

حساب الضياعات الميكانيكية في آلية نقل الحركة لعنفة ريحية وتأثيرها على المردود

انديرا سليمان*

(تاريخ الإيداع 1 / 9 / 2014. قُبل للنشر في 1 / 1 / 2015)

□ ملخص □

يشمل بحثنا تصميم آلية نقل الحركة لعنفة ريحية، وحساب الضياعات الميكانيكية كضياع التهوية وضياع الاحتكاك وضياع التزبييت بين أسنان المسننات. بغرض تخفيضها والوصول إلى وثوقية عمل عالية وبالتالي الحصول على مردود عالي وذلك بالاستفادة من برامج الكترونية، لاحظنا أن كل نوع من الضياعات السابقة له تأثير على الضياع الكلي لعنفة السرعة، وذلك حسب شروط العمل، مثلاً عند سرعات منخفضة، ضياع الاحتكاك بين الأسنان يشكّل النسبة العظمى من الضياع الكلي، وبالتالي يتحكّم بالمردود الكلي لنظام النقل، في حين عند سرعات مرتفعة لاحظنا انخفاض هذه النسبة من الضياع، بينما ارتفعت نسبة ضياعات التزبييت والتهوية .

الكلمات المفتاحية : آلية نقل الحركة ، ضياع التهوية ، ضياع انحباس خليط الزيت - هواء ، ضياع الاحتكاك.

* مشرفة على الأعمال - قسم القوى الميكانيكية - كلية الهندسة الميكانيكية والكهربائية - جامعة تشرين - اللاذقية - سورية .

Mechanical losses account in the transmission mechanism of the wind turbine and its impact on efficiency

Andera Suleiman *

(Received 1 / 9 / 2014. Accepted 29 / 1 / 2015)

□ ABSTRACT □

Our research includes the transmission mechanism of the wind turbine and the calculation of losses, such as loss of mechanical ventilation and friction loss and the loss of lubrication between the gear teeth design. Aims and access to high reliability work and thus obtain high efficiency and taking advantage of electronic programs, We observed that each type of previous losses have an impact on the overall loss of Gearbox, Depending on the working conditions, For example, at low speeds, loss of friction between the teeth is a great percentage of the total loss, And thus controls the overall efficiency of the transport system, while at high speeds noticed this low percentage of loss, while the loss of lubrication and ventilation rate rose.

Keywords: Transmission mechanism ,ventilation ,entrapment of oil mixture – air, friction

*Work Supervisor - Department genie Mechanical de puissance - Faculty of electrical engineering- University Tishreen– Lattakia- Syria

مقدمة:

إنّ الحاجة إلى توفير الطاقة الذي يضغط حالياً على المجتمع ، والذي سوف يزداد يوماً بعد يوم، بسبب الاستهلاك المتزايد لطاقة الوقود الاحفوري، والذي يترافق مع النمو الاقتصادي في معظم دول العالم، مما يؤدي إلى انخفاض الاحتياطي العالمي من هذه المادة، وضرورة حماية البيئة من التلوث الناتج عن احتراق الوقود الاحفوري ، إضافة إلى ارتفاع أسعاره، كما أن استغلال الطاقة النووية في توليد الكهرباء محفوف بالمخاطر البيئية، لذلك أصبح محتماً على دول العالم أن تبحث في توسيع استخدام الطاقات المتجددة بشكل عام وطاقة الرياح بشكل خاص والعمل على تخفيض ضياعات الطاقة في الميكانيزمات بشكل عام، وذلك من خلال تخفيض كتلتها، وغير ذلك من العوامل التي تؤدي إلى تخفيض القوى المسببة لهذه الضياعات. حيث أن ضياع الطاقة بالنقل بالمسنتات، يرتبط بطريقة التزبييت مثل ضياع انحباس خليط (الزيت - الهواء) في قعر الفراغ بين الأسنان، ضياع التهوية وضياع الرشاش، هناك أيضاً ضياع الاحتكاك الذي يرتبط بالحمل المنقول.

وفي الواقع الاهتمامات الصناعية خلال السنوات الثلاثين الأخيرة -ضمن مجال النقل بالمسنتات- كانت مركزة حول إيجاد حلول لمشاكل مقاومتها الميكانيكية، وتخفيض كتلتها، واهتزازاتها، وضجيجها، مع إهمال النتائج الناتجة عن ذلك، من ارتفاع ضياعها ودرجة حرارتها، مثلاً تخفيض كتلة المسنتات يؤدي إلى تخفيض في قدرتها على طرح الحرارة المتولدة نتيجة الضياع إلى الوسط المحيط، مما يؤدي إلى تلف نظام النقل. إن منابع ضياع القدرة في النقل بالمسنتات تختلف حسب طريقة التزبييت (تزبييت بواسطة حمام زيت أو بواسطة الرشاشات)، لذلك طريقة التزبييت تلعب دوراً مهماً في زيادة، أو تخفيض الضياع .

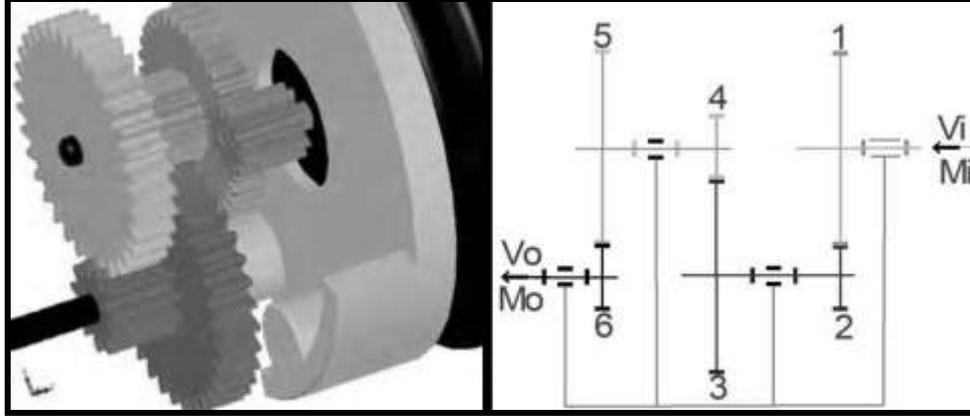
إن أهمية طبقة الزيت غير خافية علينا، لما تتمتع به السطوح المزيتة بعمر طويل، ومردود أفضل، من تلك غير المزيتة، فنقص الزيت يسبب اهتراء سطوح الميكانيزمات المتحاكة بقوى كبيرة، وإذا تجاوز هذا النقص الحد المطلوب يسبب نقصاً في القدرة المطلوب نقلها يصل في بعض الأحيان إلى 50% [3].

