 LET C(10)=C(14)/C(15)
03815 RETURN
03820 LET C(16)=(1.5*C(15)*(C(8)*C(2)/(C(1)*C(6)))+70)/2.76; LET C(16)=INT(C(
03820: 16))
03825 IF C(10)>1.4 THEN GOTO 03845
03830 WAIT 2; IF C(10)<1.4 THEN PRINT 'LF', 'LF', 'RB', "LE FACTEUR DE SECURITE
03830: EST TROP FAIBLE , LES DENTS SUBIRONT UNE USURE EXCESSIVE", 'LF', "POUR RE
03830: MEDIER A CE PROBLEME VOUS POURRIEZ AUGMENTER LA DURETE SUPERFICIELLE HB
03830: DE LA ROUE ET DU PIGNON EN LEUR FAISANT SUBIR UN TRAITEMENT DE SURFACE
03830: (si la classe des materiaux le permet ) OU CHANGER DE MATERIAU ", 'LF
03830: ', "POUR CHACUNE DE CES DEUX SLUTIONS LA DURETE MINIMALE A ADOPTER "; 'ES
03830: ', "H", "POUR LA ROUE ", 'ES', "I", "POUR OBTENIR UN F.S EGAL A 1.5 SERA ", C
03830: (16); WAIT 4
03835 GOTO 03850
03845 PRINT 'LF', 'LF', "SI VOUS JUGEZ QUE LE FACTEUR DE SECURITE F.S CALCULE E
03845: ST TROP GRAND PAR RAPPORT AU FACTEUR F.S min (=1.4) CONSEILLE PAR AGMA
03845: VOUS POURRIEZ CHOISIR POUR LE PIGNON ET LA ROUE DES MATERIAUX MOINS DUR
03845: S ", 'LF', a(5), "CEPENDANT POUR GARANTIR CONTRE L'USURE UN F.S = 1.5 IL
03845: VOUS FAUDRA CHOISIR POUR LA ROUE UNE DURETE SUPERIEURE OU EGALE A ", C(1
03845: 6), " HB"
03850 INPUT (0, ERR=03850, SIZ=3) "DESIREZ VOUS PROCEDER AUX CHANGEMENT DES D
03850: URETES DE LA ROUE ET DU PIGNON EN CHOISISANT UN AUTRE MATERIAU (OUI OU
03850: NON) ", R0$: ("OUI"=06960, "NON"=03950)
03900 PRINT 'LF', 'ES', "H", a(15), C(1+4*(C3-10), 40), " = ", C(C2), 'ES', "I", 'RB
03900: '; WAIT 5; RETURN
03910 IF C2<>10 THEN PRINT 'LF', 'RB', a(2,22), "DESIREZ VOUZ REPROCEDER AU CALC
03910: UL DU ", C(1+4*(C3-10), 40), "?" ELSE GOTO 03917
03915 INPUT (0, ERR=03915, SIZ=3) 'LF', " REPONDEZ OUI OU NON SVP
03915: ", R5$
03916 IF R5$<>"OUI" AND R5$<>"NON" THEN GOTO 03915
03917 RETURN
03950 PRINT 'CS', 'ES', "H", "CHOIX DU LUBRIFIANT ", a(4,7), "LE CHOIX DU LUBRIFIA
03950: NT A UNE INFLUENCE TRES PRONONCE SUR LE COMPORTEMENT DE LA DENTURE A LA
03950: PRESSION SUPERFICIELLE. IL FAUT ADOPTER UNE HUILE DE VISCOSITE SUFFISA
03950: NTE SINON LA CAPACITE DE CHARGE SERA REDUITE ( (La viscosite MINIMALE
03950: depend de la vitesse et de la charge de rupture de la roue)"
03970 GOSUB 03395
03972 IF Q(2)=4 THEN LET R3=125 ELSE LET R3=R2/10
03975 LET C(17)=40+9.7*(R3/10)/(V1+.075)
03980 REM conversion redwood /CST
03985 IF C(17)>=100 THEN LET C(17)=.25*C(17) ELSE LET C(17)=(-.1037619)+.4339
03985: 285*C(20)-.0009166667*C(17)**2
03990 LET C(17)=INT(C(17))
04000 PRINT 'ES', "H", a(5,15), "VITESSE= ", V1: "aaa.aaa", " m/s", a(5,17), "RESIST
04000: ANCE DE LA ROUE = ", R2, " MPa", a(5,20), "LA VISCOSITE DU LUBRIFIANT UTILI
04000: SE DOIT ETRE SUPERIEURE A LA VISCOSITE NORMALISEE LA PLUS PROCHE DE ",
04000: C(17), " Centistokes", 'ES', "H"; WAIT 20
04005 IF A=1 THEN GOTO 05000
04010 RUN "EP382IMP"

```

```

