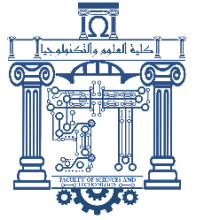




الجمهورية الجزائرية الديمقراطية الشعبية
Republique Algerienne Democratique Et Populaire
وزارة التعليم العالي والبحث العلمي



Ministère de l'Enseignement Supérieur et de la Recherche Scientifique

جامعة العربي التبسي - تبسة

Université Larbi Tébessi – Tébessa –

Faculté des Sciences et de la Technologie

Département de génie mécanique

MEMOIRE

Présenté pour l'obtention du **diplôme de Master Académique**

En : Génie mécanique

Spécialité : Construction mécanique

Par : Djedouani Dhia eddine

Bechichi Nacer eddine

Sujet

ANALYSE DE SENSIBILITÉ AU FLAMBEMENT DE LA BIELLE D'UN MOTEUR DIESEL

Présenté et soutenu publiquement, le **12 / 06 / 2022**, devant le jury composé de :

M. Belghalem Hadj

MCA

Président

M. Maalim Madani

MAA

Rapporteur

M. Hadjab Abd Elhakim

MAA

Examineur 1

Dédicaces

Tout d'abord je remercie Allah pour tous les bienfaits qu'Il m'a accordés et pour le courage qu'il m'a attribué afin de compléter ce travail.

A mes Parents pour leur soutien morale et matériel pendant toute ma vie et surtout durant mes études.

A mes frères A ma sœur. Que Allah leur donne une longue et joyeuse vie.

A tous nos proches et amis, qui nous ont toujours encouragés au cours de la réalisation de ce mémoire.

Merci à toutes et à tous.

Djedouani Dhia eddine

Dédicaces

Je dédie ce mémoire à :
Mon père ; ma mère mes frères et sœur mes amis.
Mes enseignants pour toute l'aide qui
M'ont apportée et qu'ils trouvent
En cet mémoire

Bechichi nacer eddin

Remerciement

Nous tenons, tout d'abord à remercier :

Mr Hadjab Abd El-hakim d'avoir accepté la direction de ce mémoire. Nous lui exprimons toute notre gratitude pour son soutien et pour avoir partagé ses connaissances, et pour la richesse et la qualité de son enseignement.

Nos respectueux remerciements à l'ensemble des membres du jury: Mr Belghalem Hadj et Mr Maalim Madani pour l'intérêt porté sur notre travail

Nos remerciements vont également à toutes les personnes qui nous ont aidés à réaliser ce travail.

Enfin, nous adressons nos vifs remerciements à tous les enseignants du département de génie mécanique qui ont assisté à notre formation

Liste des symboles

E : Module de Young [N/mm²]

I : Moment d'inertie [mm⁴]

L : longueur de la barre [mm]

EI : module de rigidité à la flexion [Nmm²]

N : Charge appliqué [N]

F : Force critique [N]

N_k : Charge critique d'Euler [N]

L_0 : Longueur de la barre [mm]

L_f : Longueur de flambement [mm]

σ_k : Contrainte critique d'Euler [MPa]

σ_e : Limite élastique [MPa]

K_f : Coefficient de la longueur de flambement

f_c : Flèche maximale [mm]

λ : Elancement

λ_k : Elancement critique d'Euler

$\bar{\lambda}$: Elancement réduit

X : Position instantanée du piston [m]

V : vitesse du piston [m/s]

γ : accélération du piston [m/s²]

ω : vitesse de rotation [rd/s]

m_p : masse du piston; [g]

m_{ap} : masse de l'axe du piston [g]

m_{sec} : masse des segments [g]

m_{ap} : masse de l'axe du piston [g]

F_p : La force de la pression des gaz agissant sur le piston

p_{gaz} : pression à l'intérieur du cylindre

p_o : pression atmosphérique

F_a : La force d'inertie des masses en mouvement alternative

F_Σ : La force résultante appliquée au point "B".

N : La force normale latérale agissant sur la paroi du cylindre

F_b : La force agissante le long de la bielle

T : La force tangentielle T

Z : La force s'exerçant le long du rayon de la manivelle

M_c : Le couple moteur

γ_c : L'exposant polytropique pour la compression

γ_d : L'exposant polytropique pour la détente

P_φ : pression du gaz (pression à l'intérieur du cylindre)

V_φ : Volume du gaz

X_φ : Course du piston

v : le déplacement latéral

φ : la pente

M : le moment fléchissant

V : l'effort tranchant

Liste des tableaux

Tableau 1.1 Coefficient de réduction.....	8
Tableau 1.2 Enlacement limite Euler.....	9
Tableau 1.3 Influence des liaisons aux appuis.....	10
Tableau 1.4 Les modes de flambage.....	11
Tableau 2.1 Caractéristiques techniques.....	15
Tableau 4.1 Caractéristiques de bielle	46
Tableau 4.2 Propriétés de l'étude	46
Tableau 4.3 Propriétés de matériaux.....	47
Tableau 4.4 Les Unités	47
Tableau 4.5 Les actions extérieures	49
Tableau 4.6 Informations sur le maillage	49
Tableau 4.7 Informations sur le maillage – Détails	
Tableau 4.8 Résultats de l'étude.....	51
Tableau 4.9 Facteur de chargement de chaque mode.....	52

.Liste des figures

CHAPITRE I : GÉNÉRALISÉ SUR LE FLAMBAGE (FLAMBEMENT)

Figure 1.1 Les états d'équilibre d'un système mécanique.....	5
Figure 1.2 Schématisation du flambage.....	7
Figure 1.3 L'effondrement du pont du Québec 1907.....	12
Figure 1.4 Flambage de bielle pmb et pmh.....	13

CHAPITRE II : ÉTUDE CINÉMATIQUE ET DYNAMIQUE DU SYSTÈME BIELLE- MANIVELLE

Figure 2.1 le moteur DEUTZ 4FL 912 – type cylindre en ligne.....	15
Figure 2.2 dimension de bielle.....	16
Figure 2.3 dimensions du vilebrequin.....	17
Figure 2.4 Le système Bielle-Manivelle.....	18
Figure 2.5 La bielle.....	18
Figure 2.6 Le vilebrequin.....	19
Figure 2.7 Le piston.....	19
Figure 2.8 Coussinet de bielle.....	20
Figure 2.9 Les segments.....	20
Figure 2.10 schéma du système bielle manivelle.....	21
Figure 2.11 Position instantanée du piston.....	22
Figure 2.12 vitesse du piston.....	22
Figure 2.13 accélération du piston.....	23
Figure 2.14 modélisation de la bielle	23
Figure 2.15 efforts agissants sur le système bielle manivelle.....	24
Figure 2.16 La pression des gaz agissant sur le piston en fonction de l'angle de rotation.....	25

Figure 2.17 Cycle Diesel.....	26
Figure 2.18 La pression des gaz agissant sur le piston en fonction du volume des gaz.....	27
Figure 2.19 Force agissante le long de la bielle.....	28
Figure 2.20 Section de la bielle.....	29

CHAPITRE III : ÉTUDE ANALYTIQUE DU FLAMBAGE

Figure 3.1 Démonstration de l'équation différentielle d'une colonne.....	31
Figure 3.2 Colonne rotule-rotule, déplacement latéral bloqué.....	33
Figure 3.3 Interprétation physique des solutions.....	35
Figure 3.4 Colonne encastree-rotule.....	36
Figure 3.5 la méthode graphique ou la méthode itérative de solution.....	37

ملخص

ذراع التوصيل هو العضو الوسيط بين المكبس والعمود المرفقي، وتتمثل وظيفته الرئيسية في نقل الدفع والسحب من دبوس المكبس إلى عمود المرفق، وبالتالي تحويل الحركة الترددية للمكبس إلى الحركة الدورانية للعمود المرفقي. يصف هذا العمل تصميم وتحليل ذراع التوصيل. سمحت لنا الدراسة الديناميكية والحرارية لدورة المحرك بالعثور على أقصى قوة ضغط تعمل على ذراع التوصيل، لمقارنتها بالحمل الحرج ل Euler. تم تصميم نموذج حدودي ذراع التوصيل باستخدام برنامج SOLIDWORKS وبالنسبة لهذا النموذج، يتم إجراء تحليل التواء للعناصر المحدودة باستخدام برنامج محاكاة SOLIDWORKS. يتم إجراء التحليل مع الأخذ في الاعتبار مادة الصلب المطروق 40Cr4. نتائج التحليل هي أوضاع الانثناء وعوامل التحميل.

Abstract

The connecting rod is the intermediate member between the piston and the crankshaft, its main function is to transmit the push and pull from the piston pin to the crankpin, thus converting the reciprocating movement of the piston into the rotary movement of the crank. This work describes the design and analysis of the connecting rod. A dynamic and thermal study of the engine cycle allowed us to find the maximum compressive force acting on the connecting rod, to compare it to the critical load of Euler. A parametric model of the connecting rod is modeled using SOLIDWORKS software and for this model, finite element buckling analysis is performed using SOLIDWORKS SIMULATION software. The analysis is carried out considering the material, forged steel 40Cr4. The results of the analysis are the buckling modes and the loading factors.

Résumé

La bielle est l'organe intermédiaire entre le piston et le vilebrequin, sa fonction principale est de transmettre la poussée et la traction de l'axe de piston au maneton, convertissant ainsi le mouvement alternatif du piston en mouvement rotatif de la manivelle. Ce travail décrit la conception et l'analyse de la bielle. Une étude dynamique et thermique du cycle moteur nous a permis de trouver la force maximale de compression agissante sur la bielle, pour la comparer à la charge critique d'Euler. Un modèle paramétrique de la bielle est modélisé à l'aide du logiciel SOLIDWORKS et pour ce modèle, l'analyse de flambage par éléments finis est effectuée à l'aide du logiciel SOLIDWORKS SIMULATION. L'analyse est effectuée en considérant le matériau, acier forgé 40Cr4. Les résultats de l'analyse sont les modes de flambement et les facteurs de chargement.

Introduction générale

Les théories sur la stabilité ont été élaborées afin de déterminer les conditions par lesquelles une structure en équilibre, cesse d'être stable. Il est fondamental d'être sûr qu'une structure, légèrement écartée de sa position d'équilibre par des forces, des chocs, des vibrations, des imperfections, des contraintes résiduelles, etc. aura tendance à revenir à sa position initiale dès la suppression de la perturbation, nous avons phénomène d'instabilité :

➤ Flambement

On considère des systèmes avec un paramètre variable (Charge appliqué N) qui représente classiquement la charge extérieure. Dans les problèmes classiques de flambement, le système est stable si (Charge appliqué N) est assez petit et devient instable quand (Charge appliqué N) est grand. La valeur de (Charge appliqué N) pour laquelle le système cesse d'être stable est appelée : valeur critique (charge critique N_{cr}). Plus généralement, il faut déterminer :

- Les configurations d'équilibre de la structure sous les chargements imposés.
- La valeur critique des chargements et les conséquences sur le comportement

Qu'ont ces niveaux de charge.

L'objectif de notre travail

Étude analytique et numérique de sensibilité au flambement de bielle d'un moteur DEUTZ 4FL 912

Le mémoire est composé de quatre chapitres, après l'introduction générale

Le premier est consacré aux généralités des instabilités des structures. Et en particulier sur le flambement

Le deuxième chapitre, étude cinématique et dynamique de système bielle-manivelle d'un moteur DEUTZ 4FL 912 pour déterminer la force agissante le long de la bielle F_b et vérifié la résistance de flambage

Le troisième chapitre étude analytique de flambage pour Comprendre le développement mathématique de l'équation différentielle d'une membrure élastique et Démontrer les expressions de la charge critique en fonction des conditions limites d'une membrure élastique

Le quatrième chapitre étude numérique assisté par (SOLIDWORKS) pour étudier le flambage de bielle

Enfin le mémoire se termine avec une conclusion générale et perspective.

Sommaire

CHAPITRE I : GÉNÉRALISÉ SUR LE FLAMBAGE (FLAMBEMENT)

1	Introduction :.....	5
2	Notion de la stabilité :.....	5
3	Les origines des phénomènes d'instabilité élastique :.....	6
4	Définition du phénomène de flambement (flambage) :.....	7
5	Formule d'Euler.....	7
5.1	Charge critique.....	8
5.2	Contraintes critiques d'Euler.....	8
5.3	Elancement limite d'Euler	9
5.4	Conditions d'utilisation de la formule d'Euler.....	9
6	Influence des liaisons aux appuis.....	9
7	Formule de Rankine	11
7.1	Contrainte critique :.....	11
7.2	La charge critique suivant Rankine s'écrira, quant à elle :.....	11
8	Les différents modes de flambement	11
9	Les dangers de flambement :	11
10	Contraint et rupture.....	12

CHAPITRE II: ÉTUDE CINÉMATIQUE ET DYNAMIQUE DU SYSTÈME BIELLE-MANIVELLE

1	Introduction.....	15
2	Description de moteur (DEUTZ 4FL 912).....	15
2.1	Caractéristiques techniques.....	16
3	Le système Bielle-Manivelle :.....	17
3.1	Les composants du système bielle manivelle :.....	18
3.1.1	La bielle :.....	18
3.1.2	Le vilebrequin :.....	18
3.1.3	Le piston :.....	19
3.1.4	Coussinet de bielle :.....	19
3.1.5	Les segments :.....	20
4	Calcul cinématique et dynamique de l'embellage :.....	21
4.1	Calcul cinématique.....	21

4.2	Calcul dynamique	23
4.2.1	Modélisation de la bielle.....	23
4.2.2	Forces agissantes sur le mécanisme bielle – manivelle.....	24
5	Calcul de la pression durant le cycle moteur	26
5.1	Moteur à combustion interne à piston à mouvement alternatif.....	26
6	Cycle Diesel	26
7	Vérification du flambage de la bielle.....	29
8	Propriétés de la section dangereuse de la bielle (SolidWorks).....	29

CHAPITRE III : ETUDE ANALYTIQUE DU FLAMBAGE

1.	Introduction :	31
2.	Stabilité d'une membrure élastique en compression (colonne) :.....	31
3.	Colonne rotule-rotule, déplacement latéral bloqué.....	33
4.	Colonne encastree-rotule, déplacement latéral bloqué.....	36

CHAPITRE IV : ÉTUDE NUMÉRIQUE DE FLAMBAGE

1.	Introduction :.....	39
2.	Les étapes de simulation.....	39
3.	Simulation de bielle DEUTZ FL 912.....	45
3.1.	Propriétés de l'étude.....	46
3.2.	Propriétés de matériaux	47
3.3.	Les Unités.....	47
3.4.	Actions extérieures	47
3.5.	Informations sur le maillage.....	48
3.6.	Informations sur le maillage – Détails.....	48
4.	Résultats de l'étude.....	49
4.1.	Liste des modes.....	52

CHAPITRE I : GÉNÉRALISÉ SUR LE FLAMBAGE (FLAMBEMENT)

1 Introduction :

Tous les éléments de structure longs et minces ont un comportement similaire en compression. Lorsque la charge de compression augmente lentement, on atteint une valeur pour laquelle l'élément mince, au lieu de simplement se raccourcir, s'infléchit, et d'ordinaire se rompt. Cette valeur critique est appelée : charge de flambement.

Dans le cas du flambage, les formules établies tiennent compte des déformations qui ne peuvent plus être supposées infiniment petites et négligées comme dans les chapitres précédents, de même, les forces extérieures ne sont plus proportionnelles aux déformations.

Le phénomène d'instabilité transversale sous un effort de compression porte le nom de flambement.

Les formules de flambage sont utilisées avec prudence, c'est-à-dire en prenant un coefficient

De sécurité très grand. Les pièces soumises au flambage doivent impérativement être droite et ne doivent pas avoir subi des déformations précédemment. [1]

2 Notion de la stabilité :

La stabilité peut être définie comme la capacité d'un système physique à revenir à l'équilibre après avoir été légèrement perturbé. Pour un système mécanique on peut utiliser la définition de DIRICHLET "L'équilibre d'un système mécanique est stable si les points du système sont déplacés de leur position initiale équilibrer une quantité infinie et donner à chacune d'elles une part égale Vitesse initiale lente, mais tous les éléments du système sont encore en mouvement. Pendant le trajet, le contenu doit être maintenu dans des limites strictes " Afin d'Un corps flexible, comme un corps rigide, peut être décrit comme stable ou rigide. Instabilité des positions d'équilibre (figure 1.1) Lorsqu'une activité externe cesse et que le système revient à sa position initiale, cette position est dite stable Si le système n'y retourne pas, elle est instable. [2]

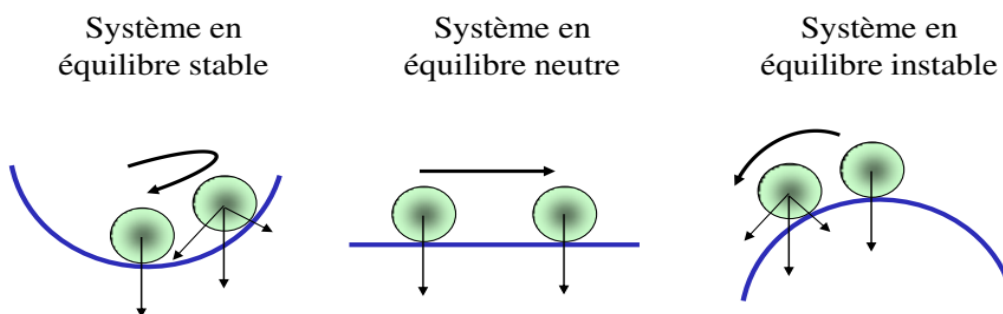


Figure 1.1 ; Les états d'équilibre d'un système mécanique

On obtient alors trois états d'équilibre distincts si l'on écarte la bille de sa position initiale. :

- Stable : la bille revient toujours à sa position initiale.
- Indifférent : la bille reste dans la position où elle a été placée.
- Instable : la bille ne rejoindra pas sa position initiale.

3 Les origines des phénomènes d'instabilité élastique :

Le calcul d'une structure nécessite que, pour toutes les combinaisons possibles d'actions, définies séquentiellement, la stabilité statistique soit garantie, à la fois globalement et individuellement au niveau de la structure.

Les actions créent différents types de demandes, qui se traduisent par des contraintes matérielles et des déformations des composants.

Il est donc nécessaire de vérifier que les contraintes et les déformations restent dans des limites acceptables afin de garantir le degré de sécurité.

Il existe deux exemples de figure :

➤ Cas de petites déformations

Tant que nous parlerons de déformations mineures, nous supposons que les demandes ne changent pas beaucoup (voire pas du tout) à la suite de déformations, donc la seule chose à faire est de s'assurer que les risques ne sont pas aussi élevés que le risque de ruine.

➤ Cas des grandes déformations

Dans ce cas, les déformations modifient sensiblement les demandes initiales, ce qui nécessite l'utilisation de calculs spécifiques.

Les grandes déformations ont un impact sur les zones de composition d'une pièce, qui peuvent présenter trois types de comportements distincts, appelés phénomènes d'instabilité :

- Le flambement, qui affecte les barres simplement comprimées (flambement simple) ou comprimées et fléchies (flambement flexion) qui est très dangereux,
- Le déversement, qui affecte les semelles comprimées des pièces fléchies,
- Le voilement, qui affecte les âmes des pièces fléchies

L'étude des phénomènes d'instabilité élastique est particulièrement essentielle dans la construction métallique car elles sont assez courantes en raison de l'utilisation de petits composants à forte élévation.

En conséquence, nous nous proposons d'étudier le phénomène d'instabilité (flambement) dans ses différents aspects théoriques et expérimentaux. [3]

4 Définition du phénomène de flambement (flambage) :

Le flambage ou flambement est un phénomène d'instabilité d'une structure élastique qui pour échapper à une charge importante exploite un mode de déformation non sollicité, opposant moins de raideur à la charge. La notion de flambement s'applique généralement à des poutres élancées qui lorsqu'elles sont soumises à un effort normal de compression, ont tendance à fléchir et se déformer dans une direction perpendiculaire à l'axe de compression (passage d'un état de compression à un état de flexion) ; mais elle peut aussi s'appliquer par exemple à des lames de ressort sollicitées en flexion qui se déversent en torsion pour échapper à la charge.

Le terme flambement est plutôt utilisé en mécanique des structures pour le phénomène et le critère de dimensionnement correspondant et le terme flambage pour un évènement particulier. [4]

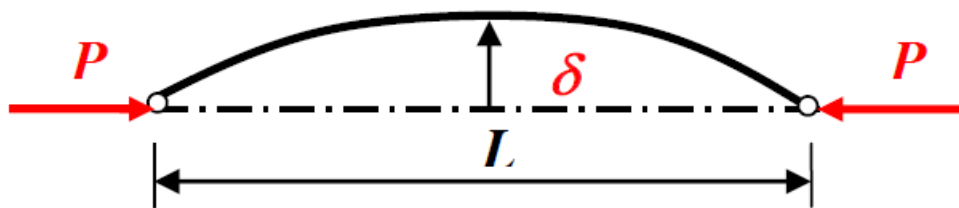


Fig. 1.2- Schématisation du flambage

5 Formule d'Euler

Expérimentalement on constate que la forme rectiligne d'équilibre d'une tige comprimée n'est stable que dans le cas où la force de compression est inférieure à une valeur déterminée dite critique.

“Problème d'Euler”.

Considérons une barre verticale de longueur l encastée à sa base. on supposant les hypothèses :

- La section constante,
- Le poids propre de la barre négligeable,
- Le matériau homogène,
- Le raccourcissement de la barre négligeable vis-à-vis de la déformation due à la flexion, Euler en déduit la charge critique N_{crit} :

$$N_{crit} = \frac{\pi^2 EI_{min}}{4l^2} \quad (1.1)$$

Notations :

E le module d'élasticité du matériau N/mm^2

I_{min} l'inertie minimum de la barre mm^4

L longueur de la barre mm

EI module de rigidité à la flexion Nmm^2

5.1 Charge critique

$$N_{crit Euler} = \frac{\pi^2 EI_{min}}{l_f^2} \quad (1.2)$$

Notations : l_f longueur de flambement donné par : mm

$$l_f = k_f \cdot L$$

k_f coefficient de réduction de la longueur

L longueur de la barre mm

Ce coefficient k_f montre par combien il faut multiplier la longueur d'une tige articulée pour que sa charge critique soit égale à celle de la tige de longueur l dans des conditions de fixations envisagées[5]

k_f coefficient de réduction de la longueur	
Barre bi-articulée	1
Barre simplement encastrée	2
Barre articulée et encastrée	0.7
Barre doublement encastrée	0.5

Tableau (1.1) Coefficient de réduction

5.2 Contraintes critiques d'Euler

Par définition, la contrainte critique due à la compression dans une barre est donnée par :

$$\sigma_{crit} = \frac{N_{crit}}{A}$$

Notation

A l'aire de la section droite mm²:

$$\sigma_{crit Euler} = \frac{\pi^2 EI_{min}}{l_f^2 A} \quad (1.3)$$

5.3 Elancement limite d'Euler

Dans le dimensionnement nous ne pouvons en aucun cas dépasser la limite élastique Re et de ce fait-là plus grande valeur que peut prendre la contrainte critique d'Euler est cette limite élastique. Si nous remplaçons celle-ci dans la formule ci-dessus, nous pouvons définir

“l'élancement limite d'Euler”, l'élancement λ devenant $\lambda_{lim Euler}$, soit :

$$\lambda_{lim Euler} = \pi \sqrt{\frac{E}{Re}} \quad (1.4)$$

5.4 Conditions d'utilisation de la formule d'Euler

Comme la théorie développée ci-dessus suppose le matériau élastique linéaire, on peut montrer que la formule d'Euler cesse d'être applicable pour des élancements inférieurs à $\lambda_{lim Euler}$.

Quelques valeurs de l'élancement limite d'Euler $\lambda_{lim Euler}$	
S235	93.91
S275	86.81
S355	76.41
S420	70.25
S460	67.12
Fonte	80

Tableau (1.2) Enlancement limite Euler

6 Influence des liaisons aux appuis

La charge critique se définit donc comme la charge axiale qui suffit à maintenir une barre élancée sous une forme légèrement fléchie.

On peut généraliser les résultats établis pour la poutre bi-articulée pour des poutres dont les Conditions d'appuis sont différentes. L'expression générale de la charge critique d'Euler est :

$$N_{crit Euler} = \frac{\pi^2 EI_{min}}{l_f^2}$$

Où l_f est la longueur de flambement de la poutre.

Le facteur l_f représente une longueur équivalente à celle d'une poutre *articulée - articulée*.

Il s'agit de la distance séparant deux points d'inflexions de la poutre. Ainsi, nous exprimons dans le tableau (1.3) la longueur de flambement selon le type de liaison :

- Pour une poutre articulée aux deux extrémités, $l_f = 1. L$;
- Pour une poutre encastree aux deux extrémités, $l_f = 0,5. L$;
- Pour une poutre encastree-articulée, $l_f = 0,7. L$;
- Pour une poutre encastree-libre, $l_f = 2. L$.