الأنظمة الميكانيكية المصممة لنقل الاستطاعة من مرتبة عشرة كيلوات، تكون مزيتة عموماً بواسطة حمام زيت، في حين أن الأنظمة الميكانيكية المصممة لنقل استطاعة من مرتبة ميغاوات، وما فوق تتطلب عملية تبريد أكثر فعالية، في هذه الحالة فقط التزبييت بواسطة الرشاشات يمكن أن يضمن عملية تبريد فعال للنظام. إن هذه الاعتبارات مجتمعة تطرح بقوة أهمية قياس وحساب القدرة الضائعة، مما يسمح بتصميم ميكانيزم نقل القدرة القريب إلى المثالي.

أهمية البحث وأهدافه:

يهدف بحثنا إلى دراسة الضياعات الميكانيكية في علبة السرعة ذات المسنتات المستقيمة المبينة بالشكل (1)، بهدف تركيبها ضمن المجموعة المكونة للعنفة الريحية (دوار - علبة سرعة - مولدة) ، وبما أن علبة السرعة تكون غالباً مركبة في أعلى البرج لذا يتم العمل على أن تكون أحجام وأوزان هذه المجموعة صغيرة قدر الإمكان، دون أن تشكل إجهادات حرارية، ناتجة عن عدم قدرة هذا الميكانيزم على طرح الحرارة المتولدة فيه، نتيجة انخفاض سطوح التماس مع الوسط المحيط، مما يولد أهمية كبيرة لدراسة الضياعات في هذا الميكانيزم، بغرض تخفيضها والوصول إلى وثوقية عمل عالية، خاصة أن مردود المجموعة العنفية الريحية، يتعلق بمردود كل من الدوار وعلبة السرعة والمولدة [2]. ونظراً لاختلاف السرعة الدورانية على محور الآلة مع محور المولدة حيث السرعة الدورانية للدوار هي (30-50rpm)، في

حين أنّ المطلوب على محور المولدة هو إما (1500 rpm)، أو (3000 rpm)، وذلك حسب عدد أقطاب المولدة، كان لا بد من وضع علبه سرعة تسمح بهذا التحويل بنسبة تسمى: نسبة التحويل كما في الشكل (1).



شكل (1) علبه سرعة بثلاث مراحل

طرائق البحث ومواده:

استخدمنا لغة برمجة (الماتلاب) لتصميم علبه السرعة ذات الاسنان المستقيمة المقترح تركيبها في أعلى العنفه الريحية لتأمين طاقة كهربائية مقدارها (5KW) لمنزل منعزل وبعيد عن الشبكة الكهربائية، ويتوضع في ضواحي حمص حيث متوسط سرعة الرياح على مدار العام تعادل $(V=5m/s)$ [1]، والبرنامج موضح في الملحق (2). هذا البرنامج يعطينا مواصفات علبه السرعة (من عدد الاسنان لكل مسنن Z، عدد دورات المسنن n، عرض السن b، المودول m، ارتفاع رأس السن وقعر السن) وهي مدرجة بالجدول (1). وذلك بالاعتماد على العلاقات [4] المبينة في المخطط الصندوقي في الملحق (1).

الجدول (1) مواصفات علبه السرعة التي قمنا بتصميمها

			نسبة النقل k12			
stage2			3.466667	stage1		
	gear1	gear2			gear1	gear2
z	104	30		z	52	15
m	3	3		m	6	6
alpha	20	20		alpha	20	20
beta	0	0		beta	0	0
deport	0	0		deport	0	0
tete	1	1		tete	1	1
creux	1.25	1.25		creux	1.25	1.25
b	36	36		b	72	74
n	104	360.5333		n	30	104
			stage3			
			gear1	gear2		
	z	156	45			
	m	2	2			
	alpha	20	20			
	beta	0	0			
	deport	0	0			
	tete	1	1			
	creux	1.25	1.25			
	b	24	26			
	n	360.5333	1249.849			

في الجدول السابق: $n_2 = K_{12} * n_1$ ، $z_1 = K_{12} * z_2$ ، حيث: $K_{12} = 3.466667$ هي نسبة التحويل في المرحلة الأولى، n هو عدد دورات المسنن ، Z هو عدد اسنان المسنن
مثلاً : في المرحلة الثالثة stage 3 : $n_2 = 3.466667 * 360.5333 = 1249.849$

النتائج والمناقشة:

بشكل عام يمكن تقسيم ضياع القدرة بالمسنتات إلى :

- ضياعات تعتمد على الحمل المنقول مثل ضياعات الاحتكاك بين الأسنان (Perte de friction).
- ضياعات لا تعتمد على الحمل المنقول والتي يمكن تقسيمها إلى :
 - أ - ضياعات التزبييت، مثل الضياعات الناتجة عن انحباس خليط (زيت - هواء) بين الأسنان ضمن منطقة التعشيق (Piégeage de mélange d'huile - air)، وضياعات الطرش .
 - ب - ضياعات التهوية (perte de la ventilation) الناتجة عن تحريك المسنن للهواء المحيط به أثناء دورانه.