05000 REM VERIFICATION A LA FATIGUE DE L'ENGRENAGE.....
05005 IF A=4 AND LEN(F1$)=0 THEN RUN "EP382FCT"
05100 IF A=4 AND P=0 THEN RUN "EP382QDU"
05110 LET X9=0; LET F3=0; LET X5=0; LET X6=0; LET X7=0; LET X8=0; LET X3=0; L
05110:ET X4=0
05200 FOR F2=1 TO 12
05205 GOSUB 05230
05210 NEXT F2
05220 GOTO 06600
05230 IF X9=1 THEN GOTO 05232 ELSE LET F3=F3+10
05232 GOSUB 05240
05235 GOTO 05250
05240 PRINT 'CS',F1$,'LF','LF','ES',"H",a(8),F1$,F$(1+4*(F3-10),40),'ES',"I",
05240:a(1,3),F1$; WAIT 2; RETURN
05250 ON F2-1 GOSUB 05260,05260,05280,05390,05420,05440,05450,05450,05480,054
05250:90,05500,05800,06300
05253 GOSUB 06900; GOSUB 06910
05254 IF R5$="OUI" THEN LET F2=F2-1
05255 IF R5$="OUI" THEN LET F3=F3-10
05256 IF R5$="OUI" AND X9<>0 THEN LET X9=X9-1
05257 IF R5$="NON" AND X9=2 THEN LET X9=0
05258 RETURN
05260 LET X9=X9+1; PRINT 'LF','ES',"H",a(5),"Le facteur de surface d'un engre
05260:nage est toujours considere comme si l'engrenage etait genere par une m
05260:achine a tailler ,meme si cette surface a subi une rectification ou un
05260:rasage"; 'CR',"Ce facteur Ka dimunie lorsque la resistance limite Sut au
05260:gmente"; 'ES',"I"; WAIT 8
05263 IF X9=1 THEN PRINT 'LF','LF','CR',a(30),"POUR LE PIGNON" ELSE PRINT 'LF
05263:', 'LF','CR',a(30),"POUR LA ROUE "
05265 IF X9=1 THEN PRINT 'LF','LF','RB',"RESISTANCE LIMITE ( du pignon) Sut
05265:= ",R1," MPa"; WAIT 2
05267 IF X9=2 THEN PRINT 'LF','LF','RB',"Resistance limite de la roue Sut ="
05267: ,R2,"MPa"; WAIT 3
05270 IF X9=1 THEN LET F(1)=3.141*R1**(-.2216)
05272 IF X9=2 THEN LET F(2)=3.141*R2**(-.2216)
05275 RETURN
05280 PRINT 'LF','LF','ES',"H"),"Ce facteur depend du module de l'engrenage :i
05280:l dimunie lorsque le module augmente et il est egal a 1 pour un module
05280:inferieur a 2 mm"; 'ES',"I"
05290 PRINT a(1,12),"Module (mm)",a(20,12),"Facteur Kb",a(45,12),"Module (mm)
05290:",a(65,12),"Facteur Kb",a(5,14),12,a(23,14),.832,a(50,14),5,a(68,14),.9
05290:09,a(5,15),10,a(23,15),.85,a(50,15),4,a(68,15),.925,a(5,16),6,a(23,16),
05290:.865,a(50,16),3,a(68,16),.951,a(5,17),6,a(23,17),.89,a(50,17),2,a(68,17
05290:),.99; WAIT 4
05295 PRINT a(2,20),"(Rappel module= ",M," mm )"
05300 INPUT (0,ERR=05300) 'LF','LF',"Taper la valeur du facteur Kb correspond
05300:ant au module ",F(3):(1)
05310 RETURN
05390 PRINT 'LF',a(5),"A QUELLE VALEUR ESTIMEZ- VOUS LA FIABILITE DE L'ENGREN
05390:AGE"; WAIT 2
05395 PRINT 'LF','LF','LF',a(1),"FIABILITE R",a(20),"0.50",a(28),"0.90",a(36
05395:),"0.95",a(44),"0.99",a(52),"0.999",a(62),"0.9999", 'LF','CR','ES',"H",a
05395:(1),"FACTEUR Kc",a(20),"1.00",a(28),"0.897",a(36),"0.868",a(44),"0.81
05395:4",a(52),"0.753",a(62),"0.702", 'ES',"I"; WAIT 4
05400 INPUT (0,ERR=05400) 'LF','CR','CR',"Taper la valeur du FACTEUR Kc corre
05400:pondant a la fiabilite retenue ",F(3):(1)
05415 RETURN
05420 PRINT a(2,8),"Le facteur Kt est egal a 1 si la temperature est inferi
05420:eure a 70 degres ,puis elle varie inversement avec la temperature d'ope
05420:ration"
05422 INPUT (0,ERR=05422) a(2,12),"Donner en degres celsius la valeur de la t
05422:emperature d'operation",F(5):(500)
05423 IF F(5)>71 THEN LET F(5)=344/(273+F(4)) ELSE LET F(5)=1
05425 RETURN

```

```

05440 PRINT 'RB',"Comme le facteur de Lewis tient compte des concentrations
05440: de contraintes, le facteur Ke est pris egal a 1 pour les engren droit et
05440: helicoidaux"; LET F(6)=1
05445 RETURN
05450 LET X9=X9+1; IF X9=1 THEN PRINT a(30),"POUR LE PIGNON", 'LF', 'LF'; ELSE
05450: PRINT a(30),"POUR LA ROUE", 'LF', 'LF'; PRINT a(5,8),"Si l'engrenage tour
05450: ne toujours dans la meme direction, le facteur Kf varie avec la resist
05450: ance limite Ru ",a(5,11),"Ru (en MPa)",a(35),"<=1380",a(50),1725,a(65)