L est la longueur de la poutre [6]





Type de liaison	Schéma	Longueur de flambement(l_f)	Charge critique ($N_{critique}$)
Appui simple-rotule		L	$N_{crit Euler} = \frac{\pi^2 EI_{min}}{L^2}$
Libre-encastrement		2L	$N_{crit Euler} = \frac{\pi^2 EI_{min}}{4L^2}$
Encastrement-encastrement		0.5L	$N_{crit Euler} = \frac{4\pi^2 EI_{min}}{L^2}$
Appuis simple-encastrement		0.7L	$N_{crit Euler} = \frac{2.05\pi^2 EI_{min}}{L^2}$

Tableau (1.3) Influence des liaisons aux appuis

7 Formule de Rankine

7.1 Contrainte critique :

$$\sigma_{\text{crit Rankine}} = \frac{R_e}{(1+\lambda^2)} \quad (1.5)$$

7.2 La charge critique suivant Rankine s'écrira, quant à elle :

$$N_{\text{crit Rankine}} = \frac{R_e A}{(1+\lambda^2)} \quad (1.6)$$

8 Les différents modes de flambement

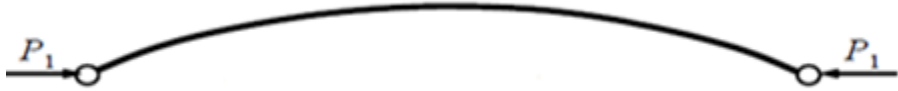


Première mode	
Deuxième mode	
Troisième mode	

Tableau (1.4) Les modes de flambement

9 Les dangers de flambement :

Le flambement est l'une des premières causes de sinistres des structures, parce

qu'il affecte essentiellement les poteaux, l'élément porteur principal de bâtiment. Ces sinistres ont été à l'origine de grandes catastrophes comme l'effondrement du pont de Québec (1907, 74 morts, figure I.3). Dans une structure, le flambement d'un élément comprimé provoque des grandes déformations dues à la non linéarité géométrique, et par conséquent, il engendre une chute de la force supportée. Cela modifie le cheminement des forces dans la structure et peut causer l'instabilité des autres éléments. Les contreventements sont les plus exposés à ce type de risque.

Pour l'éviter soit on dimensionne les éléments comprimés pour résister.

On peut améliorer la résistance au flambement d'un élément par plusieurs façons.

La réduction du rapport d'élanement par l'augmentation des dimensions se traduira par une charge ultime plus élevée. Cela peut aussi être fait en répartissant le matériau de manière différente le long de l'élément. [7]



Figure1.3 - L'effondrement du pont du Québec 1907

10 Contraint et rupture

La défaillance d'une bielle est l'une des causes les plus courantes de panne moteur catastrophique. La bielle est soumise à d'énormes contraintes dues à la charge alternative représentée par le piston, qui s'étire et se comprime à chaque rotation, et la charge augmente à mesure que le carré de la vitesse du moteur augmente. La défaillance d'une bielle, généralement appelée lancer une bielle, est l'une des causes les plus courantes de panne moteur catastrophique dans les voitures, mettant fréquemment la bielle cassée à travers le côté du carter et rendant ainsi le moteur irréparable; il peut résulter d'une fatigue proche d'un défaut physique de la bielle, d'une défaillance de lubrification d'un roulement due à un entretien défectueux, ou d'une défaillance des boulons de bielle due à un défaut, un serrage incorrect ou un surrégime du moteur. La réutilisation des boulons de tige est une pratique courante tant que les boulons répondent aux spécifications du fabricant Malgré leur occurrence fréquente lors d'événements automobiles compétitifs télévisés, de telles pannes sont assez rares sur les voitures de série lors de la conduite quotidienne normale. En effet, les pièces automobiles de production ont un facteur de sécurité beaucoup plus important et un contrôle de qualité souvent plus systématique. [8]

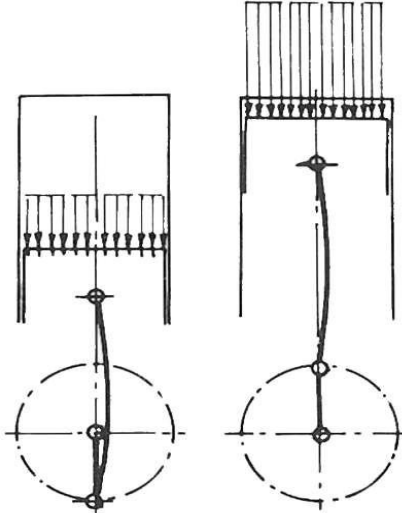


Figure 1.4 Flambage de bielle pmb et pmh [9]

**CHAPITRE II : ÉTUDE CINÉMATIQUE ET
DYNAMIQUE DU SYSTÈME
BIELLE-MANIVELLE**

1 Introduction

Le moteur DEUTZ 4 FL912 à étudier, on remarque de nombreux groupes d'organes assurant des fonctions identiques il est donc possible de faire une étude de la construction en groupant les organes d'après leur fonction. Notre étude est réservée uniquement aux organes mobiles (piston, bielle manivelle).

L'étude cinématique de l'embellage est nécessaire pour déterminer la relation entre le déplacement du piston, sa vitesse son accélération en fonction de l'angle de rotation du vilebrequin.

L'étude dynamique est nécessaire pour déterminer les forces agissant sur la bielle et pistonnet vérifié le flambage de bielle. [10]

2 Description de moteur (DEUTZ 4FL 912)

1 Turbine de refroidissement

2. Cylindre à ailettes de refroidissement

3. Piston à évidement formant chambre de combustion (injection directe)

4. Culasse en alliage léger, recevant soupapes d'admission et d'échappement

5. Culbuteur

6. Rampe d'air d'admission

7 Collecteur d'échappement

8. Tige de poussoir dans son tube protecteur

9. Arbre à cames

10. Couronne du démarreur montée au volant-moteur

11 Vilebrequin et masses d'équilibrage

12. Cuve à huile

13. Pompe à huile-moteur

14. Pignonnerie de distribution

15. Galet tendeur de courroie meneuse [11]

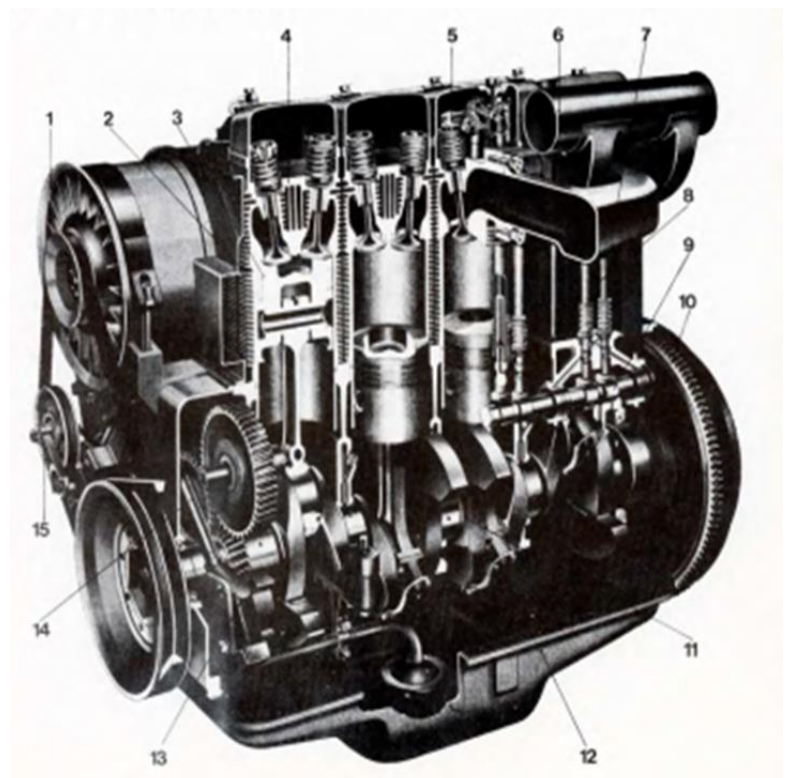


Figure 2.1 le moteur DEUTZ 4FL 912 – type cylindre en ligne

2.1 Caractéristiques techniques

Modèle	F4L912
Nombre de cylindres	4
Alésage	100mm
Course du piston	120mm
Cylindrée totale	3.768cm ³

Tableau 2.1 Caractéristiques techniques

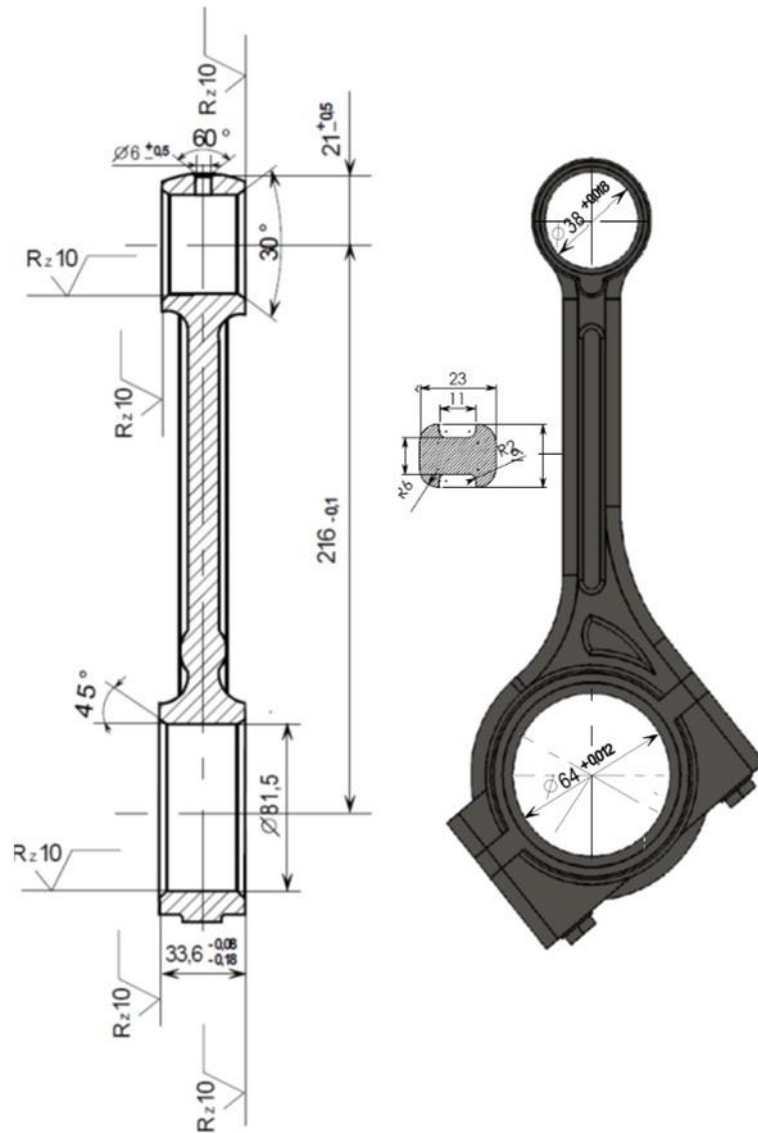


Figure 2.2 dimension de bielle

Cylindriques sur leurs flasques : ces congés, de rayon nécessairement faible (compacité moteur), sont le siège de concentrations de contraintes dont l'effet peut être combattu par un traitement (thermique, thermo-chimique) induisant des précontraintes de compression en surface [18]

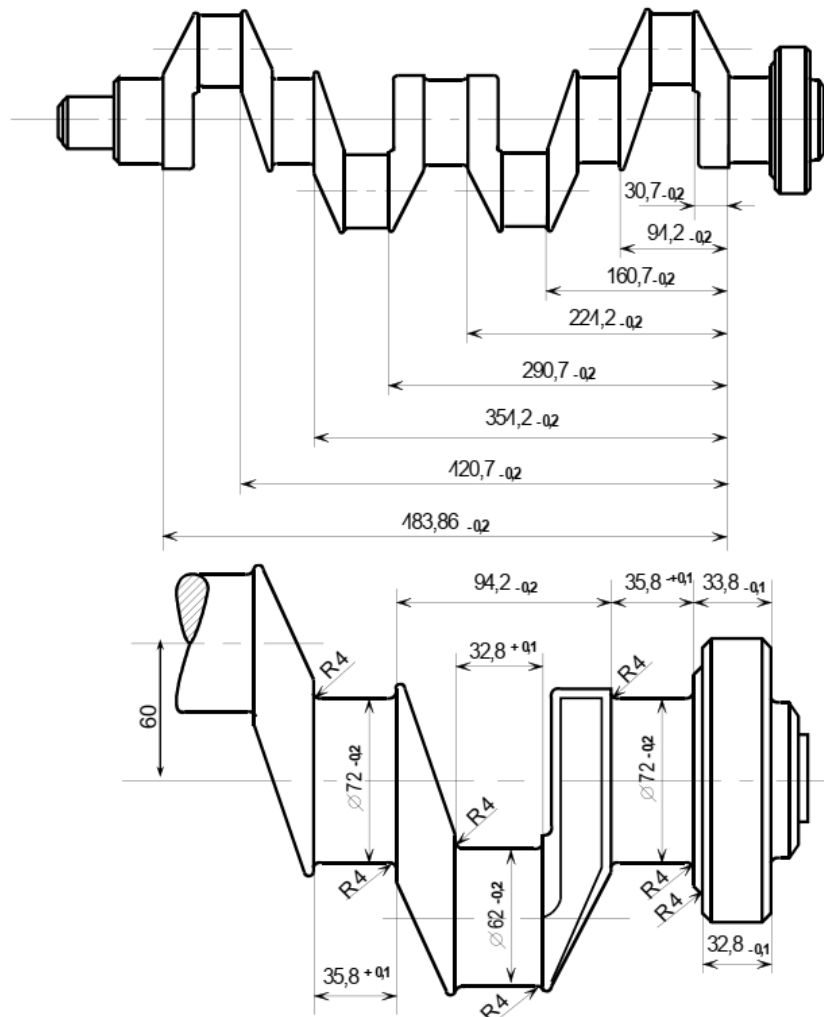


Figure 2.3 dimensions du vilebrequin.

3 Le système Bielle-Manivelle :

Le système Bielle-Manivelle est un système mécanique qui tire son nom des deux pièces mécaniques qui le caractérisent : la bielle et la manivelle.

Ce dispositif réalise la transformation du mouvement linéaire alternatif de l'extrémité de la bielle en un mouvement de rotation continu disponible sur la manivelle (vilebrequin). [12]

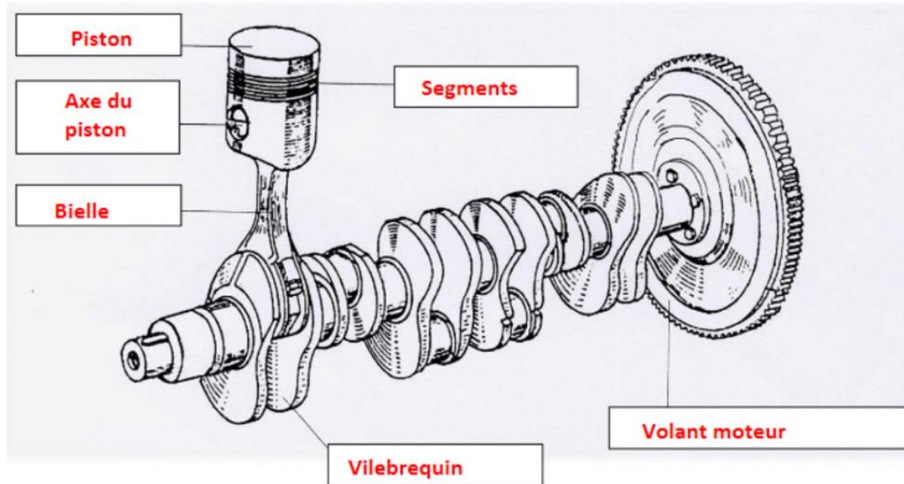


Figure 2.4 Le système Bielle-Manivelle

3.1 Les composants du système bielle manivelle :

3.1.1 La bielle :

La bielle est une pièce mécanique reliant deux articulations d'axes mobiles et permettant la transmission d'une force. On l'associe à la manivelle dans le système bielle-manivelle qui permet la transformation d'un mouvement de rotation continue en mouvement alternatif de rotation ou translation. [12]



Figure 2.5 La bielle

3.1.2 Le vilebrequin :

Le vilebrequin est l'un des composants mécaniques essentiel au bon fonctionnement du moteur de votre véhicule. Il s'agit d'un dispositif rotatif formé de plusieurs articulations. On le retrouve dans les moteurs à pistons, au cœur du système bielle-manivelle. [12]



Figure 2.6 Le vilebrequin

3.1.3 Le piston :

Le piston est une pièce rigide, de forme généralement circulaire, couissant dans un cylindre de forme complémentaire. Les pistons sont généralement moulés dans un alliage d'aluminium afin d'être légers et de pouvoir agir en tant que conducteur thermique pendant les séquences de fonctionnement du moteur. [12]



Figure 2.7 Le piston

3.1.4 Coussinet de bielle :

Coussinet de bielle est une pièce constituée de deux demi-coussinets, cette pièce intègre la forme intérieure de la bielle du côté du vilebrequin. Lisse, elle comporte une rainure centrale (nécessaire au graissage) et un trou permettant le passage d'huile. Elle est également munie d'un ergot de positionnement qui facilite son montage. Initialement composé de régule ou matériau antifricion, le coussinet de bielle est actuellement conçu en alliage de métaux doux (plomb, étain, aluminium ou bronze) soumis à des traitements électrolytiques, chimiques et thermiques. [12]



Figure 2.8 Coussinet de bielle

3.1.5 Les segments :

Les segments (anneaux fendus) sont des pièces composées d'un cercle incomplet en acier élastique, prévues pour s'emboîter dans les gorges du piston. Le diamètre extérieur au repos est légèrement supérieur à celui du cylindre.

Ces pièces sont très minces et cassantes. Elles sont fabriquées à partir d'un ressort d'acier élastique, coupé ensuite en rondelles constituant les segments. Elles sont généralement asymétriques : il faut faire attention au sens de montage lors de l'assemblage du moteur.

L'espace entre les deux extrémités du segment lorsqu'il est introduit dans le cylindre est le jeu à la coupe. Sa mesure permet d'évaluer l'usure du segment. [12]



Figure 2.9 Les segments

4 Calcul cinématique et dynamique de l'embellage :

4.1 Calcul cinématique

L'étude de la cinématique de l'embellage est nécessaire pour le calcul des variations de Volume de la cylindrée qui résultent du déplacement du piston et pour les calculs relatifs à la détermination des efforts, à la résistance des organes.

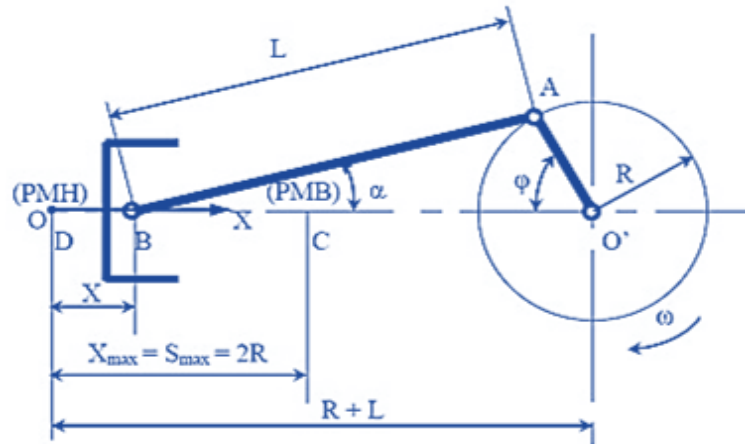


Figure 2.10 schéma du système bielle manivelle

$$X = R + L - L \cos \alpha - R \cos \varphi \quad (2.1)$$

$$L \sin \alpha = R \sin \varphi \Rightarrow \left(\frac{R}{L} \right) \sin \varphi = \lambda \sin \varphi$$

$$\Rightarrow \cos \alpha = (1 - \lambda^2 \sin^2 \varphi)^{1/2}$$

Après un développement en série on a :

$$\cos \alpha = 1 - 1/2 \cdot \lambda^2 \cdot \sin^2 \varphi - 1/8 \cdot \lambda^4 \cdot \sin^4 \varphi - 1/16 \cdot \lambda^6 \cdot \sin^6 \varphi + \dots \quad (2.2)$$

$$R = 0,06 \text{ m}$$

$$L = 0,216 \text{ m}$$

$$\lambda = R/L = 0,06/0,216 = 0,278$$

$\lambda^2 = 0,077 < 0,1$ Dans cette condition l'expression (2.2) peut être mise en ne conservant que les deux premiers termes sous la forme suivante :

$$\cos \alpha \approx 1 - 1/2 \cdot \lambda^2 \cdot \sin^2 \varphi = 1 - 1/4 \cdot \lambda^2 \cdot (1 - \cos 2\varphi) \quad (2.3)$$

Expressions approchées du mouvement du piston :

- Position instantanée du piston :

$$X \approx R[1 - \cos \varphi + (\lambda/4) \cdot (1 - \cos 2\varphi)] \quad (2.4)$$

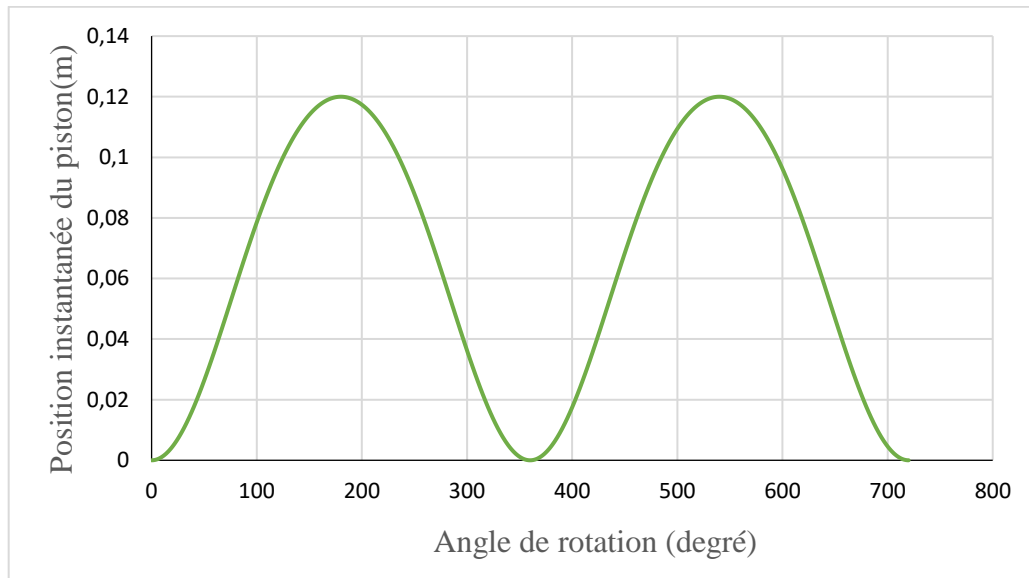


Figure 2.11 Position instantanée du piston

- vitesse du piston :

$$V = dx/dt = \omega \cdot R \cdot (\sin \varphi + (\lambda/2) \cdot \sin 2\varphi) \quad (2.5)$$

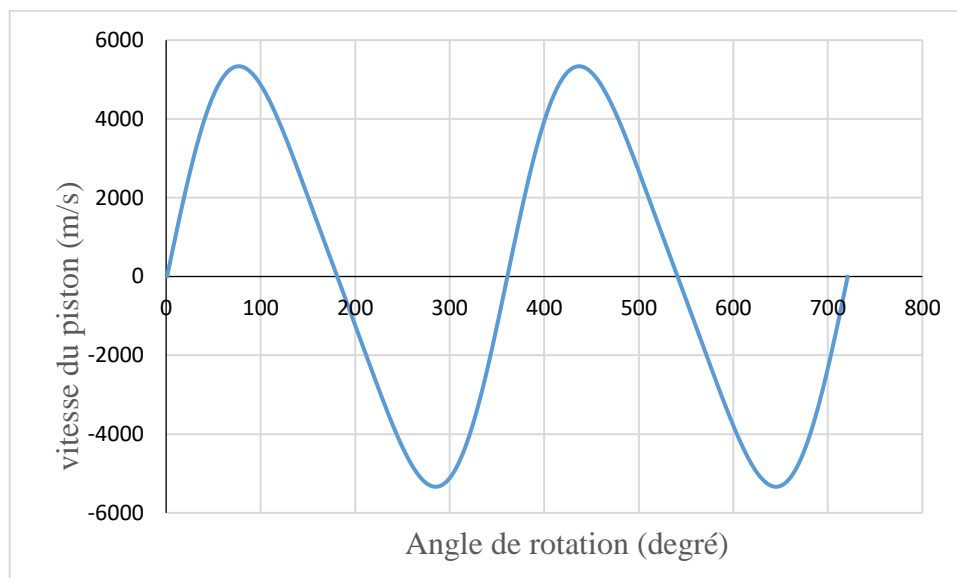


Figure 2.12 vitesse du piston

- accélération du piston :

$$\gamma = dv/dt = \omega^2 \cdot R \cdot (\cos \varphi + \lambda \cdot \cos 2\varphi) \quad (2.6)$$

