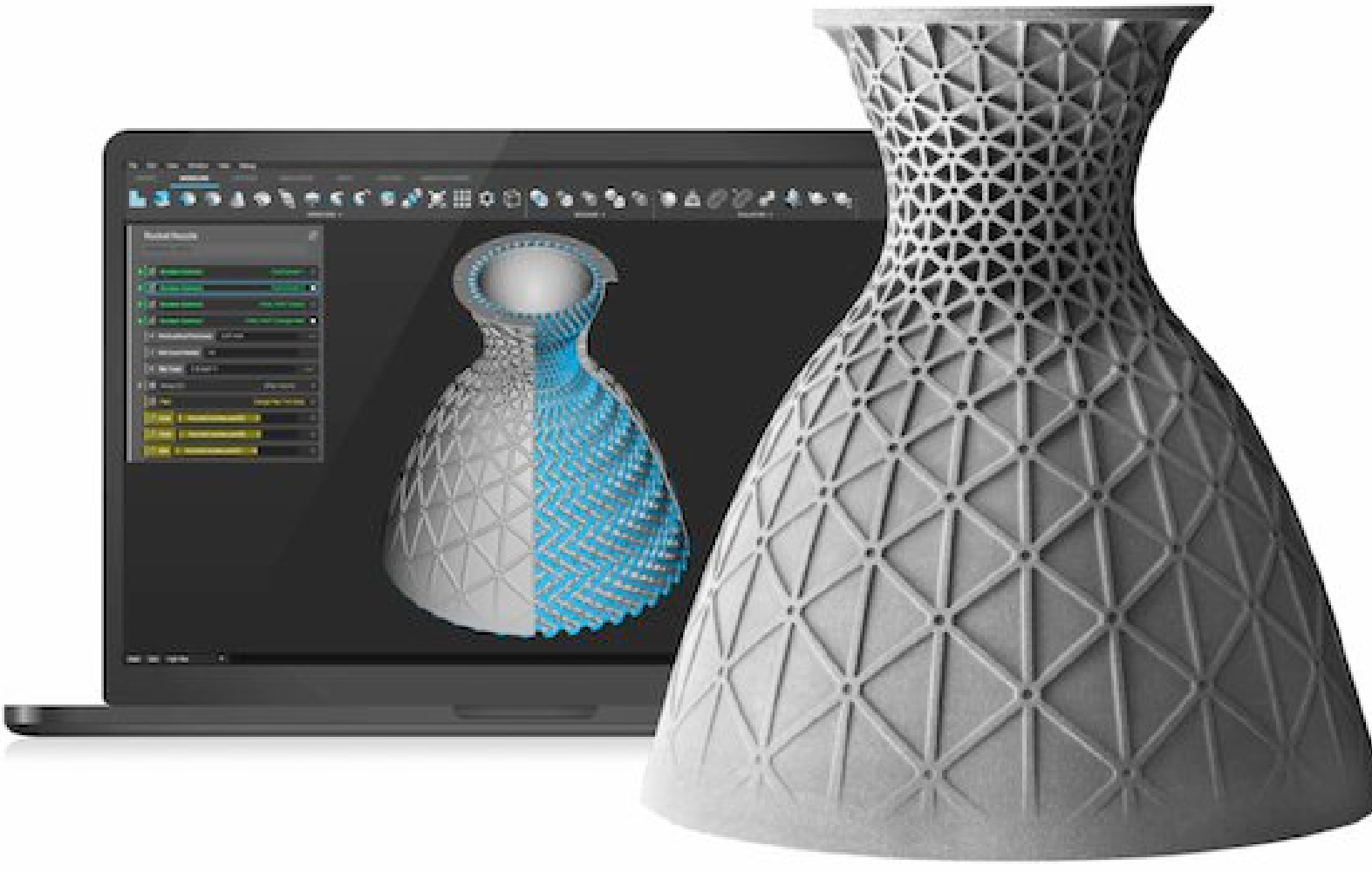
مدخل لبرنامج nTopology و التكامل مع SOLIDWORKS

تأليف

المهندس/ خالد على عبدالحميد الهادي

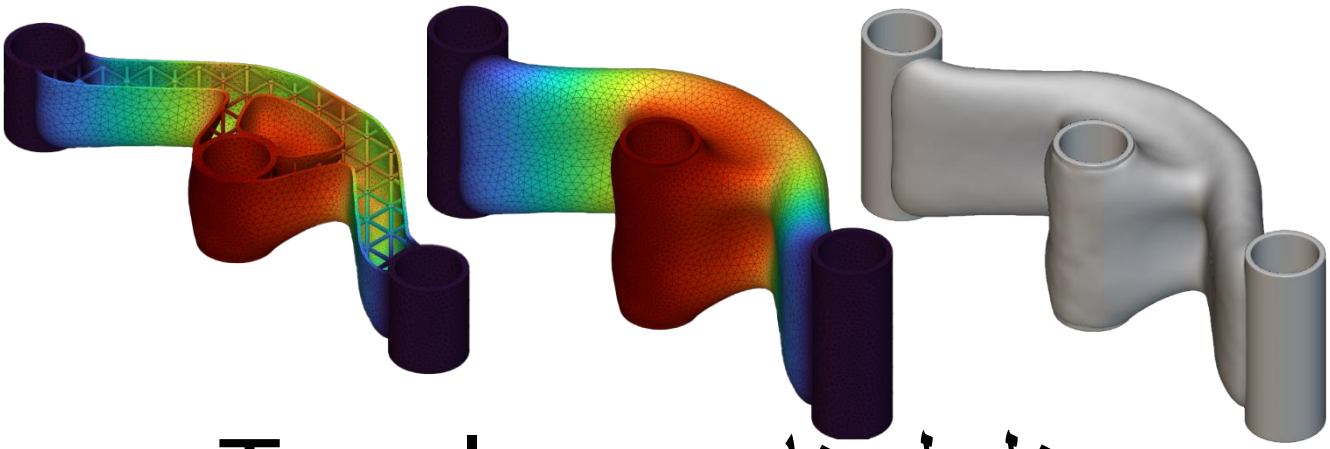


منشورات الأكاديمية الإفريقية للدراسات المتقدمة

رقم الإيداع القانوني: 2023/797

ردمك ISBN: 978-9959-1-3262-8

بسم الله الرحمن الرحيم



مدخل لبرنامج nTopology والتكامل مع SOLIDWORKS

منشورات الأكاديمية الأفريقية للدراسات المتقدمة (AAAS)

تأليف

م. خالد على عبد الحميد

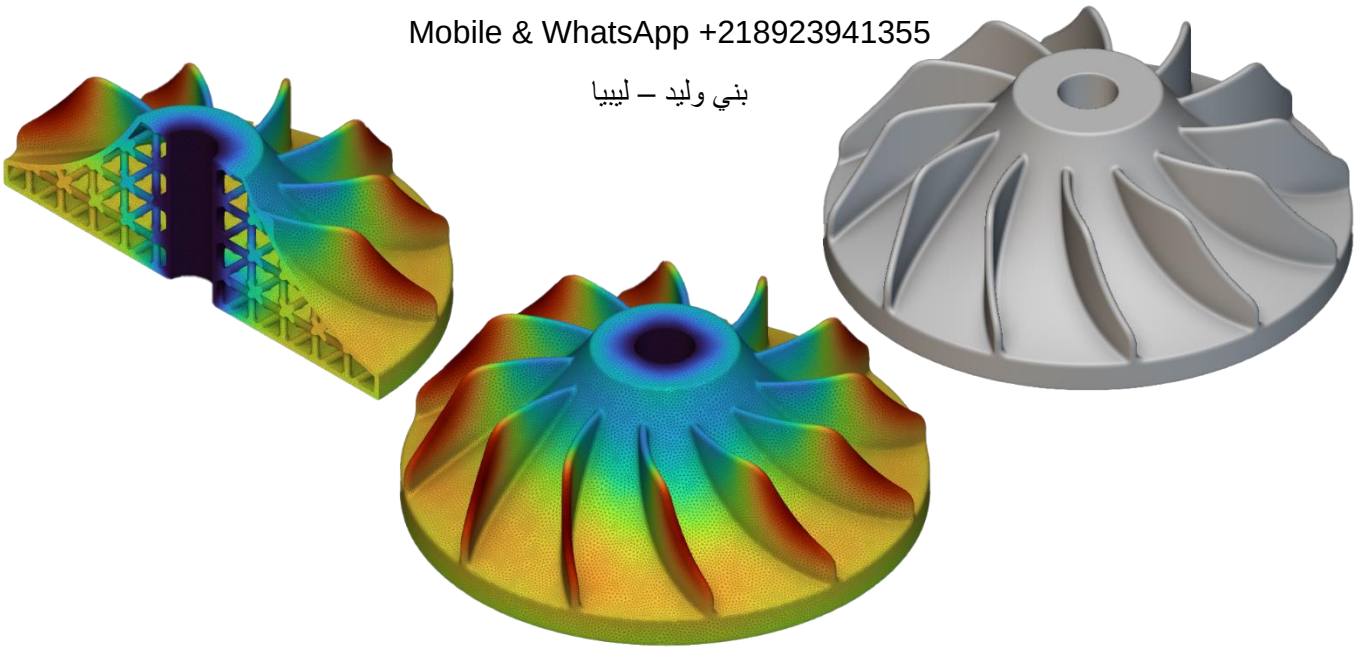
هذا المؤلف مجاني حقوق النسخ غير محفوظة

يجوز نسخه او توزيعه او اختزاله بأي طريقة بشرط ان لا يهدف للربح المادي

kazpayda@gmail.com

Mobile & WhatsApp +218923941355

بني وليد – ليبيا



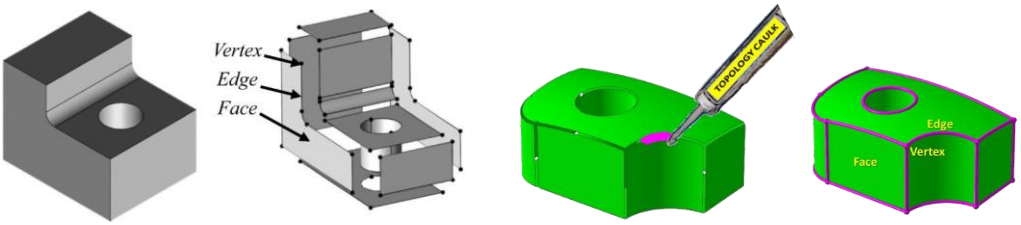
الاهداء

الى كل من ساهم في اخراج هذا العمل

سائلا الله القبول

مقدمة

يعتبر برنامج (nTopology) من برامج الجيل الثاني من برامج (CAD) حيث ان برامج الجيل الأول مثل (NX وCatia وCreo وSolidWorks وغيرها) تعتمد النمذجة الصلبة ذات التمثيل الحدودي وتعرف اختصارا بـ (B-rep) boundary-representation حيث انها كانت أول تقنية تمثل الهندسة الاسمية بدقة ميكرون واحد. فتمثيل الحدود (B- rep) هي مجموعة من الوجوه التي تشكل الحدود (القشرة الخارجية) للكائن. يتم لصق الوجوه معا بواسطة معلومات "الطوبولوجيا" التي تصف الاتصال، مثل الحواف التي تقع على كل وجه، والوجوه التي تلتقي عند كل رأس، وما إلى ذلك، كما هو موضح في الشكل التالي:

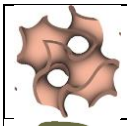
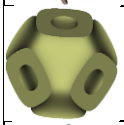
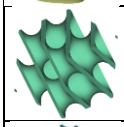
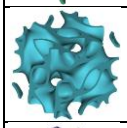
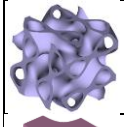
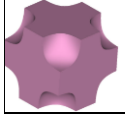


يعمل هذا النموذج بشكل جيد مع نماذج CAD ذات التعقيد المنخفض إلى المتوسط إلا أن التصميمات التفصيلية للغاية والأشكال العضوية وبيانات المسح والهياكل الشبكية والمسامية والمواد المتنوعة مكانيا والأجزاء المصنعة بشكل إضافي لا يتم تمثيلها بشكل جيد بواسطة B-reps. بل تفشل هذه البرامج في معالجة هذه النماذج نتيجة للحجم الهائل من البيانات التي تحتاجها.

وفي الوقت الذي يتيح فيه التصنيع الإضافي إنتاج أشكال هندسية معقدة للغاية مثل تكرار الهياكل الشبكة والأشكال العضوية. يمكن أن تؤدي حرية التصميم هذه إلى تحسين الأداء من حيث الوزن والإجهاد وتدفق السوائل ونقل الحرارة الخ. ومع ذلك، فإن نمذجة ملفات الهندسة المعقدة وتحريرها ومعالجتها يمثل تحديا لبرنامج CAD الحالية.

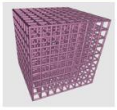
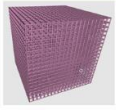
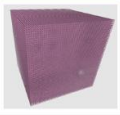
البساطة الرياضية للنمذجة الضمنية

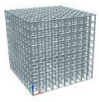
حيث ان برنامج (nTopology) من أوائل البرامج التي تستخدم النمذجة الضمنية (Implicit simulation) وهي طريقة أكثر فأعليه للنمذجة الهندسية. هذه البرامج لا تحسب صراحة أي حواف أو رؤوس. بدلا من ذلك، يتم استخدام دالة رياضية واحدة من(x وy وz) لوصف أي شكل مهما كان تعقيده. فيمكن وصف كل شكل من الاشكال التالية بمعادلة واحدة

	sin(x) cos(y) + sin(y) cos(z) + sin(z) cos(x)
	cos(x)+cos(y)+cos(z)
	sin(x)*sin(y)*sin(z)+sin(x)*cos(y)*cos(z)+cos(x)*sin(y)*cos(z)+cos(x)* cos(y)*sin(z)
	sin(2*x) * cos(y) * sin(z) + sin(2*y) * cos(z) * sin(x) + sin(2*z) * cos(x) * sin(y) - cos(2*x) * cos(2*y) - cos(2*y) * cos(2*z) - cos(2*z) * cos(2*x) + .3
	(sin(2*x)*sin(z)*cos(y)+sin(2*y)*sin(x)*cos(z)+sin(2*z)*sin(y)*cos*1.1 (x))-0.2*(cos(2*x)*cos(2*y)+cos(2*y)*cos(2*z)+cos(2*z)*cos(2*x))- 0.4*(cos(2*x) + cos(2*y) +cos(2*z))
	(cos(x)+cos(y)+cos(z)) +4*cos(x)*cos(y)*cos(z)*3

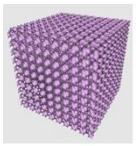
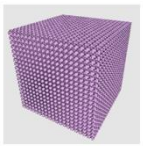
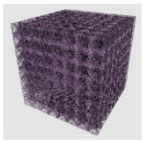
مقارنة احجام النماذج بين الطريقتين

النماذج في nTopology أصغر من نفس التصميمات في أنظمة CAD التقليدية بعامل 60 مرة تقريبا. تصف البيانات أدناه الأحجام الموجودة على القرص لبعض النماذج الشبكية المكونة من عوارض أسطوانية:

Cells	125	1,000	8,000	125,000	1,000,000
nTop					
Disk	31KB	120KB	940KB	16MB	127MB

Cells	125	1,000	8,000	125,000	1,000,000
B-rep (Parasolid)				?	?
Disk	1.1MB	8.1MB	66MB	1 GB*	8 GB*
Factor	35x	67x	70x	62x*	63x*

بالنسبة للأشكال الدورية الثلاثية مثل TPMs، فإن نماذج nTopology صغيرة بشكل مثير للدهشة. يوضح الجدول التالى أحجام (في الذاكرة وعلى القرص) من المشابك TPM مع أعداد مختلفة من الخلايا.

				
Array size	10x10x10	20x20x20	50x50x50	100x100x100
Cells	1,000	8,000	125,000	1,000,000
Memory*	280 MB	320 MB	340 MB	360 MB
Disk	6 KB	6 KB	6 KB	6 KB

الحجم على القرص هو 6 كيلوبايت فقط في كل حالة، لأن nTopology يخزن فقط معادلة TPM

$$F\ (x,\ y,\ z) = \cos x \sin y + \cos y \sin z + \cos z \sin x$$

الحالة الأكثر واقعية هي هذا المبادل الحراري الذي يحتوي على بنية شبكية TPMs مع 10000 خلية.

	NTopology	نظام B-rep
الوقت لتوليد	2 دقيقة	6 أيام
مساحة القرص	1.3 ميغابايت (*)	1.5 غيغابايت

(*) في الواقع، معظم 1.3 ميغابايت هو سطح مستورد. بيانات TPMs نفسها ليست سوى حوالي 10 كيلوبايت.

طبعا هذا لا يعني اطلاقا هجرة البرامج من الجيل الأول فانا مازلت ادُرس وانصح بتدريس برامج مثل (Solidworks & Creo) لكن علينا تعلم برامج الجيل الثاني وعلى رأسها (nTopology) لتغطية العجز في مجال الطوبولوجيا (Topology) والهياكل الشعرية (Lattice) والعمل في مجال التصنيع المتقدم والطباعة ثلاثية الابعاد يتيح لنا التطوير في التصميم والإنتاج في مجالات مختلفة مثل الطب والدفاع والصواريخ والطائرات وحتى الأثاث والموضة ولأننا نعتقد بان الطباعة ثلاثية الابعاد سوف تدخل كل بيت في القريب العاجل لذا علينا الاستعداد واعداد الجيل القادم لهذه التقنية .

والله ولي التوفيق

نماذج من التصاميم المنفذة ببرنامج (nTopology)

المشتت الحراري لأسطوانة محرك الاحتراق الذي صممته شركة Cobra Aero

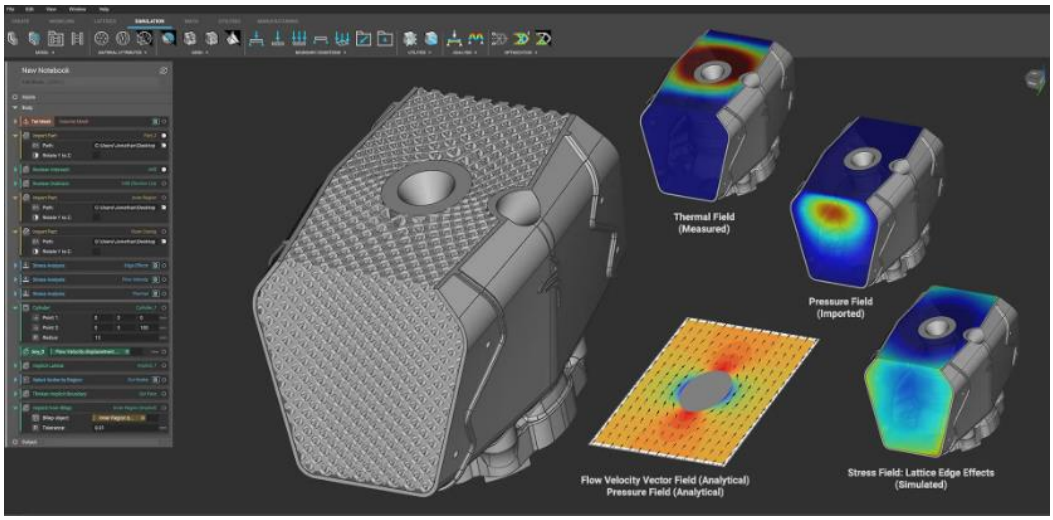
أعادت شركة Cobra Aero تصميم الأسطوانة المبردة بالهواء لمحركات الطائرات بدون طيار الخاصة بها بالكامل للتصنيع المضاف. باستخدام هياكل شبكية مطابقة، طوروا أسطوانة محرك قابلة للتصنيع في قطعة واحدة وتزن 420 جراما فقط.

تحسين بنية الشبكة لنقل الحرارة:

المشكلة هي أن مقدار انخفاض الضغط عبر قناة التبريد يرتبط ارتباطا مباشرا بمقدار السحب على هيكل الطائرة. كنا بحاجة إلى العثور على تلك البقعة المثالية حيث نحصل على ما يكفي من الحرارة بعيدا عن الأسطوانة، لكننا لا نضيف قدرا هائلا من السحب على الهيكل بأكمله حتى تتمكن الطائرة بدون طيار من الطيران لفترة أطول وأكثر كفاءة ".

للتغلب على هذا التحدي، استخدمت Cobra Aero قدرات التصميم (nTopology) للتحكم مكانيا في خصائص الشبكة. استخدموا مجموعة من عمليات المحاكاة متعددة الفيزياء كمدخلات - درجة الحرارة وسرعة تدفق الهواء وانخفاض الضغط والضغوط الميكانيكية - لتوليد بنية محسنة للغاية.

ببساطة، قاموا بتشديد بنية الشبكة في المناطق التي يكون فيها التوصيل أكثر أهمية، بينما في المناطق التي يكون فيها الحمل الحراري أكثر أهمية (وكانت هناك حاجة إلى مزيد من تدفق الهواء لسحب الحرارة بعيدا)، قاموا بتخفيف بنية الشبكة.

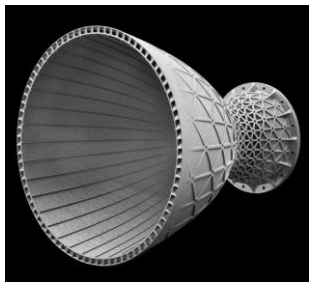
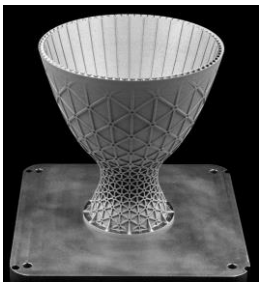
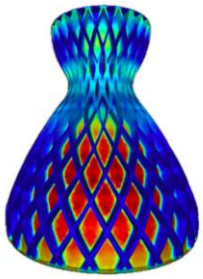


تطوير تصميم فوهات الصواريخ

ادت الشراكة بين nTopology مع شركة Alloyed إلى تقليل وقت البناء بنسبة 28٪ لجزء فوهة الصاروخ، مما يثبت أن التصميم الذكي والوظائف المعقدة يمكن أن يسيرا جنبا إلى جنب مع زيادة الإنتاجية مع Metal AM.

صممت nTopology الهيكل الميكانيكي الأساسي للجزء، باستخدام برنامج (nTopology) لتحويل نموذج 3D لجزء الفوهة إلى نموذج ضمني. ثم استخدم الفريق أدوات تحسين الطوبولوجيا المتقدمة والمحاكاة من nTopology لتحسين تصميم الجزء. من خلال العمل مع Alloyed وتطبيق قدرات تقنية التحكم في المحرك والعمليات الفريدة الخاصة بها، تمكنوا من زيادة تحسين تصميم تصنيع المضافات المعدنية. على وجه التحديد عملية دمج طبقة مسحوق الليزر (PBF).

مكن هذا التطبيق لتكنولوجيا برمجيات Alloyed من زيادة كبيرة في الإنتاجية لجزء فوهة الصواريخ المعدنية المعقدة. بالنسبة لهذا المشروع المحدد، حققت Alloyed انخفاضا ملحوظا في وقت البناء على نظام AM من 25 ساعة إلى 18 ساعة، أو 28٪.

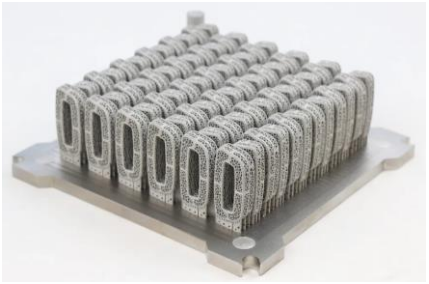
أجهزة تقويم العظام القابلة للزرع من SI-BONE، المصممة في (nTopology).

SI-BONE هي شركة أجهزة طبية صممت بنية شبكية عظمية تكاملية جديدة تستخدم في جراحة المفاصل طفيفة التوغل. يوفر هذا الهيكل المبتكر دعما أفضل لدمج العظام. قام الفريق الهندسي في شركة SI-BONE بتطبيق هذا الهيكل الشبكي على عائلة منتجات تضم أكثر من 70 جزءا فريدا. حقق الفريق ذلك في أقل من ست ساعات مع ضمان إمكانية تتبع عملية التصميم. تتمثل الفوائد الرئيسية لهذا التصميم الجديد في تقليل المخاطر التشغيلية وتوفير الوقت بشكل كبير. ميزة أخرى هي أن التصميم أكثر موثوقية ويمكن إعادة إنتاجه بدقة وسرعة.

توفر هذه التكنولوجيا الجديدة إمكانات كبيرة للعديد من الشركات في صناعة الأجهزة الطبية، وقد منحتها إدارة الغذاء والدواء الأمريكية تسمية الأجهزة الطبية المتقدمة.

بناء غرسات العمود الفقري المطبوعة 3D التي تعزز الاندماج العظمي

تم تصميم لوحة البناء المصنعة بشكل مضاف مع غرسات العمود الفقري المطبوعة 3D بواسطة Amplify Additive، وهي شركة تصنيع مضافات تعاقدية تستخدم تقنية ذوبان شعاع الإلكترون (EBM) في إنتاج غرسات العظام. تتميز لوحة البناء بشبكة عشوائية تعزز الاندماج العظمي.

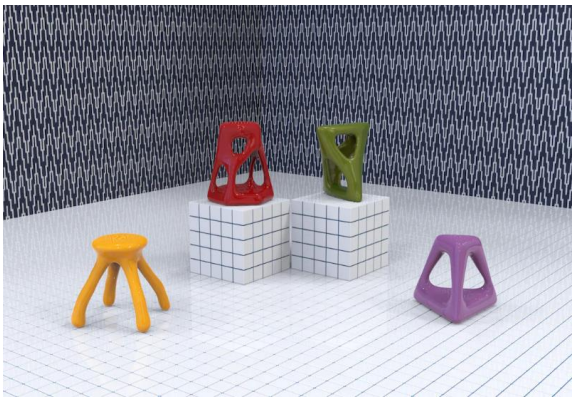


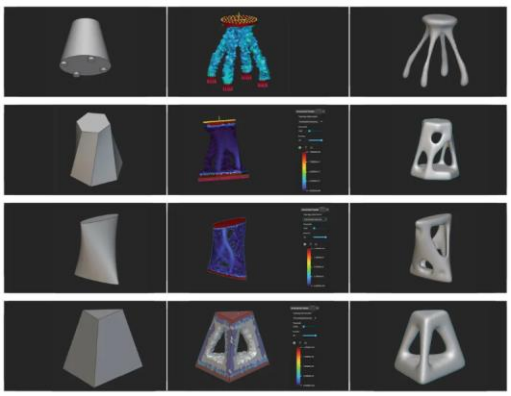
الغيتار الخشبي المطبوع 3D من قبل Olaf Diegel

تم تصميم هذا الغيتار الخشبي المطبوع 3D من قبل Olaf Diegel، وهو مهندس تصميم يدير ODD Guitars. الجيتار مصنوع من نشارة الخشب والإيبوكسي الحيوي في التصميم. هل يمكن أن يمثل هذا مستقبلا أكثر استدامة لتصنيع المنتجات الخشبية الراقية؟

أثاث مبتكر من تصميم Nik Lee

أشكال هذه المنتجات هي نتيجة استخدام (nTopology) لتحسين الأشكال لصنع الأثاث. تم إنشاؤها بواسطة المصمم Nik Lee.





طوبولوجيا مسند القدمين لدراجة نارية

تم تصميم مسند القدمين (المحسن هذا) لدراجة نارية، الذي يتميز بواقي قدم شبكي، من قبل مهندس التصميم الصناعي، Carlos Calvo Cristóbal.

وصلة خلفية للدراجات النارية بواسطة Oriol Jimenez

تحسين طوبولوجيا الوصلة الخلفية لدراجة نارية لرياضة الدراجات النارية. يسمح تحسين الطوبولوجيا بتقليل الوزن مع الحفاظ على الصلابة والسلامة الهيكلية. يساهم هذا التخفيض في الوزن في زيادة أداء الدرجات الرياضية. كلما تم تحسين المزيد من الأجزاء، كانت الدراجة أخف وزنا، وارتفع أداء الدراجة، مما يؤدي إلى نتائج أفضل في السباق. تم إنشاؤها بواسطة Oriol Jimenez، مهندس ميكانيكي.