في بحثنا هذا تمّ حساب ضياع التهوية ،الضياع نتيجة انحباس خليط (زيت - هواء) بين الأسنان، ضياع الاحتكاك بين الأسنان في علبة السرعة التي قمنا بتصميمها في شهر تشرين الأول من عام 2006 في معهد INSA-ليون - فرنسا*. حيث تمّ الاستفادة من برامج الكترونية تسمح بحساب ضياعات القدرة بالتهوية وضياع الطاقة بالاحتكاك وضياع انضغاط خليط (الزيت - الهواء) بين أسنان المسنتات .إن كل نوع من الضياعات السابقة يمكن أن يكون مسيطراً على الضياع الكلي، وذلك حسب شروط العمل مثلاً عند سرعات منخفضة، ضياعات الاحتكاك بين الأسنان تشكّل النسبة العظمى من الضياع الكلي، وبالتالي تتحكّم بالمرود الكلي لنظام النقل، في حين عند سرعات مرتفعة تنخفض هذه النسبة من الضياع، في حين ترتفع نسبة ضياعات التزبييت والتهوية .

أولاً - ضياع التهوية :

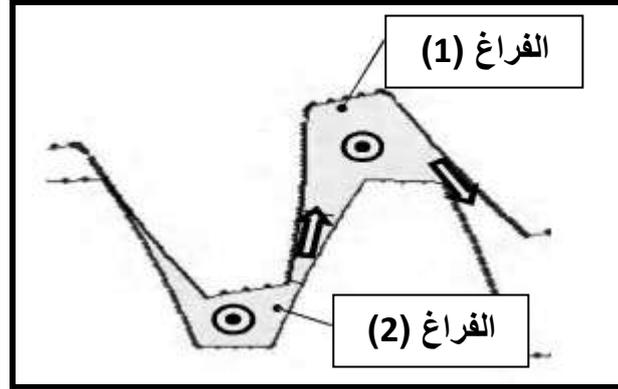
بالاعتماد على المعطيات الهندسية لعلبة السرعة التي قمنا بتصميمها، والمبيّنة في الجدول (1)، قمنا بالاستعانة ببرنامج حاسوبي [3] مطور في معهد INSA، يعطينا قيم ضياع التهوية وهذه القيم مدرجة بالجدول (2):

الجدول (2) ضياح التهوية لعلبة السرعة المصممة من قبلنا

السرعة (rpm)	ضياح التهوية (w)	
30	0.81566873	مرحلة اولى
40	0.941984051	
50	1.05325763	
104	1.518826295	مرحلة ثانية
138.667	1.753788381	
173.333	1.960792776	
360.533	2.827849451	مرحلة ثالثة
480.711	3.265253717	
600.889	3.650558835	

ثانياً - ضياح الطاقة نتيجة انحباس خليط (الزيت - الهواء) بين الأسنان:

تبدأ ظاهرة انضغاط الزيت بين الأسنان عندما يبدأ سنّ من الترس (المسنن الأصغر بالأبعاد) يقطع دائرة الرأس للمسنن الآخر، حيث يبدأ تدريجياً بملء الفراغ بين الأسنان، يطرد في هذه الحالة قسم من خليط (الزيت - الهواء) الموجود في الفراغ بين الأسنان خارج هذا الفراغ. تتطلب هذه العملية طاقة تؤخذ من المحرك، وتضيع هذه الطاقة على شكل حرارة ضمن علبة السرعة والزيت المطرود من بين الأسنان، يمكن أن يخرج الزيت بشكل قطري، أو محوري موازي لمحور المسنن كما في الشكل(2).



الشكل (2) انحباس خليط (الزيت - الهواء) بين الأسنان الدائرة بسرعات عالية [3]

عملية دخول السن في التعشيق، وخروجه من التعشيق تكون سريعة جداً من أجل المسنّات الدائرة عند سرعات عالية (حوالي 1500 rpm) [3][6] ، وتتم خلال فترة زمنية قصيرة جداً، وبالتالي لا يملك خليط (الزيت - الهواء) في هذه الحالة الزمن الكافي للخروج من الفراغ بين الأسنان، مما يؤدي إلى تعرّضه لعملية انضغاط، وبالتالي إلى ارتفاع كبير في درجة حرارته، وهذا يسبب تمدّات غير متجانسة على طول عرض السن. لذا فإن دراسة هذه الظاهرة تسمح بحساب ضياح الطاقة والحساب الحراري الناتج عنها.

تمّت دراسة هذه الظاهرة بالاستعانة ببرنامج حاسوبي مطور في مختبر INSA [3] ، المخطط الصندوقي للبرنامج يظهر في الملحق (3)، يقوم هذا البرنامج بالحساب الهندسي الدقيق لظاهرة التعشيق، حيث يسمح بحساب الحجم المتشكّل بين الأسنان خلال التعشيق، بالإضافة إلى تغييره من أجل كل لحظة، ويحسب أيضاً مساحة السطوح

التي يخرج من خلالها خليط (الزيت - الهواء) ومن يحسب الضياع الناتج عن انضغاط هذا الخليط . نتائج البرنامج مدرجة بالجدول (3) علماً انه حصلنا من المخبر على النتائج فقط دون البرنامج.

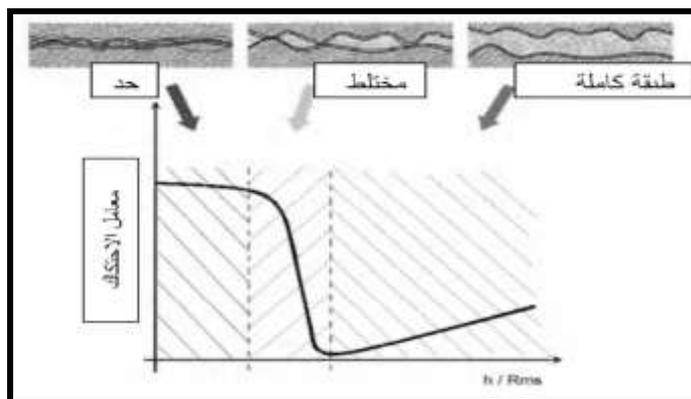
الجدول (3) ضياع الطاقة نتيجة انحباس خليط (الزيت - الهواء) بين الأسنان لعبة السرعة المدروسة