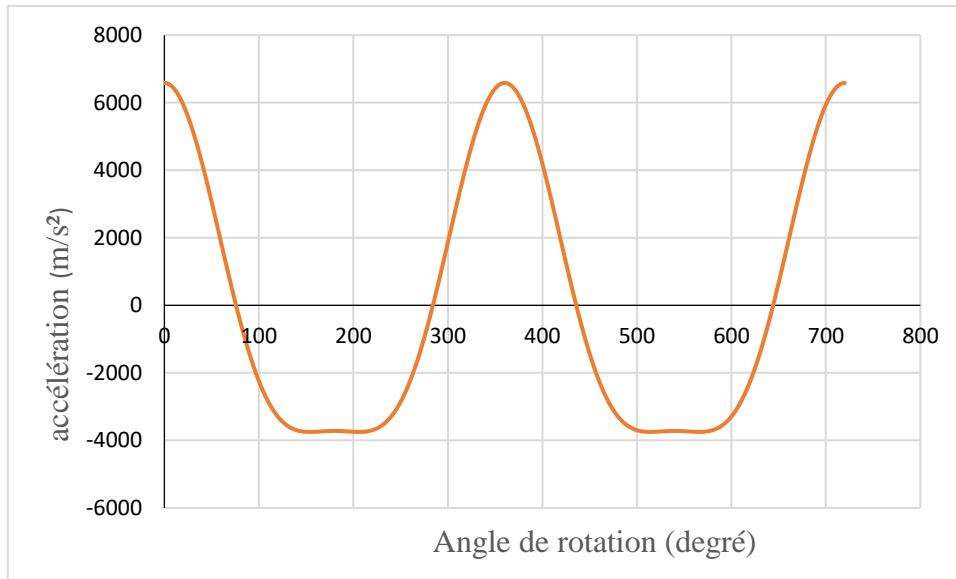


Figure 2.13 accélération du piston

$$\omega = \pi \cdot n/30 = \pi \cdot 2800/30 = 293,067 \text{rd/s}$$

4.2 Calcul dynamique

4.2.1 Modélisation de la bielle

D'après le caractère du mouvement, toutes les pièces principales mobiles du mécanisme, bielle manivelle Peuvent-être subdivisées en trois groupes :

- pièces en mouvement rectiligne alternatif (piston et accessoires) ;
- pièces en mouvement rotatif (vilebrequin) ;
- pièces en mouvement complexe (bielle) ;

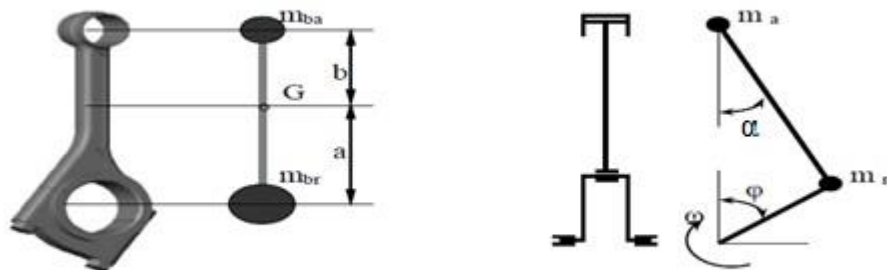


Figure 2.14 modélisation de la bielle

Masse de la bielle $m_b=1950 \text{ g}$

Masse du piston $m_p=800 \text{ g}$

Masse de l'axe du piston $m_{ap}=364$ g

Masse des 3 segments $m_{seg}=26*3$ g

$$m_{ba}+m_{br}=m_b=1950g \quad (2.7)$$

$$m_{ba}.b= m_{br}.a \quad (2.8)$$

$$a+b=L=0.216m$$

pour notre moteur

$$a=0.04880m \quad L=0.216m$$

$$b=L-a=0.1672m$$

$$m_{ba}=440.56g$$

$$m_{br}=1509.44g$$

$$m_a = m_p + m_{ba} = m_p + m_{ap} + m_{sec} + m_{ba} \quad (2.9)$$

m_p : masse du piston;

m_{ap} : masse de l'axe du piston;

m_{sec} : masse des segments;

$$m_{sec}= m_{sec1}+ m_{sec2}+ m_{sec3} = 67,4$$
 g (2.10)

$$m_p = 1160$$
 g; $m_{ap} = 445$ g

$$m_a = 1160+445 + 67,4 + 440.56 = 2112.95g \quad m_a \approx 2,11Kg$$

4.2.2 Forces agissantes sur le mécanisme bielle – manivelle

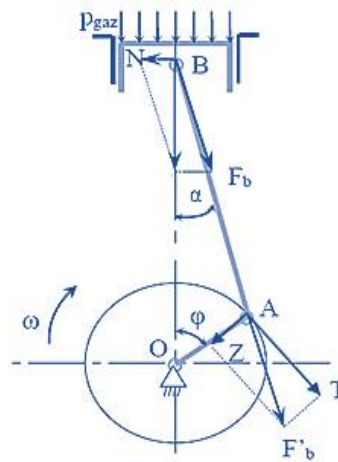


Figure 2.15 efforts agissantes sur le système bielle manivelle

- La force de la pression des gaz agissant sur le piston selon la formule suivante :

$$F_p = (p_{\text{gaz}} - p_0) \cdot \pi \cdot D^2 / 4 = P_\varphi \cdot \pi \cdot D^2 / 4 \quad (2.11)$$

p_{gaz} : pression à l'intérieur du cylindre;

p_0 : pression atmosphérique

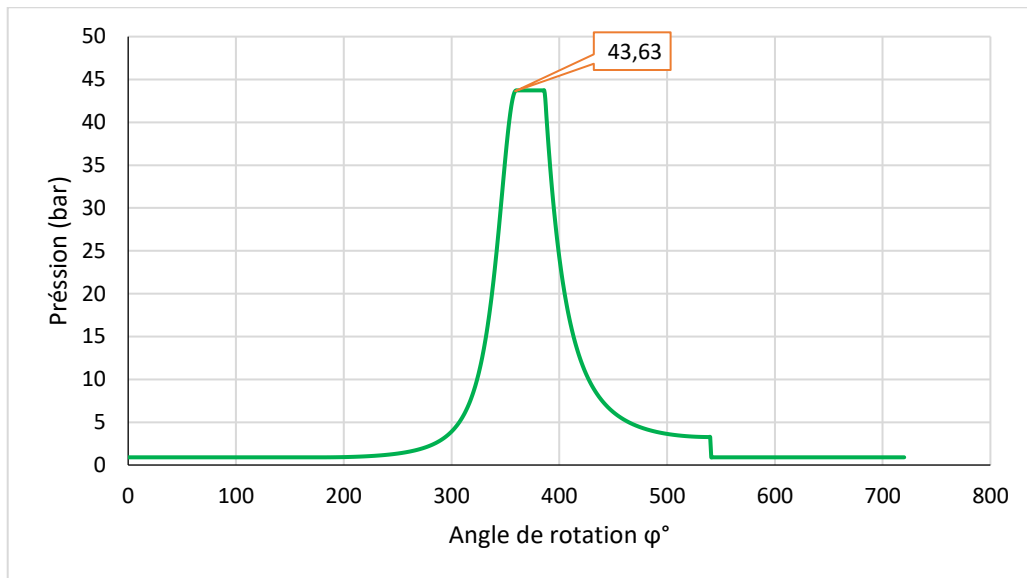


Figure 2.16 La pression des gaz agissant sur le piston en fonction de l'angle de rotation

- La force d'inertie des masses en mouvement alternative est de :

$$F_a = -m_a \cdot \gamma = -m_a \cdot \omega^2 \cdot R \cdot (\cos \varphi + \lambda \cdot \cos 2\varphi) \quad (2.12)$$

La force résultante appliquée au point "B".

$$F_\Sigma = F_p + F_a = P_\varphi \cdot \pi \cdot D^2 / 4 - m_a \cdot \omega^2 \cdot R \cdot (\cos \varphi + \lambda \cdot \cos 2\varphi) \quad (2.13)$$

- La force normale latérale agissant sur la paroi du cylindre N :

$$N = F_\Sigma \cdot \text{tg } \alpha \quad (2.14)$$

- La force agissant le long de la bielle F_b :

$$F_b = F_\Sigma / \cos \alpha \quad (2.15)$$

- La force tangentielle T :

$$T = F_b \cdot \sin (\varphi + \alpha) = F_\Sigma \cdot \sin (\varphi + \alpha) / \cos \alpha \quad (2.16)$$

- La force s'exerçant le long du rayon de la manivelle Z :

$$Z = F_b \cdot \cos (\varphi + \alpha) = F_\Sigma \cdot \cos (\varphi + \alpha) / \cos \alpha \quad (2.17)$$

- Le couple moteur M_c :

$$M_c = T \cdot R = F_\Sigma \cdot R \cdot \sin (\varphi + \alpha) / \cos \alpha \quad (2.18)$$

5 Calcul de la pression durant le cycle moteur

5.1 Moteur à combustion interne à piston à mouvement alternatif

Le moteur à combustion interne à piston est très ancien, moins dans ses principes, et, exception faite de la machine à vapeur, il est difficile de trouver actuellement des réalisations techniques aussi près des idées générales conçues il y a un siècle.

6 Cycle Diesel

Le moteur Diesel tire son nom des travaux de l'ingénieur allemand Rudolf Diesel entre 1893 et 1897, décrivant la succession de cycle 4 temps du moteur alternatif :

0-1 : aspiration pendant une course entière du piston ;

1-2 : Compression isentropique

2-3 : Apport de chaleur isobare ($P=cte$)

3-4 : Détente isentropique

4-1 : Rejet de chaleur isochore ($V=cte$), refoulement des gaz brûlés hors du cylindre au quatrième et dernier retour.

Le cycle de Diesel se compose de 2 adiabatiques : 1-2, 3-4, d'une isochore 4-1 et de deux isobares : 0-1 et 2-3 qui sont représentatives des opérations de transvasement du gaz avec l'extérieur.

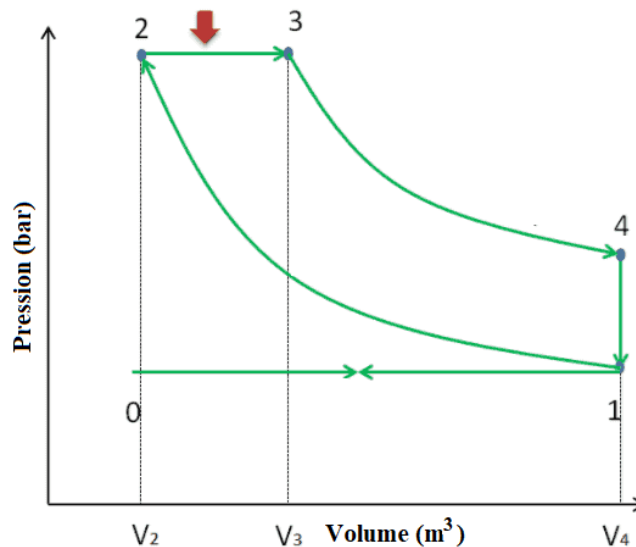


Figure 2.17 Cycle Diesel

$P_1 = 0,9016$ bar (pression à l'admission : pression atmosphérique) ;

$a = \frac{V_3}{V_2} = 2$: Taux d'injection au cours de l'apport de chaleur isobare

L'exposant polytropique pour la compression : $\gamma_c = 1,37$

L'exposant polytropique pour la détente : $\gamma_d = 1,23$

$P_\phi = P_{\text{gaz}}$

Volume du gaz : $V_\phi = X_\phi \cdot \frac{\pi \cdot D^2}{4} + V_2$

Course du piston : $X_\phi = R[1 - \cos \phi + (\lambda/4) \cdot (1 - \cos 2\phi)]$

$V_2 = V_{\phi=0} = 0,589 \cdot 10^{-4} \text{ m}^3$

$V_1 = V_4 = V_{\phi=180^\circ} = 10,013 \cdot 10^{-4} \text{ m}^3$

Pour construire les courbes des processus de compression et détente pour plusieurs positions de vilebrequin on utilise l'équation d'une courbe poly tropique : $P \cdot V^\gamma = \text{Const}$ (2.19)

Pour la compression : $P_\phi \cdot V_\phi^{\gamma_c} = P_1 \cdot V_1^{\gamma_c} \Rightarrow P_\phi = P_1 \cdot \left(\frac{V_1}{V_\phi}\right)^{\gamma_c}$ (2.20)

Pour la détente : $P_\phi \cdot V_\phi^{\gamma_d} = P_4 \cdot V_4^{\gamma_d} \Rightarrow P_\phi = P_4 \cdot \left(\frac{V_4}{V_\phi}\right)^{\gamma_d} = P_4 \cdot \left(\frac{V_1}{V_\phi}\right)^{\gamma_d}$ (2.21)

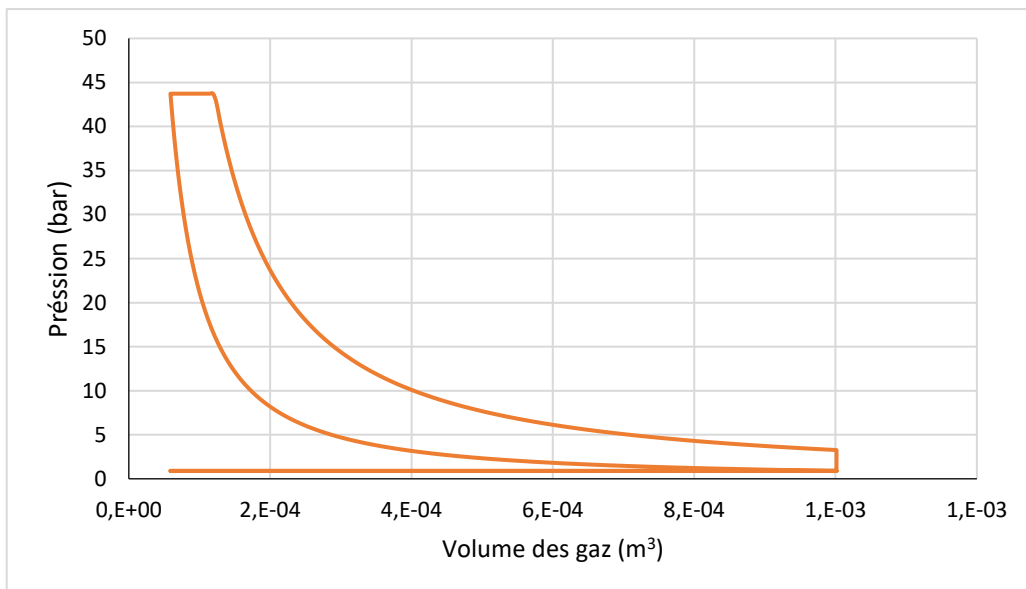


Figure 2.18 La pression des gaz agissant sur le piston en fonction du volume des gaz

La force résultante appliquée au point "B".

$$F_{\Sigma} = F_p + F_a = P_{\varphi} \cdot \pi \cdot D^2/4 - m_a \cdot \omega^2 \cdot R \cdot (\cos \varphi + \lambda \cdot \cos 2\varphi) \quad (2.13)$$

- La force agissante le long de la bielle F_b :

$$F_b = F_{\Sigma}/\cos\alpha \quad (2.15)$$

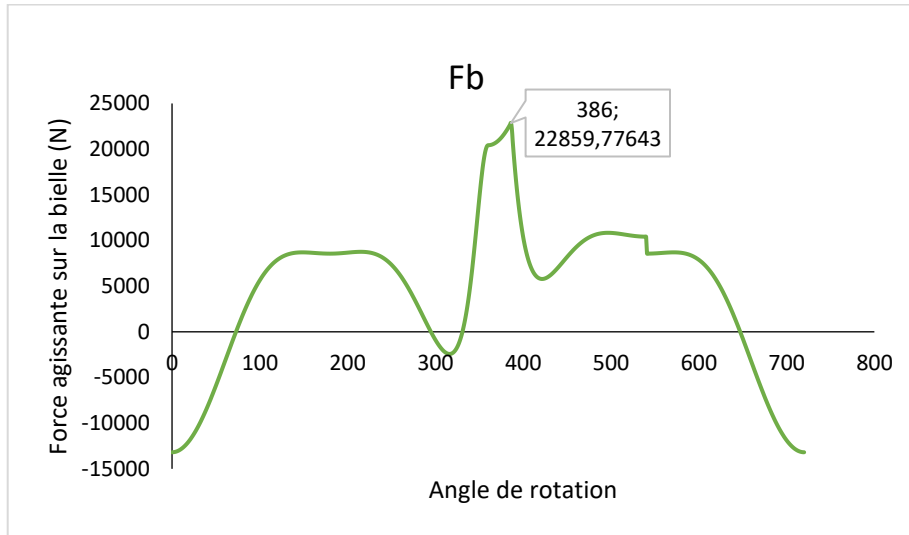


Figure 2.19 Force agissante le long de la bielle

$$F_{bmax} = 69599 \text{ N}$$

7 Vérification du flambage de la bielle

Pour que la résistance au flambage de la bielle soit vérifiée il faut que :

$$F_{b \max} < N_{crit \text{ Euler}}$$

Avec

- $F_{b \max} = 22859,8 \text{ N}$: l'effort maximal de compression de la bielle (voir figure 2.18).
- $N_{crit \text{ Euler}}$ Charge critique de flambage

Considérons que la bielle comme une barre libre-encastree on prendra :

$$N_{crit \text{ Euler}} = \frac{\pi^2 EI_{\min}}{4.L^2}$$

Avec

- $E = 2.10^5 \text{ N/mm}^2$: module d'élasticité du matériau de la bielle (40Cr4)
- I_{\min} : moment quadratique de la section de la bielle
- $L = 164,5 \text{ mm}$: longueur de la tige de bielle

8 Propriétés de la section dangereuse de la bielle (SolidWorks)

Aire de la section $A = 319,26 \text{ mm}^2$

Moments quadratique principaux de la section par apport au centre de gravité :

$$I_x = 6040,01 \text{ mm}^4 \quad I_y = 14948,63 \text{ mm}^4$$

$$I_{min} = I_x = 6040 \text{ mm}^4$$

$$N_{crit \text{ Euler}} = \frac{\pi^2 \cdot E \cdot I_{min}}{4 \cdot L^2}$$

$$N_{crit \text{ Euler}} = \frac{\pi^2 \times 2 \times 10^5 \times 6040}{4 \times 164,5^2} = 110147,56 \text{ N}$$

$$F_b \text{ max} < N_{crit \text{ Euler}}$$

La résistance au flambage est vérifiée

Le facteur de chargement de flambage représente le facteur de sécurité contre le flambage ou le rapport entre la charge critique de flambage et la charge appliquée. Le tableau ci-dessous illustre l'interprétation des valeurs possibles du facteur de chargement.

$$\text{Le facteur de chargement est : } \frac{N_{crit \text{ Euler}}}{F_b \text{ max}} = \frac{110147,56}{22859,8} = 4,82$$

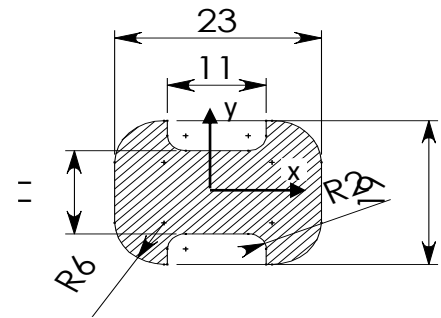


Figure 2.20 section de la bielle

CHAPITRE III : ETUDE ANALYTIQUE DU FLAMBAGE

1. Introduction :

Les théories sur la stabilité ont été élaborées afin de déterminer les conditions par lesquelles une structure, en équilibre, cesse d'être stable. L'instabilité est essentiellement une propriété des structures de géométrie extrême, comme par exemple les éléments comprimés d'élanement important

2. Stabilité d'une membrure élastique en compression (colonne) :

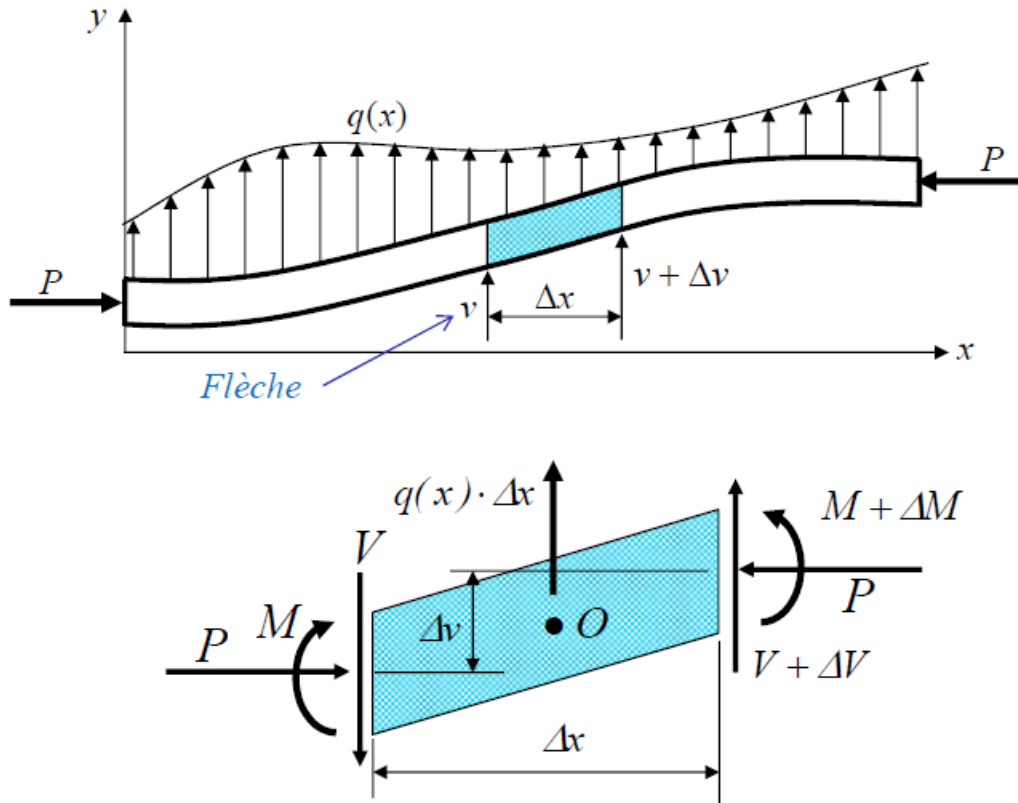


Figure 3.1 Démonstration de l'équation différentielle d'une colonne

$$\sum_y = -V + (V + \Delta V) + q(x) \cdot \Delta x = 0 \tag{3.1}$$

$$\text{si } \Delta x \rightarrow 0 \Rightarrow \frac{dv}{dx} + q(x) = 0 \tag{3.2}$$

$$\sum M_o = -M + (M + \Delta M) + V \frac{\Delta x}{2} + (V + \Delta V) \frac{\Delta x}{2} + P \cdot \Delta v = 0 \tag{3.3}$$

En divisant partout par Δx et en négligeant les termes du second ordre, on obtient, si $\Delta x \rightarrow 0$:

$$\frac{dM}{dx} + V + P \frac{dv}{dx} = 0 \tag{3.4}$$

En dérivant (3.4) par rapport à x :

$$\frac{d^2M}{dx^2} + \frac{dV}{dx} + P \frac{d^2v}{dx^2} = 0 \quad (3.5)$$

$$M = EI \frac{d^2v}{dx^2} \quad (3.6)$$

En remplaçant (3.6) et (3.2) dans (3.5):

$$EI \frac{d^4v}{dx^4} + P \frac{d^2v}{dx^2} = q(x) \quad (3.7)$$

Si $q(x) = 0$

$$EI \frac{d^4v}{dx^4} + P \frac{d^2v}{dx^2} = 0 \quad (3.8)$$

La solution générale de
 est de la forme

$$v(x) = C_1 + C_2x + C_3 \sin(n \cdot x) + C_4 \cos(n \cdot x) \quad (3.9)$$

où $n^2 = P/EI$

C_i : constantes d'intégration à déterminer à partir des conditions aux rives. Il faut connaître au moins quatre de ces conditions. Les quatre conditions seront :