لوحة تبريد GPU

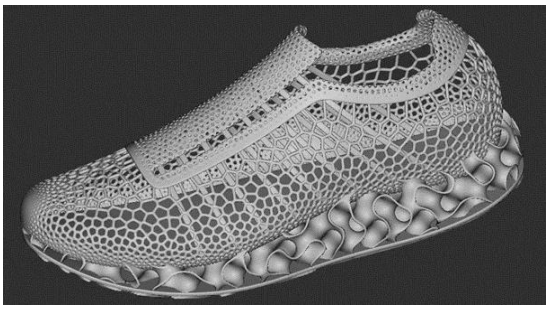
تم تصميم لوحة التبريد المدمجة مع معامل نقل الحرارة المحسن من قبل الفريق في TEMISTh. تم اختبار هذا التصميم في ظل ظروف الحياة الواقعية، وأظهرت النتائج أن اللوحة الباردة يمكن أن تبرد المكونات الإلكترونية بشكل فعال، حتى تحت الحمل الثقيل.

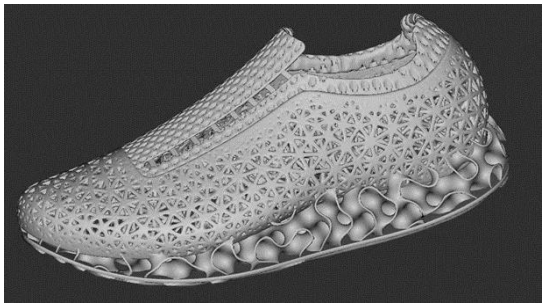
تحسين تبديد الحرارة لكاميرا THETA

باستخدام أدوات التصميم المتقدمة من (nTopology) للإدارة الحرارية، قام RICOH بتحسين تبديد الحرارة لكاميرا THETA الخاصة بهم بحيث يمكن أن تعمل بشكل مستمر في البيئات عالية الحرارة. هذا التصميم الجديد قابل للطباعة بالكامل باستخدام تقنية النفث المصنوعة من الألومنيوم من RICOH.

واجهت Fast Radius تحديا داخليا في التصميم لإنشاء حذاء يمكن طباعته كجزء واحد باستخدام مادة مرنة على تقنية Multi-Jet Fusion من HP. لقد صمموا سير العمل داخل (nTopology) كطريقة لاستكشاف التصميم الصناعي للحذاء..

(nTopology) رائدة في عصر جديد من برامج CAD التي يمكنها مواكبة هذه التطورات، مما يسمح للمصممين بإنشاء هندسة معقدة بشكل لا يصدق بسرعة وسهولة. لقد لاحظنا أنه عندما يكون لدى العملاء تجربة محدودة في AM، فإن عقولهم مقيدة بقيود طرق التصنيع التقليدية مثل القولبة بالحقن والتشغيل الآلي. في حين أن كل عملية مضافة لها أيضا قيود متأصلة، فإننا نهدف إلى دفع أنفسنا وعملائنا إلى التفكير فيما وراء حكمة التصميم التقليدية لدفع الابتكار الوظيفي والجمالي الذي توفره حرية التصميم المتزايدة.



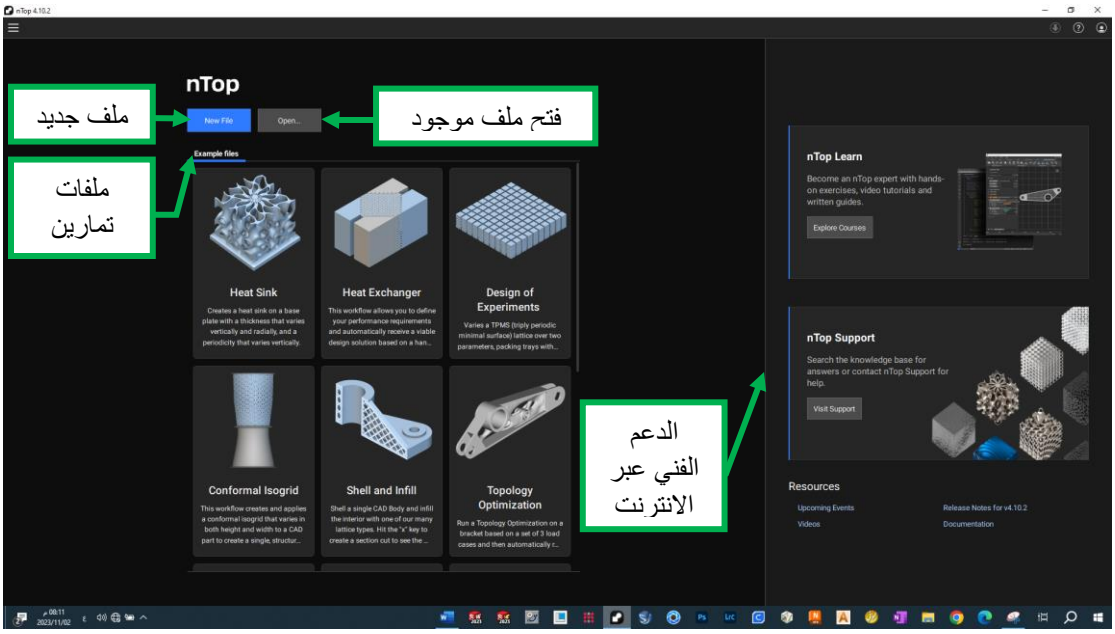


من خلال التنوع في التصميمات السابقة نلاحظ ان مجال عمل برنامج (nTopology) كبير جدا فهو يشمل هندسة الصواريخ وهندسة الطيران وهندسة السيارات الى الطب والفضاء مرورا بالموضة وتصميم الأثاث والاحدية الخ من المجالات.

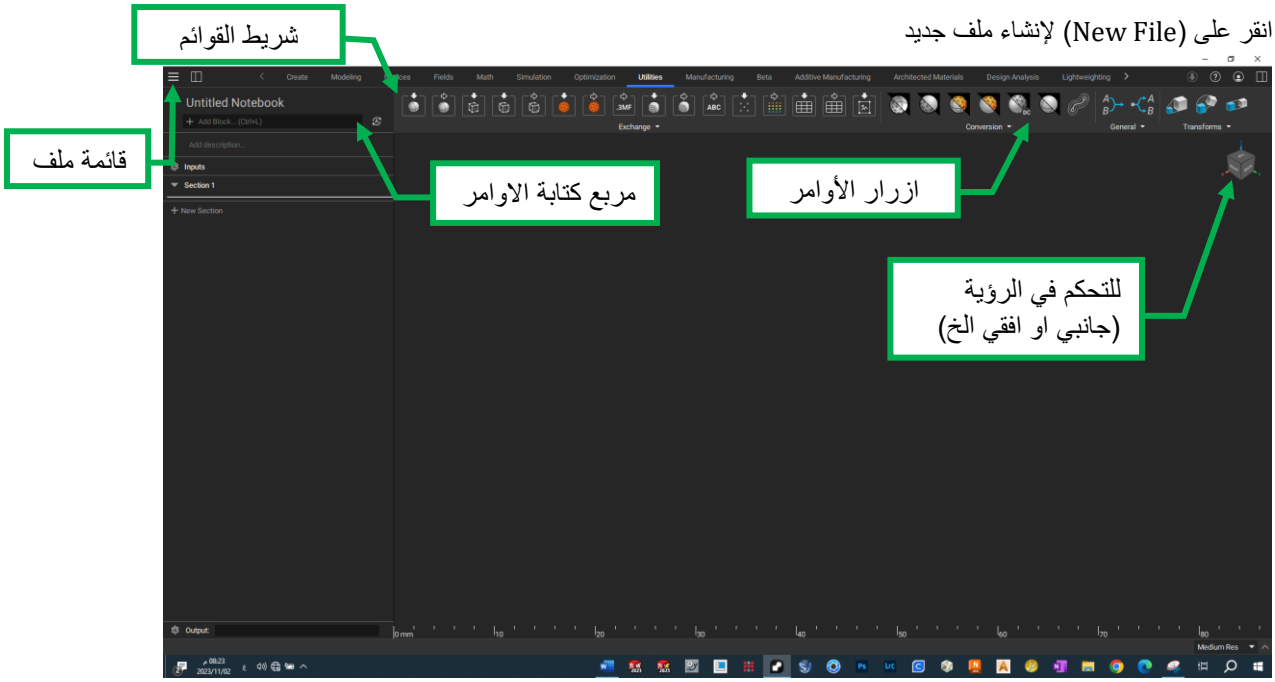
كما ان الاتجاه الحديث في التصميم يميل الى محاكاه الطبيعة (التأمل في خلق الله) {فَتَبَارَكَ اللَّهُ أَحْسَنُ الْخَالِقِينَ} وهذا الاتجاه في التصميم الهندسي يعتمد على الاشكال العضوية والشبكية (طوبولوجيا والهياكل الشبكية) (Topology and Lattice) وهذه الاشكال يصعب وأحيانا كثير لا يمكن انتاجها باستخدام برامج (CAD) من الجيل الأول لذا كان لزاما علينا ان نبدأ في تعلم برامج الجيل الثاني من برامج (CAD) وعلى رأسها (nTopology) فعلى بركة الله نبدأ.

الفصل الأول
واجهة المستخدم
user interface

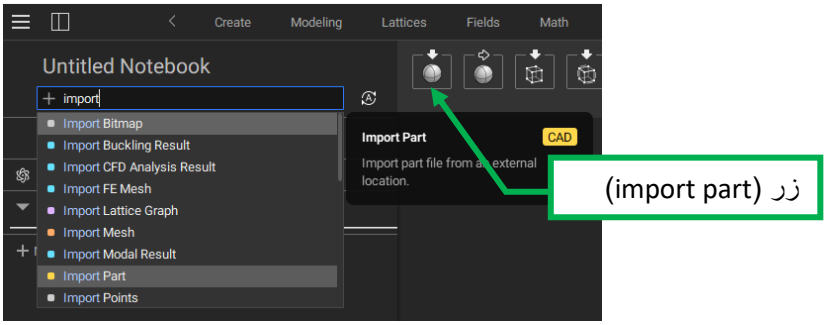
عند فتح البرنامج للمرة الأولى تظهر الشاشة التالية



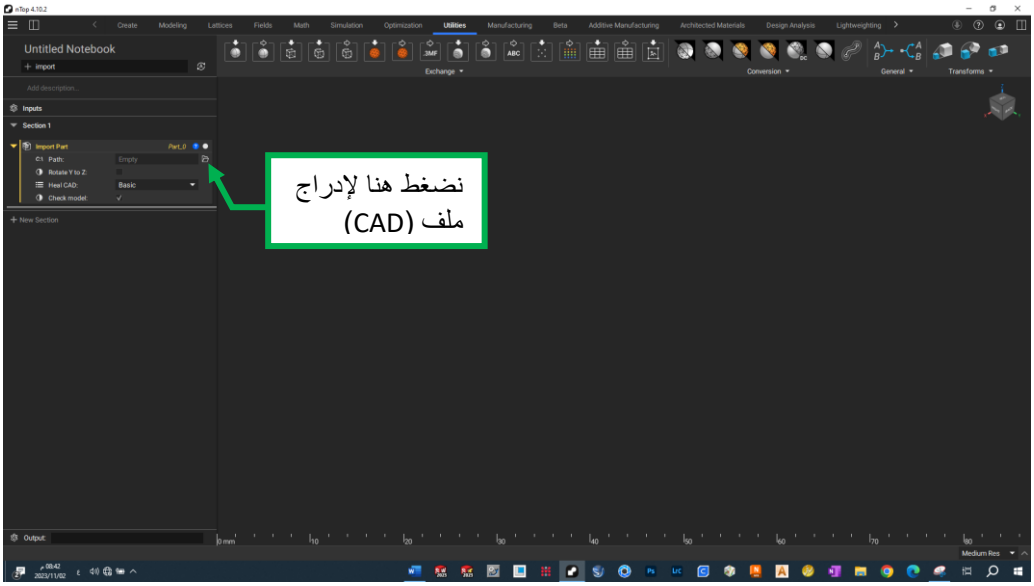
انقر على (New File) لإنشاء ملف جديد

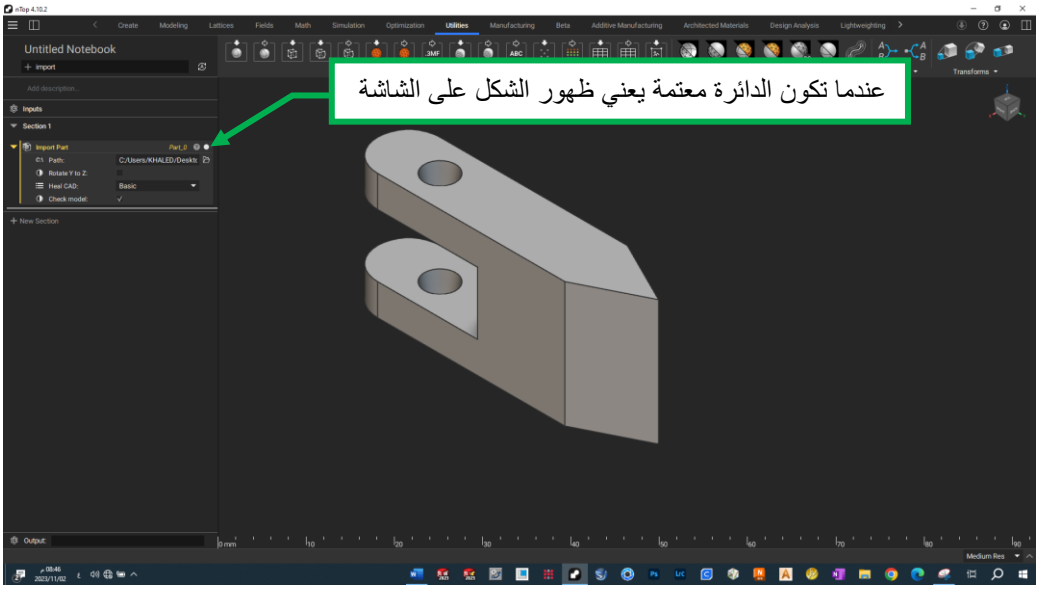


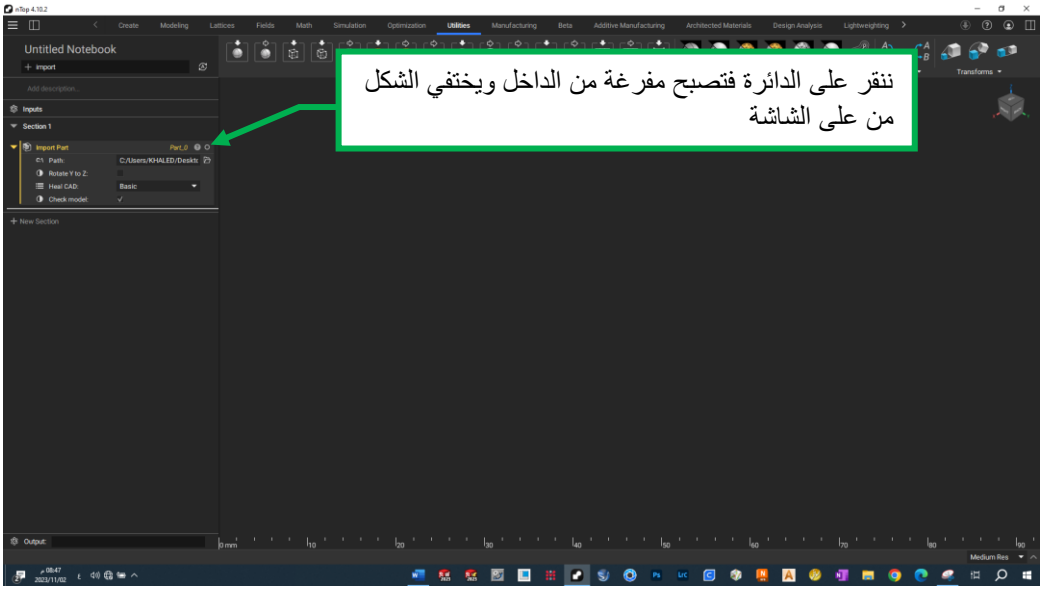
يمكن تنفيذ الامر اما بكتابته مباشرة في مربع الأوامر او من خلال الازرار فمثلا لتنفيذ امر ادراج قطعة (Part) اما ان نكتب في مربع الأوامر (import part) "بمجرد ان تكتب الاحرف الاولى من الامر تظهر قائمة بكل الأوامر المشابهة" او تضغط على زر



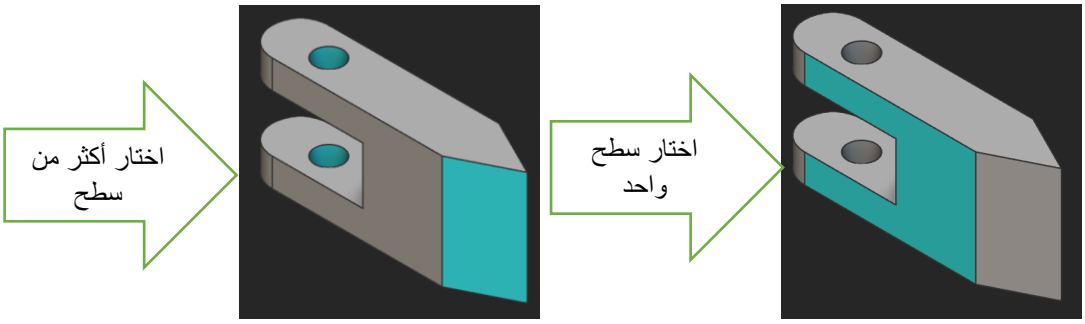
بمجرد كتابة الامر او ضغط الزر تظهر الكتلة الخاصة بالأمر على الجانب الايسر من البرنامج



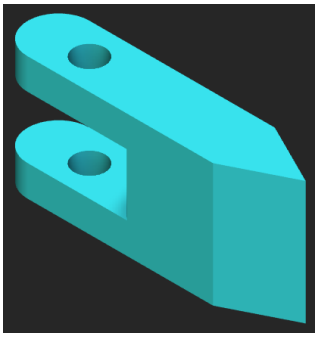




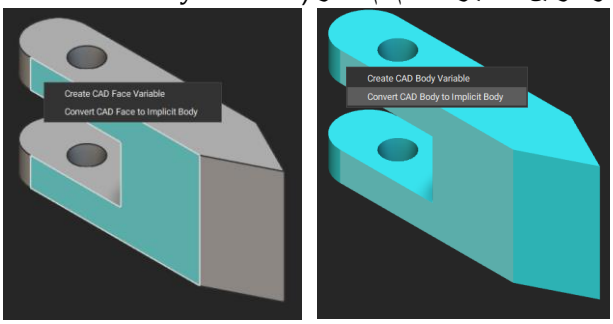
عندما نضغط على الشكل مرة واحدة يتم اختيار السطح الذي عليه مؤشر الفارة "يمكن اختيار أكثر من سطح بالضغط على مفتاح CtrL وانتقاء سطحين او أكثر"



عندما ننقر على الجسم نقر مزدوج يتم تحديد الجزء بأكمله

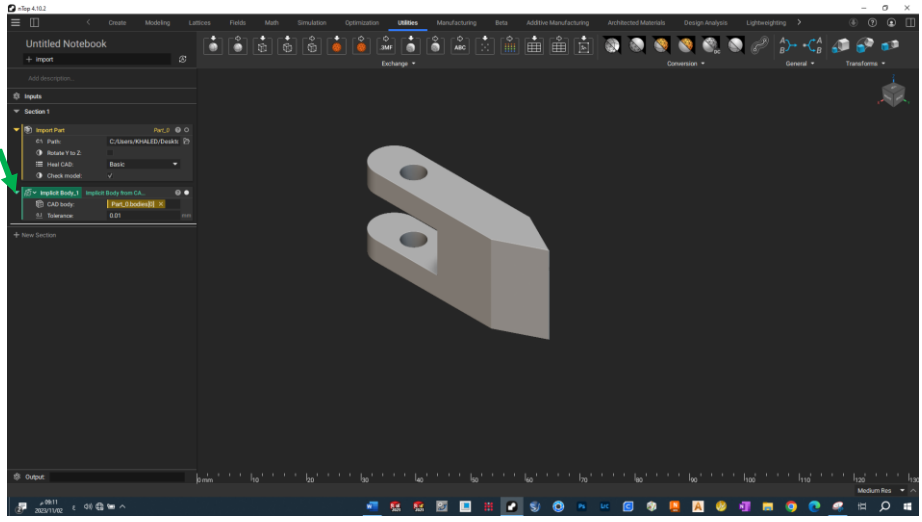


لتحويل الجسم او السطح لجسم او سطح ضمني يمكن التعامل معه داخل البرنامج "ننقر عليه نقرة واحدة لاختيار سطح او نقرتين لاختيار الجسم ثم نختار (Create CAD Body Variable) او (Convert CAD Body to Implicit)



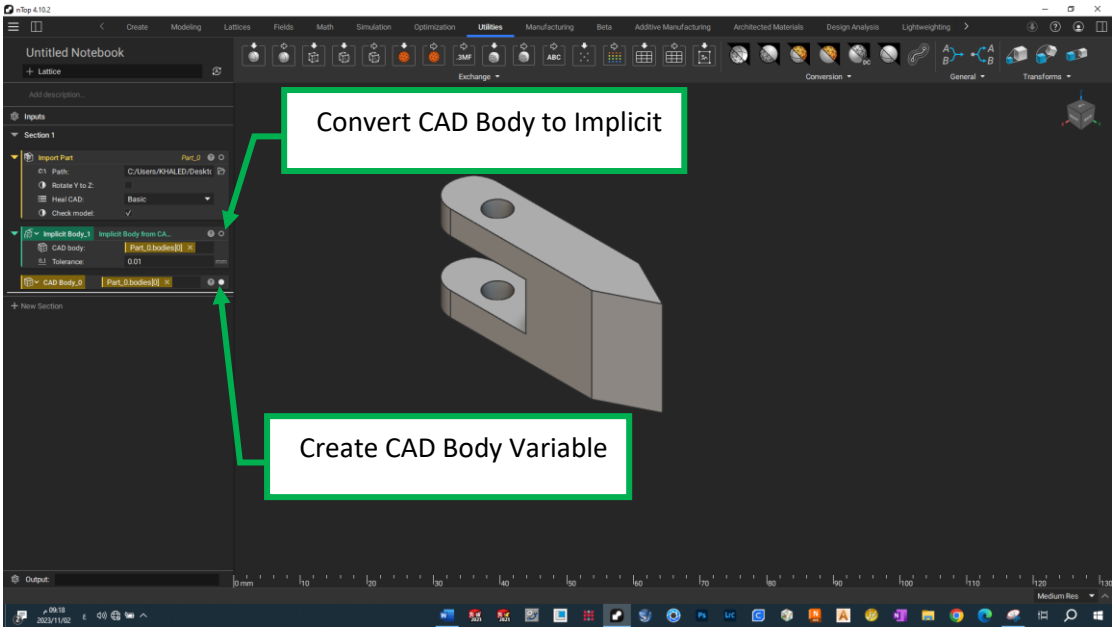
انقر على الجسم نقرا مزدوجا ثم اختر (Convert CAD Body to Implicit) فيتم انشاء جسم ضمني من (Part)

تم انشاء جسم ضمني لاحظ اننا أغلقنا الرؤية على (Part) وأصبح الجسم الضمني هو المرئي الوحيد على الشاشة



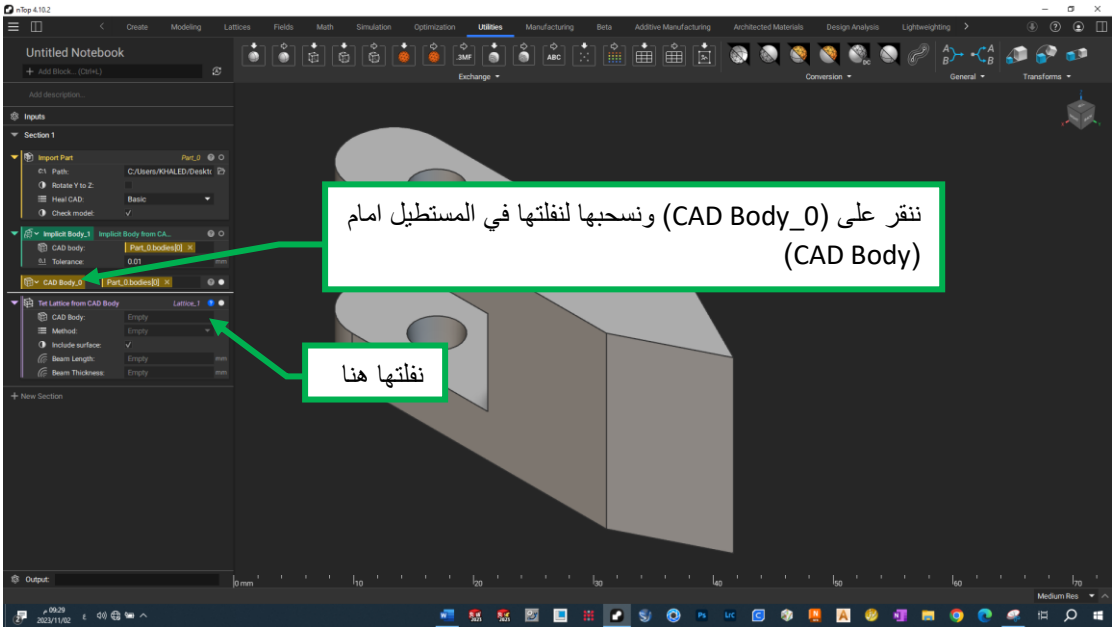
الان اغلق الرؤية على الجسم الضمني وفعلها على (Part)

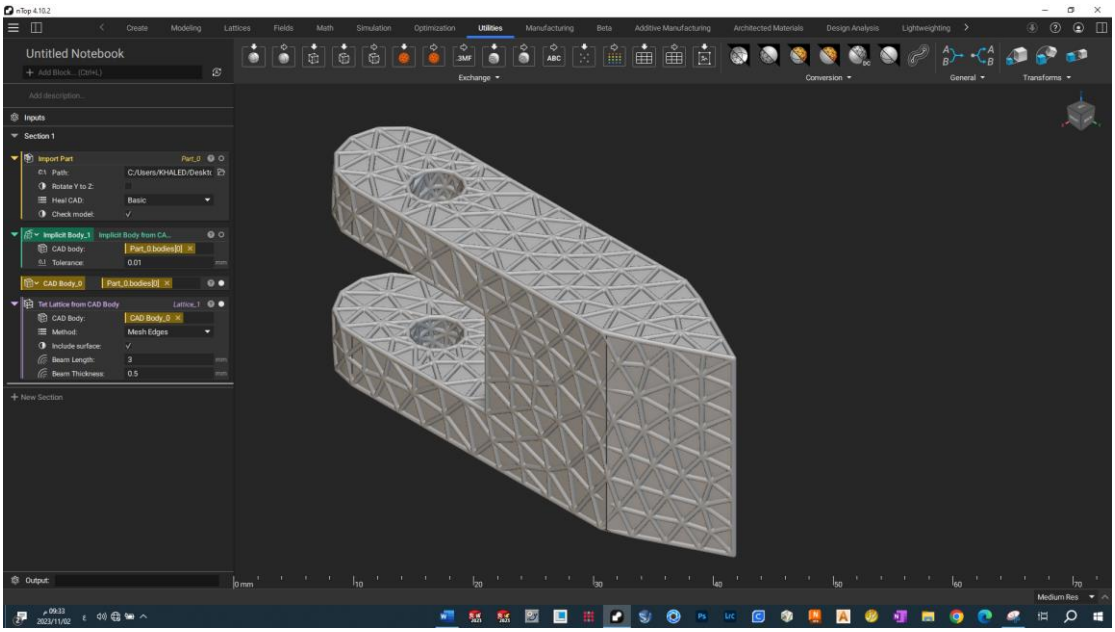
وانقر على (Part) نقرا مزدوجا واختر (Create CAD Body Variable)