05450: ,2070,a(5,13),"Facteur Kf :",a(36),1.33,a(50),1.43,a(65),1.5,'RB'; P
05450: RINT 'LF', 'LF', 'LF'," ( Resistance Sut pour ",; IF X9=1 THEN PRINT "le
05450: pignon :",R1," MPa )" ELSE PRINT "pour la roue :",R2,"MPa)"; WAIT 2
05452 PRINT a(5,15),"SI LE SENS DE ROTATION EST DOUBLE Kf = 1"
05455 INPUT (0,ERR=05455) a(5,17),"Donner la valeur de Kf qui correspond aux
05455: conditions de fonctionnement de l'engrenage",X6
05456 IF X9=1 THEN LET F(7)=X6; LET X6=0
05457 IF X9=2 THEN LET F(8)=X6; LET X6=0
05460 RETURN
05480 LET X0=1; GOSUB 03470
05482 LET X0=0; LET X5=0
05485 RETURN
05490 LET X5=1; GOSUB 03430
05492 LET X5=0; LET X4=0
05495 RETURN
05500 LET X5=1; GOSUB 03380
05502 LET X5=0; LET X3=0
05505 RETURN
05800 REM . . . . . FACTEUR J . . . . .
05801 LET F5=0; LET F6=0; LET F7=0; PRECISION 10; DIM Z(3); LET Z(1)=Z1; LET
05801: Z(2)=Z2; LET F8=8; LET F9=0
05802 IF E1$="D" THEN GOTO 05990
05807 REM . . . . . J POUR ENGR. H
05810 LET B1=B1*360/(2*(22/7))
05875 LET F5$="020030060150500"
05876 LET F4$="020030050075150500"
05878 FOR F0=1 TO 2; LET F5=0; LET F6=0; LET F7=0
05879 IF F0=1 THEN LET Z(3)=Z2
05880 IF F0=2 THEN LET Z(3)=Z1
05881 IF Z(F0)<20 THEN LET Z(F0)=20
05882 IF Z(3)<20 THEN LET Z(3)=20
05883 IF Z(F0)>500 THEN LET Z(F0)=500
05884 IF Z(3)>500 THEN LET Z(3)=500
05885 FOR F3=1 TO 13 STEP 3
05886 LET B1=B1*(22/7)/180
05890 LET F5=F5+1; IF F6<>0 THEN GOTO 05905
05895 LET T1=NUM(F5$(F3,3)); LET T2=NUM(F5$(F3+3,3))
05900 IF Z(F0)>=T1 AND Z(F0)<=T2 THEN LET F6=F5
05905 IF F7<>0 THEN GOTO 05920
05910 LET T3=NUM(F4$(F3,3)); LET T4=NUM(F4$(F3+3,3))
05915 IF Z(3)>=T3 AND Z(3)<=T4 THEN LET F7=F5
05920 NEXT F3
05925 ON F6-1 GOSUB 05935,05940,05945,05950
05930 LET F(11+F0)=F8+(Z(F0)-T1)/(T2-T1)*(F9-F8); GOTO 05955
05935 LET F8=FND(B1); LET F9=FNE(B1); RETURN
05940 LET F8=FNE(B1); LET F9=FNF(B1); RETURN
05945 LET F8=FNF(B1); LET F9=FNG(B1); RETURN
05950 LET F8=FNG(B1); LET F9=FNH(B1); RETURN
05955 ON F7-1 GOSUB 05960,05965,05970,05975,05980
05958 LET F(11+F0)=F(11+F0)*(F8+(Z(3)-T3)/(T4-T3)*(F9-F8)); GOTO 05985
05962 LET F8=FNJ(B1); LET F9=FNK(B1); RETURN
05965 LET F8=FNK(B1); LET F9=FNL(B1); RETURN
05970 LET F8=FNL(B1); LET F9=1; RETURN
05975 LET F8=1; LET F9=1; RETURN
05980 LET F8=1; LET F9=1; RETURN
05985 NEXT F0
05986 LET B1=B1*(22/7)/180
05987 GOTO 06200

```

```

05990 REM J ENG D
06000 LET F5$="001700250035005000851000"
06032 DEF FNO(A,B,C,D,Z)=A*.1+B*.001*Z-C*.00001*Z**2+D*.0000001*Z**3
06033 DEF FNP(Z)=4.75128*.1-4.870706*.01*Z+2.249997*.001*Z**2
06034 FOR F0=1 TO 2; LET F5=0; LET F6=0; LET F7=0; IF F0=1 THEN LET Z(3)=Z2 E
06034 LSE LET Z(3)=Z1
06035 IF Z1<17 AND F0=1 THEN LET F(12)=FNP(Z1); GOTO 06118 ELSE GOTO 06037
06037 IF Z2<17 AND F0=2 THEN LET F(13)=FNP(Z2); GOTO 06118 ELSE GOTO 06040
06040 FOR F4=1 TO 17 STEP 4; LET F5=F5+1
06050 LET T1=NUM(F5$(F4,4)); LET T2=NUM(F5$(F4+4,4))
06055 IF Z(3)>=T1 AND Z(3)<=T2 THEN EXITTO 06067
06060 NEXT F4
06067 LET F5=F5-1