- le déplacement latéral v
- la pente $\varphi = dv/dx$
- le moment fléchissant M
- l'effort tranchant V

Les quatre conditions sont

➤ Déplacement latéral v

$$v(x) = C_1 + C_2x + C_3 \sin(nx) + C_4 \cos(nx) \quad (3.10)$$

➤ 2. Pente $\varphi(x)$

$$\varphi(x) = \frac{dv}{dx} = C_2 + C_3 n \cos(nx) - C_4 n \sin(nx) \quad (3.11)$$

➤ 3. Moment fléchissant M

$$\frac{M(x)}{E \cdot I} = \frac{d^2 v}{dx^2} = -C_3 n^2 \sin (nx) - C_4 n^2 \cos (nx) \quad (3.12)$$

➤ 4. Effort tranchant V

$$\frac{V(x)}{E \cdot I} = -C_2 n^2 \quad (3.13)$$

➤ Démontrer les valeurs de P qui rendent le système d'équations instables (lorsque $v \rightarrow \infty$) pour différentes conditions limites d'une colonne élastique

$$v(x) = C_1 + C_2 x + C_3 \sin (n \cdot x) + C_4 \cos (n \cdot x)$$

$$\varphi(x) = C_2 + C_3 \cdot n \cdot \cos (n \cdot x) - C_4 \cdot n \cdot \sin (n \cdot x)$$

$$\frac{M(x)}{EI} = -C_3 \cdot n^2 \cdot \sin (n \cdot x) - C_4 \cdot n^2 \cdot \cos (n \cdot x)$$

$$\frac{V(x)}{EI} = -C_2 \cdot n^2, \quad n = \sqrt{\frac{P}{EI}} \quad [15]$$

3. Colonne rotule-rotule, déplacement latéral bloqué

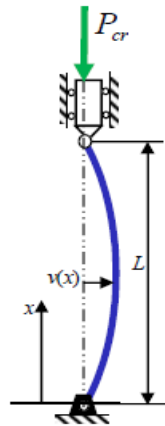


Figure 3.2 Colonne rotule-rotule, déplacement latéral bloqué

Conditions aux limites

À $x = 0$:

$$v(0) = 0 \Rightarrow C_1 + C_4 = 0 \quad (3.13)$$

$$M(0)/EI = 0 \Rightarrow -C_4 \cdot n^2 = 0 \quad (3.14)$$

À $x = L$:

$$v(L) = 0 \Rightarrow C_1 + C_2 \cdot L + C_3 \cdot \sin(n \cdot L) + C_4 \cdot \cos(n \cdot L) = 0 \quad (3.15)$$

$$M(L)/EI = 0 \Rightarrow -C_3 \cdot n^2 \sin(n \cdot L) - C_4 \cdot n^2 \cos(n \cdot L) = 0 \quad (3.16)$$

$$v(0) = C_1 + C_4 = 0$$

$$\frac{M(0)}{EI} = -C_4 \cdot n^2 = 0$$

$$v(L) = C_1 + C_2 \cdot L + C_3 \cdot \sin(n \cdot L) + C_4 \cdot \cos(n \cdot L) = 0$$

$$M(L)/EI = -C_3 \cdot n^2 \sin(n \cdot L) - C_4 \cdot n^2 \cos(n \cdot L) = 0$$

Il y a deux solutions possibles

Solution 1

– La solution triviale $C_1 = C_2 = C_3 = C_4 = 0$

– Cette solution ne permet pas d'obtenir P_{cr}

Solution 2

Les éq .a) et b) $\Rightarrow C_4 = C_1 = 0$

l'éq. d) $\Rightarrow C_3 \sin(n \cdot L) = 0$ car $n = \sqrt{\frac{P}{EI}} \neq 0$

L'éq. c) $\Rightarrow C_2 = 0$

– À $P = P_{cr}$, le système est en état d'équilibre neutre et la flèche a une valeur quelconque

– La valeur de C

est donc arbitraire, mais non -nulle.

$C_1 = C_2 = C_4 = 0$ et $C_3 \neq 0$

$$C_1 = 0 ; C_2 = 0 ; C_3 = \sin(n \cdot L) = 0 ; C_4 = 0$$

➤ Puisque $C_3 \neq 0$, $\Rightarrow \sin(n \cdot L) = 0$, ou $n \cdot L = \pi, 2\pi, 3\pi, \dots, N\pi$

➤ D'où :

$$n = \sqrt{\frac{P}{EI}} = \frac{N\pi}{L} \Rightarrow P_{cr} = \frac{(N\pi)^2 EI}{L^2} \quad (3.17)$$

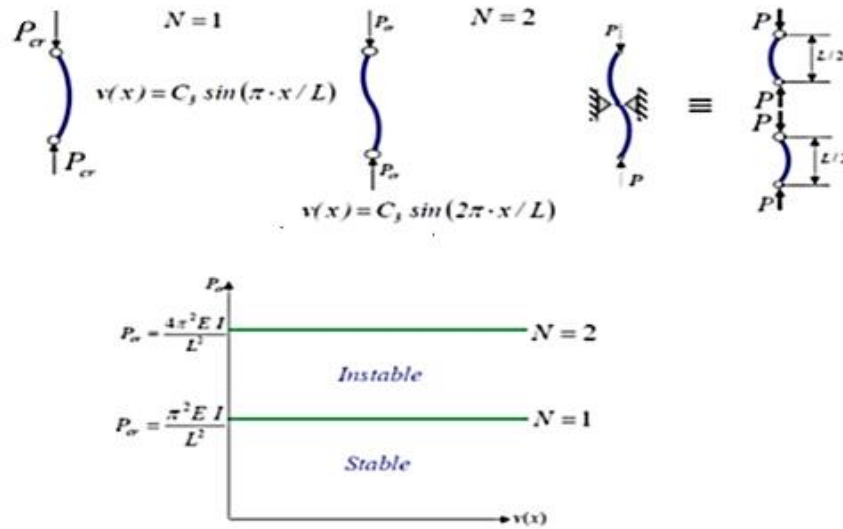


Figure 3.3 Interprétation physique des solutions

$$v(x) = C_1 + C_2 x + C_3 \sin(n \cdot x) + C_4 \cos(n \cdot x)$$

$$\varphi(x) = C_2 + C_3 \cdot n \cdot \cos(n \cdot x) - C_4 \cdot n \cdot \sin(n \cdot x)$$

$$\frac{M(x)}{EI} = -C_3 \cdot n^2 \cdot \sin(n \cdot x) - C_4 \cdot n^2 \cdot \cos(n \cdot x)$$

$$\frac{V(x)}{EI} = -C_2 \cdot n^2, \quad n = \sqrt{\frac{P}{EI}}$$

$$\begin{pmatrix} v(0) \\ M(0)/EI \\ v(L) \\ M(L)/EI \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} 0 \\ 0 \\ 0 \\ 0 \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} 1 & 0 & 0 & 1 \\ 0 & 0 & 0 & -n^2 \\ 1 & L & \sin(nL) & \cos(nL) \\ 0 & 0 & -n^2 \sin(nL) & -n^2 \cos(nL) \end{pmatrix} \begin{pmatrix} C_1 \\ C_2 \\ C_3 \\ C_4 \end{pmatrix} \quad (3.18)$$

$$|A| = 0 = -n^2 \begin{vmatrix} 1 & 0 & 0 \\ 1 & L & \sin(nL) \\ 0 & 0 & -n^2 \sin(nL) \end{vmatrix} = -n^2 \begin{vmatrix} L & \sin(nL) \\ 0 & -n^2 \sin(nL) \end{vmatrix}$$

(3.16)

$$-n^2 \cdot L \cdot (-n^2) \sin(nL) = n^4 L \cdot \sin(nL) = 0 \Rightarrow \sin(nL) = 0$$

$$nL = \pi, 2\pi, \dots, N\pi$$

$$n^2 = \left(\frac{\pi}{L}\right)^2 = \frac{P_{cr}}{EI} \Rightarrow P_{cr} = \frac{\pi^2 EI}{L^2} \quad [15] \quad (3.19)$$

4. Colonne encastree-rotule, deplacement lateral bloque

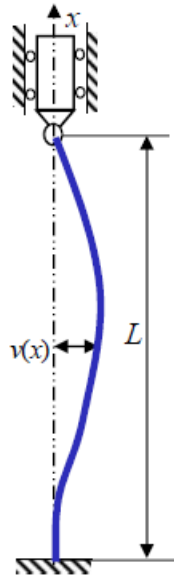


Figure 3.4 Colonne encastree-rotule

Conditions limites

À $x = 0$:

$$v(0) = 0 \Rightarrow C_1 + C_4 = 0$$

$$\phi(0) = 0 \Rightarrow C_2 + C_3n = 0$$

À $x = L$:

$$v(L) = 0 \Rightarrow C_1 + C_2L + C_3\sin(nL) + C_4\cos(nL) = 0$$

$$M(L)/EI = 0 \Rightarrow C_3n^2\sin(nL) + C_4n^2\cos(nL) = 0$$

$$v(0) = 0 \Rightarrow C_1 + C_4 = 0$$

$$\phi(0) = 0 \Rightarrow C_2 + C_3n = 0$$

$$v(L) = 0 \Rightarrow C_1 + C_2L + C_3\sin(nL) + C_4\cos(nL) = 0$$

$$M(L)/EI = 0 \Rightarrow C_3n^2\sin(nL) + C_4n^2\cos(nL) = 0$$

$$/ n = \sqrt{\frac{P}{EI}}$$

$$\begin{pmatrix} 1 & 0 & 0 & 1 \\ 0 & 1 & n & 0 \\ 1 & L & \sin(nL) & \cos(nL) \\ 0 & 0 & n^2\sin(nL) & n^2\cos(nL) \end{pmatrix} \begin{pmatrix} C_1 \\ C_2 \\ C_3 \\ C_4 \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} 0 \\ 0 \\ 0 \\ 0 \end{pmatrix} \quad (3.20)$$

Solution triviale :

$$C_1 = C_2 = C_3 = C_4 = 0 \Rightarrow v(x) = 0$$

Autre solution :

$$\det = 0 = n^3 L \cos(nL) - n^2 \sin(nL) \Rightarrow \operatorname{tg}(nL) = nL$$

Ceci est ce que l'on appelle une équation *transcendante*.

Les méthodes de solution d'une telle équation sont la méthode *graphique* ou la méthode *itérative*

$$\left. \begin{aligned} nL &= 1,43\pi \\ n &= \sqrt{\frac{P}{EI}} \end{aligned} \right\} \Rightarrow (1,43\pi)^2 = L^2 \left(\frac{P_{cr}}{EI} \right) \quad (3.21)$$

$$\text{D'où : } P_{cr} = \frac{\pi^2 EI}{(0,7L)^2} \quad [15]$$

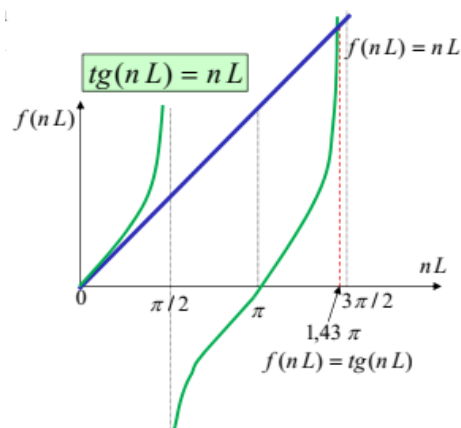


Figure 3.5 la méthode graphique ou la méthode itérative de solution

CHAPITRE IV : ÉTUDE NUMÉRIQUE DE FLAMBAGE

1 Introduction :

SOLIDWORKS Simulation est un programme d'analyse par éléments finis (FEA) intégré à l'interface familière de CAO de SOLIDWORKS. La simulation fournit aux concepteurs et aux ingénieurs les outils dont ils ont besoin pour tester rapidement leurs conceptions et les itérer intelligemment. En utilisant des solveurs FEA validés par NAFEMS, SOLIDWORKS Simulation peut fournir des résultats précis et fiables pour un large éventail de types d'études, de l'analyse statique linéaire de base à l'analyse non linéaire et dynamique plus complexe. Accélérez la phase d'itération et de prototypage de votre processus de conception avec SOLIDWORKS Simulation. [15]

Pour effectuer une simulation, vous devez suivre les étapes

Étape 1 : Définissez votre étude. Statique, Thermique, Fréquence, etc.

Étape 2 : Attribuez vos matériaux

Étape 3 : Appliquer les conditions aux limites (diagramme de corps libre)

Étape 4 : mailler le modèle

Étape 5 : exécuter l'analyse (résoudre)

Étape 6 : Afficher les résultats

2 Les étapes de simulation

- Click sur SolidWorks simulation (Figure 4.1)

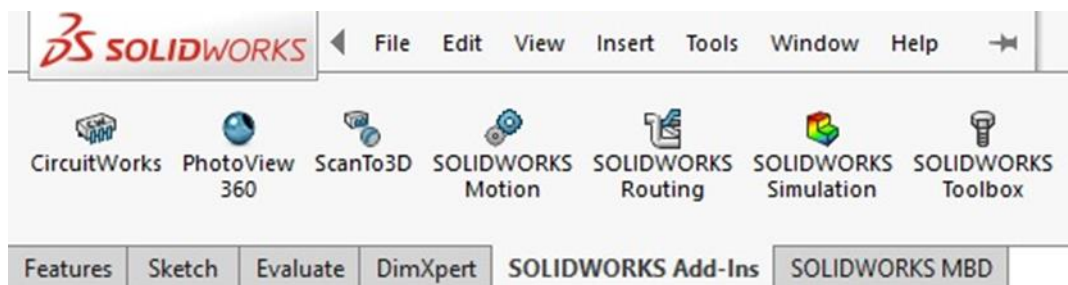


Figure 4.1

- Click sur study advisor (figure4.2)

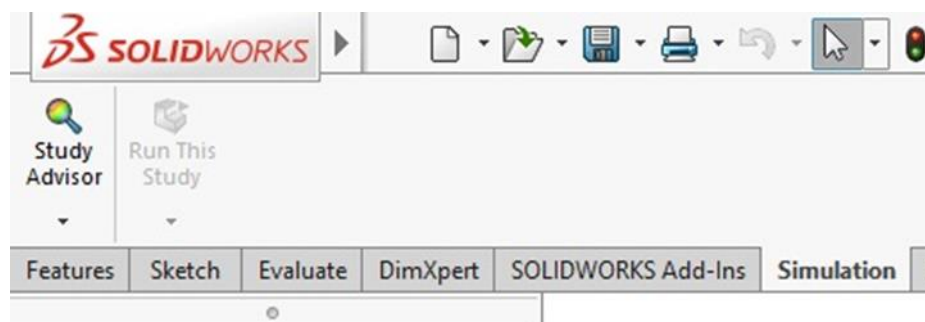


figure4.2

- Click sur new study (figure4.3)

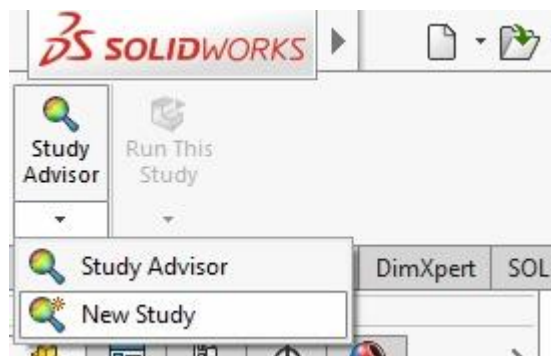


Figure4.3

- Choisir buckling et Valide le choix (figure4.4)

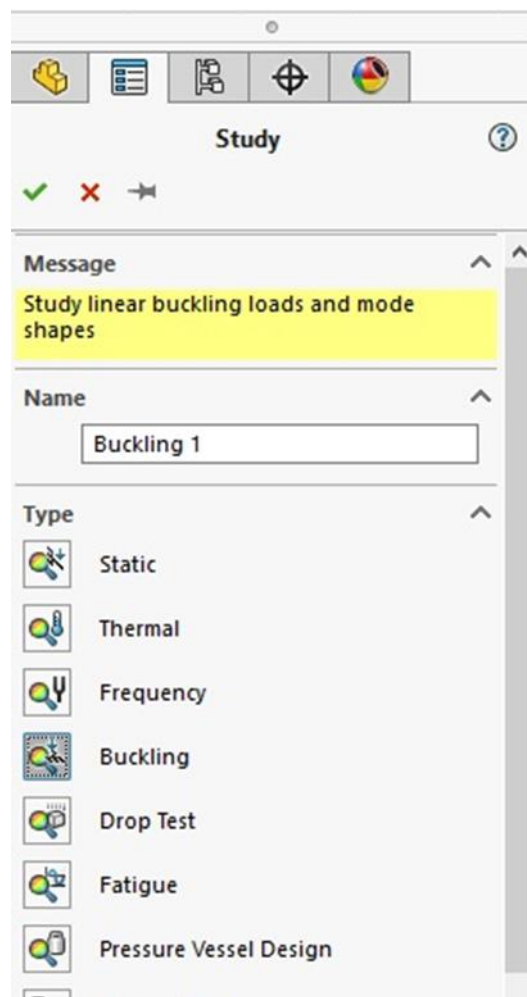


Figure4.4

- Faites un clic droit sur fixtures et Choisir fixed geometry (figure4.5) et (figure4.6)

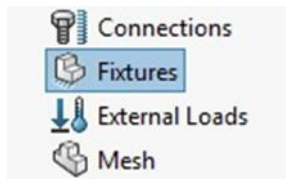


Figure4.5

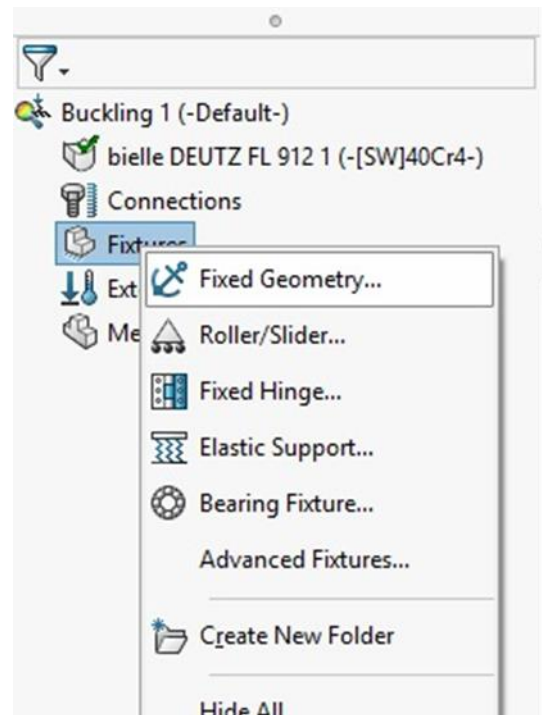


Figure4.6

- Sélectionne la surface fixe et valide (figure4.7) et (figure4.8)

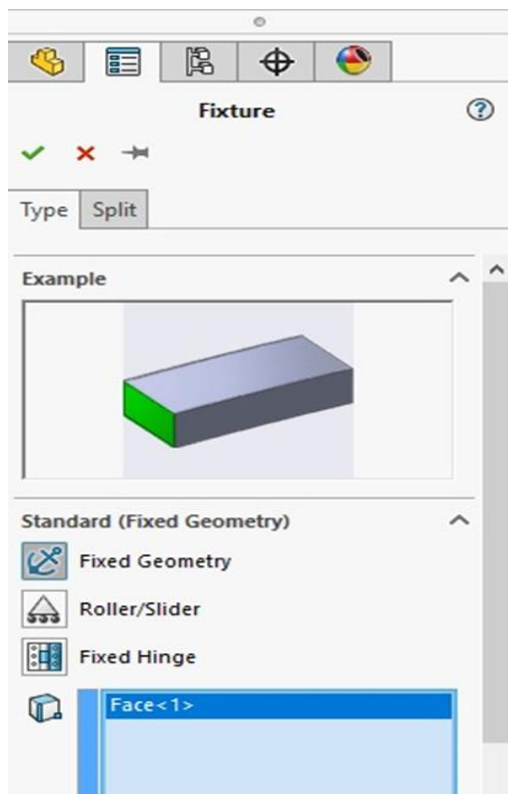


Figure4.7

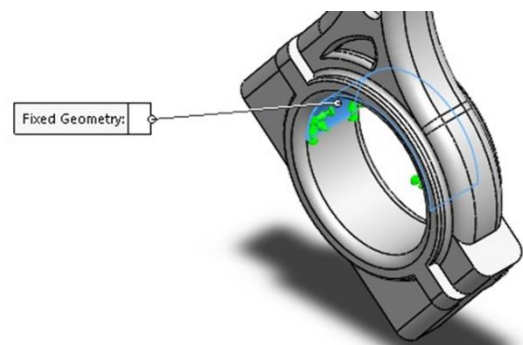
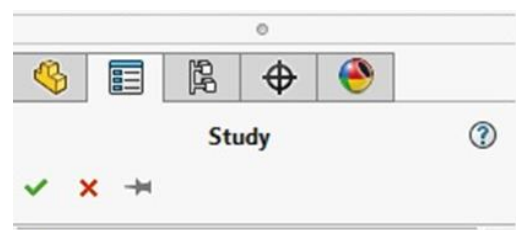


Figure4.8



- Faites un clic droit sur external loads et Choisissez force (figure 4.9) et (4.10)

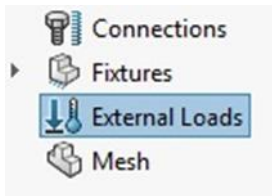


Figure 4.9

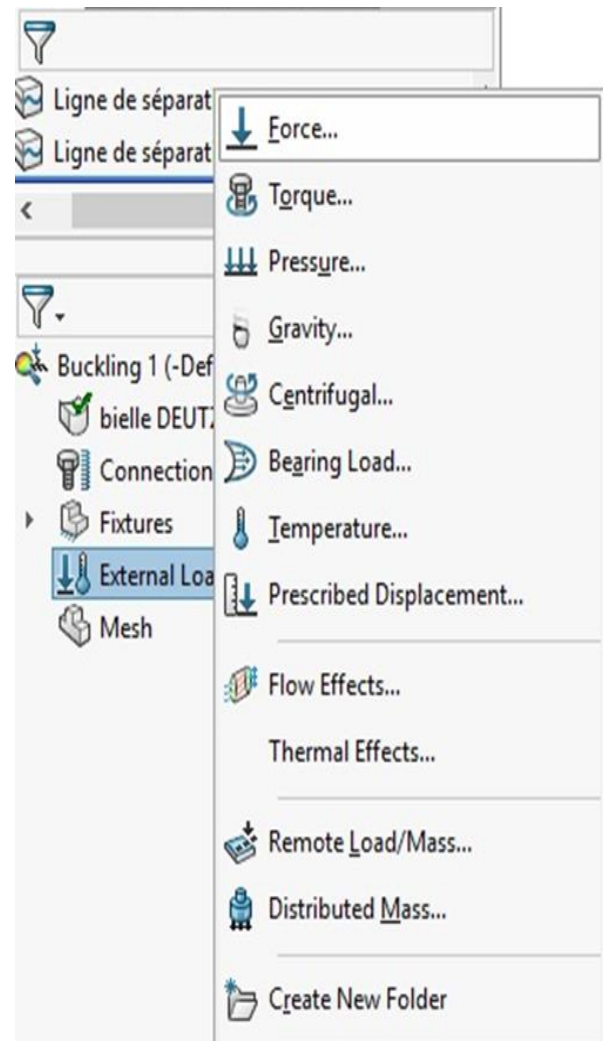


Figure 4.10

Sélectionnez la surface fixe et la direction (figure 4.11)

- Ajoutez la valeur de force et validez (4.12)

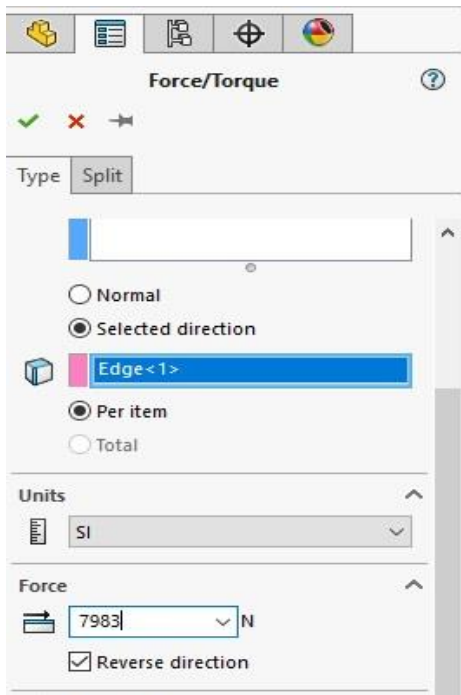


Figure 4.12

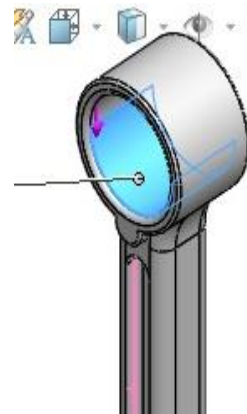


Figure 4.11

- Faites un clic droit sur mesh et Choisir create mesh (4.13) et (4.14)