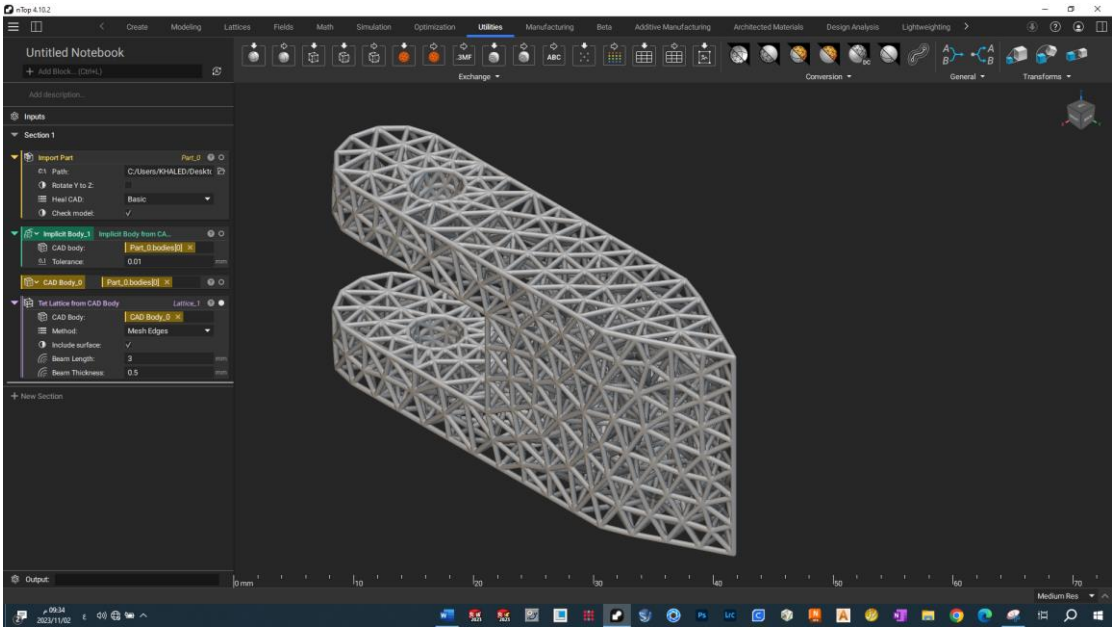
الان دعنا ندرج هيكل شبكي من (CAD Body)

اكتب في مربع الأوامر (Tet Lattice from CAD Body) لإدراج الكتلة (Tet Lattice from CAD Body)



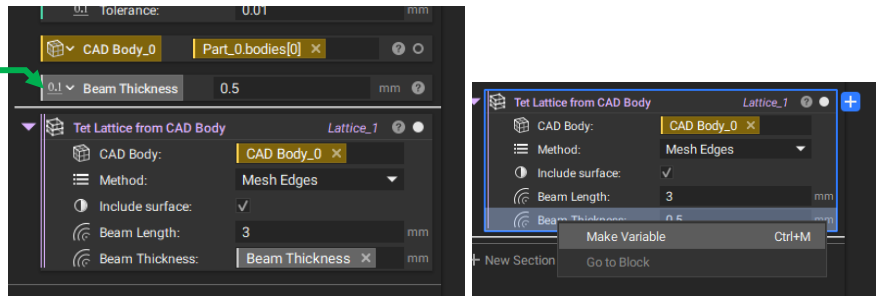


اغلق رؤية (CAD Body_0) لتظهر الشبكة وحدها

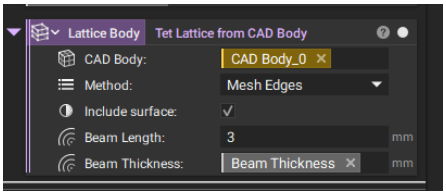


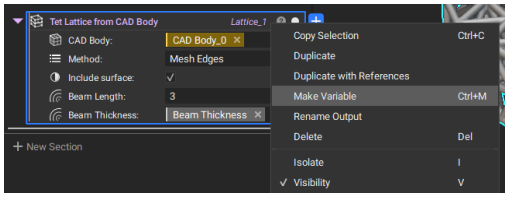
لدينا متغير مثل (Beam Thickness) نريد ان نخرجه من الكتلة ليسهل تغييره في أي مرحلة من مراحل التصميم ننقر عليه بالزر الأيمن ومن القائمة الجانبية نختار (Make Variable)

تم إخراجه ووضعه اعلى الكتلة ليسهل التعامل معه



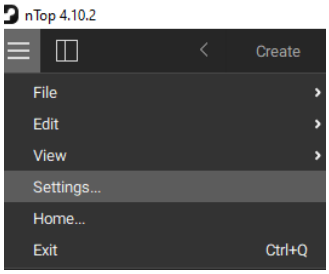
كما يمكننا ان نجعل الكتلة بأكملها متغيرة لاستخدامها كمدخلات في كتل اخرى وذلك بالنقر عليها بالزر الأيمن ومن القائمة الجانبية نختار (Make Variable) كما يمكننا ان نغير اسمها ليسهل التعامل معها



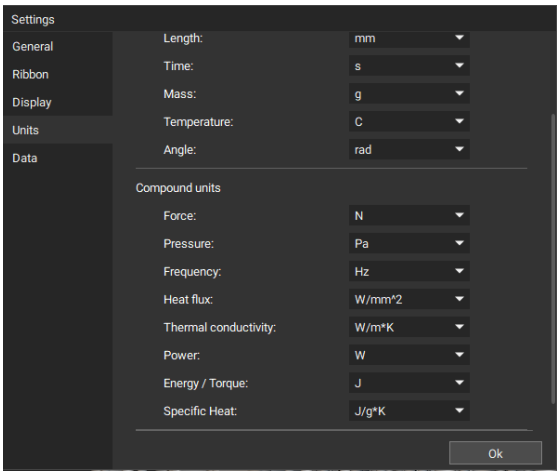


لاحظ اننا جعلناها متغيرة واسميناها (Lattice Body) الان يمكن ان نسحبها ونفلتها في أي متغير اخر كأن نوحدها مع جسم اخر مثلا.

انقر على قائمة ملف واختر (Settings)

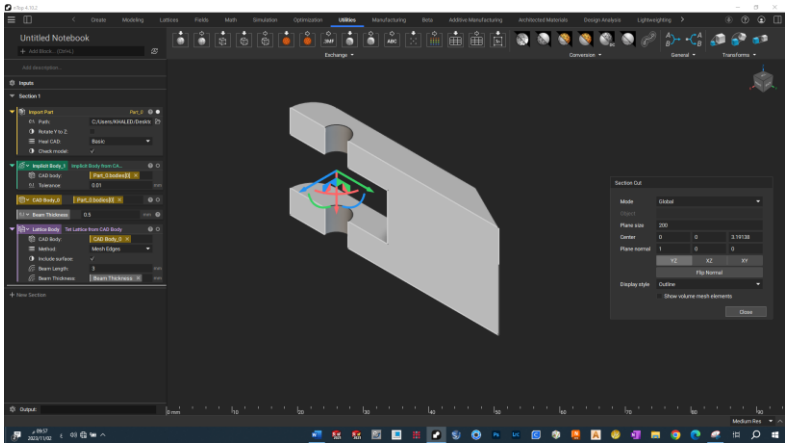


يظهر صندوق حوار اعدادات منه يمكن تغيير الوحدات (الطول – درجة الحرارة – الخ)



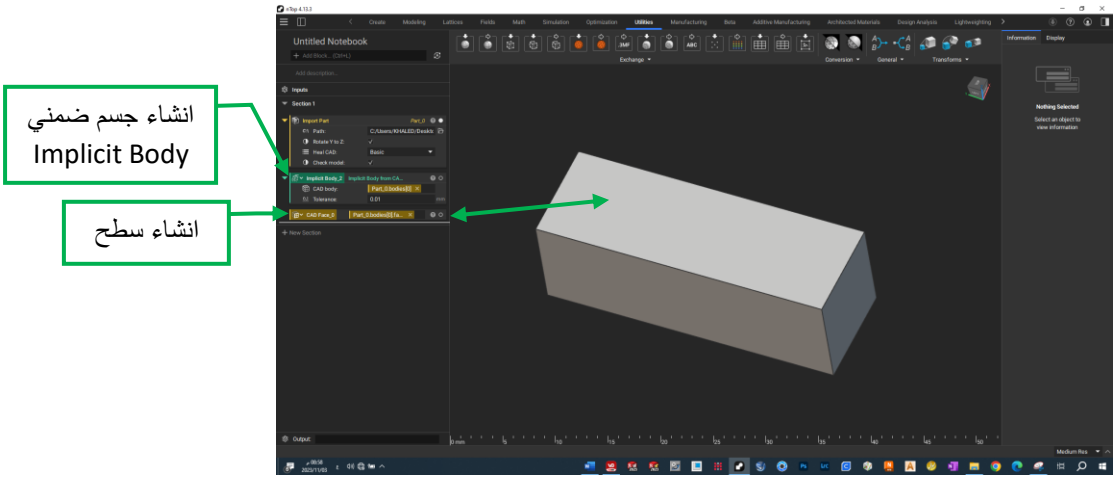
لتسهيل العمل عند الضغط على مفتاح (Z) من لوحة المفاتيح يتم تكبير الشكل ليلائم الشاشة

وعند الضغط على مفتاح (X) من لوحة المفاتيح يتم اظهار صندوق حوار يمكنك من "اقتصاص" الشكل في أي مستوى

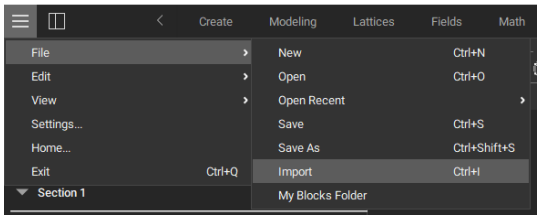


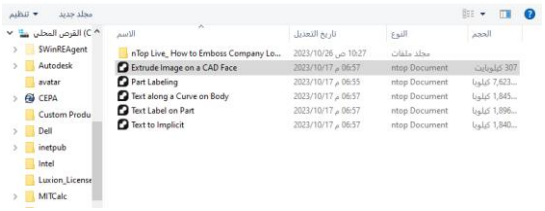
يمكنك سحب أحد الأسهم (الأخضر او الأحمر او الأزرق) من على الشاشة مباشرة ليتغير المقطع

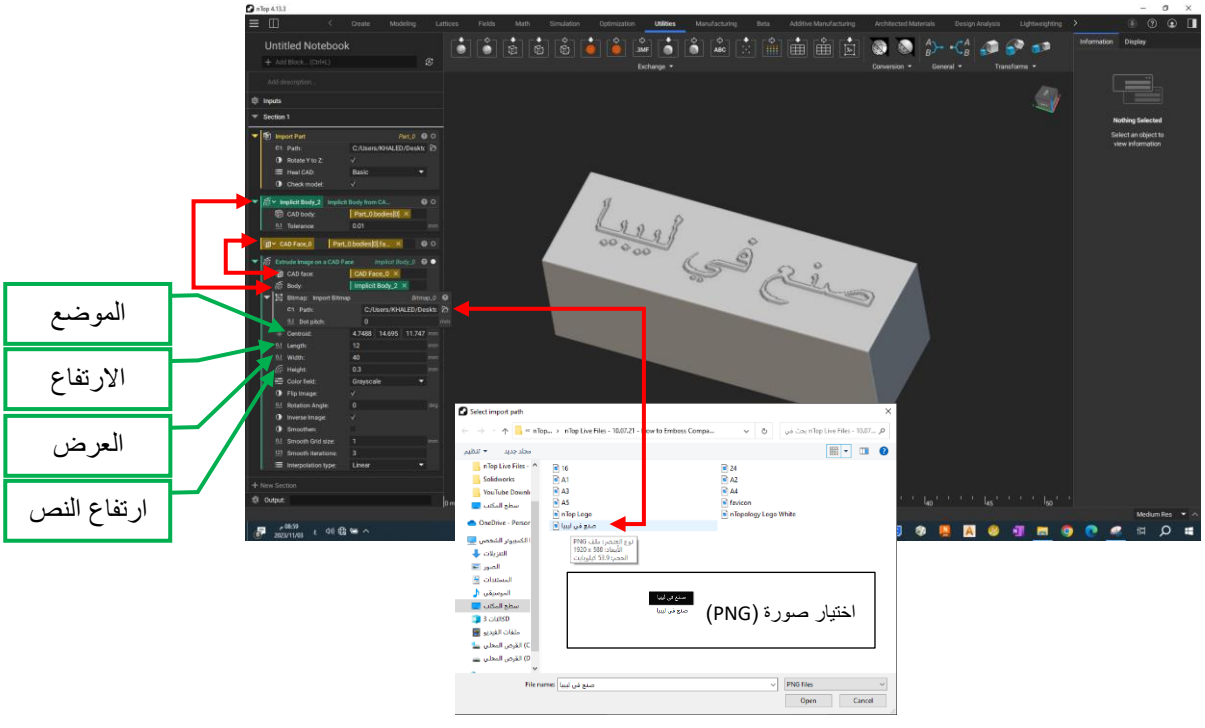
هناك بعض الإمكانيات غير موجودة بالبرنامج مثل الكتابة على سطح فيقوم مهندسوا "الطرف الثالث" من انشاء كتل مخصصة يمكنك استدعائها واستخدامها **"نفس نظام الماكرو في Solidworks "**



من (File) ثم (Import) ثم تختار الكتلة



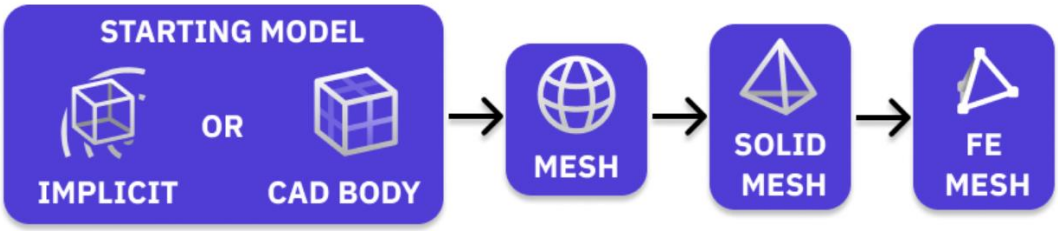




الباب الثاني
الشبكات MESHS

تعريف الشبكات في برنامج (nTopology)

هي تمييز لهندسة السطح باستخدام الرؤوس والحواف والوجوه. يتم حفظ الشبكات كأنواع ملفات خاصة بها مثل (STL، OBJ، PLY، MF3 ...) وتستخدم للتحليل وإعداد التصنيع والتصدير إلى برامج أخرى.



هناك ثلاثة أنواع من كتل الشبكات في (nTopology) هي:

1- **الشبكات السطحية.**
يمكن تحويل كل من الأجسام الضمنية و CAD إلى شبكات سطحية.

2- **الشبكات الصلبة.**
تقوم الشبكات الصلبة بتحويل الشبكات السطحية إلى (رباعي السطوح) لملء حجم الشبكة.

3- **شبكات حجم العناصر المحدودة (FE).**
يتم إنشاء شبكات FE عن طريق إضافة العقد الخطية أو التربيعية إلى شبكة صلبة. هذا يتيح الشبكة للتحليل.

عادة ما تبدأ الشبكات كشبكة سطحية، ويتم صقلها، ويمكن تحويلها إلى شبكات صلبة وشبكات FE حسب هدفك. إذا كنت ترغب في تصدير شبكتك، فيمكنك الاحتفاظ بها كشبكة سطحية، ولكن إذا كنت ترغب في تحليلها في (nTopology) أو برنامج آخر، فستحتاج إلى إنشاء شبكة حجم ثم شبكة حجم FE.

فوائد

الشبكة من الجسم الضمني قوية بشكل استثنائي وتنتج شبكات مقاومة للخطأ حتى بالنسبة للأشكال الهندسية الأكثر تعقيدا. كما يقدم مفهوم التفاوتات في توليد الشبكات، وهي طريقة أكثر سهولة لتحديد معلمات الشبكات.

القيود

يميل إخراج هذه الكتلة إلى إزالة الحواف الحادة. عادة ما يكون هذا مقبولا للأجزاء التي لا تحتوي على حواف حادة أو تصنيع ولكن يمكن أن يتسبب في نتائج محاكاة غير دقيقة، مثل إجراء تحليل على الهندسة بميزات حادة.

للتغلب على هذا القيد، يمكننا إما تقليل قيمة التسامح (زيادة وقت الحساب) أو استخدام خيار Sharpen Mesh لاستعادة الحواف الحادة. يقوم هذا الخيار بتشغيل خوارزمية إعادة بناء ذكية تحدد الحواف الحادة في النموذج الأصلي وتضبط موضع العقد والرؤوس الشبكية وفقا لذلك لالتقاط هذه الحواف.

الإعدادات الموصى بها:

كنقطة انطلاق، يوصى باستخدام تفاوت يساوي 0.5 ضعف سمك أصغر ميزة. ستتجاوز هذه القيمة عادة دقة معظم عمليات التصنيع المضافة. إذا كنت تخطط لشحذ الشبكة، فتجنب خيارات التبسيط وإعادة التشكيل لهذه الكتلة.

عادة ما ينتج عن التكرار الفردي نتائج جيدة عند استخدام خيار Sharpen Mesh. ومع ذلك، يوصى بثلاثة تكرارات، خاصة إذا كنت تقوم بإعداد شبكة من نموذج معقد للمحاكاة. بدون تكرارات شحذ كافية، قد ينتهي بك الأمر مع الكثير من العناصر الصغيرة التي يمكن أن تسبب مشاكل أثناء إعادة التأهيل.

شبكة ما بعد المعالجة:

الشبكات المبسطة مناسبة لتصنيع حالات الاستخدام، في حين أن إعادة التشكيل ضرورية لأغراض المحاكاة.

ستجد في nTopology العديد من أدوات الربط التي يمكن أن تساعدك على الاستعداد بشكل أفضل لعمليات المعالجة. فيما يلي ثلاثة من أكثر كتل ما بعد المعالجة الشبكية فائدة.

• (Remesh Surface): لا تنتج كتل توليد الشبكة في nTopology شبكة بحجم عنصر دقيق. يمكن استخدام هذه الكتلة لإنشاء شبكة ذات خصائص مختارة بشكل صريح باستخدام عناصر مثلث أو رباعية. يكون Remeshing مفيدا عندما تحتاج إلى التحكم في خصائص الشبكة وإعدادها للمحاكاة.

• تبسيط الشبكة (Simplify mesh by Threshold): هذه طريقة سهلة لتقليل حجم ملف شبكة للتصنيع. ستنشئ هذه الكتلة الشبكة بأقل قدر من الوجوه. نقطة البداية الجيدة للعتبة هي 4/1 إلى 8/1 من تحمل التصنيع.

• تبسيط الشبكة حسب المبلغ (Simplify mesh by Amount): تقوم هذه الكتلة بإنشاء شبكة أصغر من الأصل بناء على الكمية المحددة. على سبيل المثال، ستؤدي القيمة 0.9 إلى إنشاء شبكة ذات وجوه أقل بنسبة 90٪، ونتيجة لذلك حجم ملف أصغر بنسبة 90٪.

• شبكة الحجم (Volume Mesh): تقوم هذه الكتلة بتحويل شبكة السطح إلى شبكة حجم. هذه خطوة ضرورية قبل محاكاة FEA أو CFD. نوصي باستخدام كتلة سطح Remesh باستخدام شبكة مثلثة قبل تحويلها إلى شبكة رباعية السطوح صلبة.

نصائح شبكية

إنشاء شبكة عالية الجودة ليست عملية مباشرة. تعتمد المعلمات المثلى على هندسة الكائن والاستخدام المقصود. ومع ذلك، فإن النصائح التالية ستضعك في الاتجاه الصحيح.

تحضير الشبكات للتصنيع الإضافي

يعتمد حجم الشبكة الأمثل على الحد الأدنى لأبعاد الميزة والتسامح القابل للتحقيق لعملية التصنيع الخاصة بك.

تنتج معظم أنظمة التصنيع المضافة أجزاء ذات تحمل ميزة ± 0.1 إلى 0.2٪. لهذا السبب، فإن التسامح البالغ 0.2 مم أو 50٪ من سمك أصغر ميزة للشبكة من كتلة الجسم الضمنية هو نقطة انطلاق جيدة. تنتج هذه القيمة عادة مقايضة جيدة بين الدقة وحجم الملف.

تعد شبكة التبسيط حسب العتبة مفيدة بشكل خاص لتقليل حجم الملف للتصنيع. يوصى باستخدام قيمة عتبة ضمن تحمل التصنيع الخاص بك.

تنتج الشبكة الخشنة ذات التسامح الكافي مقايضة جيدة بين الدقة وحجم الملف.

تحضير الشبكات للمحاكاة

كلما كانت الشبكة أدق، زادت دقة النتائج التي ستنتجها المحاكاة وكلما استغرق الأمر وقتا أطول لإكمالها.

من الناحية المثالية، نوصي بإجراء دراسة تقارب الشبكة لتحديد حجم الشبكة الأمثل. في دراسة تقارب الشبكة، نكرر المحاكاة بشبكات أدق تدريجيا حتى لا يكون هناك فرق كبير في الاستجابة.

ومع ذلك، فإن هذه العملية ليست عملية دائمة، حيث يستهلك الربط الشبكي عادة جزءا كبيرا من الوقت. يمكننا استخدام قدرات أتمتة تصميم nTopology لتوفير وقت التصميم اليدوي.

تعد الإعدادات التالية لكتلة Remesh Surface وخيار Sharpen Edges نقاط بداية جيدة لربط أي هندسة معقدة قبل إجراء محاكاة FE أو CFD.

معدل النمو (Growth Rate)

استخدم معدل نمو بين 1.2 إلى 1.5 - هذا هو معيار الصناعة ل FEA وCFD. يحدد معدل النمو مدى سلاسة الانتقال بين المناطق الدقيقة والخشنة للشبكة مما يسمح لنا بالتقاط تأثيرات الحافة بشكل أفضل.

طول الحافة (Edge Length)

استخدم طول الحافة الأنسب للمحاكاة التي تقوم بها:

(Thermal FE): طول الحافة يساوي سمك الجدار.

(Structural FE for deflection analysis): استخدم طول الحافة ≥ 3/1 من سمك الجدار.

(Structural FE for stress analysis): استخدم طول حافة ≥ 5/1 من محيط أصغر شرائح أو ثقب أو أي انتقال آخر لالتقاط تأثيرات الحافة.

(CFD for fluid analysis): استخدم طول الحافة الذي ≥ 7/1 من سمك الجدار لمحاكاة تدفق السوائل بشكل صحيح.

نصيحة للمحترفين: طول الحافة ليس هو الطريقة الوحيدة للتحكم في الدقة. تعد زاوية الامتداد ومعدل النمو وارتفاع الوتر من خيارات التحكم الأخرى التي يمكنها تحسين دقة الشبكة. من الناحية العملية، يمكنك تعيين طول حافة أكبر بكثيرمما تحتاجه، وبعد ذلك سيقوم البرنامج بمعايرة هذه القيمة محليا لتلبية المتطلبات الأخرى التي حددتها. يمكن أن يؤدي القيام بذلك إلى تقليل وقت التشابك بشكل كبير.

حجم الشبكة الأصلي (Original Mesh Size)

يعتمد وقت حل Remesh Surface بشكل كبير على عدد عناصر الإدخال. لذلك يمكننا استخدام التبسيط لتقليل عدد العناصر الواردة قبل هذه الكتلة.

نصيحة للمحترفين: أظهرت اختبارات المعايير الخاصة بنا أنه يمكنك تحقيق إخراج Remesh Surface بنفس عدد العناصر تقريبا، حتى إذا قمت بتبسيط شبكة الإدخال بمقدار يصل إلى 50٪.

شحذ الشبكة (Mesh Sharpening)

يمكن أن يساعدك الشحذ الموضعي في إنشاء شبكات عالية الدقة بشكل أسرع.

بشكل عام، يوصى بثلاثة تكرارات شحذ للمحاكاة. فبدون شحذ، قد ينتهي بك الأمر بعناصر صغيرة جدا في نموذج معقد يمكن أن يسبب مشكلات أثناء إعادة التأهيل.

نصيحة للمحترفين: عند استخدام ميزة Sharpen Mesh، لا نحتاج غالبا إلى أن تظل كل حافة في نموذجنا حادة. بشكل عام، نحن مهتمون بمناطق محددة، مثل المناطق التي نطبق فيها شروط الحدود للتحليل أو عندما يكون لدينا متطلبات GD &T للتصنيع والتجميع والتطبيقات الأخرى المختلفة.

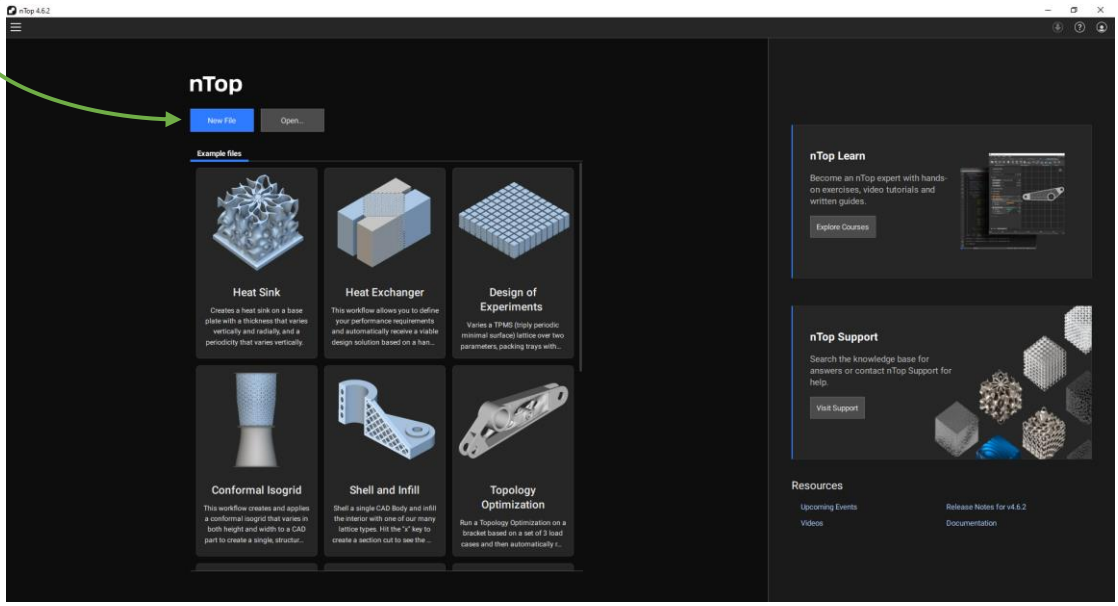
يمنحك nTopology خيار شحذ مناطق محددة فقط باستخدام نطاقات التوضيح لتجنب شحذ الشبكة بأكملها. يساعد هذا الخيار في تقليل الوقت المستغرق في الربط بمقدار x2 إلى x3 وعدد العناصر الإجمالي.

اليك ما تحتاج إلى تذكره:

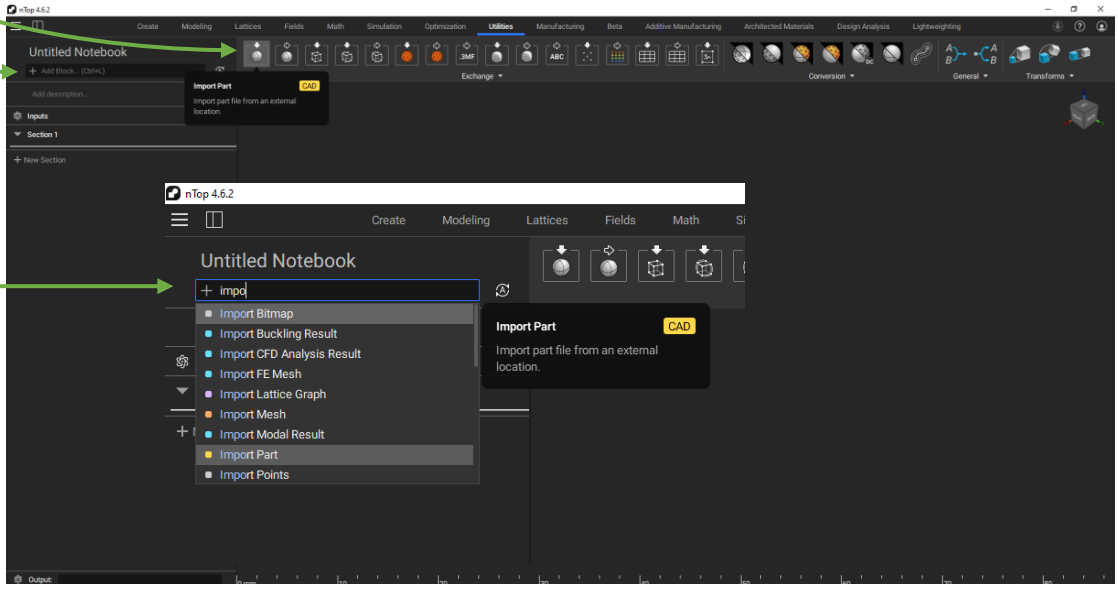
- تعمل الشبكة المكررة بشكل مفرط على زيادة حجم الملف دون داع وإهدار الموارد الحسابية والوقت. ابحث عن توازن بين الدقة والسرعة.
- ضع في اعتبارك تفاوتات عملية التصنيع الخاصة بك عند تخشين الشبكة للطباعة ثلاثية الأبعاد.
- اضبط معلمات الشبكة باستخدام Remesh Surface وشحذ المناطق الحرجة محليا لإعداد الشبكة للمحاكاة.