السرعة (rpm)	ضياع انحباس خليط (الزيت - الهواء) (w)	
30	2.3759×10^{-06}	مرحلة اولى
40	3.9566×10^{-06}	
50	0.0042537	
104	0.00166	مرحلة ثانية
138.667	0.0044	
173.333	0.096	
360.533	0.024	مرحلة ثالثة
480.711	0.0492	
600.889	0.096	

ثالثاً - ضياع الاحتكاك بين الأسنان [3]:

إن التآكل الناتج عن الاحتكاك بين سطوح الأسنان له عدّة عوامل:

- يظهر التآكل عادة على السطح الأبطأ، ينخفض عند قيم عالية لكل من الانزلاق النسبي واللزوجة.
- تلعب طبيعة الزيت دوراً هاماً في تحديد طبيعة التآكل، وعمر الآلية، حيث أن وجود إضافات كيميائية في الزيت يمكن أن تزيد أو تنقص من عمر الآلية، وذلك حسب تركيزها وردّ فعلها على معدن السطوح المتحاكة .
- ينتج عن ارتفاع الخشونة انخفاض في عمر الآلية.
- أوضحت العديد من الدراسات التأثير المشترك للخشونة (Rms)، والسماكة الأصغرية لطبقة الزيت (h) على معامل الاحتكاك وبالتالي على ضياع الاحتكاك كما في الشكل (3) [5] .



الشكل (3) التأثير المشترك للخشونة والسماكة الأصغرية لطبقة الزيت على معامل الاحتكاك [3]

تظهر العوامل السابقة أهمية المعرفة الحقيقية لنوعية السطوح، ومعرفة سماكة طبقة الزيت الموجودة بين السطوح المتحاكة [6]، وذلك للوصول إلى وثوقية عمل عالية، بتقليل ضياع القدرة الناتج عن الاحتكاك.

نعلم أن ضياع القدرة بالاحتكاك، يشكل النسبة العظمى من الضياع الكلي، في أغلبية ميكانيزمات نقل القدرة، التي تعمل عند السرعات المنخفضة، وحتى المتوسطة، ينتج هذا الضياع عن انزلاق سطح السن على سطح سن آخر متعشق معه، وبما أن للسطحين رؤوساً خشنة (غير ملساء)، إذاً هناك معامل احتكاك μ يتغير بتغير نقطة الاحتكاك، ينتج عنه قوة احتكاك تعطي عملاً ضائعاً هو ضياع القدرة بالاحتكاك، حساب هذا الضياع يعتمد على حساب معامل الاحتكاك μ من أجل كل نقطة تعشيق:

$$P = F_t \times U \quad ; \quad F_t = \mu \times F_n$$

$$P = \mu \times F_n \times U$$

F_t : قوة مماسية بين سنين [N].

U : سرعة الانزلاق [m/s].

μ : معامل الاحتكاك.

F_n : القوة الناعمية المنقولة على سطح السن [N].

تم الاستعانة بمودول رياضي يسمح بحساب معامل الاحتكاك بين سطحين متماسين يفصل بينهما طبقة زيت. يعتمد هذا المودول على تقسيم الاحتكاك الحاصل في نقطة الاحتكاك إلى قسمين:

• احتكاك جاف على رؤوس الخشونة السطحية للسطحين، كون طبقة الزيت التي تفصل بين السطحين في المسننات، لا يمكن أن تغطي كامل رؤوس الخشونة.

• احتكاك سائلي يتم داخل طبقة الزيت، ينتج عنه إجهادات القص، التي تحدث ضمن طبقة الزيت.

تم إدخال معامل الاحتكاك، المحسوب من البرنامج السابق، ضمن برنامج آخر يعتمد على تقسيم نقطة الاحتكاك إلى عدد منته من القطع المربعة [7]، التي يمثل مجموعها مساحة نقطة الاحتكاك، حيث أنه في منتصف كل قطعة يتم حساب القوة الناعمة المؤثرة، ومن ثم يتم حساب قوة الاحتكاك الموضعية المؤثرة في النقطة، وبعد ذلك يمكن حساب ضياعات الاحتكاك. النتائج مدرجة بالجدول (4) :

الجدول (4) ضياع الاحتكاك لعنفة السرعة المدروسة

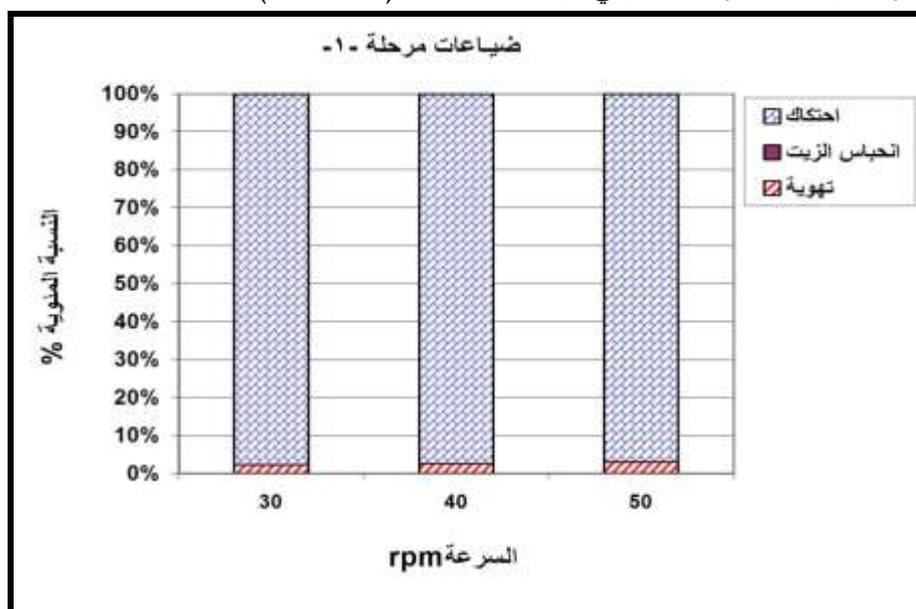
السرعة (rpm)	ضياع الاحتكاك (w)	
30	35.15637099	مرحلة أولى
40	34.64466357	
50	34.33748351	
104	17.86555359	مرحلة ثانية
138.667	17.32733273	
173.333	18.19420651	
360.533	12.04754073	مرحلة ثالثة
480.711	11.84715276	
600.889	9.044207451	

الضياع الكلي للطاقة: بعد أن قمنا بحساب الضياعات الثلاثة السابقة نعرض قيم الضياع الكلي للمراحل الثلاث في الجدول (5) وذلك عند قيم السرعة (30,40,50) للمرحلة الأولى.