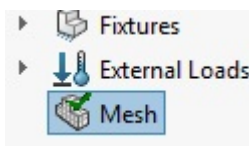


Figure 4.13

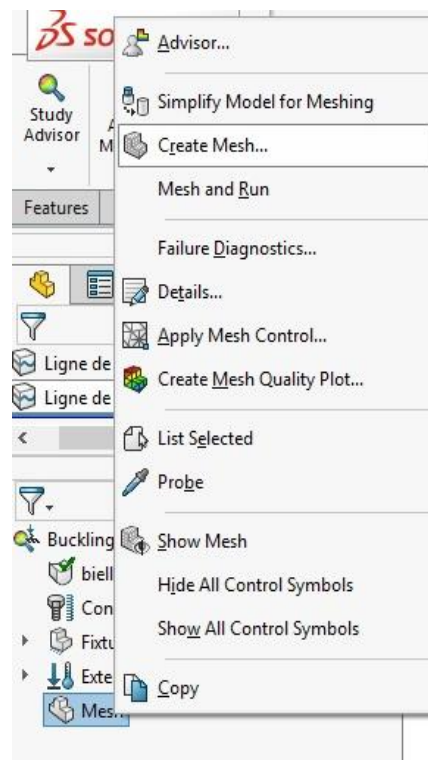


Figure 4.14

- Choisir standard mesh et valide (figure4.15)

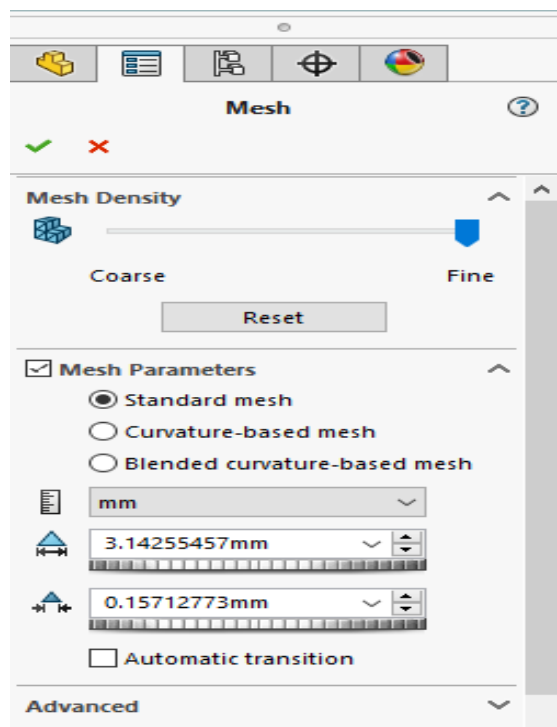


Figure4.15

- Click sur run this study (figure 4.16)

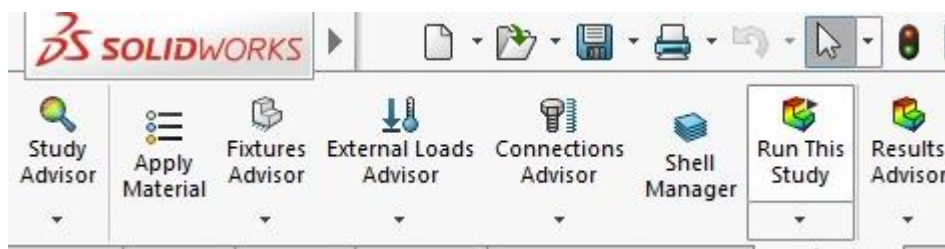


Figure4.16

- A Click sur results advisor (figure 4.17)

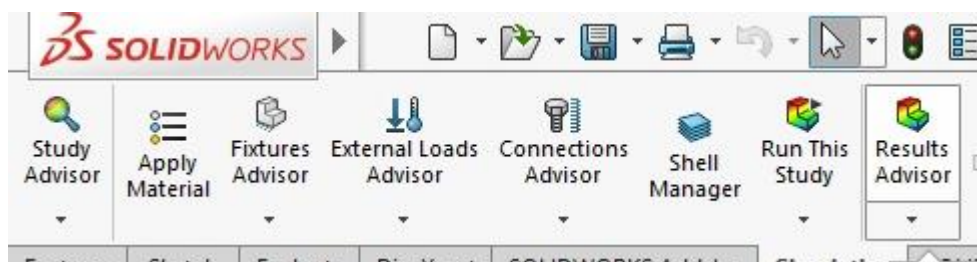


Figure 4.17

3 Simulation de bielle DEUTZ FL 912

Concepteur : SolidWorks

Nom d'étude : Flambage bielle DEUTZ FL 912

Type d'analyse : Flambage

Propriétés de l'étude

Unités

Actions extérieures

Informations sur le maillage

Résultats de l'étude

Liste des modes



Figure 4.17 bielle DEUTZ FL 912

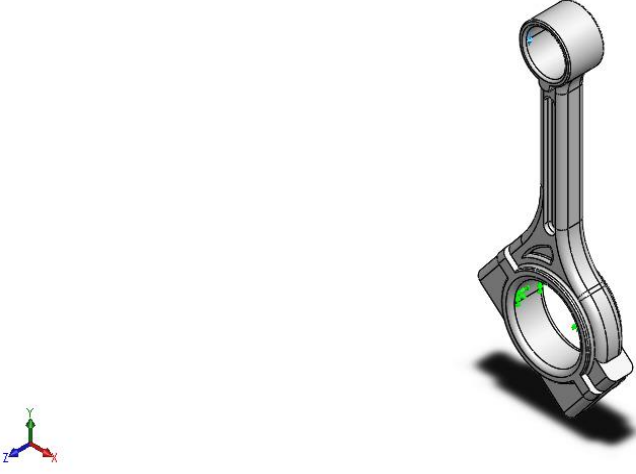

 <p style="text-align: center;">Nom du modèle: bielle DEUTZ FL 912</p>		
Corps volumiques		
Nom du document et référence	Traité comme	Propriétés volumétriques
Ligne de séparation2 	Corps volumique	Masse:1.93499 kg Volume:0.000248075 m³ Masse volumique:7800 kg/m³ Poids:18.9629 N

Tableau 4.1 Caractéristiques de bielle

3.1 Propriétés de l'étude

Nom d'étude	Flambage bielle DEUTZ FL 912
Type d'analyse	Flambage
Type de maillage	Maillage volumique
Nombre de modes	6
Type de solveur	Automatique
Options de contact solidaire incompatible	Automatique
Effets thermiques:	Activé(e)
Option thermique	Inclure des chargements thermiques
Température de déformation nulle	298 Kelvin

Tableau 4.2 Propriétés de l'étude

3.2 Propriétés de matériaux


Référence du modèle	Propriétés	Composants
	<p>Nom: 40Cr4</p> <p>Type de modèle: Linéaire élastique isotropique</p> <p>Critère de ruine par défaut: Inconnu</p> <p>Limite d'élasticité: 1.034e+009 N/m²</p> <p>Limite de traction: 1.158e+009 N/m²</p> <p>Masse volumique: 7800 kg/m³</p> <p>Module d'élasticité: 2e+011 N/m²</p> <p>Coefficient de Poisson: 0.28</p> <p>Coefficient de dilatation thermique: 1.1e-005 /Kelvin</p>	<p>Corps volumique bielle DEUTZ FL 912</p>

Tableau 4.3 Propriétés de matériaux

3.3 Les Unités

Système d'unités:	SI (MKS)
Longueur/Déplacement	mm
Température	Kelvin
Vitesse angulaire	Rad/sec
Pression/Contrainte	N/m ²

Tableau 4.4 Les Unités

3.4 Actions extérieures

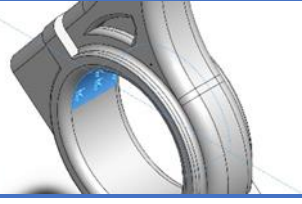
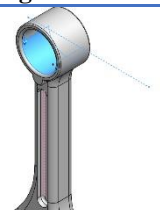
Nom du déplacement imposé	Image du déplacement imposé	Détails du déplacement imposé
Fixe-1		<p>Entités: 1 face(s)</p> <p>Type: Géométrie fixe</p>
Nom du chargement	Image du chargement	Détails du chargement
Force-1		<p>Entités: 1 face(s)</p> <p>Référence: Arête < 1 ></p> <p>Type: Force</p> <p>Valeurs: 22859.8 N</p>

Tableau 4.5 Les actions extérieures

3.5 Informations sur le maillage

Type de maillage	Maillage volumique
Mailleur utilisé:	Maillage standard
Transition automatique:	Désactivé(e)
Boucles automatiques de maillage:	Désactivé(e)
Taille d'élément	3.14255 mm
Tolérance	0.157128 mm
Tracé de qualité du maillage	Haute

Tableau 4.6 Informations sur le maillage

3.6 Informations sur le maillage – Détails

Nombre total de noeuds	101533
Nombre total d'éléments	67117

Model name: bielle DEUTZ FL 912 1
Study name: Flambage 1(-Default)
Mesh type: Solid Mesh

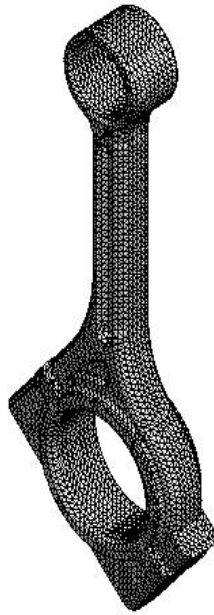
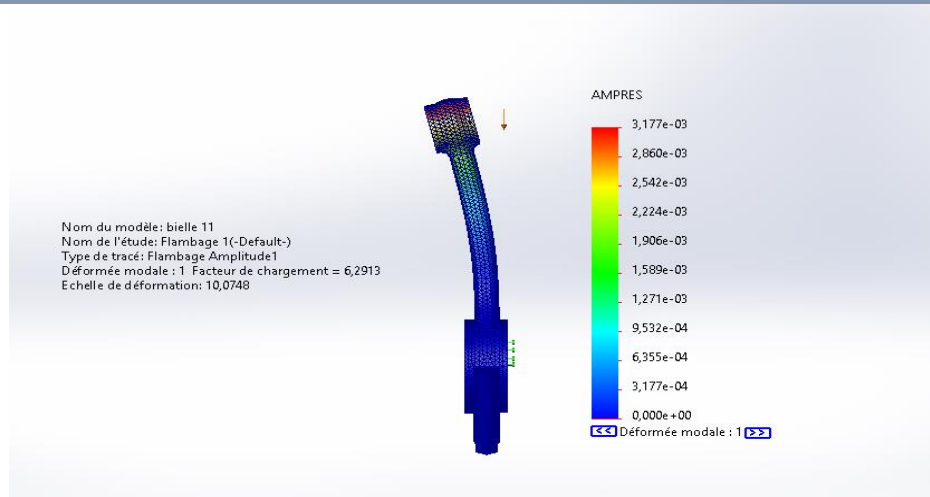


Tableau 4.7 Informations sur le maillage – Détails

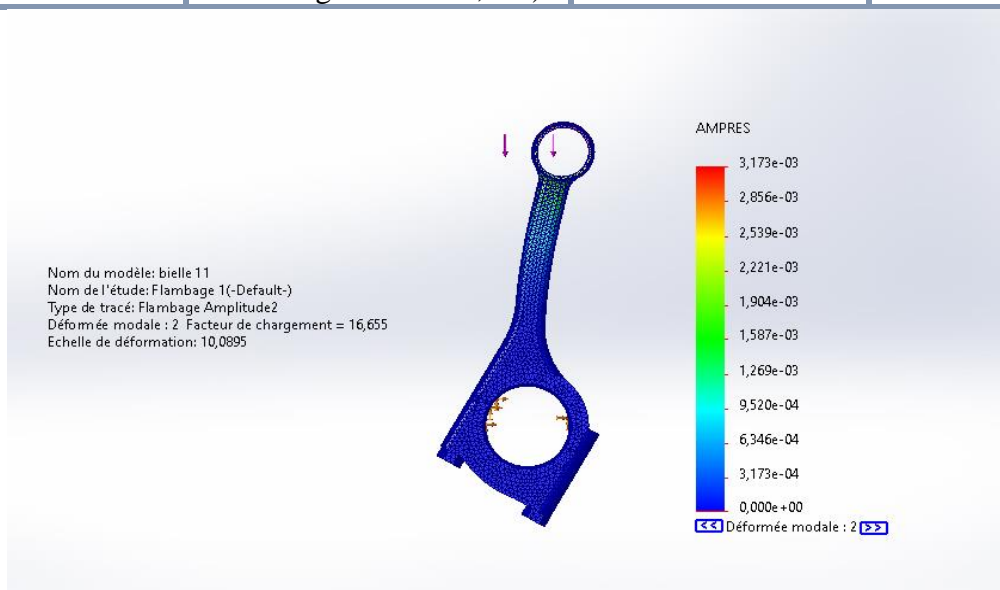
4 Résultats de l'étude

Nom	Type	Min	Max
Amplitude1	AMPRES: amplitude résultante Tracé pour la déformée modale: 1 (Facteur de chargement = 6,2913)	0,000e+00 Noeud: 4	1,681e-03 Noeud: 425

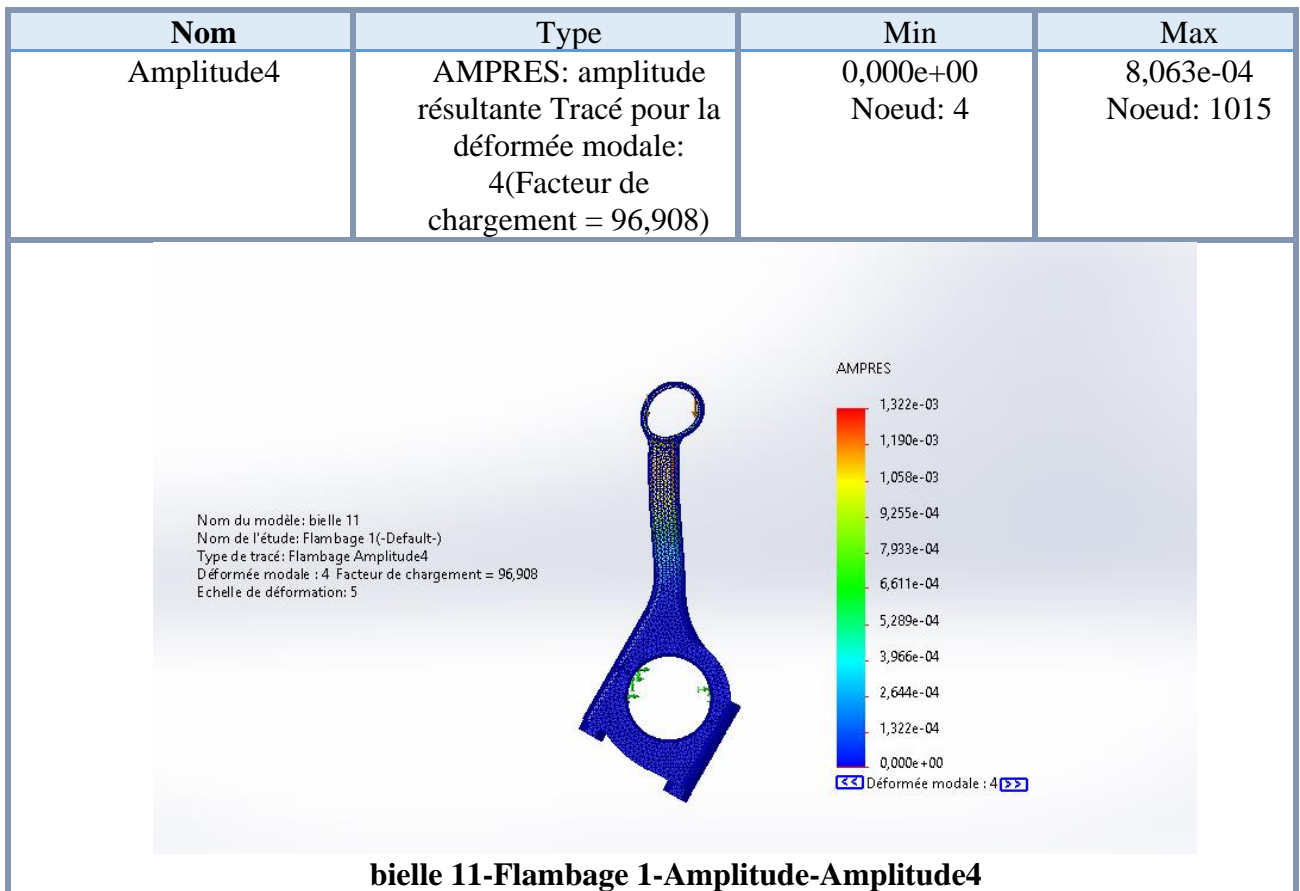
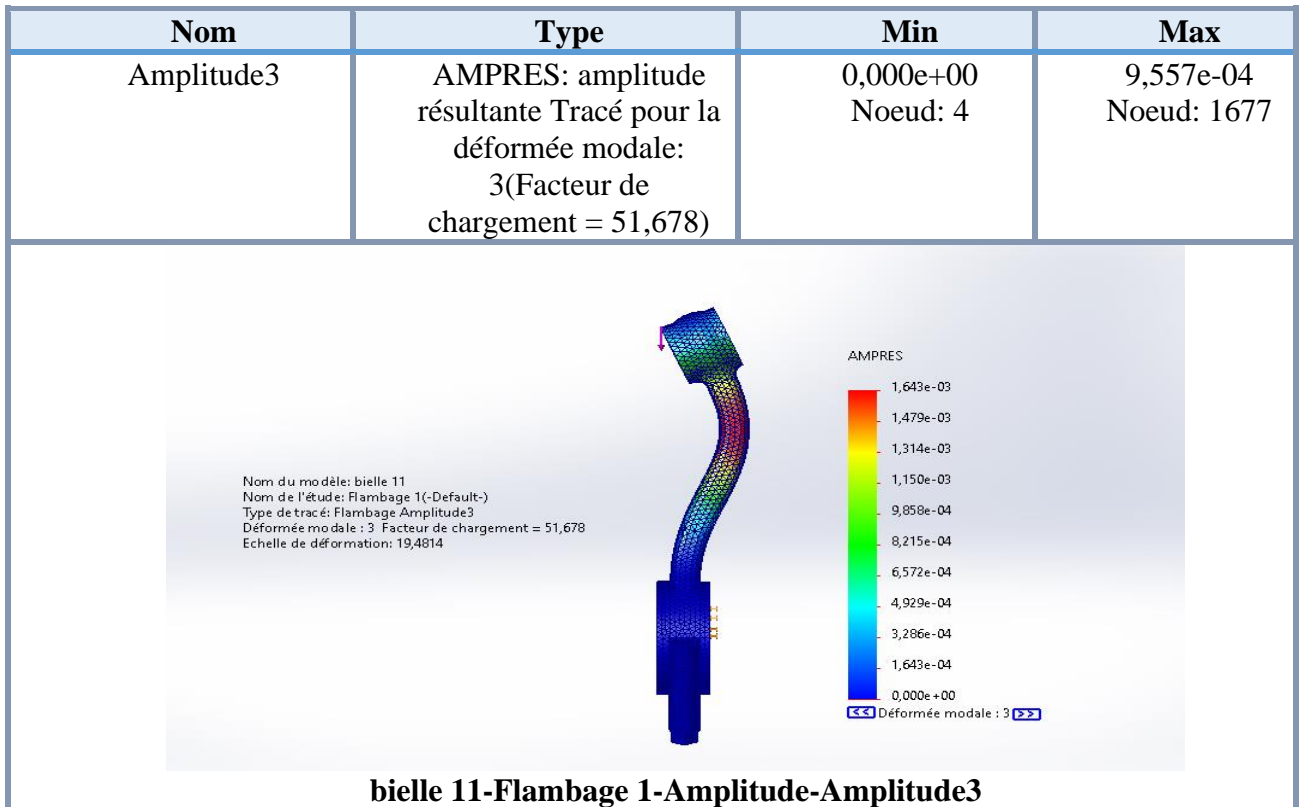


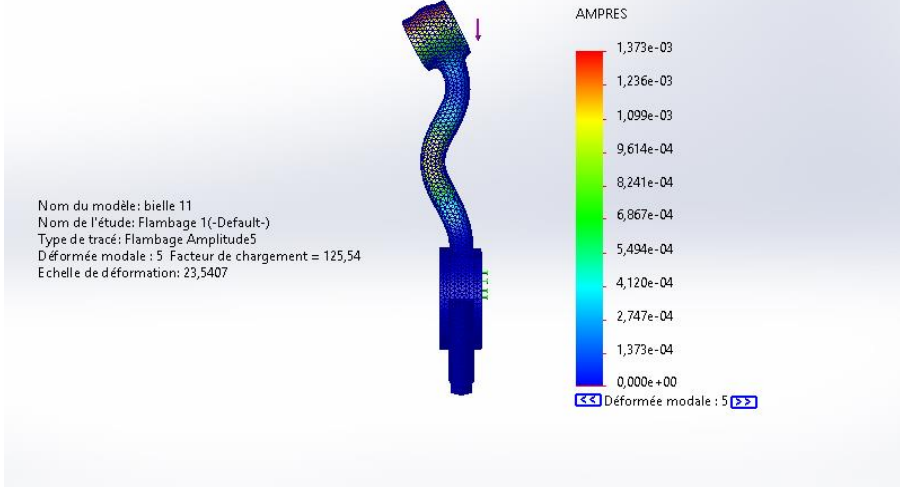
bielle 11-Flambage 1-Amplitude-Amplitude1

Nom	Type	Min	Max
Amplitude2	AMPRES: amplitude résultante Tracé pour la déformée modale: 2 (Facteur de chargement = 16,655)	0,000e+00 Noeud: 4	1,653e-03 Noeud: 608



bielle 11-Flambage 1-Amplitude-Amplitude2



Nom	Type	Min	Max
Amplitude5	AMPRES: amplitude résultante Tracé pour la déformée modale: 5(Facteur de chargement = 125,54)	0,000e+00 Noeud: 4	7,717e-04 Noeud: 964
 <p style="text-align: center;">bielle 11-Flambage 1-Amplitude-Amplitude5</p>			

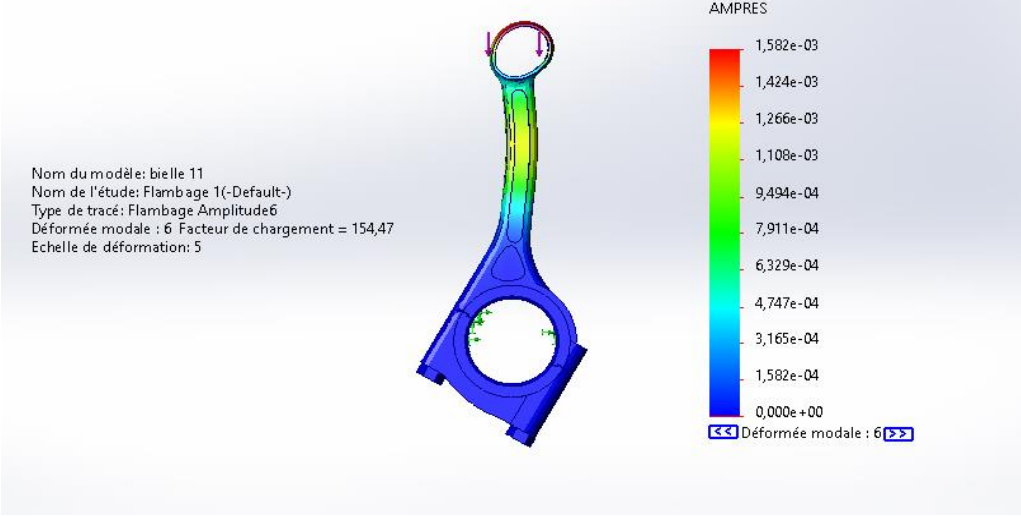
Nom	Type	Min	Max
Amplitude6	AMPRES: amplitude résultante Tracé pour la déformée modale: 6(Facteur de chargement = 154,47)	0,000e+00 Noeud: 4	7,933e-04 Noeud: 1237
 <p style="text-align: center;">bielle 11-Flambage 1-Amplitude-Amplitude6</p>			

Tableau 4.8 Résultats de l'étude

4.1 Liste des modes

Mode No	Facteur de chargement
1	6,2913
2	16,655
3	51,678
4	96,908
5	125,54
6	154,47

Tableau 4.9 Facteur de chargement de chaque mode

Le facteur de chargement de flambage représente le facteur de sécurité contre le flambage ou le rapport entre la charge critique de flambage et la charge appliquée. Le tableau ci-dessus illustre l'interprétation des valeurs possibles du facteur de chargement.