إنشاء الشبكات في (nTopology)

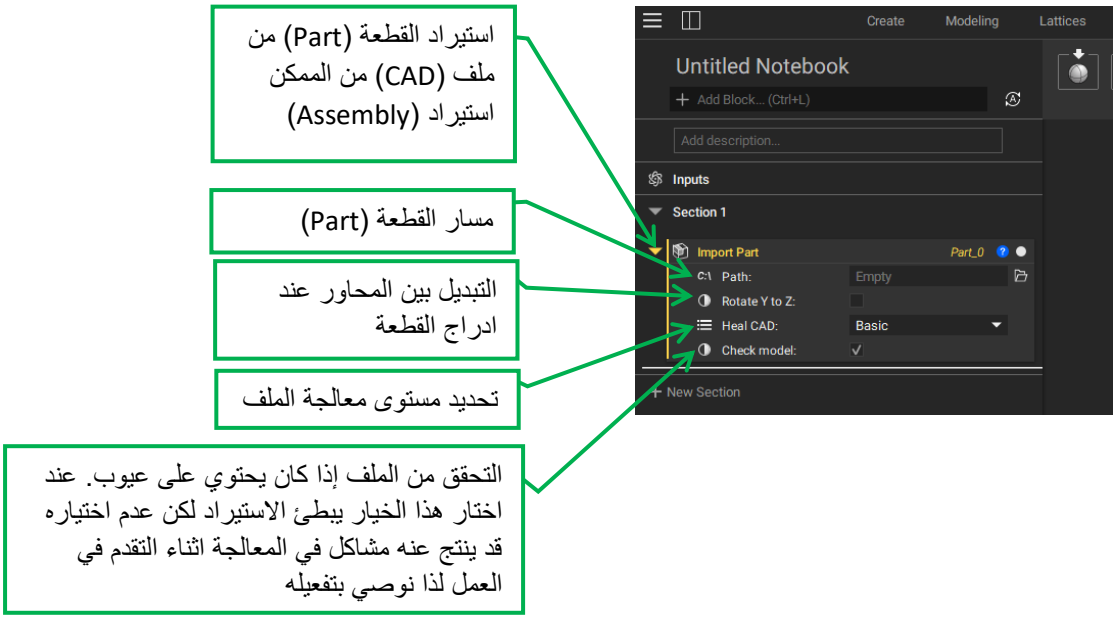
1- **(New File)** عند فتح البرنامج ومن واجهة المستخدم للبرنامج نختار (New File)



2- **(Import Part)** لاستيراد ملف (CAD) ننقر على زر (Import Part)
او نكتب الحروف الأولى من (Import Part) في صندوق (Untitled Notebook) ثم ننقر على (Import Part) في القائمة المنسدلة

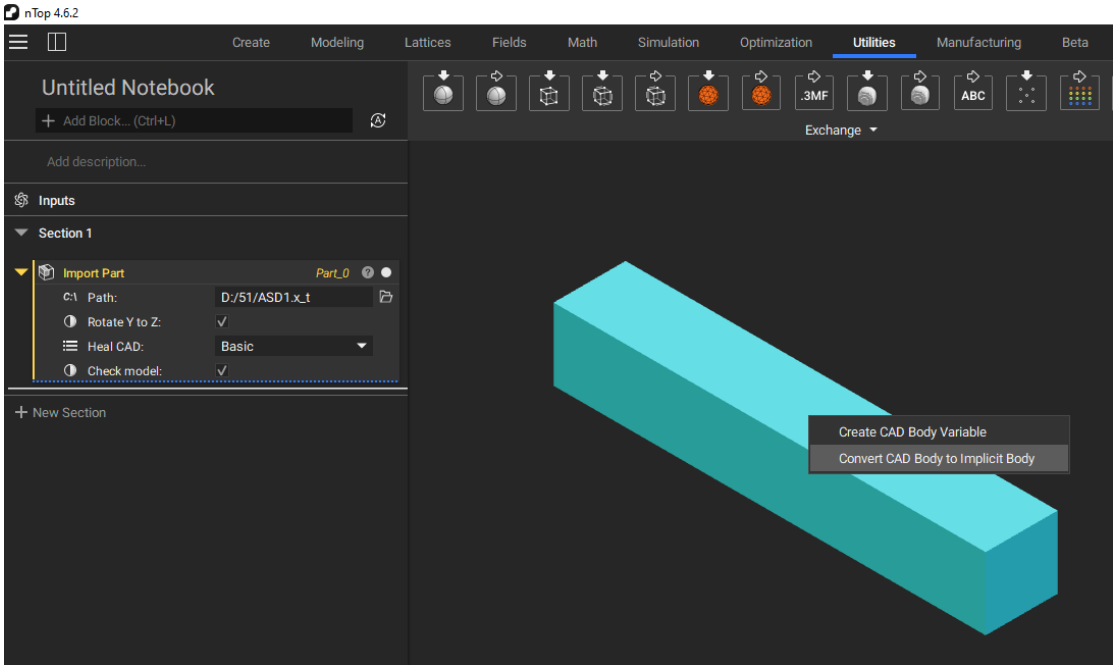


3- يظهر اللوح الجانبي على يسار الشاشة وخياراته كالتالى



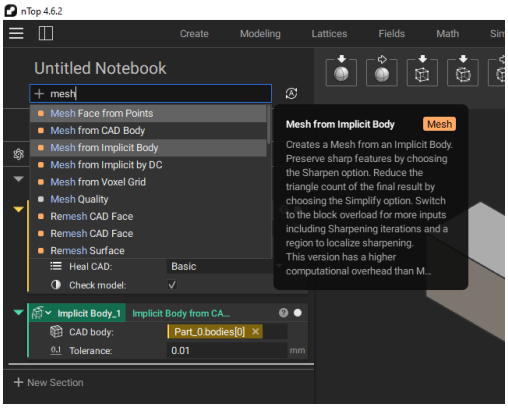
4- بعد استيراد ملف الكاد يجب تحويله الى ملف **(Convert CAD Body to Implicit Body)** ضمني كي يتم التعامل معه في البرنامج (لاحظ ان البرنامج يعتمد على النمذجة الضمنية بدل النمذجة الصريحة)

ولفعل ذلك ننقر على الملف المستورد (Part) نقر مزدوج في مساحة العمل ثم ننقر بالزر الأيمن عليه ومن القائمة المنسدلة نختار (Convert CAD Body to Implicit Body)



5- (**Mesh from Implicit Body**) تحويل الجسم الضمني الى شبكة

نكتب الحروف (Mesh) في مربع الأوامر ومن القائمة نختار (Mesh from Implicit Body) وتكون خياراتها كالتالي



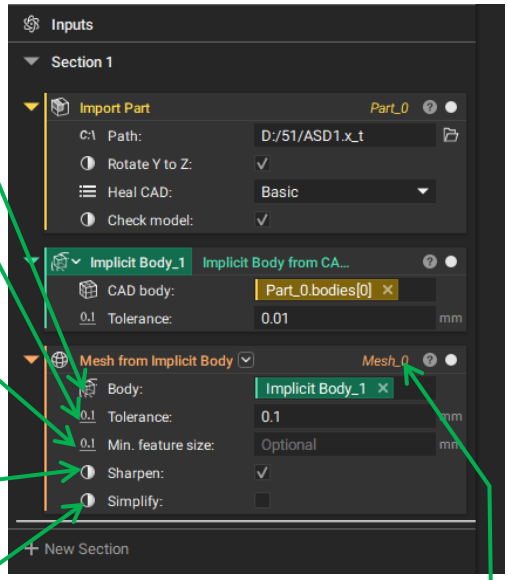
الجسم الضمني المراد تحويله الى شبكة (ننقر على Implicit Bodyثم نقوم بسحبه هنا)

الحد الأقصى المسموح به لانحراف الشبكة عن الهندسة الضمنية. عندما تصبح هذه القيمة أصغر، ستكون الشبكة الناتجة أكثر دقة، لكن الكتلة ستستغرق وقتا أطول للحساب.

خيار لتحديد الحجم التقريبي لأصغر ميزة (ميزات) للجسم الضمني الذي يجب الحفاظ عليه أثناء التحويل. عند توفيرها، ستتم تصفية الميزات الأصغر من هذا الإدخال ولن يتم تضمينها في النتيجة النهائية.

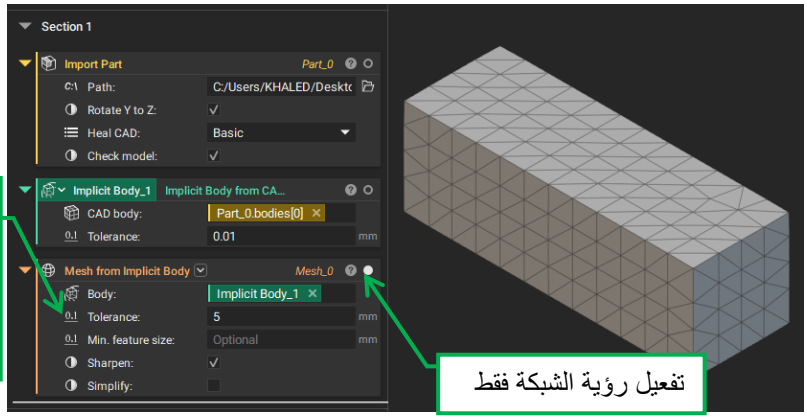
خيار للحفاظ على الحواف والرؤوس الحادة. إذا اخترت هذا الخيار، فستستغرق الكتلة وقتا أطول للحساب.

خيار لتقليل عدد المثلثات قدر الإمكان دون انتهاك معايير التسامح المحددة.



لاحظ ان اسم الميزة (الشبكة) أصبح (Mesh_0)

كلما رفعنا قيمة السماحية ظهرت الشبكة بوضوح "رفعتها هنا لغرض التوضيح " القيمة العملية (0.1)



تفعيل رؤية الشبكة فقط

- **(Remesh Surface)** إعادة بناء شبكة السطح ونستخدم هذه الميزة (الامر) للأغراض التالية التحضير لإنشاء شبكات FE عالية الجودة للتحليل والمحاكاة.
- تنظيف العيوب في الشبكة.
- تحويل شبكة سطحية إلى شبكة صلبة.

نكتب الحروف (Remesh) في مربع الأوامر ومن القائمة نختار (Remesh Surface) وتكون خياراتها كالتالي

السطح. هنا نختار الشبكة المراد معالجة سطحها في مثالنا هذا سوف نختار (Mesh_0)

طول الحافة المستهدفة للعناصر التي تم إنشاؤها.

شكل عنصر شبكة الإخراج. والـ (Triangle) هو الأكثر استخداما و الأكثر كفاءة.

أقصى زاوية امتداد للعناصر المتولدة على الأسطح المنحنية. سيؤدي تقليل زاوية الامتداد إلى تحسين الشبكة في مناطق الانحناء المحلي.

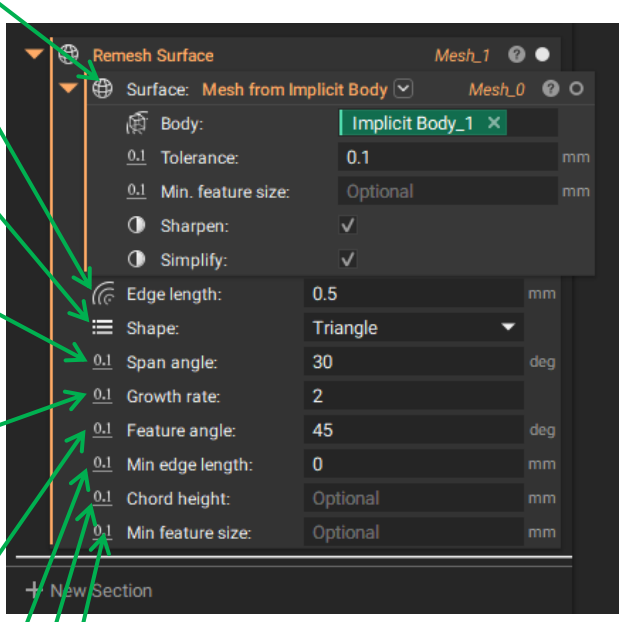
المعدل الذي يمكن أن ينمو به حجم العناصر المجاورة. يجب أن تكون هذه القيمة أكبر من 1.001

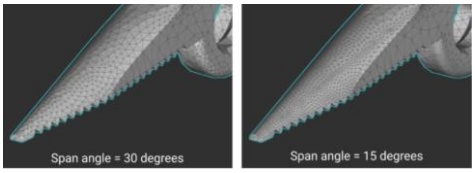
أقصى زاوية مستخدمة لحساب الحواف المحفوظة تلقائيا في سطح الإدخال. سيؤدي تقليل زاوية الميزة إلى إنتاج شبكة تكون حوافها محاذاة بشكل أفضل مع سطح الإدخال.

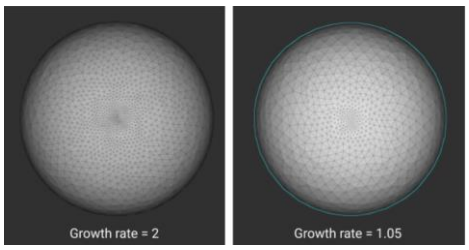
الحد الأدنى المسموح به لطول الحافة للعناصر التي تم إنشاؤها في شبكة الإخراج.

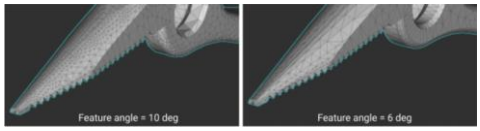
ارتفاع الوتر. المسافة القصوى من نقطة منتصف حافة العنصر إلى سطح الإدخال. تؤدي القيمة صفر إلى إيقاف تشغيل تحجيم ارتفاع الوتر.

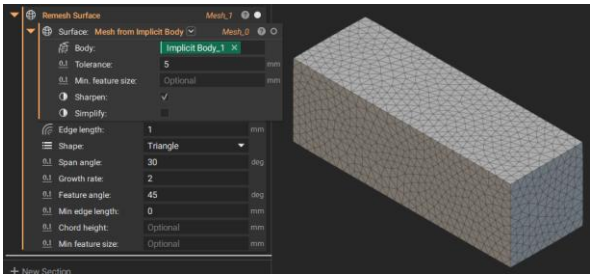
الحد الأدنى لحجم الميزة الصغيرة للتحكم في حذف المعالم الصغيرة. القيمة الموصي بها هي حوالي خمسة بالمائة من طول الحافة. تؤدي القيمة صفر إلى إيقاف تشغيل حذف الميزات.











7- **(Volume Mesh)** الشبكة الحجمية: تحول شبكة السطح إلى شبكة صلبة. إنها الطريقة المفضلة للهندسة البسيطة، لأنها سريعة ولكنها أقل تحملا للعيوب.

استخدم كتلة Remesh Surface لتنظيف الشبكة قبل استخدام كتلة (Volume Mesh). عند القيام بذلك، استخدم نفس طول الحافة في كلا الحالتين لإنشاء عناصر 3D بسهولة.

يمكنك تغيير طول الحافة باستخدام إدخال حقل قياسي.

إذا تلقيت خطأ أثناء استخدام (Volume Mesh)، فقد ترغب في استخدام شبكة رباعي السطوح (Robust Tetrahedral Mesh) القوية بدلا من ذلك.

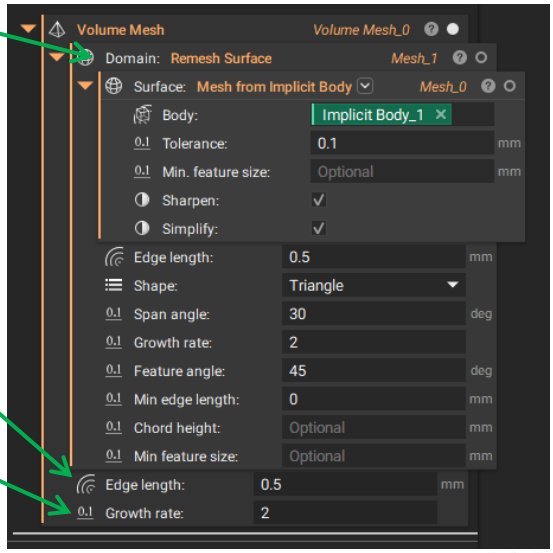
يحدد معدل النمو نسبة حجم العنصر من عنصر إلى آخر. يمكن أن يكون الرقم أكبر من 1. كلما كان الرقم أصغر، كلما كانت الشبكة أكثر اتساقا.

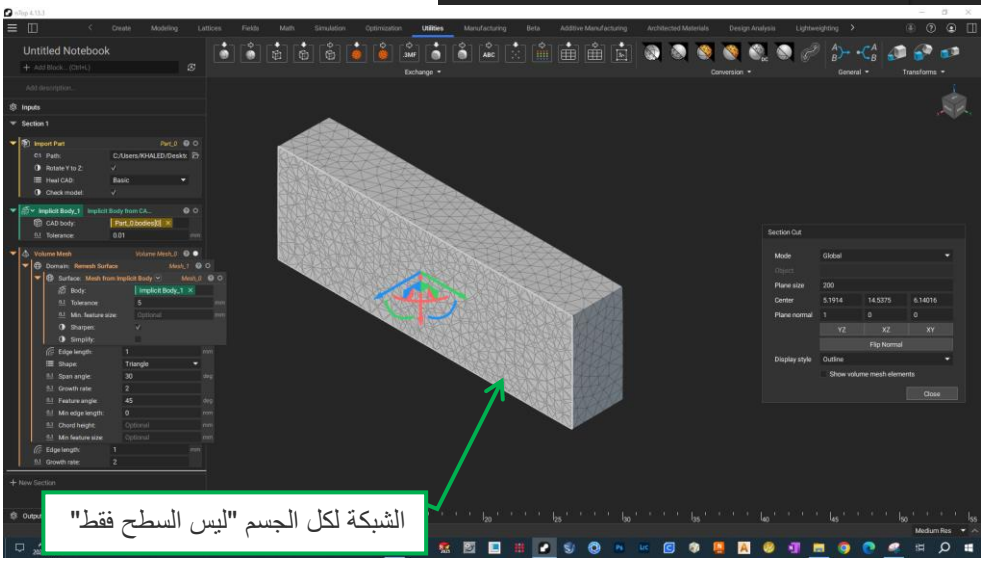
نكتب الحروف (Volume) في مربع الأوامر ومن القائمة نختار (Volume Mesh) وتكون خياراتها كالتالي:

Domain مجال للشبكة. وهنا نختار (Mesh_1)

طول الحافة المستهدفة للعناصر التي تم إنشاؤها.

المعدل الذي يمكن أن ينمو به حجم العناصر المجاورة.





8- انشاء هيكل شبكي من الشبكة الحجمية (Lattice from Volume Mesh)
نكتب الحروف (Lattice) في مربع الأوامر ومن القائمة نختار
وتكون خياراتها كالتالي: (Lattice from Volume Mesh)

وهنا نختار (Volume Mesh_0)

الطريقة: وهي احدى ثلاث أنواع

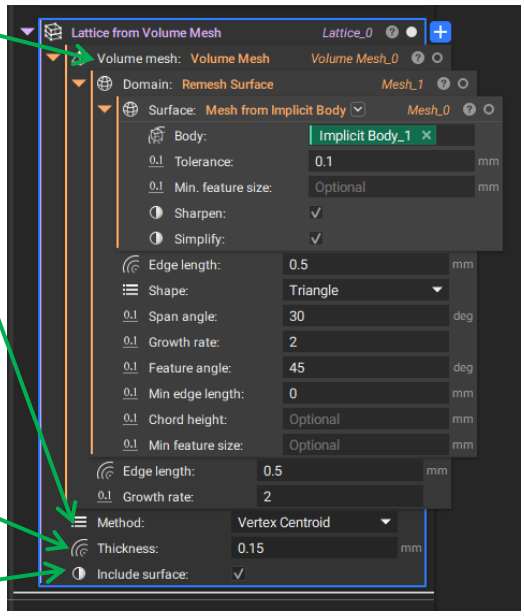
(Mesh edges) حواف الشبكة: الحزم التي تم إنشاؤها من حواف عنصر الشبكة.

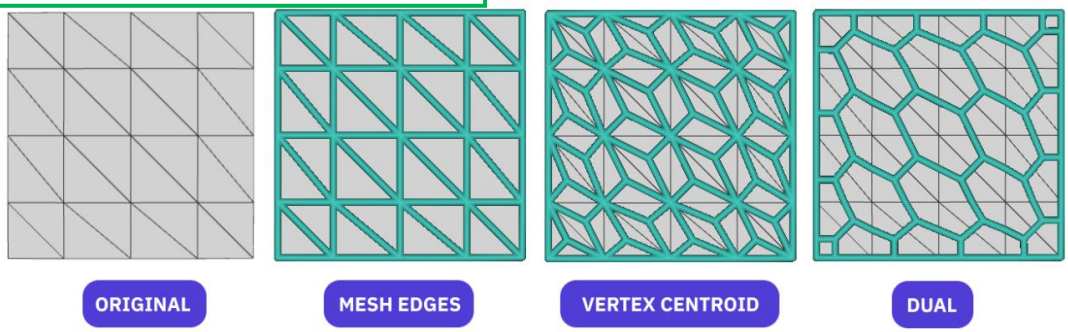
(Vertex Centroid) قمة الرأس: الحزم التي تم إنشاؤها من النقطة الوسطى من كل وجه إلى كل رأس.

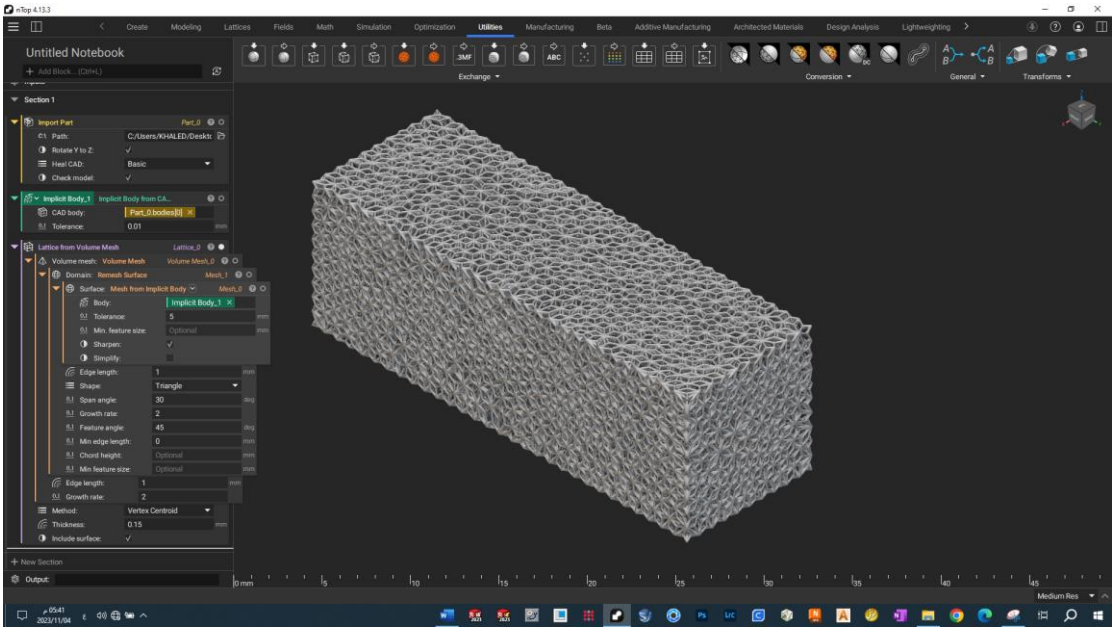
(Dual) مزدوج: الحزم التي تم إنشاؤها من النقطة الوسطى لكل وجه إلى نقطة المنتصف لحافة كل وجه.

سمك الشعاع

خيار لتوليد هيكل على سطح شبكة الحجم.







9- **(Robust Tetrahedral Mesh)** شبكة قوية رباعية السطوح

ماذا تفعل: تنشئ شبكة صلبة من شبكة سطحية باستخدام خوارزمية قوية. إنها متسامحة مع المدخلات منخفضة الجودة للغاية، وتحويلها إلى عناصر جودة FEA. يمكن لهذه الكتلة التعامل مع الأجزاء المعقدة ولكنها أبطأ من كتلة (Volume Mesh)

ملاحظة لإنشاء هذا النوع من الشبكات علينا ان نلغي الخطوتين (7-8) ويتم انشائها مباشرة من (Remesh Surface)

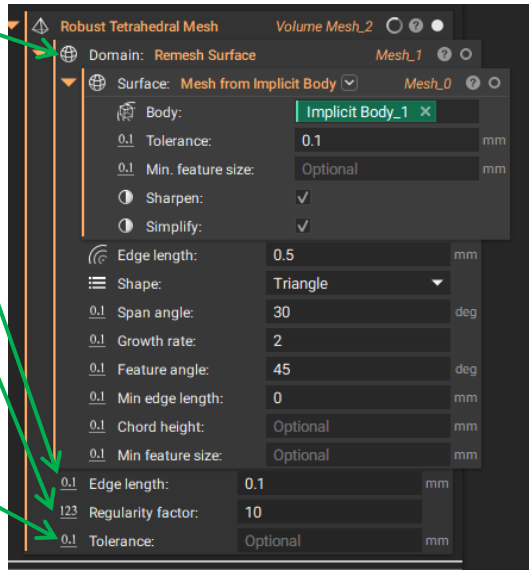
نكتب الحروف (Volume) في مربع الأوامر ومن القائمة نختار (Volume Mesh) وتكون خياراتها كالتالي:

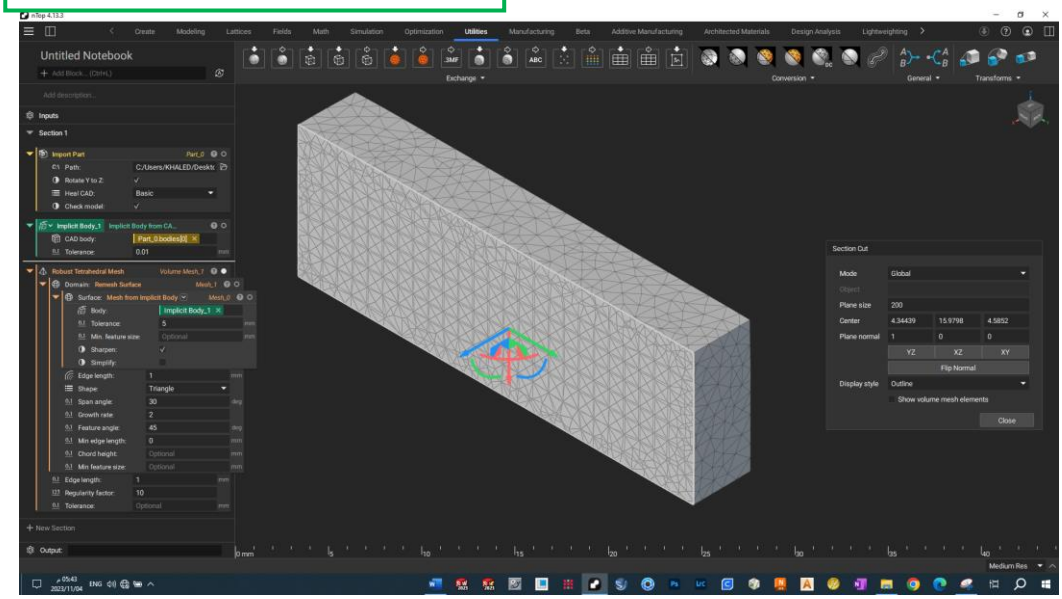
Domain مجال للشبكة. وهنا نختار (Mesh_1)

طول الحافة المستهدفة للعناصر التي تم إنشاؤها.