06070 LET T3=NUM(F6$(F5*8+1,8)); LET T4=NUM(F7$(F5*8+1,8)); LET T5=NUM(F8$(F5
06070 *8+1,8)); LET T6=NUM(F9$(F5*8+1,8))
06090 LET F7=F7+1; IF F7=2 THEN GOTO 06105
06095 LET F8=FNO(T3,T4,T5,T6,Z(F0))
06100 LET F5=F5+1; GOTO 06070
06105 LET F9=FNO(T3,T4,T5,T6,Z(F0))
06115 LET F(11+F0)=F8+(Z(3)-T1)/(T2-T1)*(F9-F8)
06118 NEXT F0
06200 PRECISION 4; PRINT 'LF', 'LF', a(25), "FACTEUR J POUR LE PIGNON = ", F(12)
06200 'LF', 'LF', a(25), "FACTEUR J POUR LA ROUE = ", F(13)
06250 RETURN
06300 DIM S(2); LET S(1)=R1; LET S(2)=R2
06310 PRINT a(5,7), "AGMA RECOMMANDE QUE LE FACTEUR F.S POUR LA FATIGUE A LA F
06310 LEXION SOIT SUPER OU EGAL A 2"; WAIT 4
06315 FOR S0=1 TO 2; IF S0=1 THEN PRINT a(30,7), "POUR LE PIGNON", 'LF', 'LF' EL
06315 SE PRINT a(30,7), "POUR LA ROUE", 'LF', 'LF'
06325 IF Q(S0)=6 OR Q(S0)=7 THEN GOTO 06340
06330 IF S(S0)<=1400 THEN LET S(S0)=.5*S(S0) ELSE LET S(S0)=700
06335 GOTO 06345
06340 LET S2=1; LET S4=1
06350 IF S(S0)=2 AND S1=1 THEN LET S1=2
06360 IF S(S0)=2 AND S2=6 THEN LET S1=8
06370 PRINT a(15), F$(1+40*(S3-1),40), " = ", F(S1); WAIT 1
06375 IF S0=1 THEN LET S2=S2*F(S1) ELSE LET S4=S4*F(S1)
06380 IF S0=1 AND S1=1 THEN LET S1=S1+1
06385 NEXT S1
06390 PRINT a(15), F$(361,40), " = ", F(11+S0)
06405 WAIT 3; NEXT S0
06410 PRINT 'LF', 'LF'
06415 FOR S6=9 TO 11; PRINT F$(1+40*(S6-3),40), " = ", F(S6); WAIT 1; NEXT S6
06430 FOR S0=1 TO 2
06435 FOR S0=1 TO 2
06440 IF S0=1 THEN LET S5=S2; PRINT 'LF', 'LF', a(37), "PIGNON", 'LF', 'LF', ELSE
06440 LET S5=S4; PRINT 'LF', 'LF', a(37), "ROUE", 'LF', 'LF'
06445 PRINT a(28), "LIMITE D'ENDURANCE Se' = ", S(S0), " MPa"; PRINT a(28), " RES
06445 ISTANCE EN FATIGUE Se = ", S5*S(0), " MPa"
06455 IF E1$="D" THEN LET S8=1/M ELSE LET S8=COS(B1)*(1/M)
06460 LET S7=P*1000/V1*F(9)*F(10)*S8/(F(11)*L*F(11+S0))
06470 PRINT a(28), "CONTRAINTE DANS LA DENT = ", S7, " MPa"
06475 LET F(13+S0)=S5*S(S0)/S7
06485 PRINT a(28), "FACTEUR DE SECURITE = ", F(13+S0)
06487 WAIT 4; NEXT S0
06600 PRINT "SI LES F.S CALCULES SONT TROP PETIT OU TROP GRANDS PAR RAPPORT
06600 AU F.S mini = 2, DESIRIEZ VOUS CHOISIR D'AUTRES MATERIAUX POUR LE PIGN
06600 ON ET LA ROUE"
06650 INPUT (0,ERR=06650,SIZ=3) a(25), "Repondez par OUI ou NON SVP", R0$(
06650 "OUI"=06960, "NON"=06950)
06900 IF F2(<>)12 AND F2(<>)13 THEN PRINT 'LF', 'ES', "H", a(15), F$(1+4*(F3-10),40),
06900 " = ", F(F2), 'ES', "I", 'RB'; RETURN
06910 IF F2(<>)13 AND F2(<>)2 THEN PRINT 'RE', a(2,22), "DESIREZ VOUS REPROCEDER AU
06910 CALCUL DU ", F$(1+4*(F3-10),40), " ?" ELSE GOTO 06917
06912 IF X9=1 THEN PRINT a(5,23), "Pour le pignon"
06913 IF X9=2 THEN PRINT a(5,23), "Pour la roue"
06915 INPUT (0,ERR=06915,SIZ=3) 'LF', a(18,24), "REPONDEZ PAR OUI OU NON SVP
06915: ", R5$
06916 IF R5$(<>) "OUI" AND R5$(<>) "NON" THEN GOTO 06915
06917 RETURN
06950 RUN "EP382IMP"
06960 RUN "EP382QDU"
06980 END

```

```

03100 RESET
03150 IF A=4 THEN GOTO 05110
03210 DIM C(17),C$(400)
03211 DIM F1$(79,"_")
03220 LET C1$="ESTIMATION DU "
03230 LET C$(1,40)="FACTEUR DE DUREE CL"