الجدول (5) الضياع الكلي لعلبة السرعة المصممة

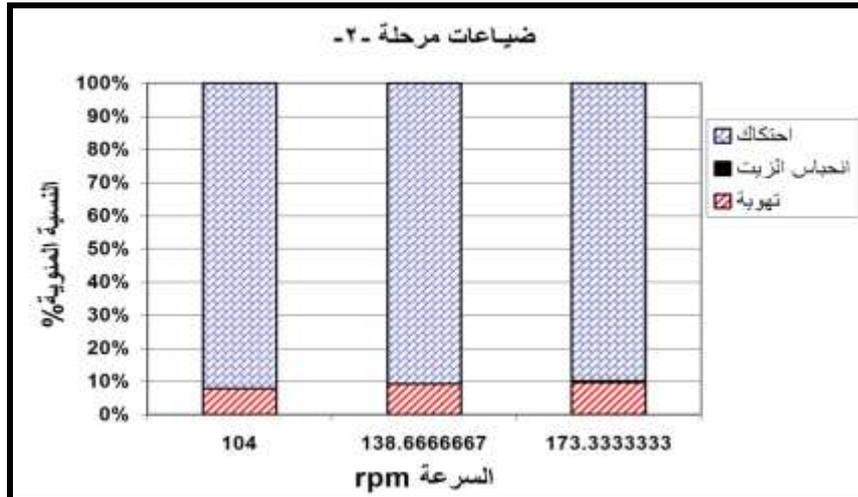
الضياع الكلي (٣-٢-١)			
n (r.p.m)	ضياع التهوية الكلي (w)	ضياع انحباس الزيت الكلي (w)	ضياع الاحتكاك الكلي (w)
30	5.162344476	0.025662376	65.06946531
40	5.961026148	0.053603957	63.81914905
50	8.975076554	0.1962537	61.57589747

قمنا بعد الانتهاء من حساب جميع الضياعات برسم مخططات تبين النسب المئوية للضياعات لكل مرحلة من مراحل علبة السرعة، و لعلبة السرعة ككل وهي موضحة بالأشكال (4-5-6-7) :

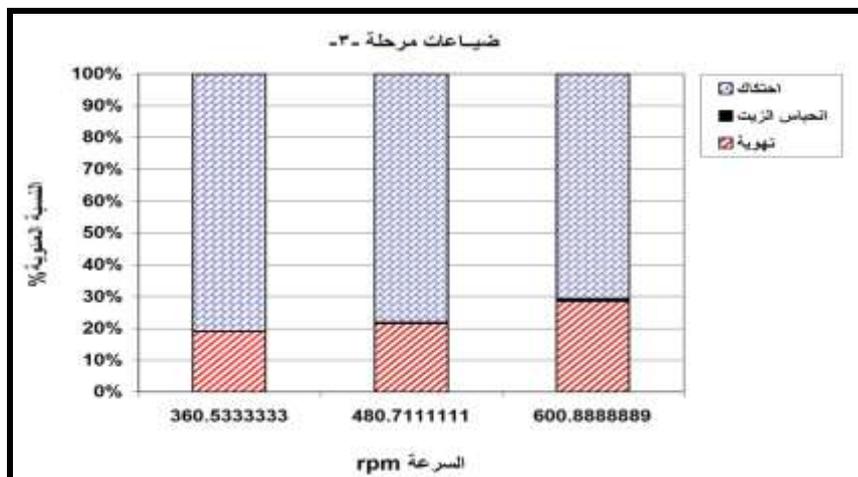


الشكل (4) النسبة المئوية للضياعات في المرحلة الأولى

نلاحظ من الشكل (4) أنه في المرحلة الأولى ضياع الطاقة بالاحتكاك يشكل تقريباً معظم الضياع الكلي، لأن سرعة دوران هذه المرحلة منخفضة، وضياع التهوية وضياع انحباس خليط (الزيت- هواء) مهمل بالنسبة إلى الضياع الكلي.

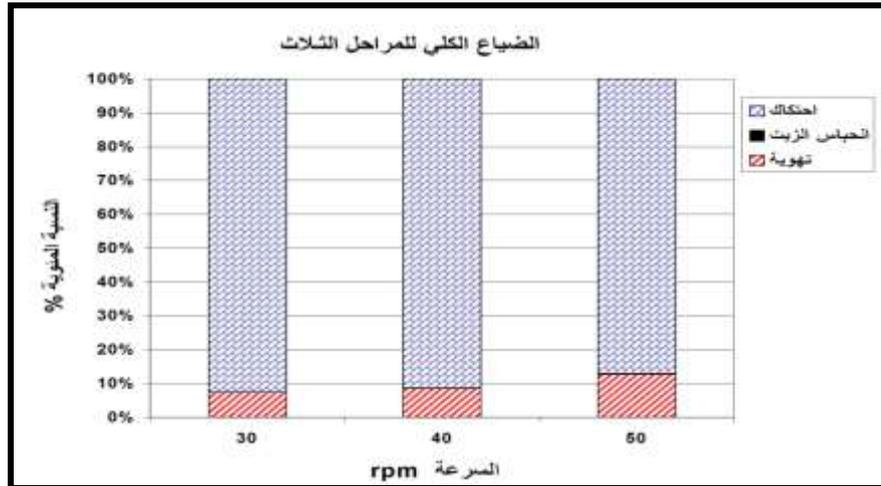


الشكل (5) النسبة المئوية للضياعات في المرحلة الثانية



الشكل (6) النسبة المئوية للضياعات في المرحلة الثالثة

نلاحظ في المرحلة الثانية والثالثة ظهور ضياع الطاقة بالتهوية بنسبة تتراوح بين (10 - 30%)، وانبحاس خليط (الزيت - الهواء) الموجود في الفراغ بين الأسنان، ولكن بنسبة صغيرة مقارنة مع بقية الضياعات.