رقم بين 0 و10 يشير إلى مستوى تحسين الشبكة الذي سيتم إجراؤه لتحسين شكل المجموعات. تشير القيمة 0 إلى الحد الأدنى من التحسين وتشير القيمة 10 إلى قدر كبير من التحسين لتحقيق رباعي السطوح المنتظم الشكل.

تفاوت يتحكم في مدى قرب رؤوس شبكة الإخراج من سطح الإدخال. إذا لم يتم توفيرها، يتم اشتقاق القيمة الافتراضية بضرب قطر المربع المحيط لهندسة الإدخال في 0.001





10- **(Refine Mesh)** صقل شبكة

ماذا يفعل: تعمل كتلة شبكة الصقل على تحسين الشبكة باستخدام التقسيم الفرعي. التقسيم الفرعي هو عملية تقسيم المضلعات التي تكون الشبكة إلى مضلعات أصغر. يمكن للمضلعات الأصغر التقاط التفاصيل وانحناء سطح الجسم بشكل أفضل.

الاستخدامات الشائعة:

تحسين الشبكات الرباعية قبل التحويل إلى أجزاء CAD أو خرائط خلوية.

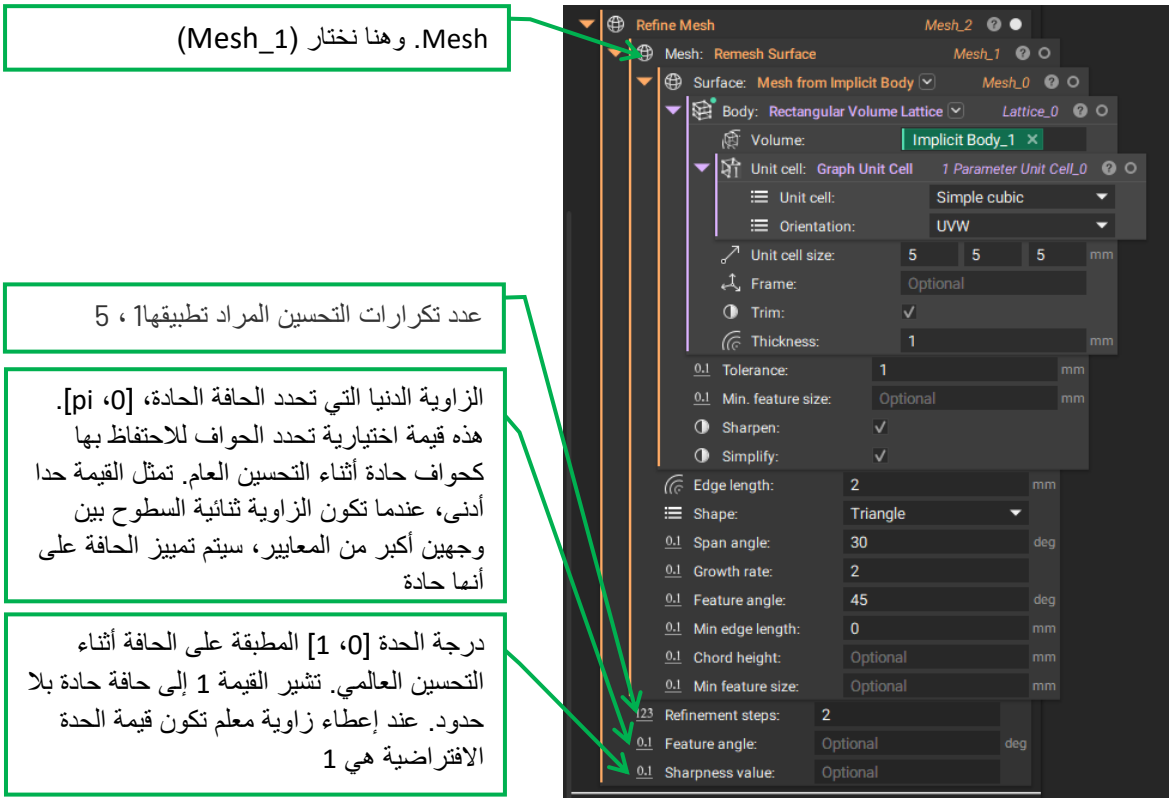
تحسين الشبكة قبل إنشاء شبكة حجم

النصائح

- حدد إدخال خطوات التحسين عدد التكرارات للتحسين بين 1 و5
- يحتفظ إدخال زاوية الميزة بالحواف الحادة أثناء التحسين. قيمة الزاوية هي حد أدنى وسيتم الحفاظ على أي زاوية او حافة أعلى من هذه القيمة.
- يشير إدخال قيمة الحدة إلى درجة الحدة التي سيتم تطبيقها على الحافة أثناء التحسين. يمكن أن تكون هذه القيمة بين 0 و1، حيث يمثل 1 حافة حادة بلا حدود. إذا تم توفير زاوية معلم، فإن قيمة الحدة الافتراضية هي 1

ملاحظة لإنشاء هذا النوع من الشبكات علينا ان نلغي الخطوتين (7-8) ويتم انشائها مباشرة من (Remesh Surface)

نكتب الحروف (Refine) في مربع الأوامر ومن القائمة نختار (Refine Mesh) وتكون خياراتها كالتالي:



11- **(Quadrangulate Mesh)** شبكة رباعية:

ماذا تفعل: تقوم كتلة الشبكة الرباعية بإعادة تشكيل شبكة مثلثة أو رباعية وإخراج شبكة رباعية.

الاستخدامات الشائعة:

- تستخدم كمدخل لجسم CAD من كتلة Quad Mesh عند تحويل نموذج منخفض التعقيد إلى جزء CAD.
- يستخدم لإنشاء شبكة الإدخال الرباعية لخريطة الخلية من كتلة الشبكة الرباعية.
- تستخدم لإنشاء شبكة رباعية للتصدير.
- تستخدم لإعادة شبكة رباعية موجودة.

ملاحظة لإنشاء هذا النوع من الشبكات علينا ان نلغي الخطوتين (7-8) ويتم انشائها مباشرة من (Remesh Surface)

نكتب الحروف (Quadra) في مربع الأوامر ومن القائمة نختار (Quadrangulate Mesh) وتكون خياراتها كالتالي:

Mesh. وهنا نختار (Mesh_2)

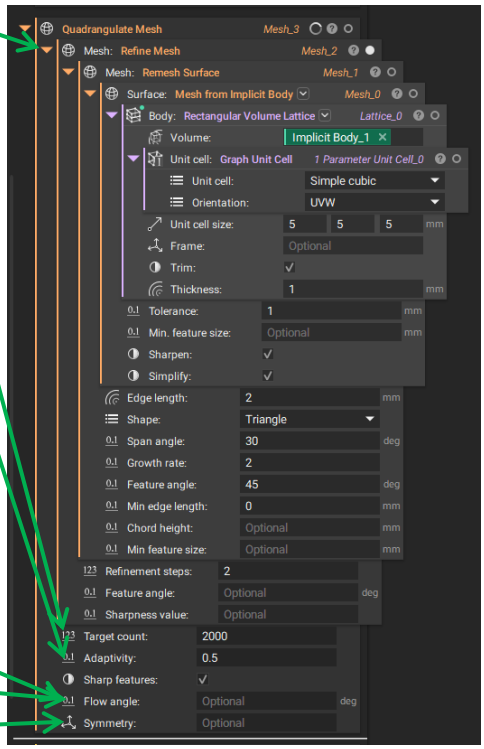
العدد المستهدف من للشبكة الرباعية.

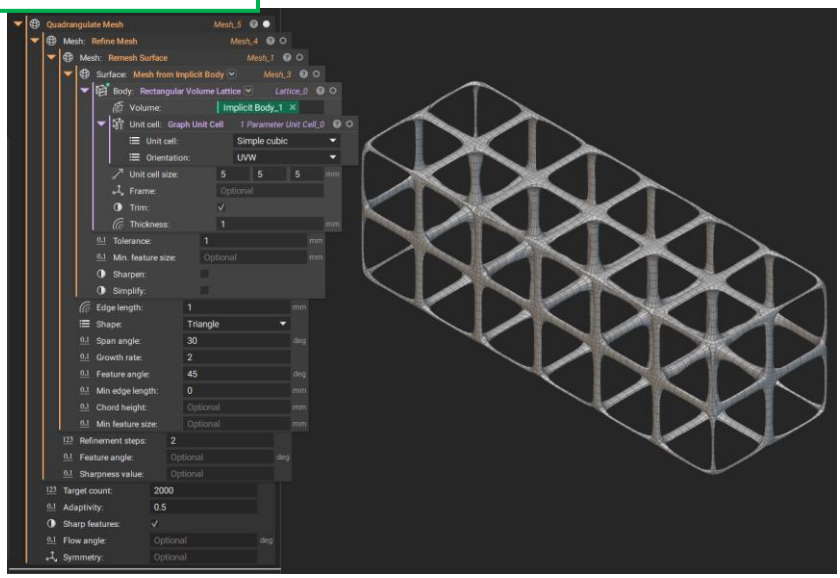
يتكيف مع عدد الشبكة الرباعية المستهدفة لصالح التقاط انحناء شبكة الإدخال بشكل أفضل، النطاق [0، 1]

الكشف التلقائي عن الميزات الحادة والحفاظ عليها في شبكة الإدخال.

الحد الأدنى للزاوية التي تحدد حافة ملف التعريف. هذه قيمة اختيارية تحدد الحواف التي يجب الاحتفاظ بها أثناء إعادة التدوير. تمثل القيمة حدا أدنى. عندما تكون الزاوية ثنائية السطوح بين وجهين أكبر من المعايير، سيتم تمييز الحافة كملف تعريف. عند دمجه مع الحفاظ على الحواف الحادة، سيؤدي ذلك إلى تقييد محاذاة الرباعية إلى حواف ملف التعريف.

إطار يحدد مستوى التماثل للنموذج





Mesh from Implicit Body — Mesh_0

Body: Cube	Box_0	
Tolerance:	1	mm
Min. feature size:	Optional	mm
Sharpen:		
Simplify:		

Remesh Surface — Mesh_2

Surface: Mesh from Implicit Body	Mesh_4	
Edge length:	2	mm
Shape:	Triangle	
Span angle:	30	deg
Growth rate:	2	
Feature angle:	45	deg
Min edge length:	2	mm
Chord height:	Optional	mm
Min feature size:	Optional	mm

Quadrangulate Mesh — Mesh_1

Mesh: Mesh from Implicit Body	Mesh_3	
Target count:	2000	
Adaptivity:	0.5	
Sharp features:	✓	
Flow angle:	Optional	deg
Symmetry:	Optional	

12- **CAD Body from Quad Mesh** انتاج ملف (CAD) من الشبكة الرباعية

ماذا يفعل :يحول جسم CAD من كتلة الشبكة "شبكة سطح رباعية" إلى جسم .CAD هذه الكتلة مفيدة لتصدير الأجزاء المصنوعة في nTopology مرة أخرى إلى برامج CAD الأخرى، كملف Parasolid (X_T,X_B) أو(STEP (. STEP ، باستخدام كتلة تصدير الجزء.

الاستخدامات الشائعة:

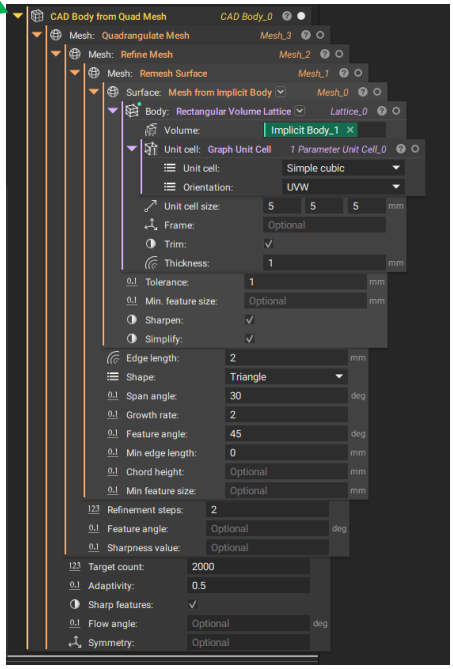
يحول الشبكة الرباعية إلى هيكل CAD

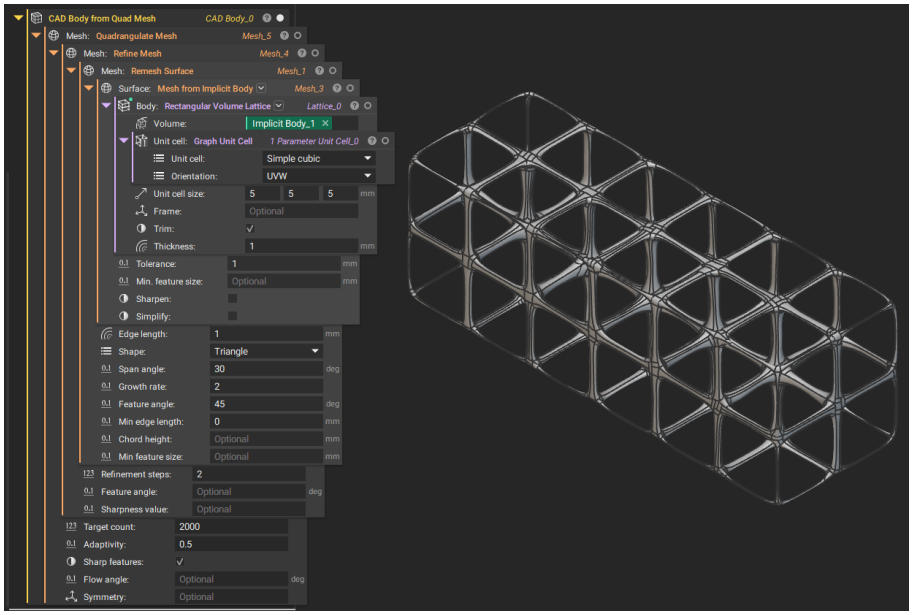
النصائح:

- يجب أن تكون شبكة الإدخال عبارة عن شبكة رباعية ، تم إنشاؤها بواسطة كتلة Quadrangulate Mesh أو Remesh Surface مع إدخال رباعي الشكل.
- يتم تعريف جسم CAD بواسطة تمثيل الحدود (BREP) ، وهو التمثيل الهندسي القياسي لمعظم برامج CAD. يتم تعريف أجسام BREP من خلال اتصال عناصر السطح، مثل الوجوه والحواف والرؤوس التي تفصل بين داخل الجسم وخارجه. يحول جسم CAD من كتلة شبكية "الشبكة الرباعية" إلى سلسلة من الأسطح.

نكتب الحروف (CAD) في مربع الأوامر ومن القائمة نختار (CAD Body from Quad Mesh) وتكون خياراتها كالتالي:

نختار الشبكة الرباعية المراد تحويلها الي Mesh.
وهنا نختار (_3Mesh)(CAD)





13-(FE Volume Mesh)

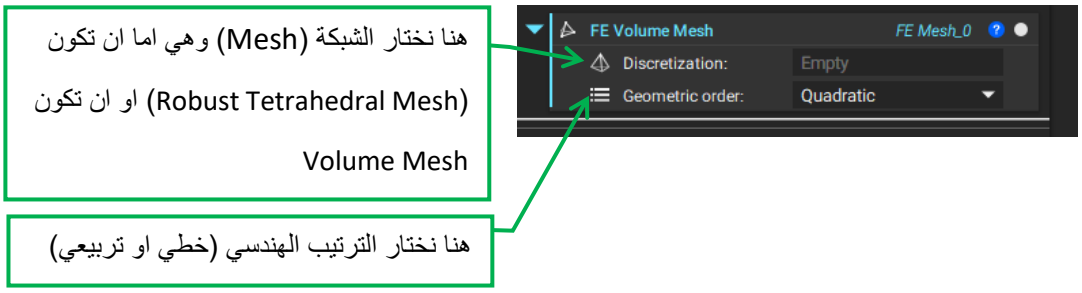
للاستخدام في التحليل النهائي، مثل تحسين الطوبولوجيا والتحليل الاستاتيكي.

النصائح:

الترتيب الهندسي الخطي أسرع، لكنه أقل دقة.

الترتيب الهندسي التربيعي أبطأ، لكنه أكثر دقة.

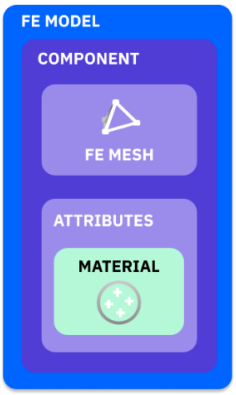
نكتب الحروف (FE) في مربع الأوامر ومن القائمة نختار (FE Volume Mesh) وتكون خياراتها كالتالي:



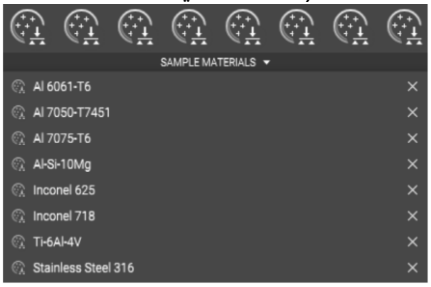
14-إنشاء نموذج FE

ما هو نموذج FE؟

يجمع نموذج FE جميع العناصر الضرورية للجزء المراد تحليله، سواء في المحاكاة أو التحسين أو التحليل الإضافي. تم بناء نموذج FE من المكونات والموصلات. يحتوي كل مكون على شبكة وسمات FE، بينما تتكون الموصلات من قيود ربط أو جهات اتصال هيكلية مرتبطة أو جهات اتصال حرارية مرتبطة تسمح بتحليل مكونات FE متعددة. لا يحتاج طراز FE إلى موصل للتشغيل إذا كان يحتوي على شبكة FE واحدة فقط. إذا كان يحتوي على مكونات FE متعددة، فسيكون هناك دائما موصل واحد أقل مقارنة بالعدد الإجمالي لمكونات FE.



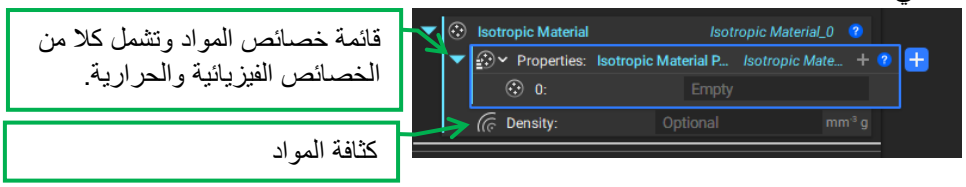
أ- تحديد مادة: يحتاج نموذج FE إلى كتلة مادة لتعيين خصائص للجزء. يمكنك الاختيار مباشرة من قائمة مواد العينة (الموجودة في مجموعة أدوات تحليل التصميم)



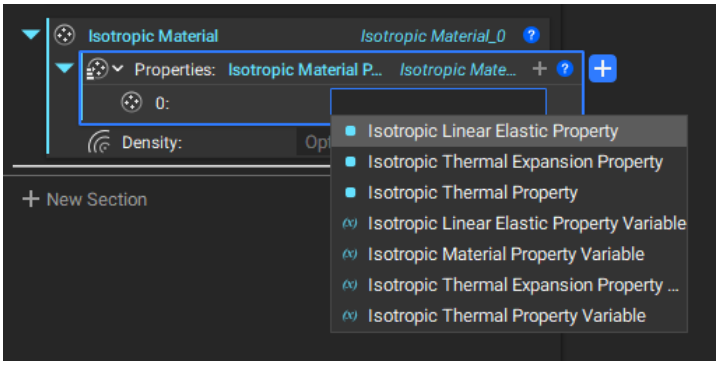
أو إنشاء مادة من الخواص أو المواد الخاصة بك.

أضف كتلة المادة. (Isotropic Material)

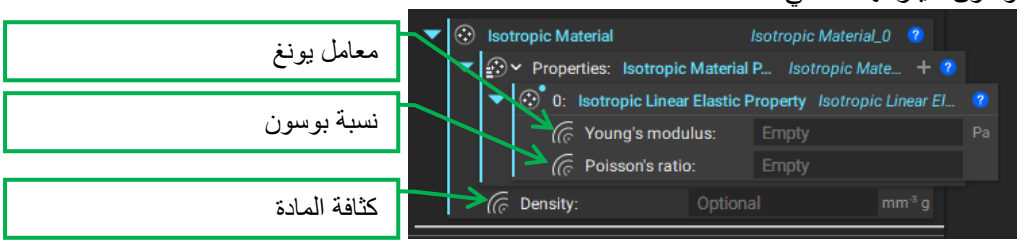
نكتب الحروف (Iso) في مربع الأوامر ومن القائمة نختار (Isotropic Material) وتكون خياراتها كالتالي:



من قائمة خصائص المواد نختار (Isotropic Linear Elastic Property List)



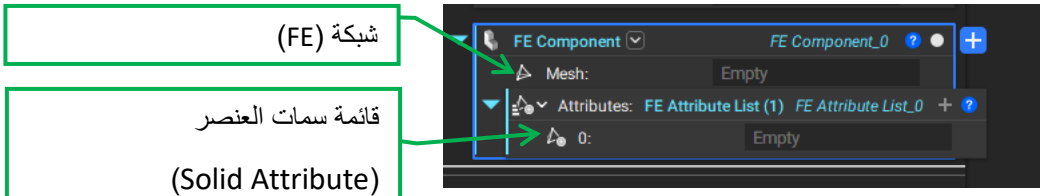
وتكون خياراتها كالتالي



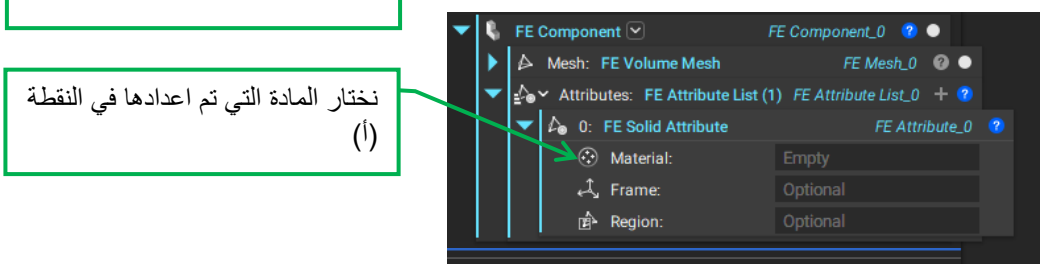
ب- (FE Component)

ماذا يفعل: يعين خصائص FE لشبكات FE للاستخدام في نموذج FE.

نكتب الحروف (FE) في مربع الأوامر ومن القائمة نختار (FE Component) وتكون خياراتها كالتالي:



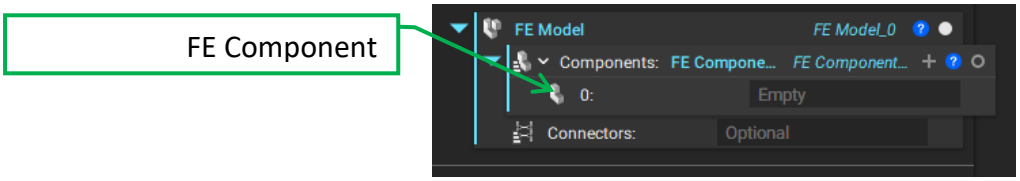
نختار السمات الصلبة (Solid Attribute)



ت- إنشاء نموذج FE(FE Model)

الخطوة الأخيرة هي إضافة كتلة نموذج FE. في هذا المثال ، نستخدم مكونا واحدا فقط ، لذلك لا نحتاج إلى توسيع قائمة المكونات. ما عليك سوى سحب وإدخال مكون FE من الخطوة الأخيرة في إدخال المكون. في هذا المثال ، سنترك الموصلات فارغة.

نكتب الحروف (FE) في مربع الأوامر ومن القائمة نختار (FE Model) وتكون خياراتها كالتالى:



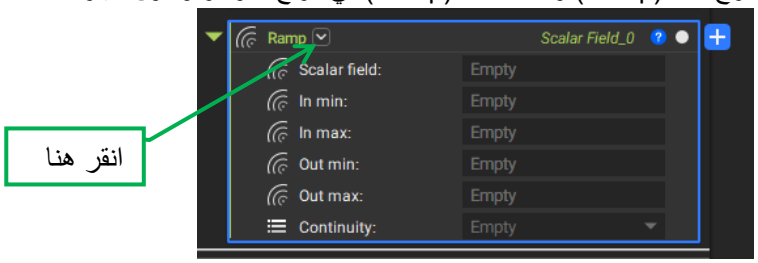
15- تغيير طول حافة الشبكة (انشاء شبكة متدرجة في الحجم)

أولا ادرج نموذج (CAD) "Import Part"

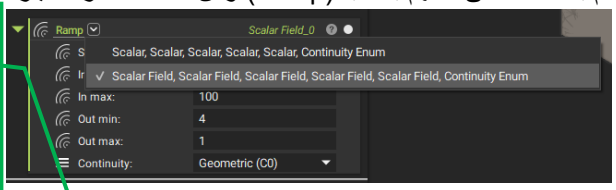
ثم قم بتحويله الى جسم ضمني (Convert CAD Body to Implicit Body)

ثم أنشئ شبكة من الجسم الضمني (Mesh from Implicit Body)

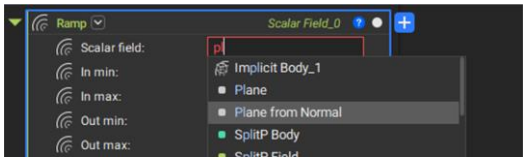
ادرج كتلة (Ramp) وذلك بكتابة (Ramp) في مربع الأوامر وتكون خياراتها كالتالى



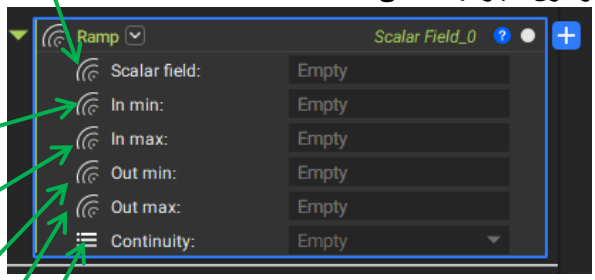
قم بالضغط على السهم بجانب (Ramp) ومن القائمة اختر الخيار الثانى



الحقل المنحدر. هنا نختار مستوى يكون في أسفل ووسط الشكل وذلك بالنقر في المربع ثم نكتب (PL)من القائمة نختار (Plane from Normal)



وتكون خياراتها كالتالى



الحد الأدنى لقيمة نطاق الإدخال.

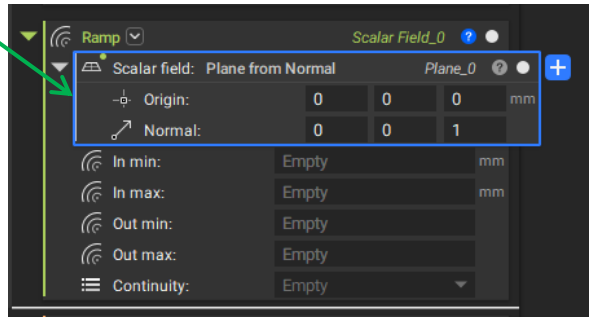
الحد الأقصى لقيمة نطاق الإدخال.

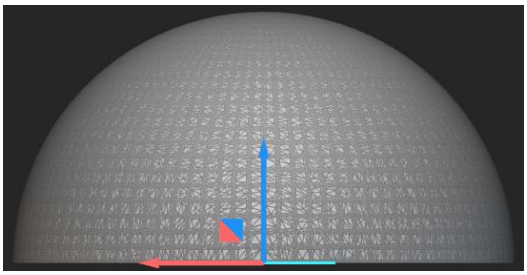
نطاق الإخراج الحد الأدنى

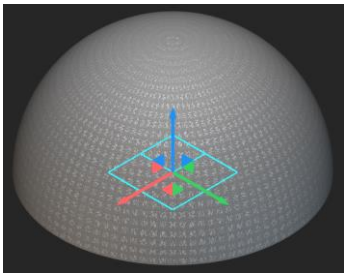
نطاق الإخراج الحد الأقصى

نعومة المنحدر حسب ترتيب الاستمرارية. كلما ارتفع الترتيب، كان الانتقال أكثر سلاسة.