03235 LET C$(41,40)="FACTEUR DE FIABILITE CR"
03240 LET C$(81,40)="FACTEUR DE VITESSE CV"
03245 LET C$(121,40)="FACTEUR DE DISTRIBUTION DE LA CHARGE CM"
03250 LET C$(161,40)="FACTEUR DE SERVICE CO"
03255 LET C$(201,40)="FACTEUR DU RAPPORT DES DURETES CH"
03260 LET C$(241,40)="FACTEUR DES MATERIAUX CP"
03265 LET C$(281,40)="FACTEUR DE LA TEMPERATURE CT"
03270 LET C$(321,40)="FACTEUR GEOMETRIQUE I"
03275 LET C$(361,40)="FACTEUR DE SECURITE F.S"
03380 LET C0$="Le facteur de vitesse est un facteur dynamique qui prend en co
03380 nsideration les surcharges creees par l'effet combine des erreurs de ta
03380 illage de la denture ,et de la vitesse circonferentielle . Four un
03380 e vitesse donnee plus le procede de taillage manque de precision ,plus
03380 le facteur de vitesse est faible ,et pour un procede de taillage chois
03380 i plus la vitesse augmente plus le facteur dimunie"
03381 LET C2$="Dans une etude de conception comme de verification ,POUR EVITE
03381 R D'AVOIR UN FACTEUR DE VITESSE TROP FAIBLE ,il faut toujours respecter
03381 une certaine concordance entre entre le procede d'usinage de la denture
03381 et la vitesse circonferentielle"
03430 LET C3$="Le facteur de distribution de la charge prend en consideration
03430 le fait que la charge n'est pas uniformement distribuee sur la dent .Il
03430 varie suivant le soin apporte a la fabrication et au montage de l'engr
03430 enage ; il sert a compenser les erreurs de distorsion des dentures con
03430 juguees et les erreurs de deflections des arbres supports dues aux char
03430 ges. ....(Ce facteur est tabule en fonction de la largeur de la dent.)
03430 ."
03562 DEF FNA(Z)=.996666+.00632197*Z-.0000662828789*Z**2
03563 DEF FNB(Z)=.9950833+.007857954*Z-.0001089015*Z**2
03564 DEF FNC(Z)=.99941+.0084566439*Z-.0001278409*Z**2
03570 IF A=3 THEN GOTO 06050
05110 DIM F$(450),F(15),F1$(79,"_")
05120 LET F1$="ESTIMATION DU "
05125 LET F$(1,40)="FACTEUR DE FINI DE SURFACE Ka"
05130 LET F$(41,40)="FACTEUR DE DIMENSION Kb"
05135 LET F$(81,40)="FACTEUR DE FIABILITE Kc"
05140 LET F$(121,40)="FACTEUR DE LA TEMPERATURE Kd"
05145 LET F$(161,40)="FACTEUR CONCENTRATION DE CONTRAINTE Ke"
05150 LET F$(201,40)="FACTEUR DES EFFETS DIVERS Kf"
05155 LET F$(241,40)="FACTEUR DE SERVICE Ko"
05160 LET F$(281,40)="FACTEUR DE DISTRIBUTION DE LA CHARGE Km"
05165 LET F$(321,40)="FACTEUR DE VITESSE Kv"
05170 LET F$(361,40)="FACTEUR GEOMETRIQUE J"
05175 LET F$(401,40)="FACTEUR DE SECURITE F.S"
05815 DEF FND(B1)=.391151+.01014953*B1-.0003846847*B1**2+.00000297422*B1**3
05820 DEF FNE(B1)=.4333458+.01079366*B1-.0004456498*B1**2+.000003646941*B1**3
05825 DEF FNF(B1)=.4970725+.01126856*B1-.0004335704*B1**2+.000002104796*B1**3
05830 DEF FNG(B1)=.5703955+.00617989*B1-.0001700845*B1**2-.000002706187*B1**3
05835 DEF FNH(B1)=.5490464+.013848*B1-.0005843337*B1**2+.000004184416*B1**3
05840 DEF FNI(B1)=.9252799+.00007042926*B1+.00001499998*B1**2
05845 DEF FNJ(B1)=.94676+.000648*B1
05850 DEF FNK(B1)=.9787+.00021*B1