الشكل (7) النسبة المئوية للضياعات في علبه السرعة بمراحلها الثلاثة

الضياع الكلي في علبه السرعة بمراحلها الثلاث يظهر بالشكل (7) حيث نلاحظ أن ضياع القدرة بالاحتكاك يشكّل أكثر من 85 % من الضياع الكلي.

حساب المردود [3]: يعطى مردود كل مرحلة بالعلاقة التالية :

$$\eta = 1 - (p_{total} / p_{in})$$

p_{total} [W] : الضياع الكلي في المرحلة

p_{in} [W] : استطاعة الدخل في المرحلة

بعد حساب قيم المردود لكل مرحلة (η_1 ، η_2 ، η_3) يمكن حساب المردود الكلي من العلاقة :

$$\eta_{total} = \eta_1 \times \eta_2 \times \eta_3$$

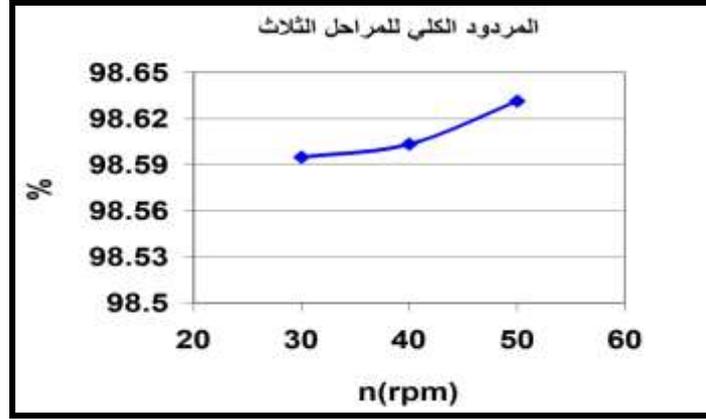
والنتائج مبينة بالجدول (6) حيث نلاحظ أن مردود المرحلة الأولى هو الأخفض بين المراحل، بينما المردود لكل

مرحلة من المراحل الثلاث تقريباً ثابت مع تغير سرعة الدوران .

الجدول (6) قيم المردود لكل مرحلة والمردود الكلي لعلبة السرعة

السرعة (rpm)		% المردود η
30	مرحلة اولى	0.9928056
40		0.9928827
50		0.992921
104	مرحلة ثانية	0.9960947
138.667		0.9961555
173.333		0.9959209
360.533	مرحلة ثالثة	0.9969868
480.711		0.9969342
600.889		0.9974131
السرعة (rpm)		% المردود الكلي η
30		0.9859485
40		0.9860332
50		0.9863126

الشكل (8) يوضح قيمة المردود الكلي لعلبة السرعة المصممة بمراحلها الثلاث وتم اعتماد قيم السرعة للمرحلة الأولى (30,40,50) والتي سوف تكون مسننات المرحلة الثانية حتماً تدور على التوالي عند السرع (104, 138.667,173.333) وكذلك الأمر بالنسبة للمرحلة الثالثة.



الشكل (8) المردود الكلي لعلبة السرعة المصممة

الشكل (8) يبين المردود الكلي للمراحل الثلاث، وفيه يظهر أن المردود يزداد مع زيادة سرعة الدوران لأنه مع زيادة سرعة الدوران تقل قيمة ضياع الاحتكاك وبالتالي تقل قيمة الضياع الكلي، عندئذ يزداد المردود . كما نلاحظ أنه لا يوجد فرق كبير في قيمة المردود بين المراحل الثلاث وهذا دليل على جودة تصميم علبة السرعة وعلى قلة الضياع فيها.

الاستنتاجات والتوصيات:

الاستنتاجات:

بالنسبة لضياع التهوية تبين أن ضياع الطاقة بالتهوية يزداد بشكل عام مع زيادة سرعة الدوران بينما ينخفض ضياع الاحتكاك.

بالنسبة لتحليل الضياعات بأنواعها من أجل كل مرحلة من المراحل المدروسة نلاحظ أنه:

1- في المرحلة الأولى ضياع الطاقة بالاحتكاك يشكّل تقريباً معظم الضياع الكلي، لأن سرعة دوران هذه المرحلة منخفضة، في حين أنه في المرحلة الثانية والثالثة نلاحظ ظهور ضياع الطاقة بالتهوية بنسبة تتراوح بين (10 - 30%)، ويانحس خليط (الزيت - الهواء) الموجود في الفراغ بين الأسنان، ولكن بنسبة صغيرة مقارنة مع بقية الضياعات.

2- بالنسبة للضياع الكلي نلاحظ أن ضياع القدرة بالاحتكاك يشكّل أكثر من 85 % من الضياع الكلي.

3- إن مردود المرحلة الأولى هو الأخفض بين المراحل، كما أن المردود لكل مرحلة من المراحل الثلاث تقريباً ثابت مع تغير سرعة الدوران .