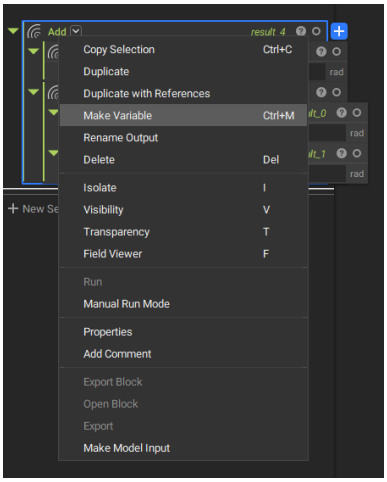
عدل القيم بحيث يصبح المستوى أسفل وسط الشكل



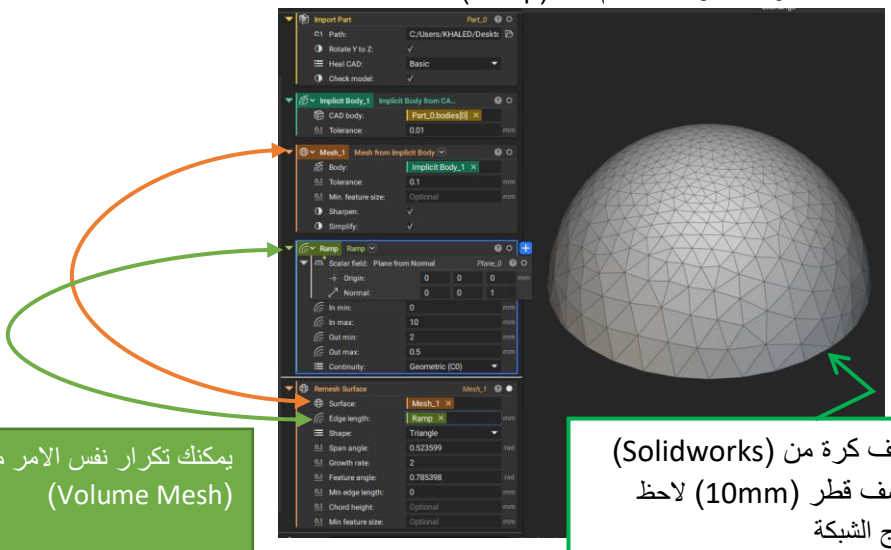




اجعل الكتل الأخيرة متغيرة وذلك بالنقر على الكتلة بالزر الأيمن ومن القائمة الجانبية نختار (Make Variable) ثم نغير اسم الكتلة الى (Mesh_1 و Ramp) طبعا يمكنك ان تختار أي اسم



ثم أنشئ شبكة سطحية (Remesh Surface) من الشبكة السابقة لكن في هذه المرة لن نكتب طول الحافة بشكل مباشرة بل سوف نستخدم كتلة (Ramp)



يمكنك تكرار نفس الامر مع الشبكة الحجمية (Volume Mesh)

نصف كرة من (Solidworks) بنصف قطر (10mm) لاحظ تدرج الشبكة

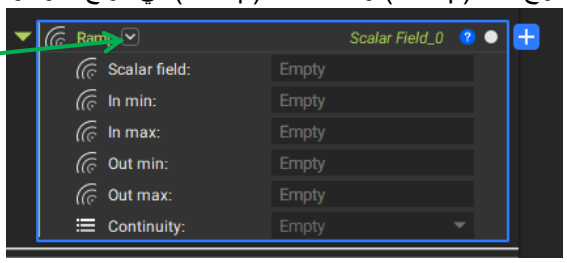
16- تغيير طول حافة شبكة (انشاء شبكة عشوائية في الحجم)

أولا ادرج نموذج (CAD) "Import Part"

ثم قم بتحويله الى جسم ضمني (Convert CAD Body to Implicit Body)

ثم أنشئ شبكة من الجسم الضمني (Mesh from Implicit Body)

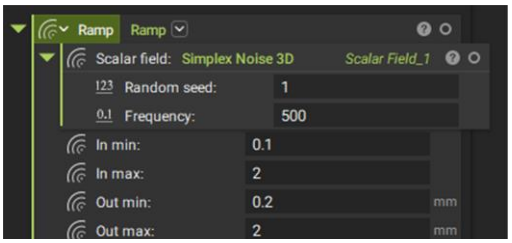
ادرج كتلة (Ramp) وذلك بكتابة (Ramp) في مربع الأوامر وتكون خياراتها كالتالى



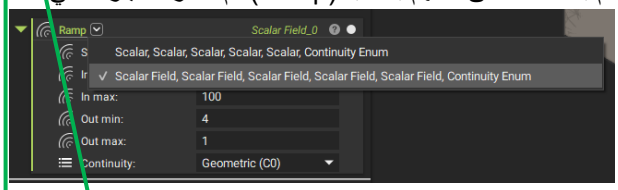
انقر هنا

الحقل المنحدر. تدرج حقل قياسي يتكون من قيم شبه عشوائية، باستخدام خوارزمية Simplex Noise.

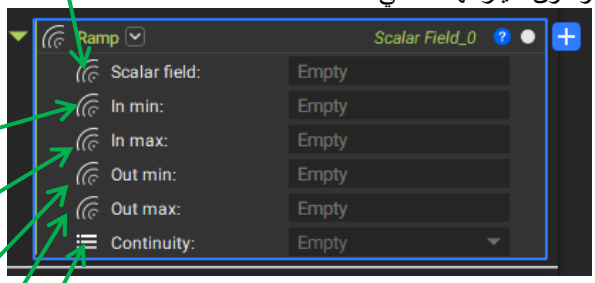
لذا اختار (Simplex Noise 3D)



قم بالضغط على السهم بجانب (Ramp) ثم اختر الخيار الثاني



وتكون خياراتها كالتالي



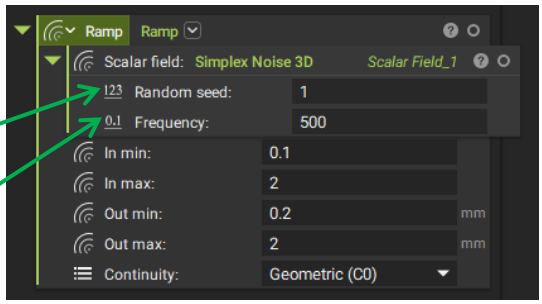
الحد الأدنى لقيمة نطاق الإدخال.

الحد الأقصى لقيمة نطاق الإدخال.

نطاق الإخراج الحد الأدنى

نطاق الإخراج الحد الأقصى

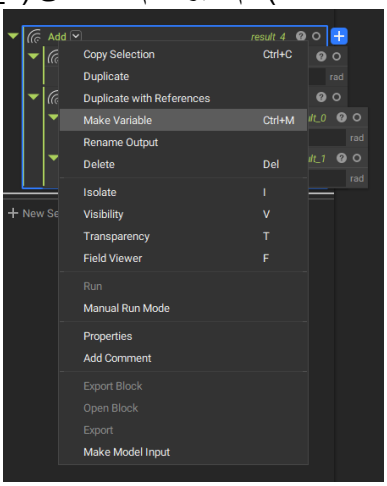
نعومة المنحدر حسب ترتيب الاستمرارية. كلما ارتفع الترتيب، كان الانتقال أكثر سلاسة.



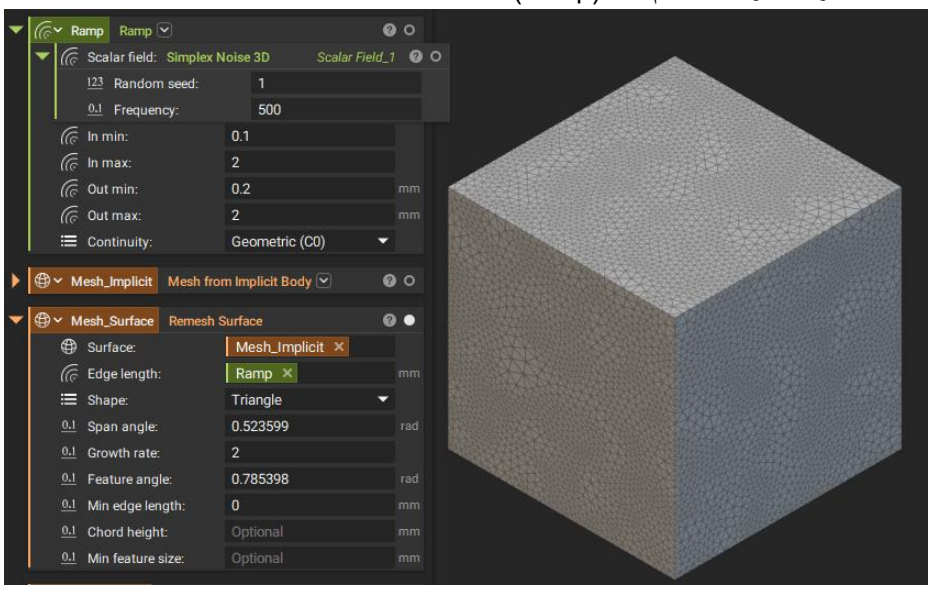
قيمة البذور العشوائية.

يؤثر على مدى خشونة ناتج الضوضاء.

اجعل الكتل الأخيرة متغيرة وذلك بالنقر على الكتلة بالزر الأيمن ومن القائمة الجانبية نختار (Make Variable) ثم نغير اسم الكتلة الى (Mesh_1 و Ramp) طبعا يمكنك ان تختار أي اسم



ثم أنشئ شبكة سطحية (Remesh Surface) من الشبكة السابقة لكن في هذه المرة لن نكتب طول الحافة بشكل مباشر بل سوف نستخدم كتلة (Ramp)



لاحظ الشبكة عشوائية الحجم على كل اسطح المكعب "يمكنك استخدام نفس الأسلوب لشبكة الحجم"

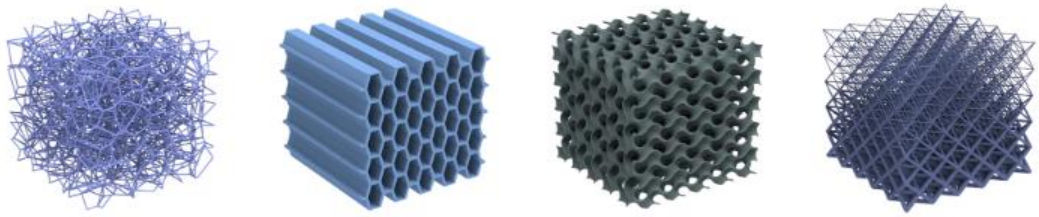
الباب الثالث

الهياكل الشبكية

Lattice

ما هي الهياكل الشبكية؟

ببساطة، الهياكل الشبكية هي أنماط متكررة تملأ حجما أو تتوافق مع السطح. في التصميم الهندسي، المشابك هي مواد خلوية - غالبا ما تكون مستوحاة من الطبيعة - تتكون من عوارض أو أسطح أو ألواح تتلاءم معا وفقا لنمط مرتب أو عشوائي.



أربعة أنواع من الهياكل الشبكية؛ شبكة شعاع، شبكة TPMS، شبكة قرص العسل، وشبكة عشوائية.

المشابك هي واحدة من اللبنات الأساسية للطبيعة. قرص العسل من خلايا النحل أو حتى البنية الداخلية للعظام هي أمثلة على المشابك البيولوجية. في الهندسة، كانت المشابك منذ فترة طويلة حجر الزاوية في التصميم خفيف الوزن، مع تطبيقات تتراوح من برج إيفل إلى الألواح العازلة لأجنحة الطائرات.

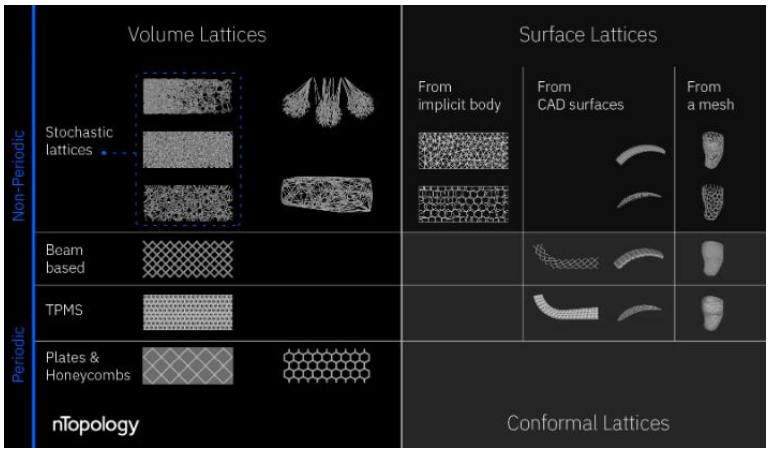
خلية الوحدة هي البنية المتكررة الأساسية للشبكة. تحدد بنية خلية الوحدة نوع الشبكة. لإنشاء شعرية، يتم ترتيب خلايا الوحدة في الفضاء باستخدام خريطة خلية. يمكن أن تكون خرائط الخلايا مستطيلة أو أسطوانية أو كروية أو حتى مشوهة لتتوافق بين وجهين.

يتم تحديد خصائص الشبكة (الميكانيكية والحرارية والصوتية وما إلى ذلك) حسب نوع الشبكة ومعلمات التصميم الأخرى، مثل حجم خلية الوحدة وسمك الحزم أو الأسطح.

أنواع الهياكل الشبكية

هناك مجموعة واسعة من الهياكل الشبكية وعدة طرق لإنشاء المشابك.

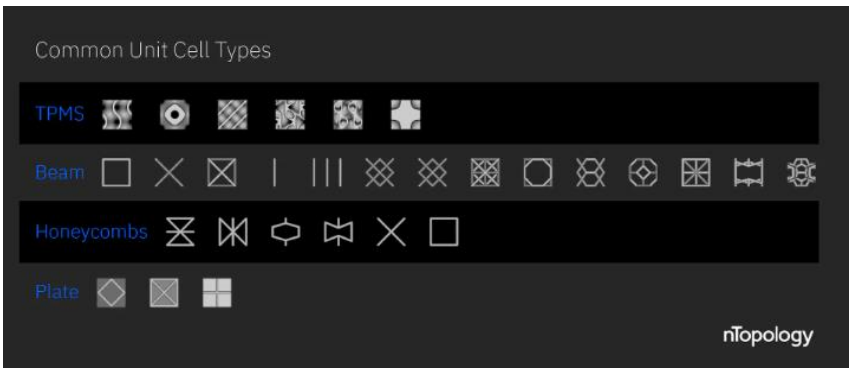
- يمكن أن تكون المشابك دورية أو غير دورية أو عشوائية.
- يمكن أن تتكون من عوارض أو ألواح أو أسطح دنيا دورية ثلاثية (TPMS).
- يمكن أن تملأ وحدة تخزين أو يتم تطبيقها على سطح.
- يمكن قصها إلى مساحة تصميم.
- يمكن إنشاؤها بناء على شبكة أو جسم CAD أو مباشرة كجسم ضمني.



نظرة عامة على أنواع بنية الشبكة التي يمكنك إنشاؤها في nTop.

بالنسبة للهياكل الشبكية الدورية، يحدد نوع خلية الوحدة معظم خصائص الشبكة. هناك مجموعة واسعة من أنواع خلايا الوحدة، كل منها سيكون مناسبا لتطبيقات مختلفة. كقاعدة عامة:

- يمكن أن توفر شبكات الحزمة صلابة عالية للوزن أو تكون مرنة ومتوافقة.
- توفر شبكات TPMS خصائص ميكانيكية جيدة وشاملة.
- توفر أقراص العسل وشبكات الألواح صلابة عالية في اتجاه معين.



مجموعة مختارة من خلايا الوحدة المتوفرة في nTop

المواد المعمارية والهياكل الشبكية

المواد المعمارية هي هياكل هندسية تحقق استجابة مادية مستهدفة ومضبوطة. تمكنك الشبكات من إنشاء هذه الهياكل الخارقة للتحكم في الخصائص الحرارية أو الكهرومغناطيسية أو الميكانيكية أو البيولوجية للجزء. وبعبارة أخرى:

باستخدام المواد المعمارية، يمكنك تغيير سلوك المنتج عن طريق تغيير هندسته على مستوى متوسط الحجم بدلا من البنية المجهرية للمواد.

الرغاوي ثلاثية الابعاد. "شعرية المطبوعة" هي مثال على المواد المعمارية. من خلال التحكم في معلمات تصميم الشبكة، مثل سمك الحزمة أو حجم الخلية، يمكنك إنشاء هياكل تشبه الرغوة مع صلابة تختلف في جميع أنحاء الجزء. ومع ذلك، يتم تصنيع هذه الهياكل من نفس المادة الأساسية وفي قطعة واحدة.

الهياكل الشبكية والتصنيع الإضافي

اليوم، أصبحت الهياكل الشبكية أكثر شيوعا في تطوير المنتجات بسبب صعود التصنيع المضاف.

من الممكن تصنيع شبكات بسيطة باستخدام طرق التصنيع التقليدية مثل التصنيع باستخدام الحاسب الألى أو اللحام أو الصب. على سبيل المثال، جوهر الألواح العازلة المستخدمة على سطح الطائرة هو هيكل قرص العسل الذي يتم تصنيعه عن طريق لحام شرائح رقيقة من الألومنيوم معا.

ومع ذلك، يتيح لك التصنيع الإضافي طباعة الهياكل مباشرة ذات التعقيد العالي والميزات الصغيرة بطبيعتها بشكل أكثر فعالية من حيث التكلفة. التطبيقات التي سندرسها في القسم التالي ممكنة فقط باستخدام التصنيع المضاف.

فوائد وتطبيقات الهياكل الشبكية

توفر الهياكل الشبكية صلابة عالية ومساحة سطح واستطالة وامتصاص الطاقة والمسامية. فيما يلي بعض الطرق للاستفادة من هذه الخصائص الخمس الرئيسية لتطوير المنتجات الهندسية.

1- خفيفة الوزن

غالبا ما يستفيد مهندسو التصميم من الهياكل الشبكية لمكونات الفضاء أو السيارات خفيفة الوزن، والآلات الصناعية، وتقويم العظام، والأطراف الصناعية لتقليل وزن الجزء مع الحفاظ على السلامة الهيكلية.

تمكنك الشبكة من تقليل الكتلة الصلبة دون المساومة على الأداء. باستخدام نهج حشو القشرة والشبكة، فإن تخفيض الوزن بنسبة 50٪ أو أكثر ليس من غير المألوف. تقلل المواد الأقل حجما أيضا من تكاليف التصنيع، مما يجعل الإنتاج باستخدام التصنيع الإضافي مجديا اقتصاديا.

فائدة أخرى للهياكل الشبكية في التطبيقات خفيفة الوزن هي أنها يمكن أن تكون مرنة للغاية. هذه الخاصية تجعلها مناسبة حتى للمكونات الحرجة حيث يجب أن يتحمل الجزء أحمالا كبيرة.

باستخدام نهج "shell and lattice" ، خفضت Aerojet Rocketdyne وزن كتلة الدفع الرباعي للمركبة الفضائية بنسبة 67٪.

2- الرغاوي ثلاثية الابعاد المطبوعة للتوسيد

يمكن أن تتشوه هياكل شعرية البوليمر وتعود إلى شكلها الأصلي، وتتصرف مثل الرغوة. غالبا ما تكون الرغاوي ثلاثية الابعاد المطبوعة متفوقة على الرغاوي التقليدية لأن شكلها وصلابتها يمكن تخصيصها بسهولة أو تغييرها في جميع أنحاء الجزء.

يمكنك استخدام الرغاوي ثلاثية الابعاد لإنشاء توسيد للمقاعد والسروج والمعدات الرياضية وحتى البطانات الداخلية للأجهزة الاصطناعية.

البطانات الداخلية للأجهزة التعويضية هي تطبيق ممتاز للرغاوي ثلاثية الابعاد. أنها تزيد من الراحة مع تحسين التهوية والمتانة.

3- امتصاص الطاقة

يمكن أيضا ضبط المشابك لإنشاء هياكل عالية الطاقة أو امتصاص الصدمات. على سبيل المثال، يمكن للشبكات تحسين خصائص امتصاص تأثير المنتج واستبدال الرغاوي التقليدية في معدات الحماية والخوذات.

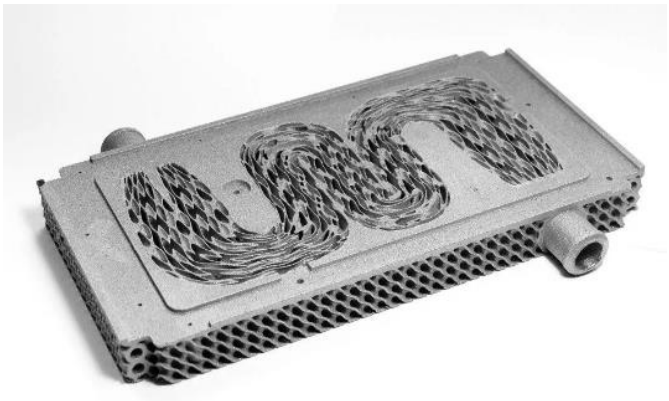
تشمل تطبيقات الهيكل الشبكي الأخرى تخميد الاهتزاز وامتصاص الضوضاء. هذه الخاصية مثيرة للاهتمام للاستخدامات التي تتراوح من هندسة الصوت لمكبرات الصوت وسماعات الرأس إلى التحكم في الضوضاء في المركبات أو المعدات الصناعية.

4- لإدارة الحرارية

يتناسب معدل نقل الحرارة مع مساحة نقل الحرارة المتاحة، وتوفر الهياكل الشبكية بشكل طبيعي مساحة سطح كبيرة. على وجه التحديد، تعتبر شبكات TMPS، مفيدة بشكل خاص للإدارة الحرارية وتطبيقات المبادلات الحرارية.

تتمتع شبكات TMPS بنسبة عالية من القوة إلى الوزن وتفصل التدفق بشكل طبيعي إلى قنوات أو مجالات متشابكة متعددة مع توفير نسبة كبيرة من السطح إلى الحجم. هذا يجعل شبكات TMPS فعالة لإنشاء مبادلات حرارية أكثر إحكاما وتوفر كفاءة أعلى.

شبكات TMPS هي قلب العديد من المبادلات الحرارية عالية الأداء التي تجد تطبيقات في الطائرات والمركبات البرية، والمنشآت الصناعية، وتبريد الإلكترونيات، والتصنيع الدقيق.



مبادل حراري من شبكات TMPS

5- الاندماج العظمي

يستخدم مهندسو الطب الحيوي المشابك لإنشاء هياكل لولبية تعزز نمو العظام في غرسات العظام. تعمل الهياكل اللولبية على تحسين اندماج غرسات العظام مع جسم الإنسان، مما يؤدي إلى تحسين الاندماج العظمي وتحسين نتائج المرضى.

يعزز الهيكل الشبكي المسامي لعائلة المنتجات هذه من غرسات العظام نمو العظام ويسرع إعادة تأهيل المريض.

6- قوام فريد

في التصميم الصناعي، يمكن للمهندسين استخدام كل من شبكات الحجم والسطح لإنشاء مواد فريدة لتحسين جماليات المنتج ووظائفه. على سبيل المثال، تعمل القوام على تحسين قبضة المعدات الرياضية مثل مضارب التنس.

يمكن أن توفر القوام أيضا مظهرا فريدا من فئة المستهلك، والذي يمكن أن يكون ذا صلة بمجموعة واسعة من المنتجات، من الأجهزة الطبية إلى الإلكترونيات الاستهلاكية والأجهزة القابلة للارتداء.

تم إنشاء نسيج سماعة الأذن هذه باستخدام هياكل شعرية لإنشاء جمالية تصميم صناعي فريدة من نوعها.

برنامج لتوليد شعرية

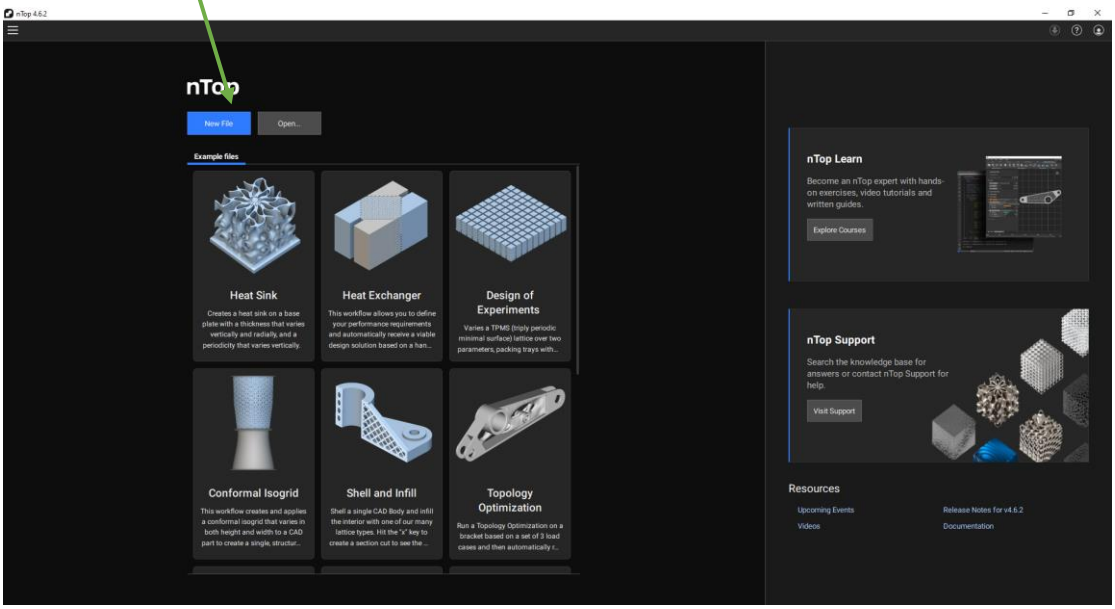
لإنشاء هياكل شبكية بسرعة وكفاءة، تحتاج إلى برنامج يتجاوز اختناقات تقنيات النمذجة التقليدية.

nTopology عبارة عن منصة هندسية للتصميم متقدمة تتميز بتسريع وحدة معالجة الرسومات لجعل إنشاء الشبكة سريعا وسهلا. برنامج يسمح لك بمعاينة تغييرات التصميم في الوقت الحقيقي وإعادة بناء حتى المشابك المعقدة للغاية في ثوان.

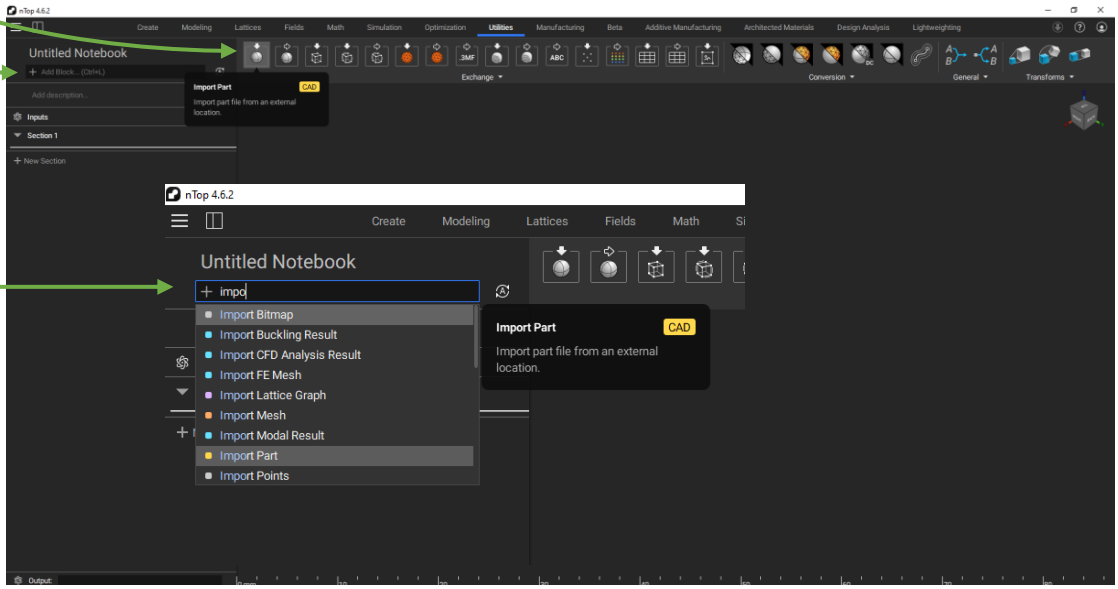
باستخدام ميزات التصميم الميدانية من nTopology، يمكنك التحكم في معلمات الشبكات الخاصة بك في كل نقطة في الفضاء وتحسينها لتلبية أهداف الأداء الخاصة بك. تسمح ميزات سير العمل القابلة لإعادة الاستخدام في nTopology للمصممين بأتمتة مهام التصميم مثل إنشاء الشبكة.