05855 DEF FNL(B1)=1.018499+.00009642887*B1-.000009285723*B1**2
05860 DEF FNM(B1)=1.037419-.000003999699*B1-.00001371429*B1**2
06010 LET F6$="2.2371342.2381612.3319542.3553962.3615532.371527"
06020 LET F7$="6.5326347.0504507.1083427.2181857.4462488.539182"
06025 LET F8$="6.9448067.5333137.5817777.7028117.8604759.220822"
06030 LET F9$="2.5088782.7408172.7595882.8153252.8385183.386104"
06050 RUN "EP382RES"
06100 END

```

```

01152 RESET
01153 IF M<>0 THEN GOTO 01156
01155 RUN "EP382QDU"
01156 DEF FNW(K,Z)=M*COS(A1)*((K-.5)*(22/7)+Z*(TAN(A1)-A1))
01157 DEF FNR(K,X)=.25+K**2/2*SIN(A1)**2+X**2+K*X+K/2*SIN(A1)*2-(K+1)*SIN(A1)
01157:*SQR(K**2/4*SIN(A1)**2+X**2+K*X)
01160 IF E1$="H" THEN GOTO 01400
01165 DIM D$(525),D(22)
01170 LET D$(1,40)="Pas primitif"; LET D(1)=22/7*M
01173 LET D$(41,40)="Diametre primitif"; LET D(2)=Z1*M; LET D(3)=Z2*M
01178 LET D$(81,40)="Diametre de base"; LET D(4)=Z1*M*COS(A1); LET D(5)=Z2*M*
01178: COS(A1)
01185 LET D$(121,40)="Vide a fond de dents"; LET D(6)=M/4
01190 LET D$(161,40)="Creux"; LET D(7)=5*M/4
01195 LET D$(201,40)="Diametre de tete"; LET D(8)=(Z1+2)*M; LET D(9)=(Z2+2)*M
01200 LET D$(241,40)="Diametre de pied"; LET D(10)=(Z1-2.5)*M; LET D(11)=(Z2-
01200: 2.5)*M
01205 LET D$(281,40)="Hauteur de dent"; LET D(12)=9/4*M
01210 LET D$(361,40)="Nombre de dents k pour Wk"; LET D(15)=INT(Z1*A1/(22/7)+
01210: .5)+1; LET D(16)=INT(Z2*A1/(22/7)+.5)+1
01215 LET D$(321,40)="Cote de controle Wk"; LET D(13)=FNW(D(15),Z1); LET D(14
01215: )=FNW(D(16),Z2)
01220 LET D$(401,40)="Rapport de conduite partiel"; LET D(17)=Z1/(2*22/7)*(TA
01220: N(ACS(D(4)/D(8)))-TAN(A1)); LET D(18)=Z2/(2*22/7)*(TAN(ACS(D(5)/D(9)))-
01220: TAN(A1))
01225 LET D$(441,40)="Rayon actif de pied"; LET K1=Z2/Z1; LET X1=1/Z1; LET D(
01225: 19)=Z1*M*FNR(K1,X1); LET K2=Z1/Z2; LET X2=1/Z2; LET D(20)=Z2*M*FNR(K2,X
01225: 2)
01230 LET D$(481,40)="Rayon de degagement maximum"; LET D(21)=Z1*M*SQR((.5-X1
01230: )/2); LET D(22)=Z2*M*SQR((.5-X2)/2)
01250 GOTO 01700
01400 REM ..... Dimensions pour un engrenage helicoidal .....
01410 DIM H$(800),H(31)
01420 LET H$(1,40)="Angle d'helice primitif"; LET H(1)=B1
01430 LET H$(41,40)="Angle de pression normal"; LET H$(81,40)="Angle de press
01430: ion apparent"; LET H(2)=A1; LET H(3)=ATN(TAN(A1)/COS(B1))
01440 LET H$(121,40)="Module reel"; LET H$(161,40)="Module apparent"; LET H(4
01440: )=M; LET H(5)=M/COS(B1)
01450 LET H$(201,40)="Pas reel"; LET H$(241,40)="Pas apparent"; LET H(6)=22/7
01450: *M; LET H(7)=H(6)/COS(B1)
01470 LET H$(281,40)="Nombre de dents"; LET H(8)=Z1; LET H(9)=Z2
01473 LET H$(321,40)="Nombre de dents virtuelles"; LET H(30)=Z1/COS(A1)**3; L
01473: ET H(31)=Z2/COS(A1)**3
01480 LET H$(361,40)="Diametre primitif"; LET H(10)=Z1*M/COS(B1); LET H(11)=Z
01480: 2*M/COS(B1)
01490 LET H$(401,40)="Diametre de tete"; LET H(12)=H(10)+2*M; LET H(13)=H(11)
01490: +2*M
01500 LET H$(441,40)="Diametre de base"; LET H(14)=Z1*H(5)*COS(ATN(TAN(A)/COS
01500: (B1))); LET H(15)=Z2*H(5)*COS(ATN(TAN(A)/COS(B1)))