CONCLUSION GÉNÉRALE

Cette étude a été réalisée dans le but de trouver la charge maximale appliquée et la charge critique de flambement dans la bielle du moteur modèle F4L912.

Une étude dynamique et thermique du cycle moteur a été effectuée pour évaluer la force maximale de compression agissante sur la bielle 69599 N

La charge critique de flambement est de 110147,56 N et le facteur de chargement ou de sécurité est égal à 1,6 qui est proche du facteur de chargement du 1er mode donné par la simulation sous SOLIDWORKS.

Ses résultats doivent être confirmés par des essais mécanique de flambage et surtout si on prend en considération l'effet de température.

Étant donné que le travail présenté ne traite que du comportement élastique, pour mieux comprendre les phénomènes de flambement, il pourrait être nécessaire d'étudier comment la plasticité et la précontrainte affectent les facteurs de chargements présentés dans l'étude de simulation.

Références bibliographiques

- [1] **BAPTISTA A.M. MUZEAU J.P. (2002)** "Elastic design of tapered beams-columns subjected to concentrated axial and transversal loads" Proceedings of the 3rd European Conference on Steel Structures, Eurosteel, Coimbra.
- [2] R. Itterbeek Résistance des Matériaux - Flambement
- [3] **Cours de RDM II**, Université Hassiba ben Bouali de Chlef Zamila HARICHANE
- [4] **Jean MOREL**, Calcul des structures métalliques selon l'EUROCODE3, 2^{ème} tirage 1996
- [5] **Mr BENKABA Abdelhak**, Etude de problème du flambement des profiles a inertie variable, 2013.
- [6] **Mechanic material** universite tun hussei omn malaysia
- [7] **BALDISSERA, Paolo, DELPRETE**, Cristiana, et LA PLACA, Giuseppe. Design of engine components with thermoplastic composite material: Wrist Pin.
- [8] **Borra Ramesh Babu**, Design and Buckling Analysis of Two-Wheeler Connecting Rod Using Different Materials, international journal and magazine of engineering, technology, management and research, June 2016.
- [9] **Matteo Conese**, Design of engine components with thermoplastic composite material: Connecting Rod, Master's Degree Thesis, POLITECNICO OF TURIN, 2018
- [10] Etude cinématique et dynamique d'un moteur à combustion interne REALISE PAR BEN ABD ALHFIDH OUSSAMA 2017 AIN-BEIDA ALGERIE
- [11] Catalogs DEUTZ FL 912
- [12] les organes de moteur technologie automobile académie de nancy -metz 2008
- [13] Etudes des cycles thermodynamiques REALISE PAR ABDALLH MONIR UNIV BATNA 2019
- [14] Résistance des matériaux II Instabilité et flambement Préparé par Henri Yelle, ing, Marie Bernard, ing et Daniel Therriault, ing Polytechnique Montréal
- [15] SOLIDWORKS help

L'ANNEXE

α°	x(m)	v(m/s)	$\gamma(\text{m/s}^2)$	volume	pression	F_Σ	fb
0	0	0	6585,912	0,0000589	1,01325	-13896,3	-13896,3
1	1,16785E-05	114,9362	6584,255	5,9032E-05	1,01325	-13892,7	-13892,9
2	4,67083E-05	229,8146	6579,283	5,9428E-05	1,01325	-13882,2	-13882,9
3	0,000105072	344,5773	6571,002	6,0088E-05	1,01325	-13864,7	-13866,2
4	0,000186739	459,1666	6559,417	6,1011E-05	1,01325	-13840,3	-13842,9
5	0,00029167	573,5249	6544,538	6,2197E-05	1,01325	-13808,9	-13813
6	0,000419811	687,5949	6526,376	6,3646E-05	1,01325	-13770,6	-13776,4
7	0,000571098	801,3194	6504,946	6,5356E-05	1,01325	-13725,4	-13733,2
8	0,000745455	914,6415	6480,264	6,7327E-05	1,01325	-13673,3	-13683,5
9	0,000942794	1027,504	6452,349	6,9557E-05	1,01325	-13614,4	-13627,3
10	0,001163017	1139,852	6421,225	7,2047E-05	1,01325	-13548,7	-13564,5
11	0,001406012	1251,629	6386,914	7,4794E-05	1,01325	-13476,3	-13495,3
12	0,001671659	1362,779	6349,444	7,7796E-05	1,01325	-13397,2	-13419,7
13	0,001959825	1473,248	6308,844	8,1054E-05	1,01325	-13311,6	-13337,7
14	0,002270365	1582,981	6265,146	8,4564E-05	1,01325	-13219,4	-13249,3
15	0,002603124	1691,925	6218,384	8,8326E-05	1,01325	-13120,7	-13154,8
16	0,002957938	1800,026	6168,594	9,2337E-05	1,01325	-13015,7	-13054
17	0,003334628	1907,232	6115,814	9,6595E-05	1,01325	-12904,3	-12947,1
18	0,003733008	2013,491	6060,087	0,0001011	1,01325	-12786,7	-12834,1
19	0,004152881	2118,752	6001,454	0,00010584	1,01325	-12663	-12715,1
20	0,004594037	2222,965	5939,962	0,00011083	1,01325	-12533,2	-12590,2
21	0,00505626	2326,08	5875,658	0,00011606	1,01325	-12397,6	-12459,4
22	0,005539322	2428,048	5808,591	0,00012152	1,01325	-12256	-12322,9
23	0,006042983	2528,822	5738,813	0,00012721	1,01325	-12108,8	-12180,7
24	0,006566998	2628,355	5666,378	0,00013313	1,01325	-11956	-12032,9
25	0,007111108	2726,601	5591,34	0,00013928	1,01325	-11797,6	-11879,6
26	0,007675049	2823,515	5513,758	0,00014566	1,01325	-11634	-11721
27	0,008258544	2919,053	5433,691	0,00015225	1,01325	-11465	-11557,1
28	0,00886131	3013,172	5351,199	0,00015907	1,01325	-11291	-11387,9
29	0,009483054	3105,831	5266,345	0,0001661	1,01325	-11111,9	-11213,8
30	0,010123476	3196,989	5179,193	0,00017334	1,01325	-10928	-11034,6
31	0,010782266	3286,606	5089,809	0,00018078	1,01325	-10739,4	-10850,6
32	0,011459107	3374,644	4998,26	0,00018843	1,01325	-10546,3	-10661,9
33	0,012153674	3461,066	4904,615	0,00019629	1,01325	-10348,7	-10468,7
34	0,012865636	3545,836	4808,944	0,00020433	1,01325	-10146,8	-10270,9
35	0,013594653	3628,919	4711,317	0,00021257	1,01325	-9940,8	-10068,8
36	0,014340379	3710,281	4611,807	0,000221	1,01325	-9730,83	-9862,5
37	0,015102462	3789,891	4510,488	0,00022962	1,01325	-9517,05	-9652,14
38	0,01588054	3867,717	4407,434	0,00023841	1,01325	-9299,61	-9437,84
39	0,016674251	3943,729	4302,721	0,00024739	1,01325	-9078,66	-9219,76
40	0,017483221	4017,901	4196,425	0,00025653	1,01325	-8854,38	-8998,04

41	0,018307073	4090,203	4088,624	0,00026584	1,01325	-8626,92	-8772,83
42	0,019145427	4160,612	3979,394	0,00027532	1,01325	-8396,45	-8544,27
43	0,019997893	4229,103	3868,816	0,00028496	1,01325	-8163,13	-8312,53
44	0,020864081	4295,652	3756,968	0,00029475	1,01325	-7927,13	-8077,75
45	0,021743593	4360,239	3643,931	0,00030469	1,01325	-7688,62	-7840,09
46	0,022636029	4422,843	3529,783	0,00031478	1,01325	-7447,76	-7599,72
47	0,023540983	4483,445	3414,605	0,00032501	1,01325	-7204,74	-7356,8
48	0,024458047	4542,029	3298,479	0,00033537	1,01325	-6959,71	-7111,48
49	0,02538681	4598,579	3181,485	0,00034587	1,01325	-6712,86	-6863,93
50	0,026326856	4653,08	3063,704	0,0003565	1,01325	-6464,34	-6614,32
51	0,027277768	4705,518	2945,217	0,00036725	1,01325	-6214,33	-6362,83
52	0,028239126	4755,883	2826,105	0,00037812	1,01325	-5963	-6109,6
53	0,029210506	4804,165	2706,448	0,0003891	1,01325	-5710,53	-5854,83
54	0,030191486	4850,354	2586,329	0,00040018	1,01325	-5457,08	-5598,68
55	0,031181638	4894,442	2465,826	0,00041138	1,01325	-5202,82	-5341,31
56	0,032180535	4936,425	2345,019	0,00042267	1,01325	-4947,91	-5082,91
57	0,03318775	4976,298	2223,989	0,00043405	1,01325	-4692,54	-4823,64
58	0,034202852	5014,056	2102,813	0,00044553	1,01325	-4436,86	-4563,69
59	0,035225412	5049,699	1981,571	0,00045709	1,01325	-4181,04	-4303,21
60	0,036255	5083,226	1860,34	0,00046873	1,01325	-3925,24	-4042,4
61	0,037291186	5114,638	1739,197	0,00048044	1,01325	-3669,63	-3781,41
62	0,038333541	5143,937	1618,217	0,00049222	1,01325	-3414,36	-3520,41
63	0,039381635	5171,126	1497,477	0,00050407	1,01325	-3159,6	-3259,6
64	0,04043504	5196,21	1377,05	0,00051598	1,01325	-2905,5	-2999,12
65	0,041493329	5219,196	1257,009	0,00052794	1,01325	-2652,21	-2739,15
66	0,042556076	5240,091	1137,427	0,00053995	1,01325	-2399,89	-2479,87
67	0,043622858	5258,903	1018,374	0,00055201	1,01325	-2148,69	-2221,43
68	0,044693251	5275,642	899,9207	0,00056411	1,01325	-1898,76	-1964
69	0,045766837	5290,32	782,1347	0,00057625	1,01325	-1650,23	-1707,74
70	0,046843197	5302,948	665,0833	0,00058842	1,01325	-1403,25	-1452,82
71	0,047921916	5313,54	548,832	0,00060061	1,01325	-1157,96	-1199,39
72	0,049002581	5322,111	433,4451	0,00061283	1,01325	-914,493	-947,614
73	0,050084784	5328,676	318,9852	0,00062506	1,01325	-672,983	-697,637
74	0,051168119	5333,252	205,5134	0,0006373	1,01325	-433,557	-449,611
75	0,052252183	5335,856	93,08905	0,00064956	1,01325	-196,342	-203,686
76	0,053336578	5336,507	-18,23	0,00066182	1,01325	38,5409	39,99597
77	0,054420908	5335,226	-128,388	0,00067407	1,01325	270,9735	281,2932
78	0,055504783	5332,033	-237,33	0,00068633	1,01325	500,8411	520,0689
79	0,056587817	5326,949	-345,003	0,00069857	1,01325	728,0329	756,1897
80	0,057669628	5319,998	-451,358	0,0007108	1,01325	952,442	989,5263
81	0,058749838	5311,202	-556,346	0,00072301	1,01325	1173,966	1219,953
82	0,059828075	5300,586	-659,919	0,0007352	1,01325	1392,505	1447,35
83	0,060903973	5288,175	-762,033	0,00074736	1,01325	1607,964	1671,599
84	0,061977168	5273,995	-862,644	0,00075949	1,01325	1820,255	1892,589
85	0,063047304	5258,072	-961,712	0,00077159	1,01325	2029,288	2110,212
86	0,064114029	5240,434	-1059,2	0,00078364	1,01325	2234,984	2324,365

87	0,065176999	5221,108	-1155,07	0,00079566	1,01325	2437,264	2534,951
88	0,066235872	5200,124	-1249,28	0,00080763	1,01325	2636,054	2741,877
89	0,067290315	5177,51	-1341,81	0,00081955	1,01325	2831,286	2945,055
90	0,06834	5153,296	-1432,62	0,00083142	1,01325	3022,896	3144,402
91	0,069384604	5127,512	-1521,68	0,00084322	1,01325	3210,822	3339,841
92	0,070423812	5100,19	-1608,97	0,00085497	1,01325	3395,01	3531,301
93	0,071457314	5071,359	-1694,47	0,00086665	1,01325	3575,409	3718,714
94	0,072484806	5041,052	-1778,15	0,00087827	1,01325	3751,972	3902,02
95	0,073505993	5009,301	-1859,99	0,00088981	1,01325	3924,656	4081,163
96	0,074520583	4976,137	-1939,98	0,00090128	1,01325	4093,425	4256,092
97	0,075528294	4941,593	-2018,09	0,00091267	1,01325	4258,246	4426,764
98	0,076528847	4905,703	-2094,32	0,00092398	1,01325	4419,089	4593,14
99	0,077521974	4868,499	-2168,65	0,00093521	1,01325	4575,932	4755,185
100	0,078507409	4830,014	-2241,08	0,00094635	1,01325	4728,753	4912,872
101	0,079484896	4790,282	-2311,59	0,0009574	1,01325	4877,539	5066,178
102	0,080454186	4749,335	-2380,19	0,00096835	1,01325	5022,278	5215,088
103	0,081415034	4707,209	-2446,87	0,00097922	1,01325	5162,964	5359,589
104	0,082367205	4663,935	-2511,62	0,00098998	1,01325	5299,594	5499,675
105	0,083310469	4619,548	-2574,45	0,00100064	1,01325	5432,172	5635,346
106	0,084244602	4574,081	-2635,37	0,0010112	1,01325	5560,703	5766,606
107	0,085169389	4527,567	-2694,37	0,00102165	1,01325	5685,198	5893,466
108	0,086084621	4480,04	-2751,47	0,001032	1,01325	5805,671	6015,94
109	0,086990094	4431,534	-2806,67	0,00104224	1,01325	5922,141	6134,049
110	0,087885614	4382,08	-2859,98	0,00105236	1,01325	6034,631	6247,817
111	0,088770991	4331,713	-2911,42	0,00106237	1,01325	6143,167	6357,275
112	0,089646043	4280,463	-2961	0,00107226	1,01325	6247,779	6462,457
113	0,090510593	4228,365	-3008,73	0,00108203	1,01325	6348,501	6563,403
114	0,091364473	4175,449	-3054,64	0,00109168	1,01325	6445,37	6660,155
115	0,09220752	4121,748	-3098,74	0,00110121	1,01325	6538,428	6752,763
116	0,093039577	4067,293	-3141,06	0,00111062	1,01325	6627,719	6841,277
117	0,093860494	4012,115	-3181,62	0,0011199	1,01325	6713,29	6925,756
118	0,094670128	3956,244	-3220,43	0,00112905	1,01325	6795,193	7006,258
119	0,095468341	3899,71	-3257,54	0,00113807	1,01325	6873,482	7082,848
120	0,096255	3842,544	-3292,96	0,00114697	1,01325	6948,214	7155,593
121	0,097029981	3784,774	-3326,72	0,00115573	1,01325	7019,448	7224,565
122	0,097793164	3726,429	-3358,85	0,00116435	1,01325	7087,247	7289,837
123	0,098544434	3667,538	-3389,38	0,00117285	1,01325	7151,676	7351,486
124	0,099283684	3608,127	-3418,35	0,0011812	1,01325	7212,803	7409,593
125	0,10001081	3548,223	-3445,79	0,00118942	1,01325	7270,699	7464,241
126	0,100725716	3487,855	-3471,73	0,0011975	1,01325	7325,436	7515,514
127	0,101428309	3427,046	-3496,21	0,00120545	1,01325	7377,087	7563,502
128	0,102118503	3365,822	-3519,27	0,00121325	1,01325	7425,73	7608,292
129	0,102796215	3304,208	-3540,93	0,00122091	1,01325	7471,443	7649,979
130	0,103461369	3242,228	-3561,25	0,00122843	1,01325	7514,306	7688,654
131	0,104113894	3179,905	-3580,25	0,0012358	1,01325	7554,4	7724,414
132	0,10475372	3117,261	-3597,98	0,00124304	1,01325	7591,809	7757,355

133	0,105380786	3054,319	-3614,47	0,00125012	1,01325	7626,616	7787,576
134	0,105995033	2991,099	-3629,78	0,00125707	1,01325	7658,908	7815,175
135	0,106596407	2927,622	-3643,93	0,00126387	1,01325	7688,77	7840,252
136	0,107184857	2863,908	-3656,97	0,00127052	1,01325	7716,291	7862,908
137	0,107760338	2799,976	-3668,95	0,00127702	1,01325	7741,557	7883,244
138	0,108322806	2735,844	-3679,9	0,00128338	1,01325	7764,658	7901,362
139	0,108872223	2671,529	-3689,86	0,00128959	1,01325	7785,682	7917,364
140	0,109408554	2607,049	-3698,88	0,00129565	1,01325	7804,719	7931,351
141	0,109931766	2542,419	-3707,01	0,00130157	1,01325	7821,859	7943,425
142	0,110441831	2477,655	-3714,27	0,00130733	1,01325	7837,19	7953,686
143	0,110938723	2412,771	-3720,72	0,00131295	1,01325	7850,802	7962,237
144	0,111422419	2347,782	-3726,4	0,00131842	1,01325	7862,784	7969,176
145	0,111892899	2282,7	-3731,35	0,00132374	1,01325	7873,225	7974,604
146	0,112350145	2217,537	-3735,61	0,00132891	1,01325	7882,211	7978,619
147	0,112794142	2152,306	-3739,22	0,00133392	1,01325	7889,832	7981,317
148	0,113224878	2087,017	-3742,23	0,00133879	1,01325	7896,173	7982,796
149	0,113642342	2021,681	-3744,66	0,00134351	1,01325	7901,319	7983,149
150	0,114046524	1956,307	-3746,58	0,00134808	1,01325	7905,355	7982,47
151	0,114437419	1890,904	-3748	0,0013525	1,01325	7908,365	7980,85
152	0,114815021	1825,48	-3748,98	0,00135677	1,01325	7910,429	7978,379
153	0,115179327	1760,042	-3749,55	0,00136089	1,01325	7911,628	7975,145
154	0,115530334	1694,598	-3749,75	0,00136485	1,01325	7912,04	7971,233
155	0,115868043	1629,153	-3749,6	0,00136867	1,01325	7911,743	7966,727
156	0,116192453	1563,714	-3749,16	0,00137234	1,01325	7910,811	7961,708
157	0,116503566	1498,284	-3748,46	0,00137586	1,01325	7909,318	7956,256
158	0,116801384	1432,869	-3747,51	0,00137922	1,01325	7907,335	7950,447
159	0,117085912	1367,472	-3746,37	0,00138244	1,01325	7904,929	7944,355
160	0,117357152	1302,097	-3745,07	0,00138551	1,01325	7902,168	7938,05
161	0,11761511	1236,746	-3743,62	0,00138842	1,01325	7899,116	7931,603
162	0,11785979	1171,421	-3742,06	0,00139119	1,01325	7895,835	7925,078
163	0,118091199	1106,124	-3740,43	0,0013938	1,01325	7892,383	7918,539
164	0,118309341	1040,855	-3738,74	0,00139627	1,01325	7888,817	7912,045
165	0,118514224	975,6171	-3737,02	0,00139858	1,01325	7885,19	7905,654
166	0,118705852	910,4088	-3735,3	0,00140075	1,01325	7881,553	7899,418
167	0,118884233	845,2305	-3733,59	0,00140277	1,01325	7877,954	7893,389
168	0,119049371	780,0817	-3731,92	0,00140463	1,01325	7874,438	7887,613
169	0,119201274	714,9615	-3730,32	0,00140635	1,01325	7871,047	7882,136
170	0,119339947	649,8686	-3728,79	0,00140792	1,01325	7867,819	7876,997
171	0,119465395	584,8017	-3727,35	0,00140934	1,01325	7864,79	7872,234
172	0,119577623	519,7589	-3726,03	0,00141061	1,01325	7861,992	7867,881
173	0,119676636	454,7382	-3724,82	0,00141172	1,01325	7859,454	7863,967
174	0,119762438	389,7373	-3723,76	0,00141269	1,01325	7857,203	7860,521
175	0,119835034	324,7537	-3722,83	0,00141352	1,01325	7855,259	7857,566
176	0,119894425	259,7849	-3722,07	0,00141419	1,01325	7853,643	7855,12
177	0,119940616	194,8281	-3721,47	0,00141471	1,01325	7852,37	7853,201
178	0,119973608	129,8803	-3721,03	0,00141508	1,01325	7851,452	7851,822

179	0,119993402	64,93862	-3720,77	0,00141531	1,01325	7850,898	7850,99
180	0,12	4,56E-13	-3720,68	0,00141538	1,01325	7850,713	7850,713
181	0,119993402	-64,9386	-3720,77	0,00141531	0,056121	7850,898	7850,99
182	0,119973608	-129,88	-3721,03	0,00141508	0,056133	7851,452	7851,822
183	0,119940616	-194,828	-3721,47	0,00141471	0,056153	7852,37	7853,202
184	0,119894425	-259,785	-3722,07	0,00141419	0,056181	7853,643	7855,12
185	0,119835034	-324,754	-3722,83	0,00141352	0,056218	7855,259	7857,566
186	0,119762438	-389,737	-3723,76	0,00141269	0,056263	7857,203	7860,521
187	0,119676636	-454,738	-3724,82	0,00141172	0,056316	7859,454	7863,968
188	0,119577623	-519,759	-3726,03	0,00141061	0,056377	7861,992	7867,881
189	0,119465395	-584,802	-3727,35	0,00140934	0,056446	7864,79	7872,234
190	0,119339947	-649,869	-3728,79	0,00140792	0,056524	7867,819	7876,997
191	0,119201274	-714,961	-3730,32	0,00140635	0,056611	7871,047	7882,136
192	0,119049371	-780,082	-3731,92	0,00140463	0,056706	7874,438	7887,613
193	0,118884233	-845,231	-3733,59	0,00140277	0,056809	7877,954	7893,389
194	0,118705852	-910,409	-3735,3	0,00140075	0,056921	7881,553	7899,418
195	0,118514224	-975,617	-3737,02	0,00139858	0,057042	7885,19	7905,654
196	0,118309341	-1040,86	-3738,74	0,00139627	0,057171	7888,817	7912,045
197	0,118091199	-1106,12	-3740,43	0,0013938	0,05731	7892,383	7918,539
198	0,11785979	-1171,42	-3742,06	0,00139119	0,057458	7895,835	7925,078
199	0,11761511	-1236,75	-3743,62	0,00138842	0,057615	7899,117	7931,603
200	0,117357152	-1302,1	-3745,07	0,00138551	0,057781	7902,168	7938,05
201	0,117085912	-1367,47	-3746,37	0,00138244	0,057956	7904,929	7944,355
202	0,116801384	-1432,87	-3747,51	0,00137922	0,058142	7907,335	7950,447
203	0,116503566	-1498,28	-3748,46	0,00137586	0,058337	7909,318	7956,256
204	0,116192453	-1563,71	-3749,16	0,00137234	0,058542	7910,811	7961,708
205	0,115868043	-1629,15	-3749,6	0,00136867	0,058757	7911,743	7966,727
206	0,115530334	-1694,6	-3749,75	0,00136485	0,058982	7912,04	7971,233
207	0,115179327	-1760,04	-3749,55	0,00136089	0,059218	7911,628	7975,145
208	0,114815021	-1825,48	-3748,98	0,00135677	0,059464	7910,429	7978,379
209	0,114437419	-1890,9	-3748	0,0013525	0,059721	7908,365	7980,85
210	0,114046524	-1956,31	-3746,58	0,00134808	0,05999	7905,355	7982,47
211	0,113642342	-2021,68	-3744,66	0,00134351	0,060269	7901,319	7983,149
212	0,113224878	-2087,02	-3742,23	0,00133879	0,06056	7896,173	7982,796
213	0,112794142	-2152,31	-3739,22	0,00133392	0,060863	7889,832	7981,318
214	0,112350145	-2217,54	-3735,61	0,00132891	0,061179	7882,212	7978,619
215	0,111892899	-2282,7	-3731,35	0,00132374	0,061506	7873,225	7974,604
216	0,111422419	-2347,78	-3726,4	0,00131842	0,061846	7862,784	7969,177
217	0,110938723	-2412,77	-3720,72	0,00131295	0,062199	7850,802	7962,237
218	0,110441831	-2477,66	-3714,27	0,00130733	0,062566	7837,19	7953,686
219	0,109931766	-2542,42	-3707,01	0,00130157	0,062946	7821,859	7943,425
220	0,109408554	-2607,05	-3698,88	0,00129565	0,06334	7804,719	7931,351
221	0,108872223	-2671,53	-3689,86	0,00128959	0,063748	7785,682	7917,364
222	0,108322806	-2735,84	-3679,9	0,00128338	0,064171	7764,658	7901,363
223	0,107760338	-2799,98	-3668,95	0,00127702	0,064609	7741,557	7883,244
224	0,107184857	-2863,91	-3656,97	0,00127052	0,065063	7716,291	7862,908