إنشاء المشابك من الاجسام الضمنية

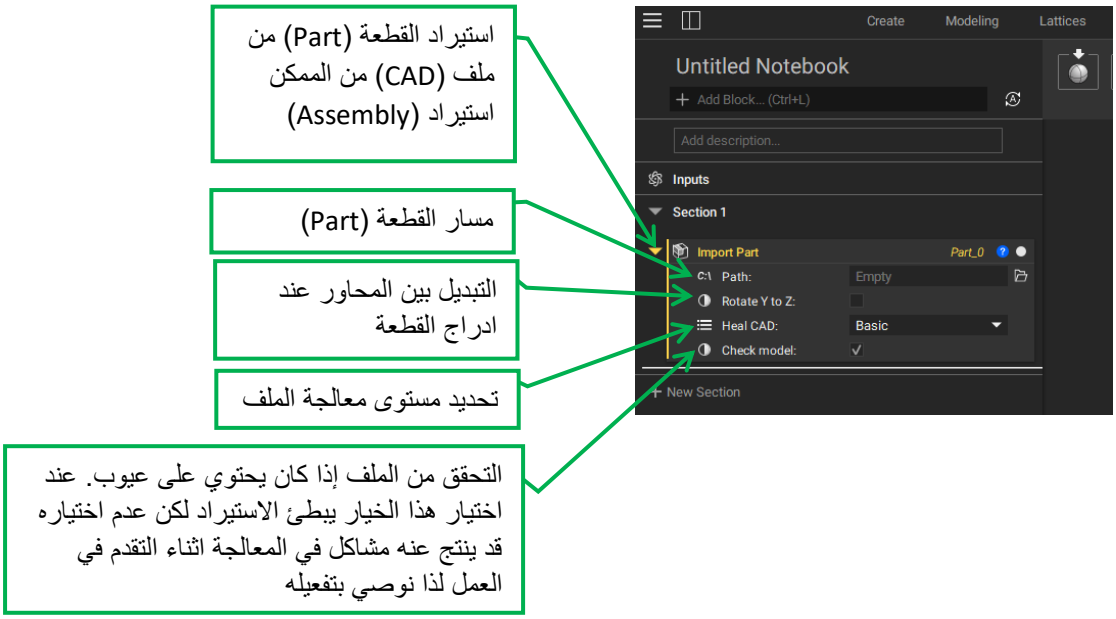
6- **(New File)** عند فتح البرنامج ومن واجهة المستخدم للبرنامج نختار (New File)



7- **(Import Part)** لاستيراد ملف (CAD) ننقر على زر (Import Part)
او نكتب الحروف الأولى من (Import Part) في صندوق (Untitled Notebook) ثم ننقر على (Import Part) في القائمة المنسدلة

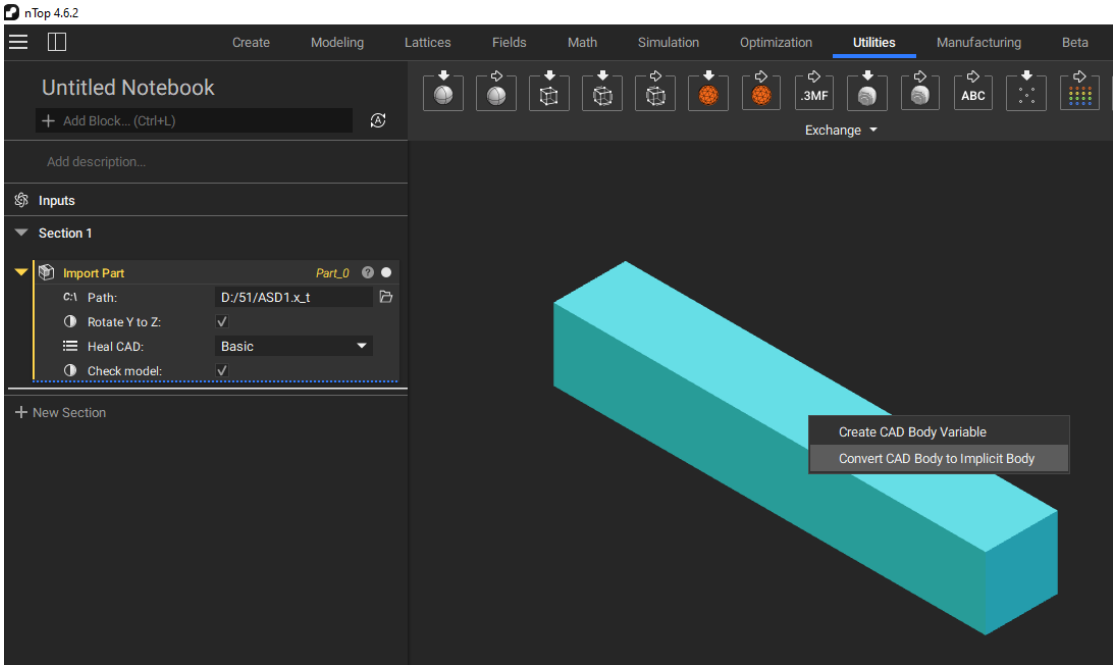


8- يظهر اللوح الجانبي على يسار الشاشة وخياراته كالتالي



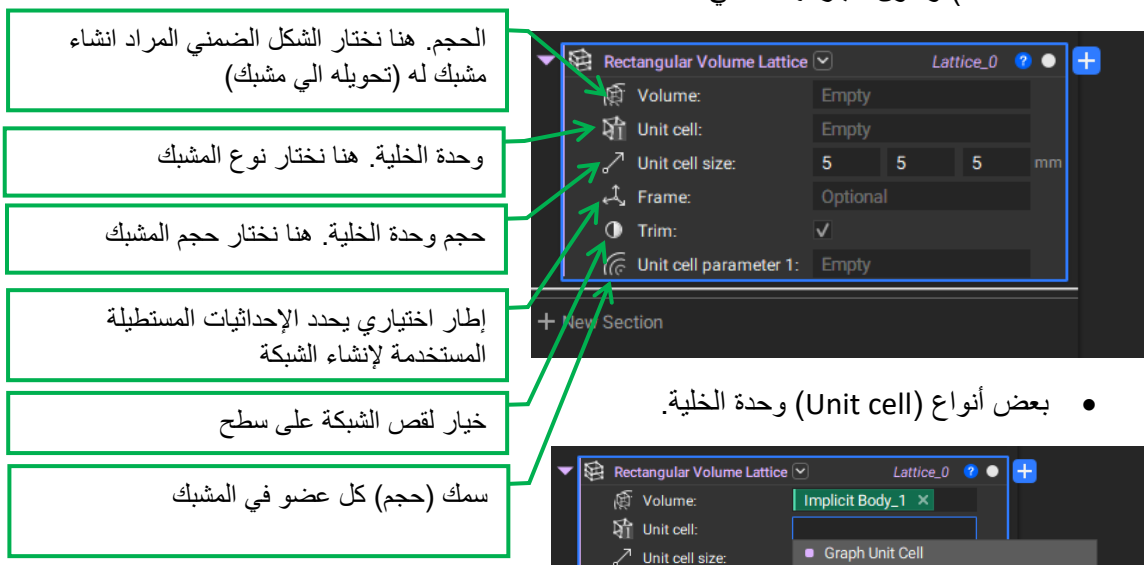
9- **(Convert CAD Body to Implicit Body)** بعد استيراد ملف الكاد يجب تحويله الى ملف ضمني كي يتم التعامل معه في البرنامج (لاحظ ان البرنامج يعتمد على النمذجة الضمنية بدل النمذجة الصريحة)

ولفعل ذلك ننقر على الملف المستورد (Part) نقر مزدوج في مساحة العمل ثم ننقر بالزر الأيمن عليه ومن القائمة المنسدلة نختار (Convert CAD Body to Implicit Body)

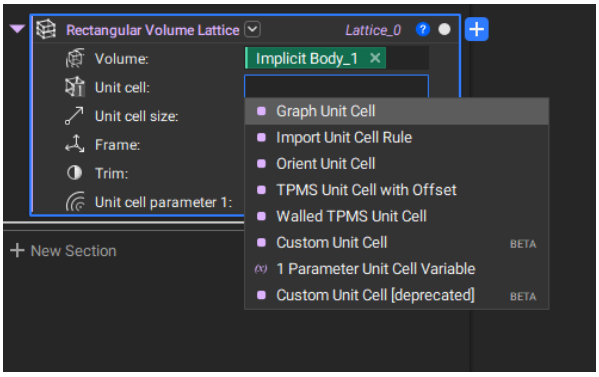


10- (Rectangular Volume Lattice) مشبك حجمي مستطيل.

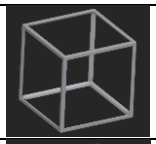
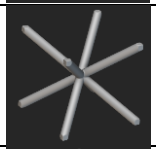
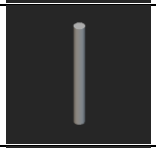
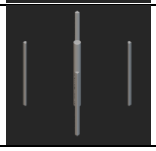
نكتب الحروف (Rectangular) في مربع الأوامر ومن القائمة نختار (Rectangular Volume Lattice) وتكون خياراتها كالتالي

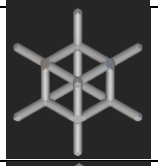
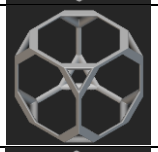
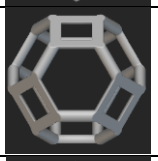
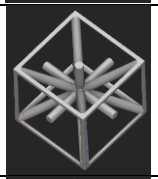
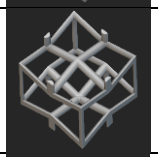
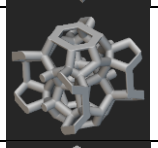
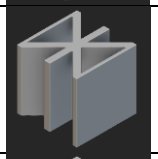
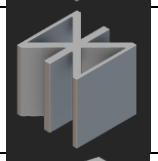
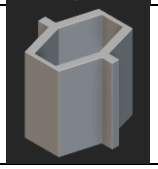


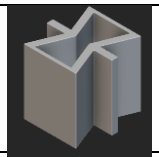
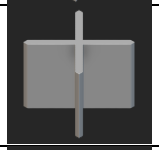
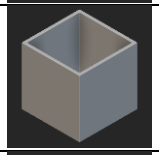
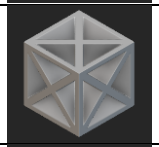
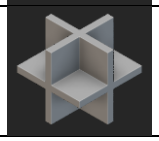
- بعض أنواع (Unit cell) وحدة الخلية.



- النوع الأول (Graph Unit Cell) ويتضمن الأنواع التالية

الشكل	Name	الاسم
	Simple cubic	مكعب بسيط
	Body centered cubic	مكعب محوره الجسم
	Face centered cubic	مكعب محوره الوجه
	Column	عمود
	Columns	الأعمدة

		Diamond	ماس
		Fluorite	فلوريت
		Octet	ثماني
		Truncated cube	مكعب مقطوع
		Truncated octahedron	ثماني السطوح مقطوع
		Kelvin cell	خلية كلفن
		IsoTruss	جمالون
		Re-entrant	إعادة الدخول
		Weaire-Phelan	وير فيلان
		Triangular honeycomb	قرص العسل الثلاثي
		Triangular honeycomb rotated	قرص العسل الثلاثي المستدير
		Hexagonal honeycomb	قرص العسل السداسي

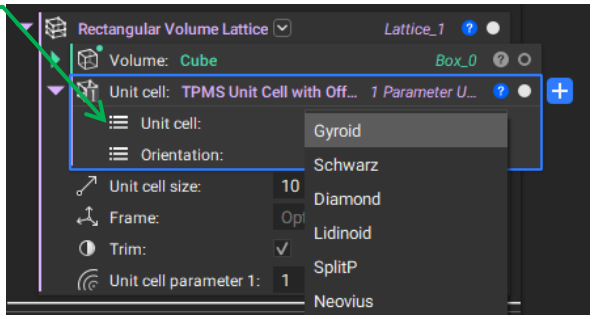
		Re-entrant honeycomb	قرص العسل المعاد دخوله
		Square honeycomb rotated	مربع قرص العسل مع استدارة
		Square honeycomb	قرص العسل المربع
		Face centered cubic foam	رغوة مكعبة محورها الوجه
		Body centered cubic foam	رغوة مكعبة محورها الجسم
		Simple cubic foam	رغوة مكعبة بسيطة

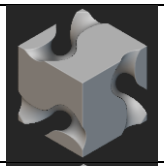
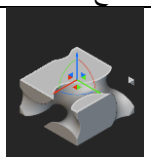
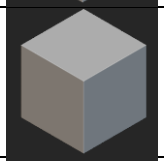
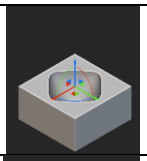
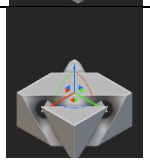
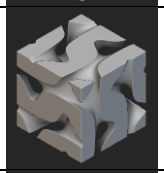
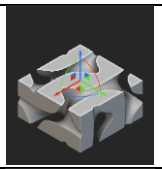
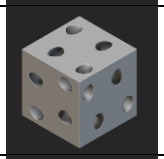
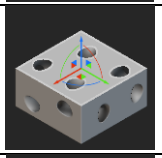
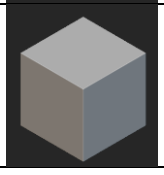
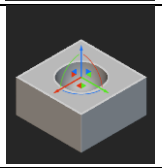
- النوع الثاني (TPMS Unit Cell with Offset).

ماذا تفعل: تسمح لك بتحديد خلية وحدة من مكتبة خلايا TPMS. هذه الكتلة عبارة عن خلية واحدة معلمة، تتطلب معلمة واحدة فقط لتعريفها. المعلمة هي إزاحة منتصف السطح ل TPMS كمسافة موجبة أو سالبة.

وخيارتها كالتالي

وحدة الخلية. هنا نختار نوع المشبك

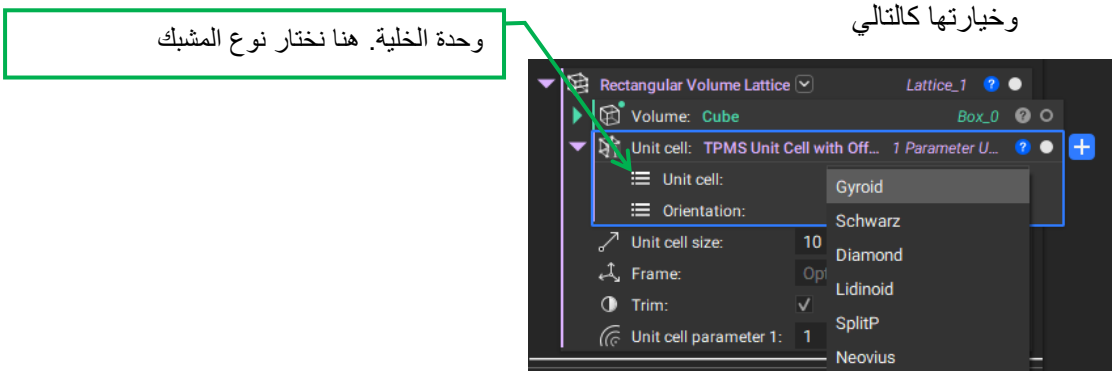


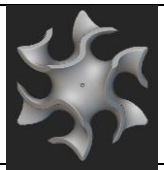
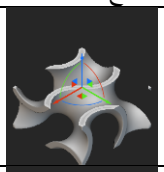
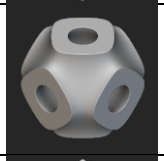
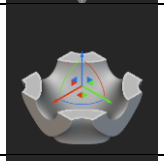
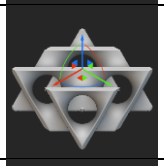
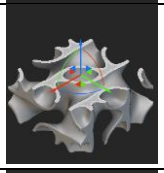
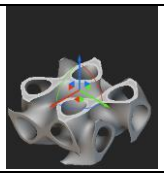
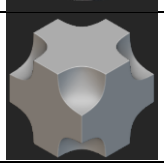
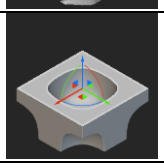
الاسم	الشكل	مقطع
Gyroil		
Schwarz		
Diamond		
Lidinoid		
Splitp		
Neovius		

- النوع الثالث (Walled TPMS Unit Cell).

ماذا تفعل: تسمح لك بتحديد خلية وحدة من مكتبة خلايا TPMS. هذه الكتلة عبارة عن خلية وحدة معلمة، تتطلب معلمة واحدة لتعريفها. معلمة خلية الوحدة هي السماكة التقريبية لجدران TPMS. قد يكون للشبكات المتولدة سمك جدار مختلف عن قيمة الإدخال الخاصة بك، وقد يختلف الانحراف عن القيمة من موقع إلى آخر على الجزء.

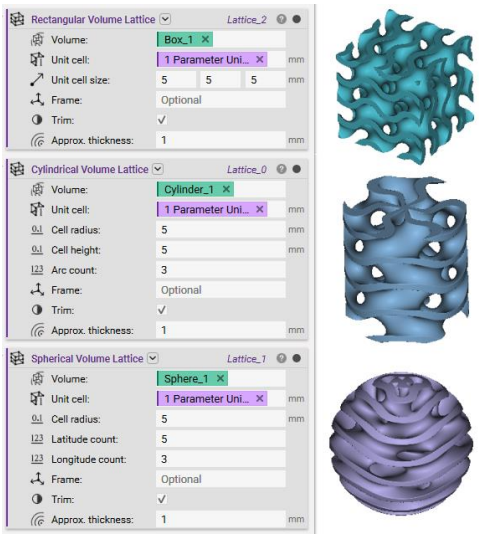
وخيارتها كالتالي



الاسم	الشكل	مقطع
Gyroil		
Schwarz		
Diamond		
Lidinoid		
Splitp		
Neovius		

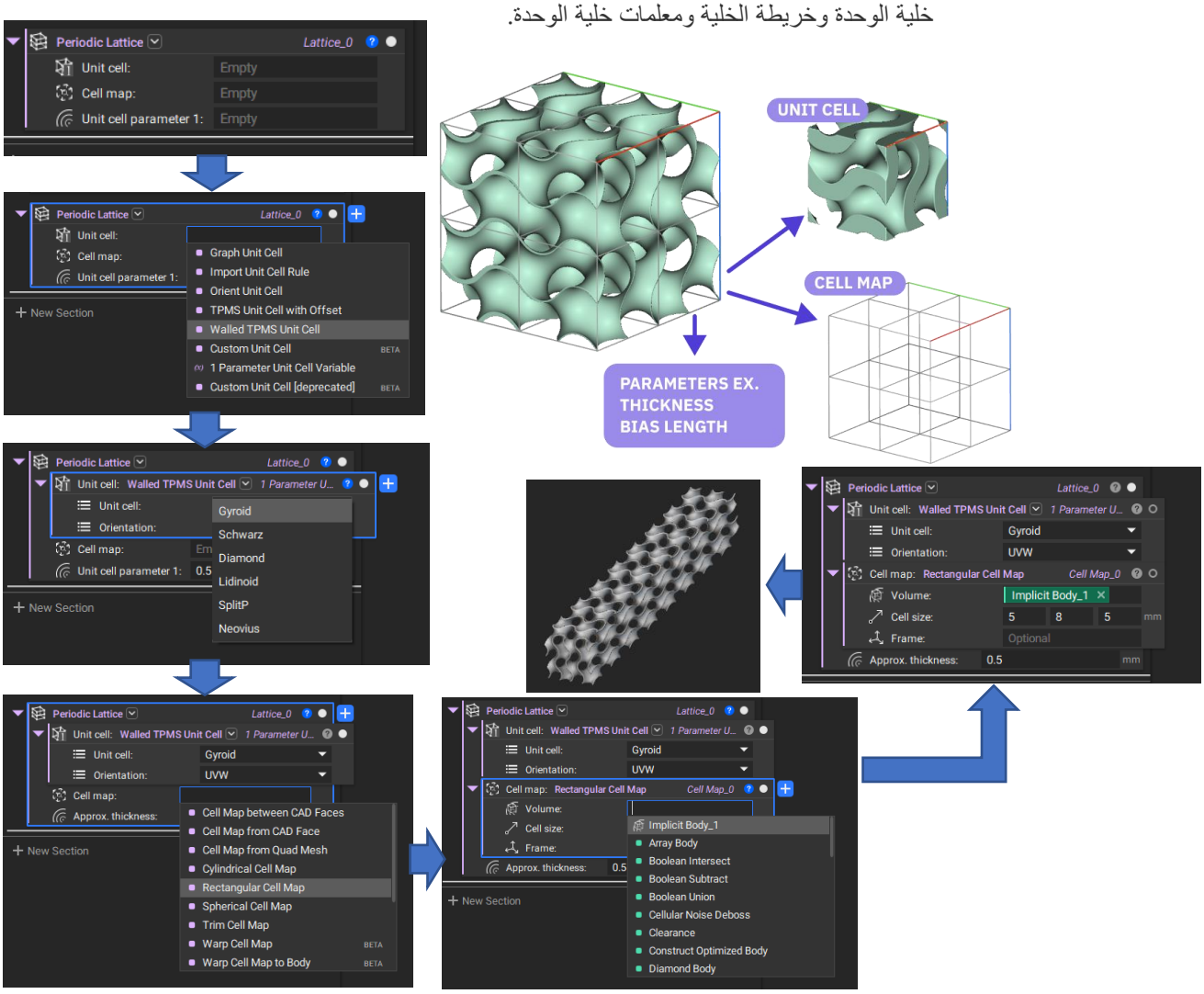
11- (Cylindrical Volume Lattice) مثل النوع (Rectangular Volume Lattice) مشبك حجمي مستطيل. الا انه يستخدم مع الاشكال الاسطوانية

12- (Spherical Volume Lattice) (Rectangular Volume Lattice) مشبك حجمي كروي. مثل النوع السابق الا انه يستخدم مع الاشكال الكروية



13- (Periodic Lattice)

ماذا يفعل : الكتلة الأساسية لإنشاء جميع المشابك الدورية. فهو يجمع بين جميع اللبنات الأساسية لإنشاء شبكة: خلية الوحدة وخريطة الخلية ومعلمات خلية الوحدة.



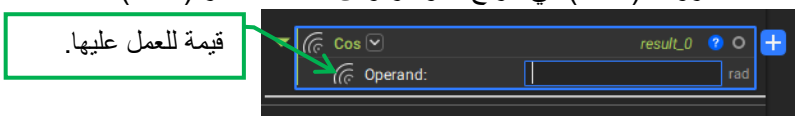
14-**كيفية إنشاء TPMS من معادلة**

أ- بناء المعادلة باستخدام كتل الرياضيات

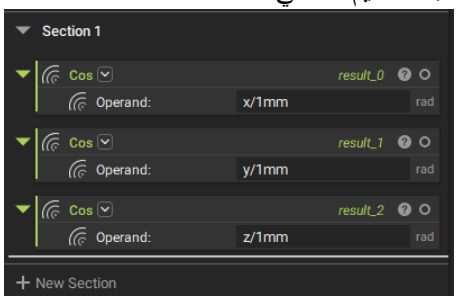
مثلا لبناء المعادلة ((cos (x) + cos (y) + cos (z)

نضيف ثلاث كتل (Cos)

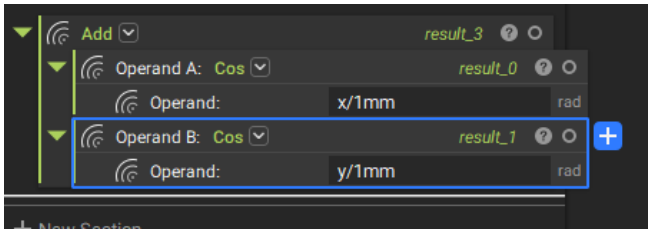
نكتب الحروف (COS) في مربع الأوامر ومن القائمة نختار (COS)

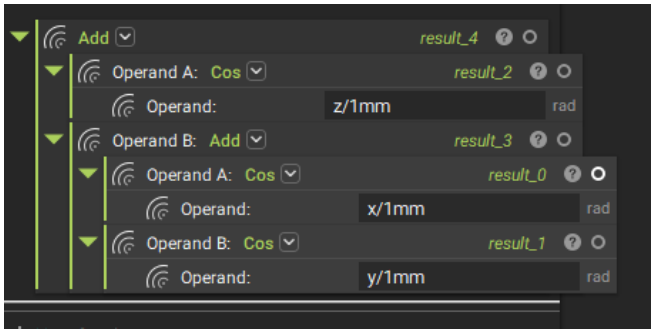


اجعل القيم كالتالي

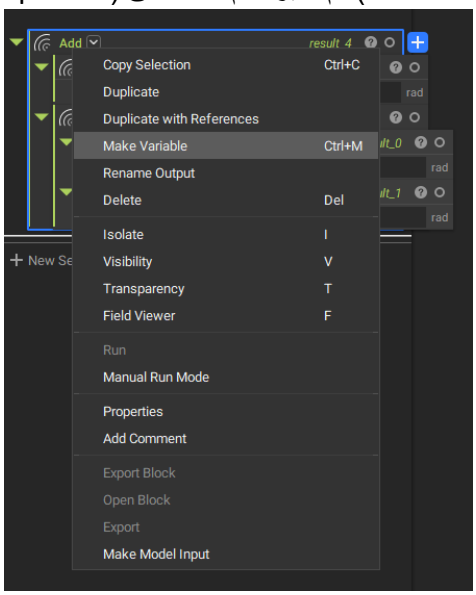


قم بتجميع الدوال الثلاث في معادلة واحدة باستخدام الكتلة (Add) أولا اجمع (X) و (Y) ثم كرر ادراج الكتلة (Add) لجمع الدالة الناتجة مع (Z)

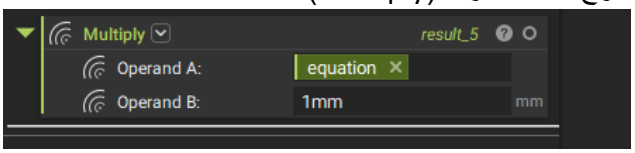




اجعل الكتلة الأخيرة متغيرة وذلك بالنقر على الكتلة بالزر الأيمن ومن القائمة الجانبية نختار (Make Variable) ثم نغير اسم الكتلة الى (equation) طبعا يمكنك ان تختار أي اسم



الان نريد ان نعطي للمعادلة السابقة وحدات وذلك بضربها في (1mm)
ادرج كتلة الضرب (Multiply)

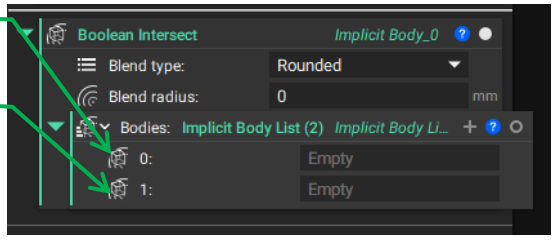


اجعل كتلة الضرب متغيرة وذلك بالنقر على الكتلة بالزر الأيمن ومن القائمة الجانبية نختار (Make Variable) ثم نغير اسم الكتلة الى (units) طبعا يمكنك ان تختار أي اسم

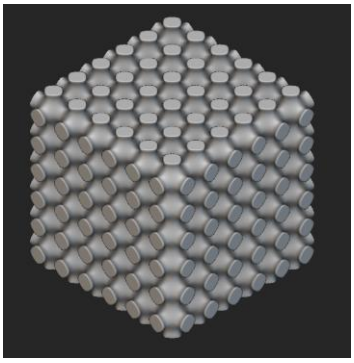
الخطوة الأخيرة هي استخدام كتلة التقاطع المنطقي لتحرير حجم TPMS
ادرج الكتلة (Boolean Intersect) وتكون خياراتها كالتالي

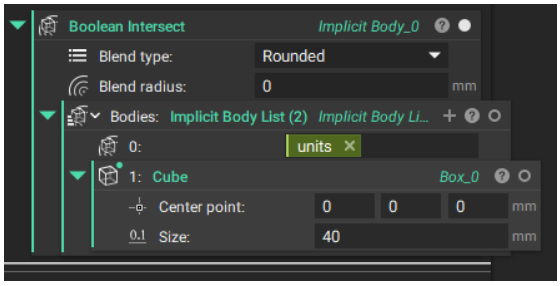
هنا نضع المعادلة الأخيرة بعد إضافة الوحدات لها

هنا نضع الشكل المراد التقاطع معه (مربع او أسطوانة الخ)



ويكون الشكل الناتج هو الشكل التالي (اضغط على "Z" من لوحة المفاتيح ليظهر الشكل على كامل الشاشة

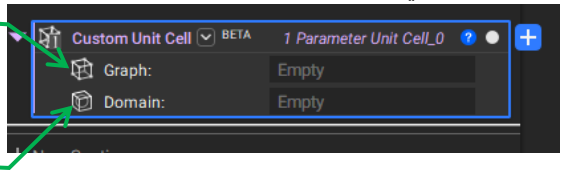


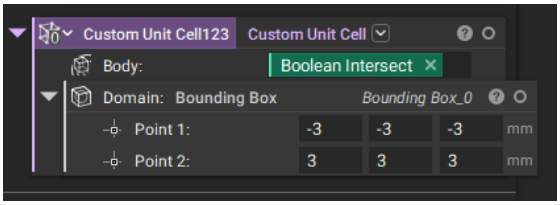


الان ندرج كتلة (Custom Unit Cell) وحدة خلية مخصصة
نكتب الحروف (Custom) في مربع الأوامر ومن القائمة نختار (Custom Unit Cell) وتكون خياراتها كالتالي:

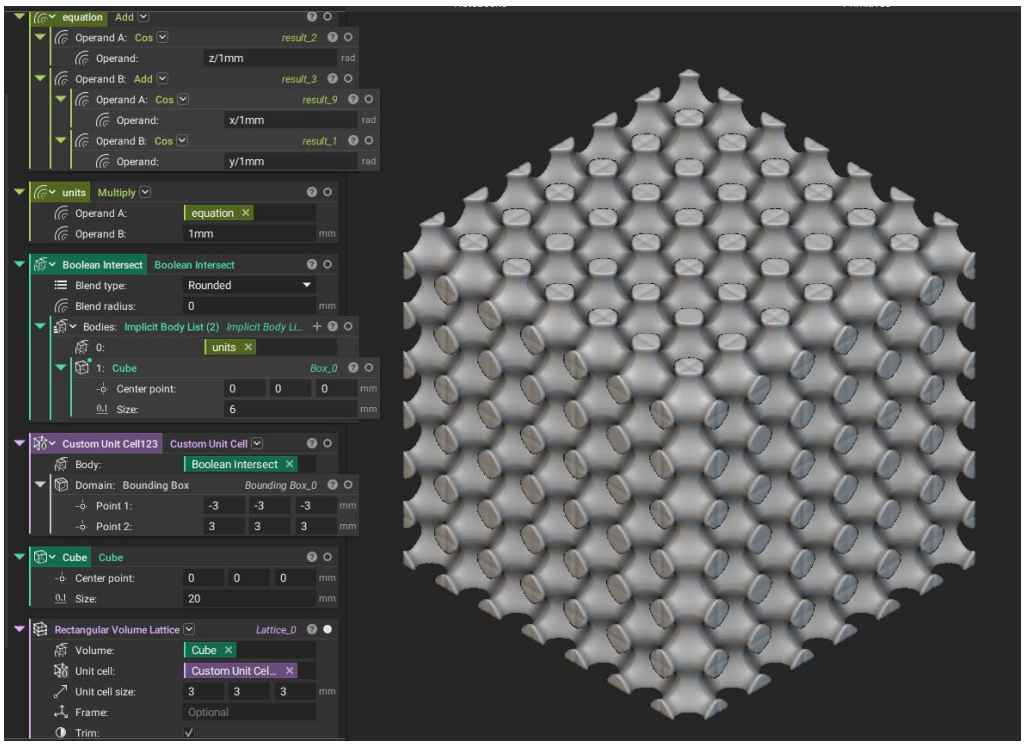
جسم ضمني للتحويل إلى خلية وحدة ضمنية في مثالنا هذا الجسم الذي تم إنشائه في الخطوة السابقة (Boolean Intersect)

المربع المحيط لتعريف مجال خلية الوحدة المخصصة.