01510 LET H$(481,40)="Diametre de pied"; LET H(16)=H(10)-1.25*M; LET H(17)=H(
01510: 11)-1.25*M
01520 LET H$(561,40)="Nombre de dents k pour Wk"; LET H(20)=INT(H(30)*A1/(22/
01520: 7)+.5)+1; LET H(21)=INT(H(31)*A1/(22/7)+.5)+1
01530 LET H$(521,40)="Cote de controle Wk"; LET H(18)=Z1*(TAN(H(3)-H(3))/(TAN
01530: (A1)-A1)); LET H(19)=H(18)*Z2/Z1; LET H(18)=FNW(H(20),H(18)); LET H(19)
01530: =FNW(H(21),H(19))
01540 LET H$(601,40)="Rapport de conduite partiel"; LET H(22)=Z1/(2*22/7)*(TA
01540: N(ACS(H(14)/H(12)))-TAN(H(3))); LET H(23)=Z2/(2*22/7)*(TAN(ACS(H(15)/H(
01540: 13)))-TAN(H(3)))
01550 LET H$(641,40)="Rapport de conduite apparent"; LET H(24)=H(22)+H(23)
01580 LET H$(681,40)="Entraxe de fonctionnement"; LET H(25)=(H(10)+H(11))/2
01590 LET H$(721,40)="Rayon actif de pied"; LET K1=Z2/Z1; LET X1=1/Z1; LET H(
01590: 26)=Z1*H(5)*FNR(K1,X1); LET K2=Z1/Z2; LET X2=1/Z2; LET H(27)=Z2*H(5)*FN
01590: R(K2,X2)
01600 LET H$(761,40)="Rayon de degagement maximum"; LET H(28)=Z1*H(5)*((.5-X1
01600: )/2)**(1/2); LET H(29)=Z2*H(5)*((.5-X2)/2)**(1/2)
01700 IF A=2 THEN RUN "EP382IMP"
01720 IF A=1 THEN RUN "EP382RES"
01750 END

```

```

00010 RESET ; PRECISION 3
00020 INPUT (0,ERR=00020,SIZ=3) 'CS',a(15,15),"DESIREZ VOUS UNE IMPRESSION DE
00020: S RESULTATS",PO$:(("OUI"=00025,"NON"=01000)
00025 PRINT a(15,20),"VEUILLEZ VOUS ASSURER QUE L'IMPRIMANTE QUI VOUS EST ALL
00025: OUEE EST EN ETAT DE POUVOIR FONCTIONNER"
00030 INPUT (0,ERR=00030,SIZ=2) a(10,23),"TAPER OK L'ACCES A L'IMPRIMANTE E
00030: ST LIBRE",PO$:(("OK"=00040)
00040 INPUT (0,ERR=00040,SIZ=2) 'CS',a(5,10),"POUR DECLENCHER L'ORDRE D'IMPRE
00040: SSION TAPER GO",PO$:(("GO"=00045)
00045 OPEN (6) "LF"
00050 PRINT (6) 'FF','EP',a(25),"CALCUL D'ENGRENAGES",'LF',a(20),P1$(1,35)
00055 IF A=2 THEN GOTO 00100
00060 PRINT (6) 'LF','LF','LF',a(10),"DONNEES",'LF'
00065 IF E1$="H" THEN PRINT 'LF',a(5),"ENGRENAGES HELICOIDAUX " ELSE PRINT 'L
00065: F',a(5),"EDNGRENAGES DROITS"
00070 PRINT (6) 'LF',a(5),"PUISSANCE TRANSMISE P = ",a(25),P," KILOWATTS"
00075 IF R1$="R" THEN PRINT (6) 'LF',a(5),"REDUCTEUR DE VITESSE " ELSE PRINT
00075: (6) 'LF',a(5),"ELEVATEUR DE VITESSE "
00080 PRINT (6) 'LF',a(5),"VITESSE DE ROTATION DE L'ENGRENAGE MENANT = ",V
00085 LET A1=A1*180/(22/7)+.2; LET A1=INT(A1)
00087 LET B1=B1*180/(22/7)+.2; LET B1=INT(B1)
00090 IF E1$="H" THEN PRINT (6) 'LF',a(5),"ANGLE D'HELICE Beta = ",B1,"
00090: Degres"
00095 PRINT 'LF',a(5),"LARGEUR DES DENTS L = ",L," mm"
00100 IF A=2 THEN GOTO 00120
00105 PRINT (6) 'EP','LF','LF',a(25),"PIGNON",a(65),"ROUE"
00110 PRINT (6) 'LF',a(5),"MATERIAU",'LF','LF',a(5),"DESIGNATION :",a(25),G$(
00110: 1,10),a(65),G$(11,10),'LF',a(5),"RESISTANCE Sut :",a(25),R1,a(65),R2
00115 PRINT (6) 'LF',a(5),"DURETE HB :",a(25),H1,a(65),H2
00120 PRINT (6) 'LF','LF',a(5),"NOMBRE DE DENTS :",a(25),Z1,a(65),Z2
00130 IF A=3 OR A=4 THEN GOTO 00400
00155 PRINT (6) 'LF','LF','LF',P1$,'LF','EP',a(25),"CALCUL DES DIMENSIONS GEO
00155: METRIQUES",'LF',P1$