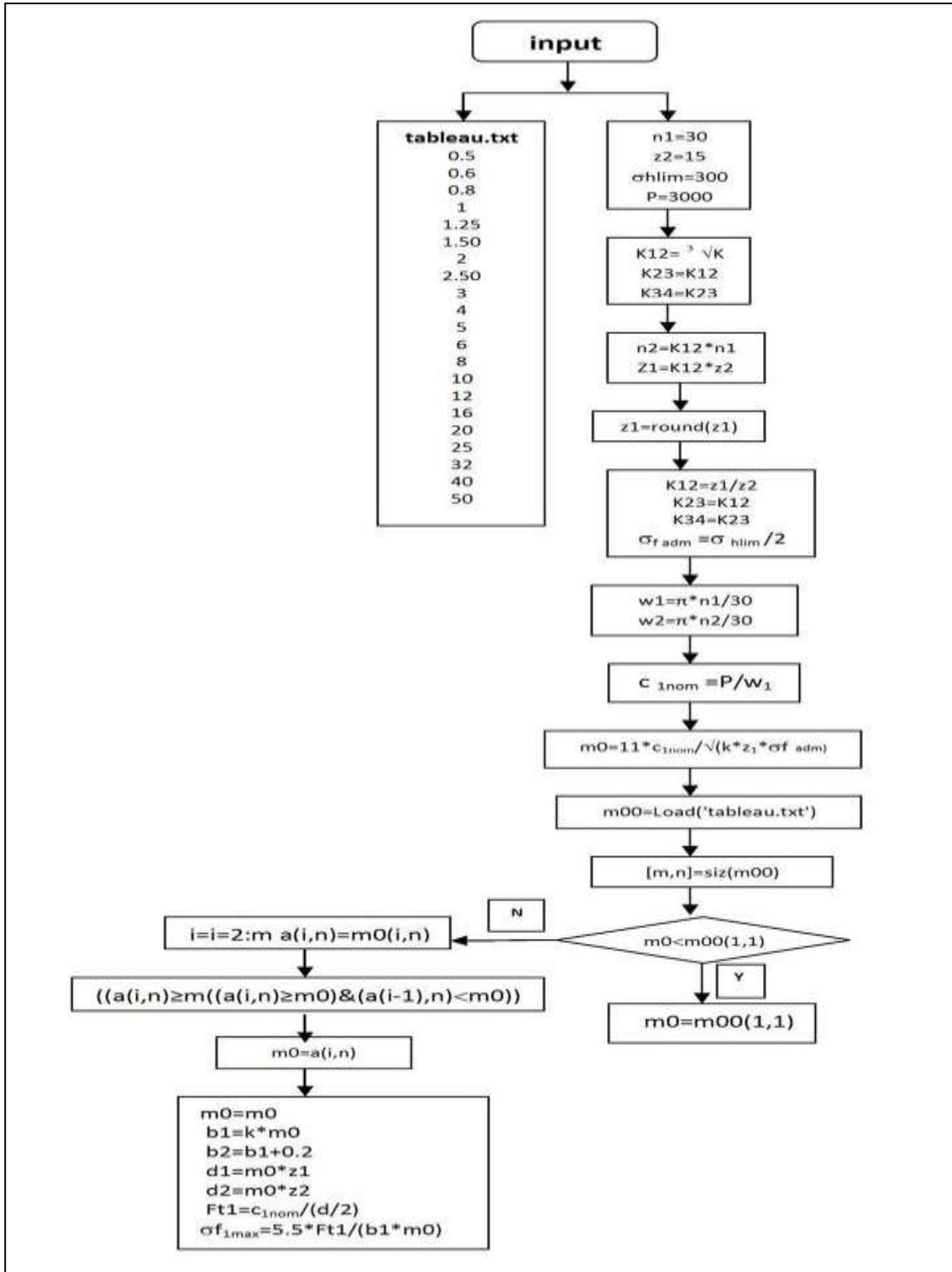
- 4- يزداد المردود الكلي للمراحل الثلاث مع زيادة سرعة الدوران لأنه عند زيادة سرعة الدوران تقل قيمة ضياع الاحتكاك وبالتالي تقل قيمة الضياع الكلي، عندئذ يزداد المردود .
- 5- هذه الدراسة التي تمت على ثلاث مراحل مذكورة آنفاً، بيّنت أنه من أجل تخفيض الضياع، ورفع المردود الكلي، فإنّه يجب العمل على تخفيض ضياع القدرة بالاحتكاك للمرحلة الأولى، في حين يجب في المرحلة الثانية والثالثة العمل على تخفيض ضياع القدرة بالتهوية والاحتكاك .

التوصيات:

1. من أجل زيادة مردود علبة السرعة يجب تخفيض قيمة الضياع الكلي، و يتم ذلك بتخفيض قيمة كل من ضياع الاحتكاك، وضياع التهوية، وضياع انحباس الزيت بين الأسنان .
2. يفتح هذا العمل يفتح المجال لقياس ضياع الطاقة من أجل المسننات من أنواع خاصة (مخروطية- مسننات ذات تعشيق داخلي)، بهدف إيجاد العلاقة بين ضياعات الطاقة في هذه الآليات، وبكفاءة أنظمة النقل، وذلك تبعاً لشروط العمل .