225	0,106596407	-2927,62	-3643,93	0,00126387	0,065532	7688,77	7840,252
226	0,105995033	-2991,1	-3629,78	0,00125707	0,066018	7658,908	7815,175
227	0,105380786	-3054,32	-3614,47	0,00125012	0,066521	7626,616	7787,576
228	0,10475372	-3117,26	-3597,98	0,00124304	0,067042	7591,809	7757,355
229	0,104113894	-3179,9	-3580,25	0,0012358	0,06758	7554,4	7724,414
230	0,103461369	-3242,23	-3561,25	0,00122843	0,068136	7514,306	7688,654
231	0,102796215	-3304,21	-3540,93	0,00122091	0,068712	7471,443	7649,979
232	0,102118503	-3365,82	-3519,27	0,00121325	0,069307	7425,73	7608,292
233	0,101428309	-3427,05	-3496,21	0,00120545	0,069922	7377,087	7563,502
234	0,100725716	-3487,85	-3471,73	0,0011975	0,070558	7325,436	7515,514
235	0,10001081	-3548,22	-3445,79	0,00118942	0,071216	7270,699	7464,241
236	0,099283684	-3608,13	-3418,35	0,0011812	0,071896	7212,804	7409,593
237	0,098544434	-3667,54	-3389,38	0,00117285	0,072598	7151,676	7351,486
238	0,097793164	-3726,43	-3358,85	0,00116435	0,073325	7087,247	7289,837
239	0,097029981	-3784,77	-3326,72	0,00115573	0,074076	7019,448	7224,565
240	0,096255	-3842,54	-3292,96	0,00114697	0,074852	6948,214	7155,594
241	0,095468341	-3899,71	-3257,54	0,00113807	0,075654	6873,482	7082,848
242	0,094670128	-3956,24	-3220,43	0,00112905	0,076484	6795,194	7006,258
243	0,093860494	-4012,11	-3181,62	0,0011199	0,077341	6713,29	6925,756
244	0,093039577	-4067,29	-3141,06	0,00111062	0,078228	6627,719	6841,278
245	0,09220752	-4121,75	-3098,74	0,00110121	0,079145	6538,428	6752,763
246	0,091364473	-4175,45	-3054,64	0,00109168	0,080093	6445,37	6660,155
247	0,090510593	-4228,37	-3008,73	0,00108203	0,081073	6348,501	6563,403
248	0,089646043	-4280,46	-2961	0,00107226	0,082087	6247,779	6462,457
249	0,088770991	-4331,71	-2911,42	0,00106237	0,083136	6143,167	6357,275
250	0,087885614	-4382,08	-2859,98	0,00105236	0,084221	6034,631	6247,818
251	0,086990094	-4431,53	-2806,67	0,00104224	0,085344	5922,141	6134,049
252	0,086084621	-4480,04	-2751,47	0,001032	0,086506	5805,671	6015,94
253	0,085169389	-4527,57	-2694,37	0,00102165	0,087708	5685,198	5893,466
254	0,084244602	-4574,08	-2635,37	0,00101112	0,088953	5560,703	5766,606
255	0,083310469	-4619,55	-2574,45	0,00100064	0,090241	5432,172	5635,346
256	0,082367205	-4663,93	-2511,62	0,00098998	0,091576	5299,594	5499,675
257	0,081415034	-4707,21	-2446,87	0,00097922	0,092957	5162,964	5359,589
258	0,080454186	-4749,34	-2380,19	0,00096835	0,094389	5022,278	5215,088
259	0,079484896	-4790,28	-2311,59	0,0009574	0,095872	4877,539	5066,179
260	0,078507409	-4830,01	-2241,08	0,00094635	0,097409	4728,753	4912,872
261	0,077521974	-4868,5	-2168,65	0,00093521	0,099002	4575,932	4755,185
262	0,076528847	-4905,7	-2094,32	0,00092398	0,100653	4419,089	4593,14
263	0,075528294	-4941,59	-2018,09	0,00091267	0,102366	4258,246	4426,764
264	0,074520583	-4976,14	-1939,98	0,00090128	0,104143	4093,425	4256,092
265	0,073505993	-5009,3	-1859,99	0,00088981	0,105986	3924,656	4081,163
266	0,072484806	-5041,05	-1778,15	0,00087827	0,107899	3751,972	3902,02
267	0,071457314	-5071,36	-1694,47	0,00086665	0,109885	3575,409	3718,714
268	0,070423812	-5100,19	-1608,97	0,00085497	0,111947	3395,01	3531,301
269	0,069384604	-5127,51	-1521,68	0,00084322	0,114089	3210,822	3339,841
270	0,06834	-5153,3	-1432,62	0,00083142	0,116315	3022,896	3144,402

271	0,067290315	-5177,51	-1341,81	0,00081955	0,118628	2831,286	2945,055
272	0,066235872	-5200,12	-1249,28	0,00080763	0,121034	2636,054	2741,877
273	0,065176999	-5221,11	-1155,07	0,00079566	0,123535	2437,264	2534,951
274	0,064114029	-5240,43	-1059,2	0,00078364	0,126137	2234,984	2324,365
275	0,063047304	-5258,07	-961,712	0,00077159	0,128846	2029,288	2110,212
276	0,061977168	-5273,99	-862,644	0,00075949	0,131665	1820,254	1892,589
277	0,060903973	-5288,17	-762,033	0,00074736	0,134602	1607,964	1671,599
278	0,059828075	-5300,59	-659,919	0,0007352	0,137662	1392,505	1447,35
279	0,058749838	-5311,2	-556,346	0,00072301	0,140851	1173,965	1219,953
280	0,057669628	-5320	-451,358	0,0007108	0,144177	952,442	989,5262
281	0,056587817	-5326,95	-345,003	0,00069857	0,147646	728,0329	756,1897
282	0,055504783	-5332,03	-237,33	0,00068633	0,151266	500,8411	520,0689
283	0,054420908	-5335,23	-128,388	0,00067407	0,155045	270,9735	281,2932
284	0,053336578	-5336,51	-18,23	0,00066182	0,158992	38,54085	39,99592
285	0,052252183	-5335,86	93,08905	0,00064956	0,163117	-196,342	-203,686
286	0,051168119	-5333,25	205,5134	0,0006373	0,167429	-433,558	-449,611
287	0,050084784	-5328,68	318,9852	0,00062506	0,17194	-672,983	-697,637
288	0,049002581	-5322,11	433,4451	0,00061283	0,176659	-914,493	-947,615
289	0,047921916	-5313,54	548,832	0,00060061	0,1816	-1157,96	-1199,39
290	0,046843197	-5302,95	665,0833	0,00058842	0,186775	-1403,25	-1452,82
291	0,045766837	-5290,32	782,1347	0,00057625	0,192199	-1650,23	-1707,74
292	0,044693251	-5275,64	899,9207	0,00056411	0,197886	-1898,76	-1964
293	0,043622858	-5258,9	1018,374	0,00055201	0,203853	-2148,69	-2221,43
294	0,042556076	-5240,09	1137,427	0,00053995	0,210116	-2399,89	-2479,87
295	0,041493329	-5219,2	1257,009	0,00052794	0,216693	-2652,21	-2739,15
296	0,04043504	-5196,21	1377,05	0,00051598	0,223606	-2905,5	-2999,12
297	0,039381635	-5171,13	1497,477	0,00050407	0,230874	-3159,6	-3259,6
298	0,038333541	-5143,94	1618,217	0,00049222	0,238521	-3414,36	-3520,41
299	0,037291186	-5114,64	1739,197	0,00048044	0,246571	-3669,63	-3781,41
300	0,036255	-5083,23	1860,34	0,00046873	0,255051	-3925,24	-4042,4
301	0,035225412	-5049,7	1981,571	0,00045709	0,26399	-4181,04	-4303,21
302	0,034202852	-5014,06	2102,813	0,00044553	0,273418	-4436,86	-4563,69
303	0,03318775	-4976,3	2223,989	0,00043405	0,283368	-4692,54	-4823,64
304	0,032180535	-4936,43	2345,019	0,00042267	0,293878	-4947,91	-5082,91
305	0,031181638	-4894,44	2465,826	0,00041138	0,304984	-5202,82	-5341,31
306	0,030191486	-4850,35	2586,329	0,00040018	0,316731	-5457,08	-5598,68
307	0,029210506	-4804,16	2706,448	0,0003891	0,329162	-5710,53	-5854,83
308	0,028239126	-4755,88	2826,105	0,00037812	0,342328	-5963	-6109,61
309	0,027277768	-4705,52	2945,217	0,00036725	0,356281	-6214,33	-6362,83
310	0,026326856	-4653,08	3063,704	0,0003565	0,37108	-6464,34	-6614,32
311	0,02538681	-4598,58	3181,485	0,00034587	0,386787	-6712,86	-6863,93
312	0,024458047	-4542,03	3298,479	0,00033537	0,403471	-6959,71	-7111,48
313	0,023540983	-4483,45	3414,605	0,00032501	0,421205	-7204,74	-7356,8
314	0,022636029	-4422,84	3529,783	0,00031478	0,44007	-7447,76	-7599,72
315	0,021743593	-4360,24	3643,931	0,00030469	0,460153	-7688,62	-7840,09
316	0,020864081	-4295,65	3756,968	0,00029475	0,481549	-7927,13	-8077,75

317	0,019997893	-4229,1	3868,816	0,00028496	0,50436	-8163,13	-8312,53
318	0,019145427	-4160,61	3979,394	0,00027532	0,5287	-8396,45	-8544,27
319	0,018307073	-4090,2	4088,624	0,00026584	0,55469	-8626,92	-8772,83
320	0,017483221	-4017,9	4196,425	0,00025653	0,582461	-8854,38	-8998,04
321	0,016674251	-3943,73	4302,721	0,00024739	0,612158	-9078,66	-9219,76
322	0,01588054	-3867,72	4407,434	0,00023841	0,643937	-9299,61	-9437,84
323	0,015102462	-3789,89	4510,488	0,00022962	0,677966	-9517,05	-9652,14
324	0,014340379	-3710,28	4611,807	0,000221	0,71443	-9730,83	-9862,5
325	0,013594653	-3628,92	4711,317	0,00021257	0,753526	-9940,8	-10068,8
326	0,012865636	-3545,84	4808,944	0,00020433	0,795468	-10146,8	-10270,9
327	0,012153674	-3461,07	4904,615	0,00019629	0,840487	-10348,7	-10468,7
328	0,011459107	-3374,64	4998,26	0,00018843	0,888832	-10546,3	-10661,9
329	0,010782266	-3286,61	5089,809	0,00018078	0,940767	-10739,4	-10850,6
330	0,010123476	-3196,99	5179,193	0,00017334	0,996575	-10928	-11034,6
331	0,009483054	-3105,83	5266,345	0,0001661	1,056558	-11111,9	-11213,8
332	0,00886131	-3013,17	5351,199	0,00015907	1,121031	-11291	-11387,9
333	0,008258544	-2919,05	5433,691	0,00015225	1,190325	-11465	-11557,1
334	0,007675049	-2823,51	5513,758	0,00014566	1,264782	-11634	-11721
335	0,007111108	-2726,6	5591,34	0,00013928	1,344752	-11797,7	-11879,6
336	0,006566998	-2628,36	5666,378	0,00013313	1,430586	-11956	-12032,9
337	0,006042983	-2528,82	5738,813	0,00012721	1,522626	-12108,8	-12180,7
338	0,005539322	-2428,05	5808,591	0,00012152	1,6212	-12256	-12322,9
339	0,00505626	-2326,08	5875,658	0,00011606	1,726603	-12397,6	-12459,4
340	0,004594037	-2222,97	5939,962	0,00011083	1,839081	-12533,2	-12590,2
341	0,004152881	-2118,75	6001,454	0,00010584	1,958814	-12663	-12715,1
342	0,003733008	-2013,49	6060,087	0,0001011	2,085883	-12786,7	-12834,1
343	0,003334628	-1907,23	6115,814	9,6595E-05	2,220247	-12904,3	-12947,1
344	0,002957938	-1800,03	6168,594	9,2337E-05	2,361702	-13015,7	-13054
345	0,002603124	-1691,93	6218,384	8,8326E-05	2,509848	-13120,7	-13154,8
346	0,002270365	-1582,98	6265,146	8,4564E-05	2,664043	-13219,4	-13249,3
347	0,001959825	-1473,25	6308,844	8,1054E-05	2,823364	-13311,6	-13337,7
348	0,001671659	-1362,78	6349,444	7,7796E-05	2,986566	-13397,2	-13419,7
349	0,001406012	-1251,63	6386,914	7,4794E-05	3,152049	-13476,3	-13495,3
350	0,001163017	-1139,85	6421,225	7,2047E-05	3,317839	-13548,7	-13564,5
351	0,000942794	-1027,5	6452,349	6,9557E-05	3,481585	-13614,4	-13627,3
352	0,000745455	-914,641	6480,264	6,7327E-05	3,640583	-13673,3	-13683,5
353	0,000571098	-801,319	6504,946	6,5356E-05	3,791828	-13725,4	-13733,2
354	0,000419811	-687,595	6526,376	6,3646E-05	3,932102	-13770,6	-13776,4
355	0,00029167	-573,525	6544,538	6,2197E-05	4,058097	-13808,9	-13813
356	0,000186739	-459,167	6559,417	6,1011E-05	4,16657	-13840,3	-13842,9
357	0,000105072	-344,577	6571,002	6,0088E-05	4,254518	-13864,7	-13866,2
358	4,67083E-05	-229,815	6579,283	5,9428E-05	4,319357	-13882,2	-13882,9
359	1,16785E-05	-114,936	6584,255	5,9032E-05	4,3591	-13892,7	-13892,9
360	0	-1,6E-12	6585,912	0,0000589	4,372491	-13896,2	-13896,2
361	1,16785E-05	114,9362	6584,255	5,9032E-05	106,2687	-13892,7	-13892,9
362	4,67083E-05	229,8146	6579,283	5,9428E-05	105,3984	-13882,2	-13882,9

363	0,000105072	344,5773	6571,002	6,0088E-05	103,9768	-13864,7	-13866,2
364	0,000186739	459,1666	6559,417	6,1011E-05	102,0451	-13840,3	-13842,9
365	0,00029167	573,5249	6544,538	6,2197E-05	99,65668	-13808,9	-13813
366	0,000419811	687,5949	6526,376	6,3646E-05	96,87428	-13770,6	-13776,4
367	0,000571098	801,3194	6504,946	6,5356E-05	93,76582	-13725,4	-13733,2
368	0,000745455	914,6415	6480,264	6,7327E-05	90,40102	-13673,3	-13683,5
369	0,000942794	1027,504	6452,349	6,9557E-05	86,84829	-13614,4	-13627,3
370	0,001163017	1139,852	6421,225	7,2047E-05	83,17207	-13548,7	-13564,5
371	0,001406012	1251,629	6386,914	7,4794E-05	79,43102	-13476,3	-13495,3
372	0,001671659	1362,779	6349,444	7,7796E-05	75,67679	-13397,2	-13419,7
373	0,001959825	1473,248	6308,844	8,1054E-05	71,95342	-13311,6	-13337,7
374	0,002270365	1582,981	6265,146	8,4564E-05	68,29732	-13219,4	-13249,3
375	0,002603124	1691,925	6218,384	8,8326E-05	64,73749	-13120,7	-13154,8
376	0,002957938	1800,026	6168,594	9,2337E-05	61,29622	-13015,7	-13054
377	0,003334628	1907,232	6115,814	9,6595E-05	57,98971	-12904,3	-12947,1
378	0,003733008	2013,491	6060,087	0,0001011	54,82898	-12786,7	-12834,1
379	0,004152881	2118,752	6001,454	0,00010584	51,82065	-12663	-12715,1
380	0,004594037	2222,965	5939,962	0,00011083	48,96771	-12533,2	-12590,2
381	0,00505626	2326,08	5875,658	0,00011606	46,27028	-12397,6	-12459,4
382	0,005539322	2428,048	5808,591	0,00012152	43,72621	-12256	-12322,9
383	0,006042983	2528,822	5738,813	0,00012721	41,33162	-12108,8	-12180,7
384	0,006566998	2628,355	5666,378	0,00013313	39,08142	-11956	-12032,9
385	0,007111108	2726,601	5591,34	0,00013928	36,9696	-11797,6	-11879,6
386	0,007675049	2823,515	5513,758	0,00014566	34,98961	-11634	-11721
387	0,008258544	2919,053	5433,691	0,00015225	33,13459	-11465	-11557,1
388	0,00886131	3013,172	5351,199	0,00015907	31,39753	-11291	-11387,9
389	0,009483054	3105,831	5266,345	0,0001661	29,77144	-11111,9	-11213,8
390	0,010123476	3196,989	5179,193	0,00017334	28,24949	-10928	-11034,6
391	0,010782266	3286,606	5089,809	0,00018078	26,82502	-10739,4	-10850,6
392	0,011459107	3374,644	4998,26	0,00018843	25,49165	-10546,3	-10661,9
393	0,012153674	3461,066	4904,615	0,00019629	24,24329	-10348,7	-10468,7
394	0,012865636	3545,836	4808,944	0,00020433	23,07418	-10146,8	-10270,9
395	0,013594653	3628,919	4711,317	0,00021257	21,97889	-9940,8	-10068,8
396	0,014340379	3710,281	4611,807	0,000221	20,9523	-9730,83	-9862,5
397	0,015102462	3789,891	4510,488	0,00022962	19,98966	-9517,05	-9652,14
398	0,01588054	3867,717	4407,434	0,00023841	19,08648	-9299,61	-9437,84
399	0,016674251	3943,729	4302,721	0,00024739	18,23863	-9078,66	-9219,76
400	0,017483221	4017,901	4196,425	0,00025653	17,44225	-8854,38	-8998,04
401	0,018307073	4090,203	4088,624	0,00026584	16,69374	-8626,92	-8772,83
402	0,019145427	4160,612	3979,394	0,00027532	15,98979	-8396,45	-8544,27
403	0,019997893	4229,103	3868,816	0,00028496	15,32731	-8163,13	-8312,53
404	0,020864081	4295,652	3756,968	0,00029475	14,70345	-7927,13	-8077,75
405	0,021743593	4360,239	3643,931	0,00030469	14,11557	-7688,62	-7840,09
406	0,022636029	4422,843	3529,783	0,00031478	13,56121	-7447,76	-7599,72
407	0,023540983	4483,445	3414,605	0,00032501	13,03811	-7204,74	-7356,8
408	0,024458047	4542,029	3298,479	0,00033537	12,54418	-6959,71	-7111,48

409	0,02538681	4598,579	3181,485	0,00034587	12,07748	-6712,86	-6863,93
410	0,026326856	4653,08	3063,704	0,0003565	11,63621	-6464,34	-6614,32
411	0,027277768	4705,518	2945,217	0,00036725	11,21872	-6214,33	-6362,83
412	0,028239126	4755,883	2826,105	0,00037812	10,82345	-5963	-6109,6
413	0,029210506	4804,165	2706,448	0,0003891	10,44898	-5710,53	-5854,83
414	0,030191486	4850,354	2586,329	0,00040018	10,09399	-5457,08	-5598,68
415	0,031181638	4894,442	2465,826	0,00041138	9,757254	-5202,82	-5341,31
416	0,032180535	4936,425	2345,019	0,00042267	9,437629	-4947,91	-5082,91
417	0,03318775	4976,298	2223,989	0,00043405	9,134061	-4692,54	-4823,64
418	0,034202852	5014,056	2102,813	0,00044553	8,845566	-4436,86	-4563,69
419	0,035225412	5049,699	1981,571	0,00045709	8,571233	-4181,04	-4303,21
420	0,036255	5083,226	1860,34	0,00046873	8,310212	-3925,24	-4042,4
421	0,037291186	5114,638	1739,197	0,00048044	8,061715	-3669,63	-3781,41
422	0,038333541	5143,937	1618,217	0,00049222	7,825006	-3414,36	-3520,41
423	0,039381635	5171,126	1497,477	0,00050407	7,599401	-3159,6	-3259,6
424	0,04043504	5196,21	1377,05	0,00051598	7,384262	-2905,5	-2999,12
425	0,041493329	5219,196	1257,009	0,00052794	7,178993	-2652,21	-2739,15
426	0,042556076	5240,091	1137,427	0,00053995	6,983038	-2399,89	-2479,87
427	0,043622858	5258,903	1018,374	0,00055201	6,79588	-2148,69	-2221,43
428	0,044693251	5275,642	899,9207	0,00056411	6,617033	-1898,76	-1964
429	0,045766837	5290,32	782,1347	0,00057625	6,446043	-1650,23	-1707,74
430	0,046843197	5302,948	665,0833	0,00058842	6,282488	-1403,25	-1452,82
431	0,047921916	5313,54	548,832	0,00060061	6,12597	-1157,96	-1199,39
432	0,049002581	5322,111	433,4451	0,00061283	5,976117	-914,493	-947,614
433	0,050084784	5328,676	318,9852	0,00062506	5,832581	-672,983	-697,637
434	0,051168119	5333,252	205,5134	0,0006373	5,695035	-433,557	-449,611
435	0,052252183	5335,856	93,08905	0,00064956	5,563172	-196,342	-203,686
436	0,053336578	5336,507	-18,23	0,00066182	5,436705	38,5409	39,99597
437	0,054420908	5335,226	-128,388	0,00067407	5,315362	270,9735	281,2932
438	0,055504783	5332,033	-237,33	0,00068633	5,19889	500,8411	520,0689
439	0,056587817	5326,949	-345,003	0,00069857	5,087049	728,0329	756,1897
440	0,057669628	5319,998	-451,358	0,0007108	4,979614	952,442	989,5263
441	0,058749838	5311,202	-556,346	0,00072301	4,876374	1173,966	1219,953
442	0,059828075	5300,586	-659,919	0,0007352	4,777128	1392,505	1447,35
443	0,060903973	5288,175	-762,033	0,00074736	4,681688	1607,964	1671,599
444	0,061977168	5273,995	-862,644	0,00075949	4,589877	1820,255	1892,589
445	0,063047304	5258,072	-961,712	0,00077159	4,501527	2029,288	2110,212
446	0,064114029	5240,434	-1059,2	0,00078364	4,41648	2234,984	2324,365
447	0,065176999	5221,108	-1155,07	0,00079566	4,334587	2437,264	2534,951
448	0,066235872	5200,124	-1249,28	0,00080763	4,255706	2636,054	2741,877
449	0,067290315	5177,51	-1341,81	0,00081955	4,179704	2831,286	2945,055
450	0,06834	5153,296	-1432,62	0,00083142	4,106454	3022,896	3144,402
451	0,069384604	5127,512	-1521,68	0,00084322	4,035836	3210,822	3339,841
452	0,070423812	5100,19	-1608,97	0,00085497	3,967739	3395,01	3531,301
453	0,071457314	5071,359	-1694,47	0,00086665	3,902053	3575,409	3718,714
454	0,072484806	5041,052	-1778,15	0,00087827	3,838678	3751,972	3902,02