00160 IF E1$="H" THEN GOTO 00250
00165 LET P1=0
00170 FOR P0=1 TO 13; LET P1=P1+1
00175 IF P0=1 THEN PRINT (6) 'LF','LF','LF',a(45),"PIGNON",a(75),"ROUE"
00180 IF P0=1 OR P0=4 OR P0=5 OR P0=8 THEN GOTO 00195
00190 PRINT (6) 'LF','LF',a(5),D$(1+40*(P0-1),40),a(25),D(P1),a(75),D(P1+1)
00192 LET P1=P1+1; GOTO 00200
00195 PRINT (6) 'LF','LF',a(5),D$(1+40*(P0-1),40),a(25),a(52),D(P1)
00200 NEXT P0
00205 IF A=2 THEN GOTO 01000
00250 REM ENGRENAGE H
00253 LET P1=0
00255 FOR P0=1 TO 29; LET P1=P1+1
00260 IF P0=1 THEN PRINT (6) 'LF','LF','LF',a(75),"ROUE"
00265 IF P0=1 OR P0=2 OR P0=3 OR P0=4 OR P0=5 OR P0=6 OR P0=7 OR P0=17 OR P0=
00265: 18 THEN GOTO 00280
00270 PRINT (6) 'LF',a(5),H$(1+40*(P0-1),40),a(45),H(P1),a(75),H(P1+1)
00275 PRINT (6) 'LF',a(5),H$(1+40*(P0-1),40),a(60),H(P1)
00280 IF P0=9 THEN PRINT (6) 'LF',a(5),H$(1+40*(P0-1),40),a(45),H(30),a(75),H
00280: (31)
00300 NEXT P0
00400 PRINT (6) 'LF','LF',a(40),"METHODE AGMA",'LF'
00405 IF A=4 THEN GOTO 00600
00410 PRINT (6) 'LF','LF',P1$,a(5),"VERIFICATIONS DES CONTRAINTES SUPERFICIEL
00410: LES DE L'ENGRENAGE",'LF',P1$,'LF','LF'
00415 FOR P0=1 TO 9; IF P0=1 THEN PRINT (6) 'LF',a(30),"FACTEURS",'LF'
00420 PRINT 'LF',a(5),C$(1+40*(P0-1),40)," = ",a(50),C(P0)
00425 NEXT P0
00430 PRINT (6) 'LF','LF',a(5),"Ces facteurs sont communs au pignon et a la r
00430: oue"

```



```

00435 FOR P0=1 TO 5
00460 PRINT (6) 'LF', 'LF', a(10), " RESISTANCE SUPERFICIELLE Sfe = ", C(13)
00460: " MPa"
00465 PRINT (6) 'LF', a(10), "CONTRAINTE SUPERFICIELLE INDUITE = ", C(15), "
00465: MPa"
00470 PRINT (6) 'LF', a(10), "FACTEUR DE SECURITE A L'USURE = ", C(10)
00475 PRINT (6) 'LF', 'LF', 'LF', a(10), "LUBRIFICATION : HUILE DE VISCOSITE MIN
00475: IMALE = ", C(17), " Cst"
00480 IF A=3 THEN GOTO 01000
00600 PRINT (6) 'LF', 'LF', 'LF', 'CR', P1$, 'CR', a(5), "VERIFICATION DE LA RESISTA
00600: NCE DES DENTS A LA FLEXION REPETEE", 'CR', P1$, 'LF'
00605 LET P1=0; FOR P0=1 TO 13; LET P1=P1+1
00608 IF P0=1 THEN PRINT (6) 'LF', a(30), "FACTEURS", 'LF', 'LF'
00610 IF P0=1 OR P0=7 OR P0=12 THEN GOTO 00625
00615 PRINT (6) 'LF', a(5), F$(1+40*(P0-1), 40), " = ", F(P1)
00620 GOTO 00630
00625 PRINT (6) 'LF', a(5), F$(1+40*(P0-1), 40), a(50), "PIGNON : ", F(P1), a(68), "
00625: ROUE : ", F(P1+1); LET P1=P1+1
00630 NEXT P0
00640 PRINT (6) 'LF', 'LF'
00645 PRINT (6) 'LF', a(5), "CONTRAINTE INDUITE DANNS LA DENT", S7, " MPa", 'LF'
00650 PRINT (6) a(5), "LIMITE D'ENDURANCE Se ", a(35), "PIGNON : ", S(1), "
00650: MPa", a(60), "ROUE : ", S(2), " MPa", 'LF', a(5), "RESISTANCE A LA FATIGUE "
00650: ", a(35), "PIGNON : ", F(16), " MPa", a(60), "ROUE : ", F(17), " MPa"
00660 PRINT (6) 'LF', a(5), "FACTEUR DE SECURITE F.S ", 'LF', a(15), "PIGNON :
00660: ", F(14), 'LF', a(15), "ROUE : ", F(15)
01000 INPUT (0, ERR=01000, SIZ=3) 'CS', a(5), "DESIREZ VOUS PROCEDER A UNE AUTRE
01000: VERIFICATION OUI ou NON ", P9$ : ("OUI"=01020, "NON"=01030)
01020 CLOSE (6) ; RUN "EP382TOP"
01030 CLOSE (6)
01050 END

```

EP382IMP