(1) الملحق

المخطط الصندوقي لبرنامج تصميم آلية نقل القدرة المقترح تركيبها في العنفة الريحية



الملحق (2)

```

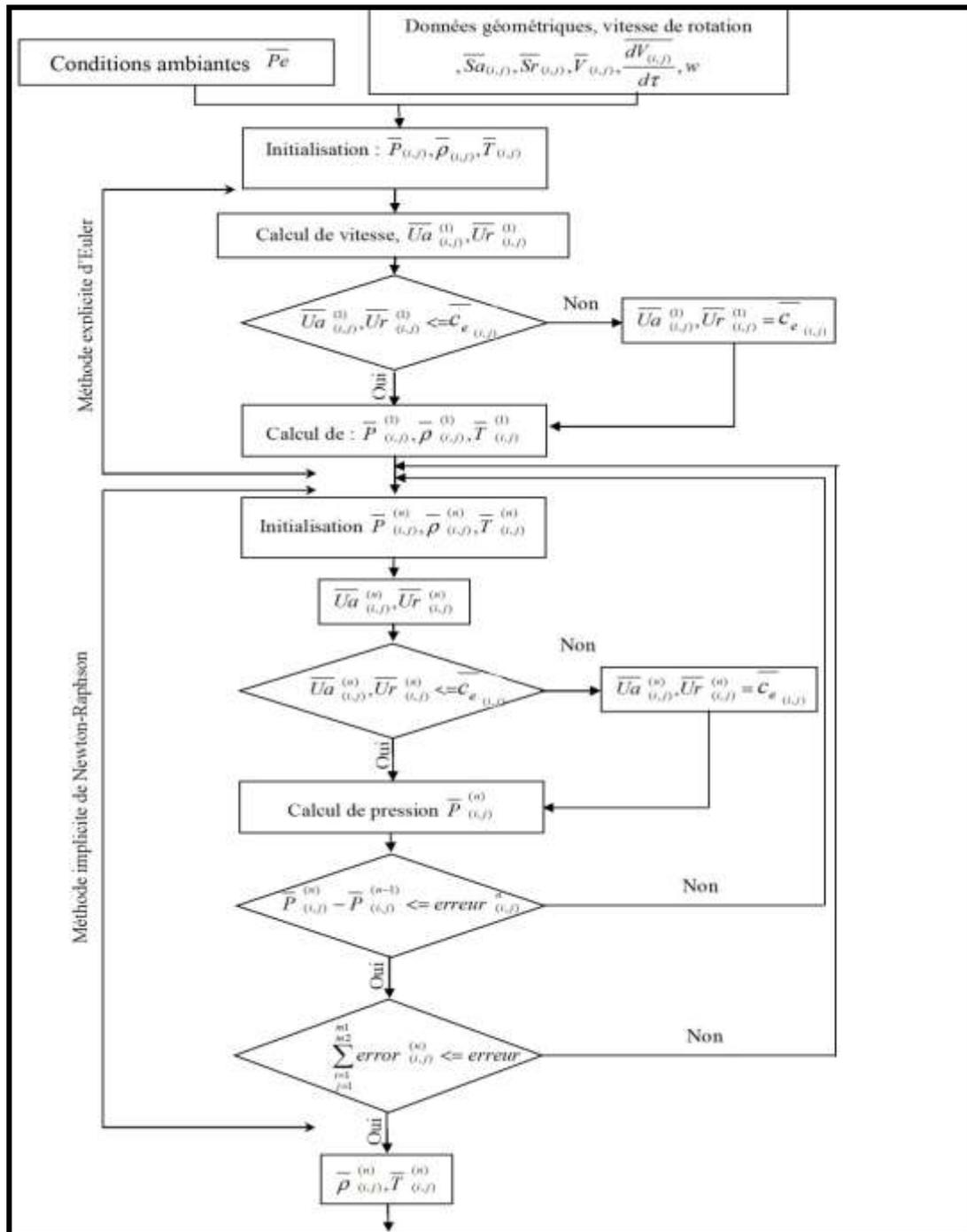
clc
clear all
close all
n1=30;
segmahlim=300;
P=5000;
K=41.66;
k=12;
K12=K^(1/3);
K23=K12;
K34=K23;
z2=15;
n2=K12*n1;
z1=K12*z2;
z1=round(z1)
K12=z1/z2
K23=K12;
K34=K23;
segmafadm=segmahlim/2;
w1=pi*n1/30;
w2=pi*n2/30;
c1nom=P/w1;
m0=(11*c1nom/(k*z1*segmafadm))^(1/3);
m00=load('tableau.txt');
[m,n]= size(m00);
if m0<m00(1,1)
    m0=m00(1,1);
else

    for i=2:m
        a(i,n)=m00(i,n);

        if ((a(i,n)>=m0)&(a(i-1,n)<m0))
            m0=a(i,n)
        end
    end
end
m0=m0
b1=k*m0
b2=b1+0.2
d1=m0*z1
d2=m0*z2
Ft1=c1nom/(d1/2)
segmaf1max=5.5*Ft1/(b1*m0)
    
```

برنامج لتصميم آلية نقل القدرة بلغة الماتلاب

الملحق (3)



مخطط صندوقيّ لبرنامج حساب ضباعات انحباس خليط (الزيت - الهواء) بين الأسنان [3]

المراجع:

المراجع العربية :

- [1] أطلس الرياح في الجمهورية العربية السورية/ اشراف: السيد بسام مهنندار المدير العام للأرصاد الجوية، الدكتور المهندس علي محمود المدير العام للشركة العامة السورية لأعمال الكهرباء والاتصالات ، دمشق عام 1998.
- [2] مشروع دبلوم بعنوان / دراسة وتصميم محطة طاقة باستطاعة تقديرية 1MW تعمل على طاقة الرياح والطاقة الشمسية لتغذية قرية سكنية في محافظة اللاذقية / إعداد : م عمر شبيب، م عبد الرحمن قصار ، إشراف : د م . نبيل كشكية ، جامعة دمشق، 2003.

المراجع الأجنبية :

- [3] DIAB .Y. THESE pour obtenir le grade de docteur "*analyse des pertes de puissance dans les transmissions par engrenages A grande vite*" Lyon.france;2005..
- [4] DUFAILY.J."calcul de la capacité de charge des engrenages cylindriques de transmission de puissance ". 1998.
- [5] Vaishya M.and Houser D.R.<< Modeling and measurement of sliding friction for gear analysis >> *American gear Manufacturers association*, 1999,No.99 FTMS1,PP 1-20.
- [6] Ville F.Velex P. << Introduction du frottement sur les dentures dans la simulation du comportement dynamique de transmissions par engrenages>> XIV éme Colloque, "Vibrations,chocs et bruit", Juin 2004,Lyon,12 pages.
- [7] Ville F.Nélias D.Tourlonias G.Flamand L.and Sainsot P. <<On The Tow Disc Machine: A Polyvalent and Powerful Tool to Study Fundamental and Industrial Problems Related to Elastohydrodynamic Lubrication >> *Tribology series* , 2001, Vol.39,PP 393 – 402.