455	0,073505993	5009,301	-1859,99	0,00088981	3,777517	3924,656	4081,163
456	0,074520583	4976,137	-1939,98	0,00090128	3,718478	4093,425	4256,092
457	0,075528294	4941,593	-2018,09	0,00091267	3,661475	4258,246	4426,764
458	0,076528847	4905,703	-2094,32	0,00092398	3,606425	4419,089	4593,14
459	0,077521974	4868,499	-2168,65	0,00093521	3,55325	4575,932	4755,185
460	0,078507409	4830,014	-2241,08	0,00094635	3,501875	4728,753	4912,872
461	0,079484896	4790,282	-2311,59	0,0009574	3,45223	4877,539	5066,178
462	0,080454186	4749,335	-2380,19	0,00096835	3,404247	5022,278	5215,088
463	0,081415034	4707,209	-2446,87	0,00097922	3,357862	5162,964	5359,589
464	0,082367205	4663,935	-2511,62	0,00098998	3,313014	5299,594	5499,675
465	0,083310469	4619,548	-2574,45	0,00100064	3,269644	5432,172	5635,346
466	0,084244602	4574,081	-2635,37	0,0010112	3,227699	5560,703	5766,606
467	0,085169389	4527,567	-2694,37	0,00102165	3,187124	5685,198	5893,466
468	0,086084621	4480,04	-2751,47	0,001032	3,14787	5805,671	6015,94
469	0,086990094	4431,534	-2806,67	0,00104224	3,109889	5922,141	6134,049
470	0,087885614	4382,08	-2859,98	0,00105236	3,073134	6034,631	6247,817
471	0,088770991	4331,713	-2911,42	0,00106237	3,037563	6143,167	6357,275
472	0,089646043	4280,463	-2961	0,00107226	3,003133	6247,779	6462,457
473	0,090510593	4228,365	-3008,73	0,00108203	2,969805	6348,501	6563,403
474	0,091364473	4175,449	-3054,64	0,00109168	2,937541	6445,37	6660,155
475	0,09220752	4121,748	-3098,74	0,00110121	2,906304	6538,428	6752,763
476	0,093039577	4067,293	-3141,06	0,00111062	2,876059	6627,719	6841,277
477	0,093860494	4012,115	-3181,62	0,0011199	2,846775	6713,29	6925,756
478	0,094670128	3956,244	-3220,43	0,00112905	2,818418	6795,193	7006,258
479	0,095468341	3899,71	-3257,54	0,00113807	2,790958	6873,482	7082,848
480	0,096255	3842,544	-3292,96	0,00114697	2,764367	6948,214	7155,593
481	0,097029981	3784,774	-3326,72	0,00115573	2,738616	7019,448	7224,565
482	0,097793164	3726,429	-3358,85	0,00116435	2,71368	7087,247	7289,837
483	0,098544434	3667,538	-3389,38	0,00117285	2,689531	7151,676	7351,486
484	0,099283684	3608,127	-3418,35	0,0011812	2,666147	7212,803	7409,593
485	0,10001081	3548,223	-3445,79	0,00118942	2,643503	7270,699	7464,241
486	0,100725716	3487,855	-3471,73	0,0011975	2,621577	7325,436	7515,514
487	0,101428309	3427,046	-3496,21	0,00120545	2,600348	7377,087	7563,502
488	0,102118503	3365,822	-3519,27	0,00121325	2,579796	7425,73	7608,292
489	0,102796215	3304,208	-3540,93	0,00122091	2,5599	7471,443	7649,979
490	0,103461369	3242,228	-3561,25	0,00122843	2,540641	7514,306	7688,654
491	0,104113894	3179,905	-3580,25	0,0012358	2,522002	7554,4	7724,414
492	0,10475372	3117,261	-3597,98	0,00124304	2,503964	7591,809	7757,355
493	0,105380786	3054,319	-3614,47	0,00125012	2,486512	7626,616	7787,576
494	0,105995033	2991,099	-3629,78	0,00125707	2,46963	7658,908	7815,175
495	0,106596407	2927,622	-3643,93	0,00126387	2,453302	7688,77	7840,252
496	0,107184857	2863,908	-3656,97	0,00127052	2,437513	7716,291	7862,908
497	0,107760338	2799,976	-3668,95	0,00127702	2,422249	7741,557	7883,244
498	0,108322806	2735,844	-3679,9	0,00128338	2,407497	7764,658	7901,362
499	0,108872223	2671,529	-3689,86	0,00128959	2,393244	7785,682	7917,364
500	0,109408554	2607,049	-3698,88	0,00129565	2,379477	7804,719	7931,351

501	0,109931766	2542,419	-3707,01	0,00130157	2,366184	7821,859	7943,425
502	0,110441831	2477,655	-3714,27	0,00130733	2,353355	7837,19	7953,686
503	0,110938723	2412,771	-3720,72	0,00131295	2,340978	7850,802	7962,237
504	0,111422419	2347,782	-3726,4	0,00131842	2,329042	7862,784	7969,176
505	0,111892899	2282,7	-3731,35	0,00132374	2,317538	7873,225	7974,604
506	0,112350145	2217,537	-3735,61	0,00132891	2,306456	7882,211	7978,619
507	0,112794142	2152,306	-3739,22	0,00133392	2,295786	7889,832	7981,317
508	0,113224878	2087,017	-3742,23	0,00133879	2,285521	7896,173	7982,796
509	0,113642342	2021,681	-3744,66	0,00134351	2,275651	7901,319	7983,149
510	0,114046524	1956,307	-3746,58	0,00134808	2,266168	7905,355	7982,47
511	0,114437419	1890,904	-3748	0,0013525	2,257065	7908,365	7980,85
512	0,114815021	1825,48	-3748,98	0,00135677	2,248334	7910,429	7978,379
513	0,115179327	1760,042	-3749,55	0,00136089	2,239969	7911,628	7975,145
514	0,115530334	1694,598	-3749,75	0,00136485	2,231962	7912,04	7971,233
515	0,115868043	1629,153	-3749,6	0,00136867	2,224307	7911,743	7966,727
516	0,116192453	1563,714	-3749,16	0,00137234	2,216999	7910,811	7961,708
517	0,116503566	1498,284	-3748,46	0,00137586	2,21003	7909,318	7956,256
518	0,116801384	1432,869	-3747,51	0,00137922	2,203397	7907,335	7950,447
519	0,117085912	1367,472	-3746,37	0,00138244	2,197093	7904,929	7944,355
520	0,117357152	1302,097	-3745,07	0,00138551	2,191114	7902,168	7938,05
521	0,11761511	1236,746	-3743,62	0,00138842	2,185456	7899,116	7931,603
522	0,11785979	1171,421	-3742,06	0,00139119	2,180113	7895,835	7925,078
523	0,118091199	1106,124	-3740,43	0,0013938	2,175081	7892,383	7918,539
524	0,118309341	1040,855	-3738,74	0,00139627	2,170357	7888,817	7912,045
525	0,118514224	975,6171	-3737,02	0,00139858	2,165937	7885,19	7905,654
526	0,118705852	910,4088	-3735,3	0,00140075	2,161818	7881,553	7899,418
527	0,118884233	845,2305	-3733,59	0,00140277	2,157997	7877,954	7893,389
528	0,119049371	780,0817	-3731,92	0,00140463	2,15447	7874,438	7887,613
529	0,119201274	714,9615	-3730,32	0,00140635	2,151235	7871,047	7882,136
530	0,119339947	649,8686	-3728,79	0,00140792	2,148289	7867,819	7876,997
531	0,119465395	584,8017	-3727,35	0,00140934	2,14563	7864,79	7872,234
532	0,119577623	519,7589	-3726,03	0,00141061	2,143257	7861,992	7867,881
533	0,119676636	454,7382	-3724,82	0,00141172	2,141167	7859,454	7863,967
534	0,119762438	389,7373	-3723,76	0,00141269	2,139359	7857,203	7860,521
535	0,119835034	324,7537	-3722,83	0,00141352	2,137832	7855,259	7857,566
536	0,119894425	259,7849	-3722,07	0,00141419	2,136583	7853,643	7855,12
537	0,119940616	194,8281	-3721,47	0,00141471	2,135614	7852,37	7853,201
538	0,119973608	129,8803	-3721,03	0,00141508	2,134921	7851,452	7851,822
539	0,119993402	64,93862	-3720,77	0,00141531	2,134506	7850,898	7850,99
540	0,12	1,37E-12	-3720,68	0,00141538	2,134368	7850,713	7850,713
541	0,119993402	-64,9386	-3720,77	0,00141531	1,01325	7850,898	7850,99
542	0,119973608	-129,88	-3721,03	0,00141508	1,01325	7851,452	7851,822
543	0,119940616	-194,828	-3721,47	0,00141471	1,01325	7852,37	7853,202
544	0,119894425	-259,785	-3722,07	0,00141419	1,01325	7853,643	7855,12
545	0,119835034	-324,754	-3722,83	0,00141352	1,01325	7855,259	7857,566
546	0,119762438	-389,737	-3723,76	0,00141269	1,01325	7857,203	7860,521

547	0,119676636	-454,738	-3724,82	0,00141172	1,01325	7859,454	7863,968
548	0,119577623	-519,759	-3726,03	0,00141061	1,01325	7861,992	7867,881
549	0,119465395	-584,802	-3727,35	0,00140934	1,01325	7864,79	7872,234
550	0,119339947	-649,869	-3728,79	0,00140792	1,01325	7867,819	7876,997
551	0,119201274	-714,961	-3730,32	0,00140635	1,01325	7871,047	7882,136
552	0,119049371	-780,082	-3731,92	0,00140463	1,01325	7874,438	7887,613
553	0,118884233	-845,231	-3733,59	0,00140277	1,01325	7877,954	7893,389
554	0,118705852	-910,409	-3735,3	0,00140075	1,01325	7881,553	7899,418
555	0,118514224	-975,617	-3737,02	0,00139858	1,01325	7885,19	7905,654
556	0,118309341	-1040,86	-3738,74	0,00139627	1,01325	7888,817	7912,045
557	0,118091199	-1106,12	-3740,43	0,0013938	1,01325	7892,383	7918,539
558	0,11785979	-1171,42	-3742,06	0,00139119	1,01325	7895,835	7925,078
559	0,11761511	-1236,75	-3743,62	0,00138842	1,01325	7899,117	7931,603
560	0,117357152	-1302,1	-3745,07	0,00138551	1,01325	7902,168	7938,05
561	0,117085912	-1367,47	-3746,37	0,00138244	1,01325	7904,929	7944,355
562	0,116801384	-1432,87	-3747,51	0,00137922	1,01325	7907,335	7950,447
563	0,116503566	-1498,28	-3748,46	0,00137586	1,01325	7909,318	7956,256
564	0,116192453	-1563,71	-3749,16	0,00137234	1,01325	7910,811	7961,708
565	0,115868043	-1629,15	-3749,6	0,00136867	1,01325	7911,743	7966,727
566	0,115530334	-1694,6	-3749,75	0,00136485	1,01325	7912,04	7971,233
567	0,115179327	-1760,04	-3749,55	0,00136089	1,01325	7911,628	7975,145
568	0,114815021	-1825,48	-3748,98	0,00135677	1,01325	7910,429	7978,379
569	0,114437419	-1890,9	-3748	0,0013525	1,01325	7908,365	7980,85
570	0,114046524	-1956,31	-3746,58	0,00134808	1,01325	7905,355	7982,47
571	0,113642342	-2021,68	-3744,66	0,00134351	1,01325	7901,319	7983,149
572	0,113224878	-2087,02	-3742,23	0,00133879	1,01325	7896,173	7982,796
573	0,112794142	-2152,31	-3739,22	0,00133392	1,01325	7889,832	7981,318
574	0,112350145	-2217,54	-3735,61	0,00132891	1,01325	7882,212	7978,619
575	0,111892899	-2282,7	-3731,35	0,00132374	1,01325	7873,225	7974,604
576	0,111422419	-2347,78	-3726,4	0,00131842	1,01325	7862,784	7969,177
577	0,110938723	-2412,77	-3720,72	0,00131295	1,01325	7850,802	7962,237
578	0,110441831	-2477,66	-3714,27	0,00130733	1,01325	7837,19	7953,686
579	0,109931766	-2542,42	-3707,01	0,00130157	1,01325	7821,859	7943,425
580	0,109408554	-2607,05	-3698,88	0,00129565	1,01325	7804,719	7931,351
581	0,108872223	-2671,53	-3689,86	0,00128959	1,01325	7785,682	7917,364
582	0,108322806	-2735,84	-3679,9	0,00128338	1,01325	7764,658	7901,363
583	0,107760338	-2799,98	-3668,95	0,00127702	1,01325	7741,557	7883,244
584	0,107184857	-2863,91	-3656,97	0,00127052	1,01325	7716,291	7862,908
585	0,106596407	-2927,62	-3643,93	0,00126387	1,01325	7688,77	7840,252
586	0,105995033	-2991,1	-3629,78	0,00125707	1,01325	7658,908	7815,175
587	0,105380786	-3054,32	-3614,47	0,00125012	1,01325	7626,616	7787,576
588	0,10475372	-3117,26	-3597,98	0,00124304	1,01325	7591,809	7757,355
589	0,104113894	-3179,9	-3580,25	0,0012358	1,01325	7554,4	7724,414
590	0,103461369	-3242,23	-3561,25	0,00122843	1,01325	7514,306	7688,654
591	0,102796215	-3304,21	-3540,93	0,00122091	1,01325	7471,443	7649,979
592	0,102118503	-3365,82	-3519,27	0,00121325	1,01325	7425,73	7608,292

593	0,101428309	-3427,05	-3496,21	0,00120545	1,01325	7377,087	7563,502
594	0,100725716	-3487,85	-3471,73	0,0011975	1,01325	7325,436	7515,514
595	0,10001081	-3548,22	-3445,79	0,00118942	1,01325	7270,699	7464,241
596	0,099283684	-3608,13	-3418,35	0,0011812	1,01325	7212,804	7409,593
597	0,098544434	-3667,54	-3389,38	0,00117285	1,01325	7151,676	7351,486
598	0,097793164	-3726,43	-3358,85	0,00116435	1,01325	7087,247	7289,837
599	0,097029981	-3784,77	-3326,72	0,00115573	1,01325	7019,448	7224,565
600	0,096255	-3842,54	-3292,96	0,00114697	1,01325	6948,214	7155,594
601	0,095468341	-3899,71	-3257,54	0,00113807	1,01325	6873,482	7082,848
602	0,094670128	-3956,24	-3220,43	0,00112905	1,01325	6795,194	7006,258
603	0,093860494	-4012,11	-3181,62	0,0011199	1,01325	6713,29	6925,756
604	0,093039577	-4067,29	-3141,06	0,00111062	1,01325	6627,719	6841,278
605	0,09220752	-4121,75	-3098,74	0,00110121	1,01325	6538,428	6752,763
606	0,091364473	-4175,45	-3054,64	0,00109168	1,01325	6445,37	6660,155
607	0,090510593	-4228,37	-3008,73	0,00108203	1,01325	6348,501	6563,403
608	0,089646043	-4280,46	-2961	0,00107226	1,01325	6247,779	6462,457
609	0,088770991	-4331,71	-2911,42	0,00106237	1,01325	6143,167	6357,275
610	0,087885614	-4382,08	-2859,98	0,00105236	1,01325	6034,631	6247,818
611	0,086990094	-4431,53	-2806,67	0,00104224	1,01325	5922,141	6134,049
612	0,086084621	-4480,04	-2751,47	0,001032	1,01325	5805,671	6015,94
613	0,085169389	-4527,57	-2694,37	0,00102165	1,01325	5685,198	5893,466
614	0,084244602	-4574,08	-2635,37	0,0010112	1,01325	5560,703	5766,606
615	0,083310469	-4619,55	-2574,45	0,00100064	1,01325	5432,172	5635,346
616	0,082367205	-4663,93	-2511,62	0,00098998	1,01325	5299,594	5499,675
617	0,081415034	-4707,21	-2446,87	0,00097922	1,01325	5162,964	5359,589
618	0,080454186	-4749,34	-2380,19	0,00096835	1,01325	5022,278	5215,088
619	0,079484896	-4790,28	-2311,59	0,0009574	1,01325	4877,539	5066,179
620	0,078507409	-4830,01	-2241,08	0,00094635	1,01325	4728,753	4912,872
621	0,077521974	-4868,5	-2168,65	0,00093521	1,01325	4575,932	4755,185
622	0,076528847	-4905,7	-2094,32	0,00092398	1,01325	4419,089	4593,14
623	0,075528294	-4941,59	-2018,09	0,00091267	1,01325	4258,246	4426,764
624	0,074520583	-4976,14	-1939,98	0,00090128	1,01325	4093,425	4256,092
625	0,073505993	-5009,3	-1859,99	0,00088981	1,01325	3924,656	4081,163
626	0,072484806	-5041,05	-1778,15	0,00087827	1,01325	3751,972	3902,02
627	0,071457314	-5071,36	-1694,47	0,00086665	1,01325	3575,409	3718,714
628	0,070423812	-5100,19	-1608,97	0,00085497	1,01325	3395,01	3531,301
629	0,069384604	-5127,51	-1521,68	0,00084322	1,01325	3210,822	3339,841
630	0,06834	-5153,3	-1432,62	0,00083142	1,01325	3022,896	3144,402
631	0,067290315	-5177,51	-1341,81	0,00081955	1,01325	2831,286	2945,055
632	0,066235872	-5200,12	-1249,28	0,00080763	1,01325	2636,054	2741,877
633	0,065176999	-5221,11	-1155,07	0,00079566	1,01325	2437,264	2534,951
634	0,064114029	-5240,43	-1059,2	0,00078364	1,01325	2234,984	2324,365
635	0,063047304	-5258,07	-961,712	0,00077159	1,01325	2029,288	2110,212
636	0,061977168	-5273,99	-862,644	0,00075949	1,01325	1820,254	1892,589
637	0,060903973	-5288,17	-762,033	0,00074736	1,01325	1607,964	1671,599
638	0,059828075	-5300,59	-659,919	0,0007352	1,01325	1392,505	1447,35

639	0,058749838	-5311,2	-556,346	0,00072301	1,01325	1173,965	1219,953
640	0,057669628	-5320	-451,358	0,0007108	1,01325	952,442	989,5262
641	0,056587817	-5326,95	-345,003	0,00069857	1,01325	728,0329	756,1897
642	0,055504783	-5332,03	-237,33	0,00068633	1,01325	500,8411	520,0689
643	0,054420908	-5335,23	-128,388	0,00067407	1,01325	270,9735	281,2932
644	0,053336578	-5336,51	-18,23	0,00066182	1,01325	38,54085	39,99592
645	0,052252183	-5335,86	93,08905	0,00064956	1,01325	-196,342	-203,686
646	0,051168119	-5333,25	205,5134	0,0006373	1,01325	-433,558	-449,611
647	0,050084784	-5328,68	318,9852	0,00062506	1,01325	-672,983	-697,637
648	0,049002581	-5322,11	433,4451	0,00061283	1,01325	-914,493	-947,615
649	0,047921916	-5313,54	548,832	0,00060061	1,01325	-1157,96	-1199,39
650	0,046843197	-5302,95	665,0833	0,00058842	1,01325	-1403,25	-1452,82
651	0,045766837	-5290,32	782,1347	0,00057625	1,01325	-1650,23	-1707,74
652	0,044693251	-5275,64	899,9207	0,00056411	1,01325	-1898,76	-1964
653	0,043622858	-5258,9	1018,374	0,00055201	1,01325	-2148,69	-2221,43
654	0,042556076	-5240,09	1137,427	0,00053995	1,01325	-2399,89	-2479,87
655	0,041493329	-5219,2	1257,009	0,00052794	1,01325	-2652,21	-2739,15
656	0,04043504	-5196,21	1377,05	0,00051598	1,01325	-2905,5	-2999,12
657	0,039381635	-5171,13	1497,477	0,00050407	1,01325	-3159,6	-3259,6
658	0,038333541	-5143,94	1618,217	0,00049222	1,01325	-3414,36	-3520,41
659	0,037291186	-5114,64	1739,197	0,00048044	1,01325	-3669,63	-3781,41
660	0,036255	-5083,23	1860,34	0,00046873	1,01325	-3925,24	-4042,4
661	0,035225412	-5049,7	1981,571	0,00045709	1,01325	-4181,04	-4303,21
662	0,034202852	-5014,06	2102,813	0,00044553	1,01325	-4436,86	-4563,69
663	0,03318775	-4976,3	2223,989	0,00043405	1,01325	-4692,54	-4823,64
664	0,032180535	-4936,43	2345,019	0,00042267	1,01325	-4947,91	-5082,91
665	0,031181638	-4894,44	2465,826	0,00041138	1,01325	-5202,82	-5341,31
666	0,030191486	-4850,35	2586,329	0,00040018	1,01325	-5457,08	-5598,68
667	0,029210506	-4804,16	2706,448	0,0003891	1,01325	-5710,53	-5854,83
668	0,028239126	-4755,88	2826,105	0,00037812	1,01325	-5963	-6109,61
669	0,027277768	-4705,52	2945,217	0,00036725	1,01325	-6214,33	-6362,83
670	0,026326856	-4653,08	3063,704	0,0003565	1,01325	-6464,34	-6614,32
671	0,02538681	-4598,58	3181,485	0,00034587	1,01325	-6712,86	-6863,93
672	0,024458047	-4542,03	3298,479	0,00033537	1,01325	-6959,71	-7111,48
673	0,023540983	-4483,45	3414,605	0,00032501	1,01325	-7204,74	-7356,8
674	0,022636029	-4422,84	3529,783	0,00031478	1,01325	-7447,76	-7599,72
675	0,021743593	-4360,24	3643,931	0,00030469	1,01325	-7688,62	-7840,09
676	0,020864081	-4295,65	3756,968	0,00029475	1,01325	-7927,13	-8077,75
677	0,019997893	-4229,1	3868,816	0,00028496	1,01325	-8163,13	-8312,53
678	0,019145427	-4160,61	3979,394	0,00027532	1,01325	-8396,45	-8544,27
679	0,018307073	-4090,2	4088,624	0,00026584	1,01325	-8626,92	-8772,83
680	0,017483221	-4017,9	4196,425	0,00025653	1,01325	-8854,38	-8998,04
681	0,016674251	-3943,73	4302,721	0,00024739	1,01325	-9078,66	-9219,76
682	0,01588054	-3867,72	4407,434	0,00023841	1,01325	-9299,61	-9437,84
683	0,015102462	-3789,89	4510,488	0,00022962	1,01325	-9517,05	-9652,14
684	0,014340379	-3710,28	4611,807	0,000221	1,01325	-9730,83	-9862,5

685	0,013594653	-3628,92	4711,317	0,00021257	1,01325	-9940,8	-10068,8
686	0,012865636	-3545,84	4808,944	0,00020433	1,01325	-10146,8	-10270,9
687	0,012153674	-3461,07	4904,615	0,00019629	1,01325	-10348,7	-10468,7
688	0,011459107	-3374,64	4998,26	0,00018843	1,01325	-10546,3	-10661,9
689	0,010782266	-3286,61	5089,809	0,00018078	1,01325	-10739,4	-10850,6
690	0,010123476	-3196,99	5179,193	0,00017334	1,01325	-10928	-11034,6
691	0,009483054	-3105,83	5266,345	0,0001661	1,01325	-11111,9	-11213,8
692	0,00886131	-3013,17	5351,199	0,00015907	1,01325	-11291	-11387,9
693	0,008258544	-2919,05	5433,691	0,00015225	1,01325	-11465	-11557,1
694	0,007675049	-2823,51	5513,758	0,00014566	1,01325	-11634	-11721
695	0,007111108	-2726,6	5591,34	0,00013928	1,01325	-11797,7	-11879,6
696	0,006566998	-2628,36	5666,378	0,00013313	1,01325	-11956	-12032,9
697	0,006042983	-2528,82	5738,813	0,00012721	1,01325	-12108,8	-12180,7
698	0,005539322	-2428,05	5808,591	0,00012152	1,01325	-12256	-12322,9
699	0,00505626	-2326,08	5875,658	0,00011606	1,01325	-12397,6	-12459,4
700	0,004594037	-2222,97	5939,962	0,00011083	1,01325	-12533,2	-12590,2
701	0,004152881	-2118,75	6001,454	0,00010584	1,01325	-12663	-12715,1
702	0,003733008	-2013,49	6060,087	0,0001011	1,01325	-12786,7	-12834,1
703	0,003334628	-1907,23	6115,814	9,6595E-05	1,01325	-12904,3	-12947,1
704	0,002957938	-1800,03	6168,594	9,2337E-05	1,01325	-13015,7	-13054
705	0,002603124	-1691,93	6218,384	8,8326E-05	1,01325	-13120,7	-13154,8
706	0,002270365	-1582,98	6265,146	8,4564E-05	1,01325	-13219,4	-13249,3
707	0,001959825	-1473,25	6308,844	8,1054E-05	1,01325	-13311,6	-13337,7
708	0,001671659	-1362,78	6349,444	7,7796E-05	1,01325	-13397,2	-13419,7
709	0,001406012	-1251,63	6386,914	7,4794E-05	1,01325	-13476,3	-13495,3
710	0,001163017	-1139,85	6421,225	7,2047E-05	1,01325	-13548,7	-13564,5
711	0,000942794	-1027,5	6452,349	6,9557E-05	1,01325	-13614,4	-13627,3
712	0,000745455	-914,641	6480,264	6,7327E-05	1,01325	-13673,3	-13683,5
713	0,000571098	-801,319	6504,946	6,5356E-05	1,01325	-13725,4	-13733,2
714	0,000419811	-687,595	6526,376	6,3646E-05	1,01325	-13770,6	-13776,4
715	0,00029167	-573,525	6544,538	6,2197E-05	1,01325	-13808,9	-13813
716	0,000186739	-459,167	6559,417	6,1011E-05	1,01325	-13840,3	-13842,9
717	0,000105072	-344,577	6571,002	6,0088E-05	1,01325	-13864,7	-13866,2
718	4,67083E-05	-229,815	6579,283	5,9428E-05	1,01325	-13882,2	-13882,9
719	1,16785E-05	-114,936	6584,255	5,9032E-05	1,01325	-13892,7	-13892,9
720	0	-3,2E-12	6585,912	0,0000589	1,01325	-13896,2	-13896,2