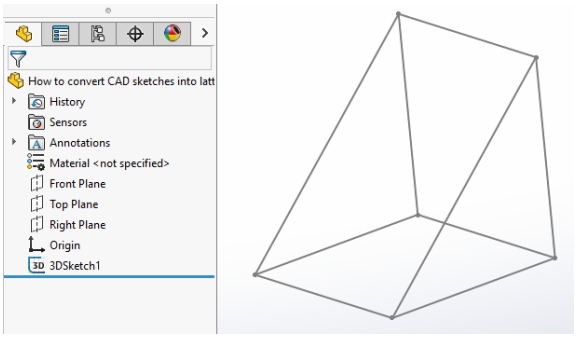


الان يمكن استخدامها كوحدة شبكة
أنشئ مكعب ثم استخدم (Rectangular Volume Lattice)

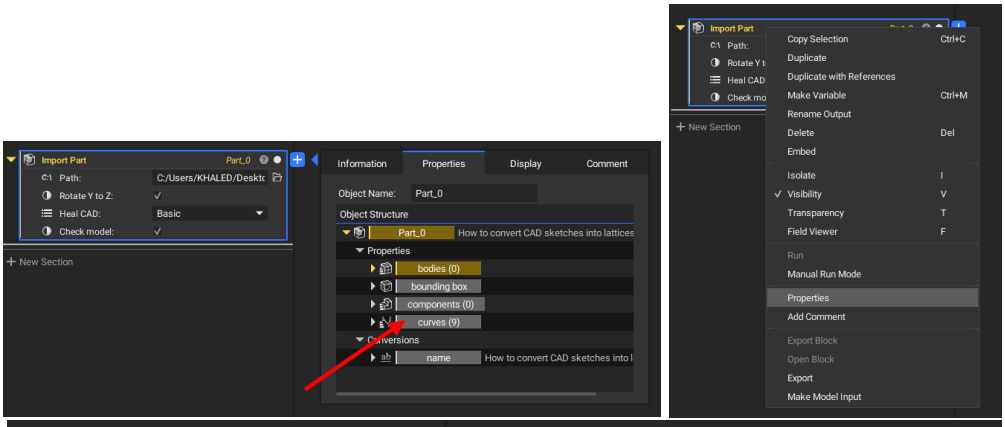


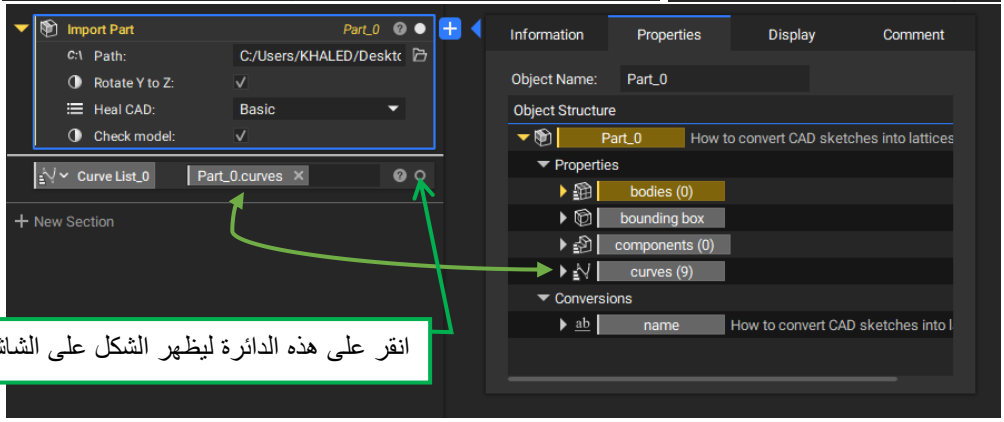
15- إنشاء وحدة خلية شعرية مخصصة

الخطوة الاولى. ارسم شكل الخلية في أي برنامج (CAD) مثل (Solidworks) دون ان تحوله الى صولد (اسكتش ثلاثي الابعاد فقط) ثم قم بحفظه كملف (Solidworks) عادي

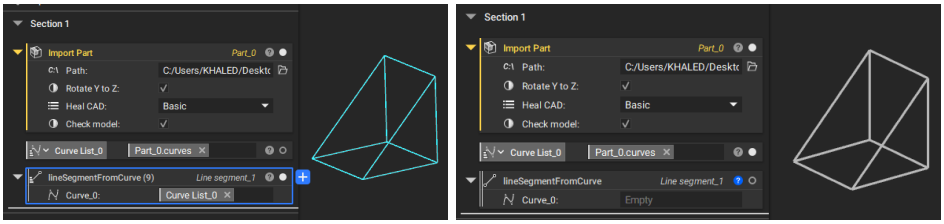


الخطوة الثانية. أدرج الملف في برنامج (nTopology) عن طريق (Import Part) لن يظهر شيء على الشاشة انقر بالزر الأيمن للفارة على كتلة (Import Part) ومن القائمة الجانبية اختار (Properties) اسحب المربع (Curves) الى اللوح الجانبي

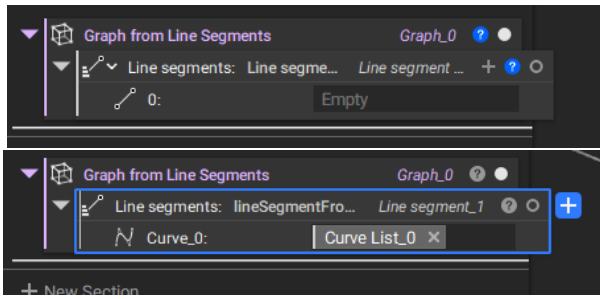




الخطوة الثالثة أدرج الكتلة (line segment from curve) "تجدها في المرفقات" انسخها من الملف المرفق والصقها في الملف الذى تعمل عليه ثم اسحب الكتلة (Curves) وضعها فيها



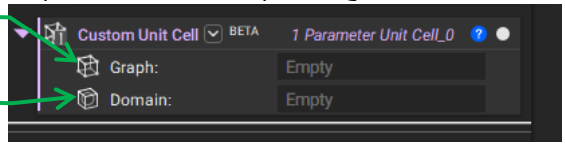
الخطوة الرابعة ادرج الكتلة (Cylinder from Line Segment) واسحب الكتلة السابقة فيها



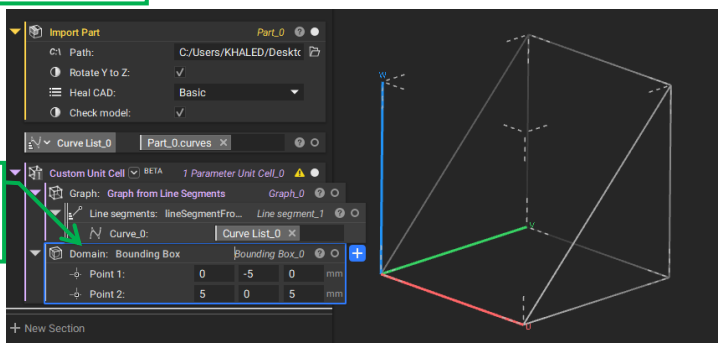
الخطوة الخامسة ادرج الكتلة (Custom Unit Cell) واسحب الكتلة السابقة فيها

جسم ضمني للتحويل إلى خلية وحدة ضمنية

المربع المحيط لتعريف مجال خلية الوحدة المخصصة. نختار (Bounding Box)

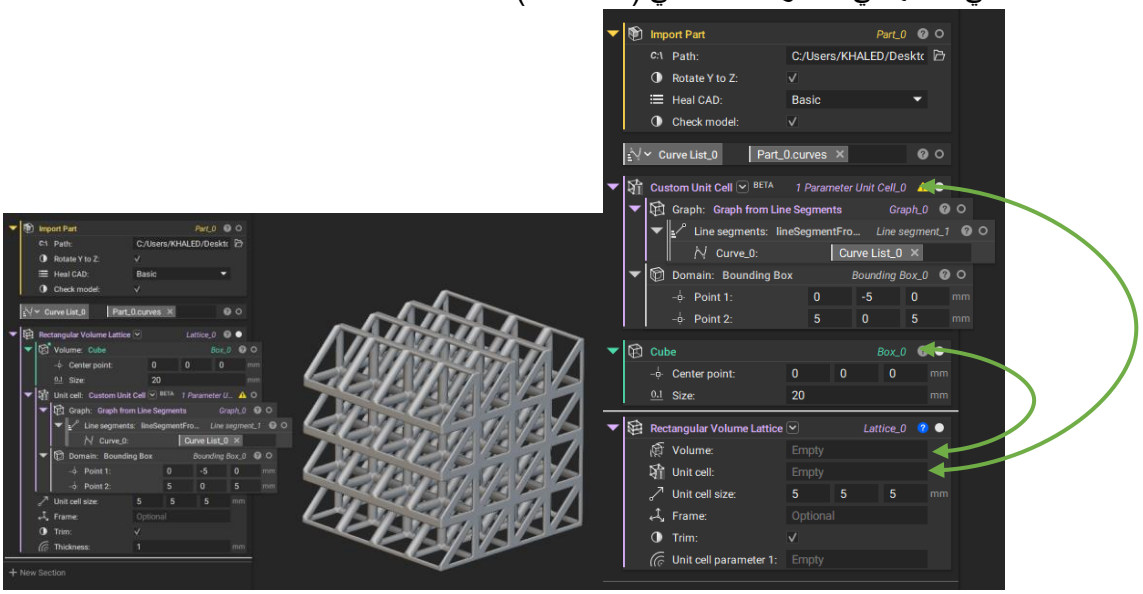


عليك تعديل النقطة الاولى والثانية ليحيط الصندوق بالشكل تماما

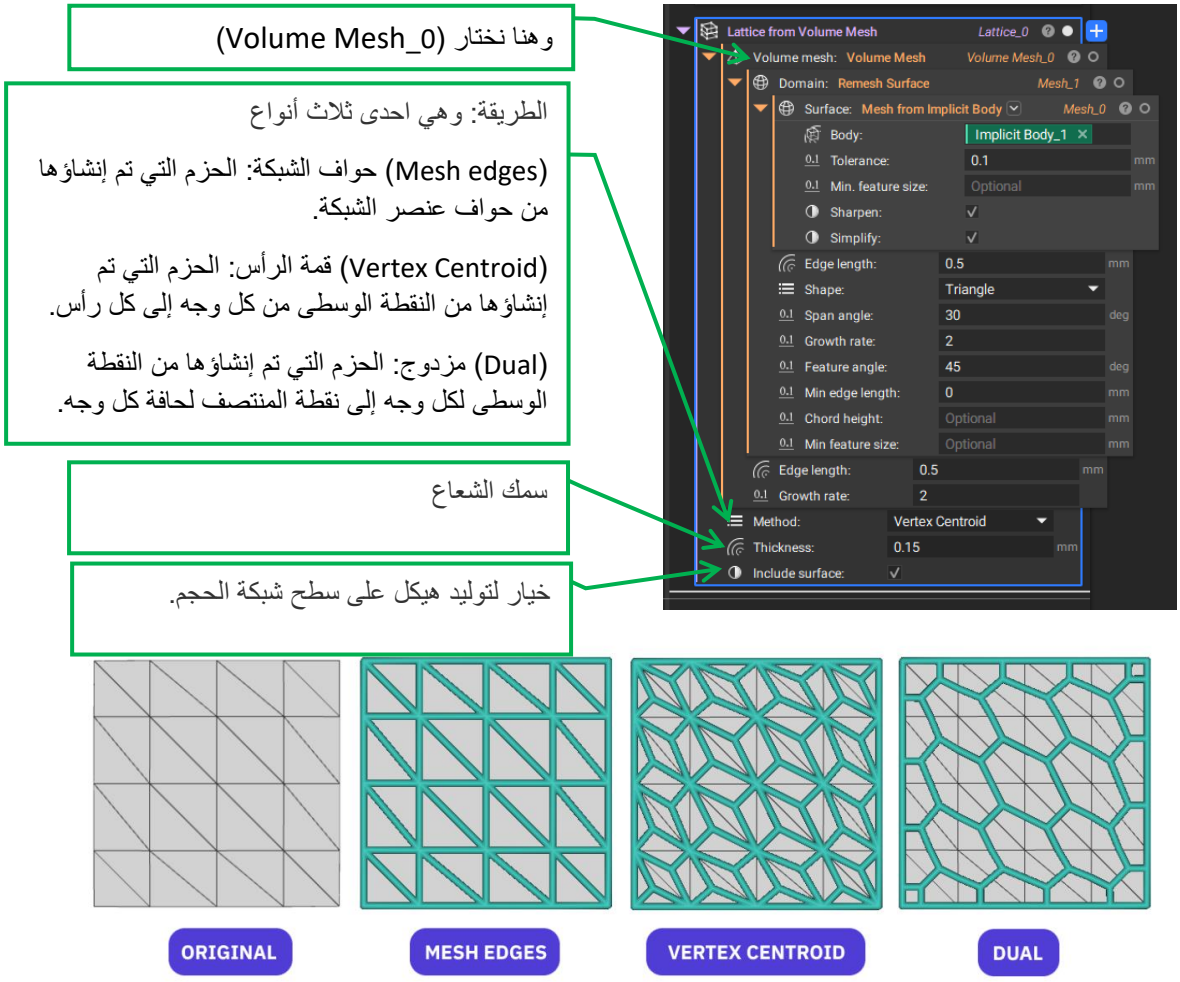


الخطوة السادسة ادرج أي شكل (مكعب مثلا 20*20*20)

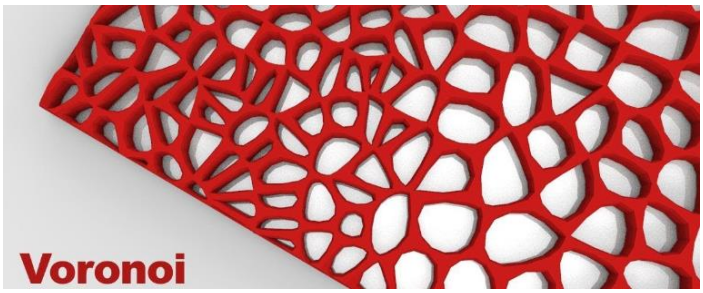
الخطوة السابعة ادرج الكتلة (Rectangular Volume Lattice) واستخدم (Custom Unit Cell) التي انشأتها في الخطوة الخامسة لي (Unit Cell)



16- انشاء هيكل شبكي من الشبكة الحجمية (Lattice from Volume Mesh)
نكتب الحروف (Lattice) في مربع الأوامر ومن القائمة نختار
(Lattice from Volume Mesh) وتكون خياراتها كالتالي:



17- انشاء هيكل شبكي من سطح Voronoi (Voronoi surface lattice)

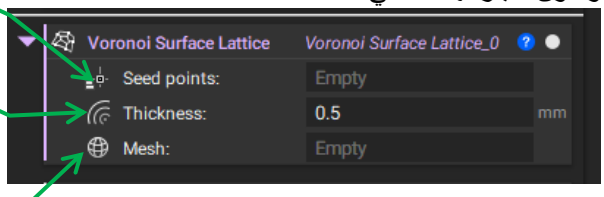


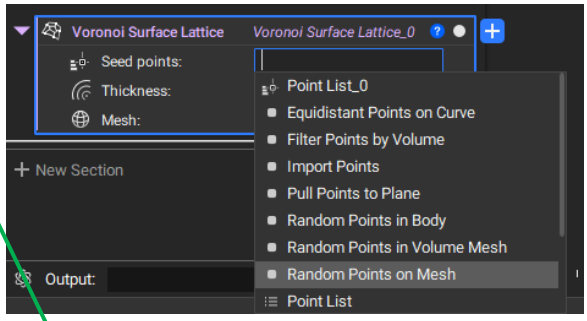
نكتب الحروف (Voronoi) في مربع الأوامر ومن القائمة نختار (Voronoi surface lattice)
وتكون خياراتها كالتالي:

نختار كتلة Random Point on Mesh

نختار السمك

هنا نختار الشبكة (شبكة سطح او شبكة حجم الخ)





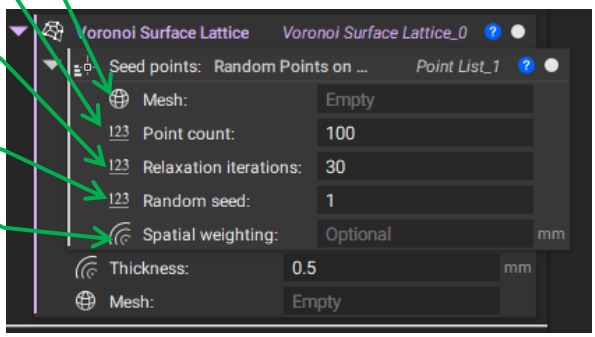
هنا نختار الشبكة (شبكة سطح او شبكة حجم الخ) لتوزيع النقاط العشوائية عليها

عدد النقاط المراد توزيعها على الشبكة

عدد التكرارات لتوزيع النقاط بالتساوي على الشبكة

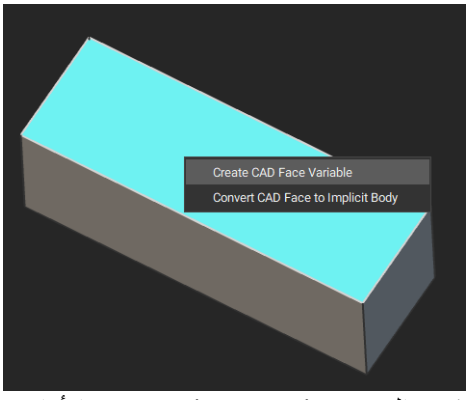
قيمة البذور لتوليد العشوائية

إدخال اختياري للتحكم في تباعد النقاط التي تم إنشاؤها

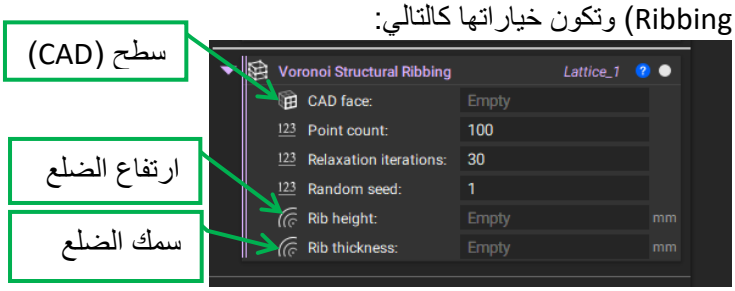


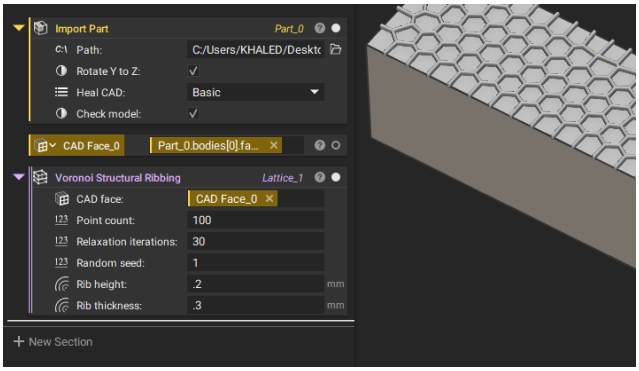
18-(Voronoi Structural Ribbing) انشاء هيكل شبكي " Voronoi " من سطح (CAD)

أولا انقر على سطح الشكل ثم انقر الزر الأيمن ثم اختر (Create CAD Face Variable) فيتم انشاء سطح (CAD)



نكتب الحروف (Voronoi) في مربع الأوامر ومن القائمة نختار (Voronoi Structural Ribbing) وتكون خياراتها كالتالي:

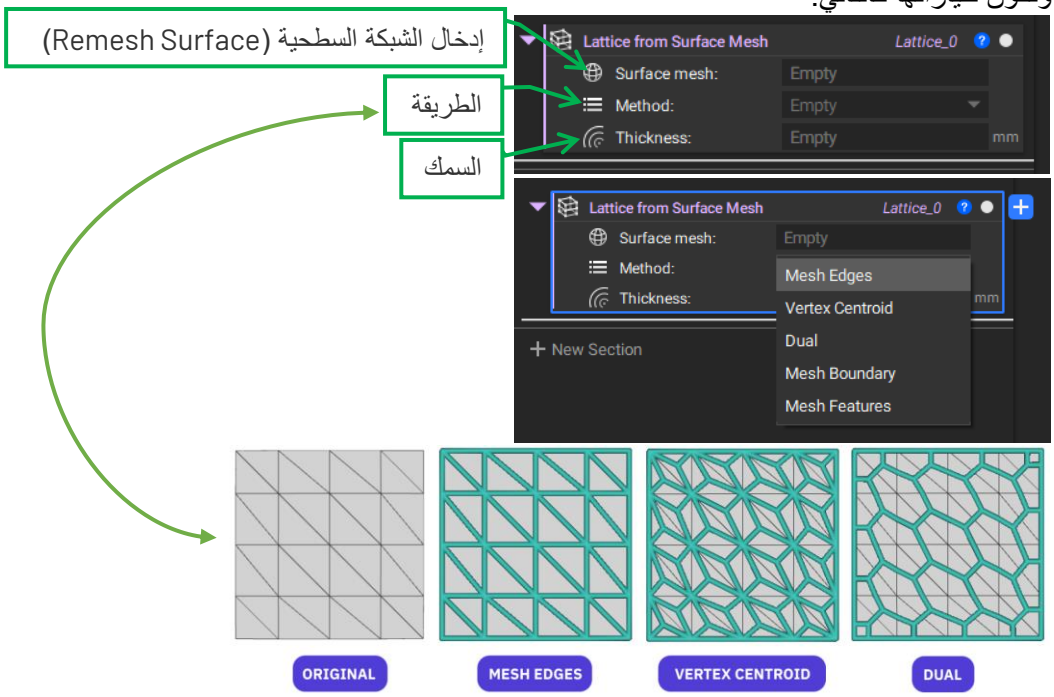




19- انشاء هيكل شبكي من شبكة سطح (Lattice from Surface Mesh)

نكتب الحروف (Lattice) في مربع الأوامر ومن القائمة نختار (Lattice from Surface Mesh)

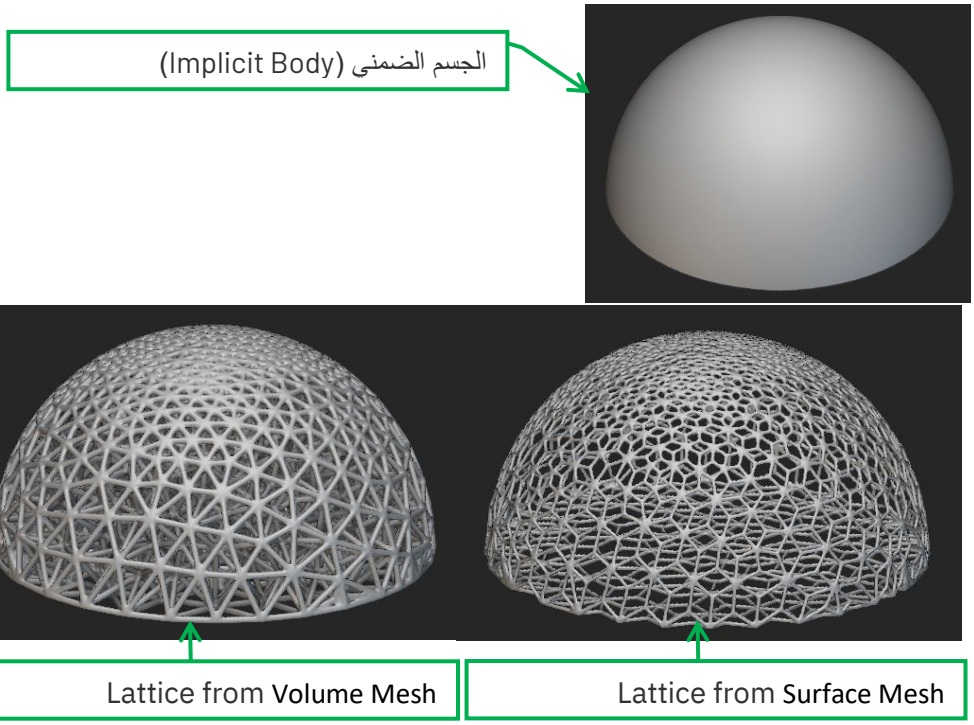
وتكون خياراتها كالتالي:



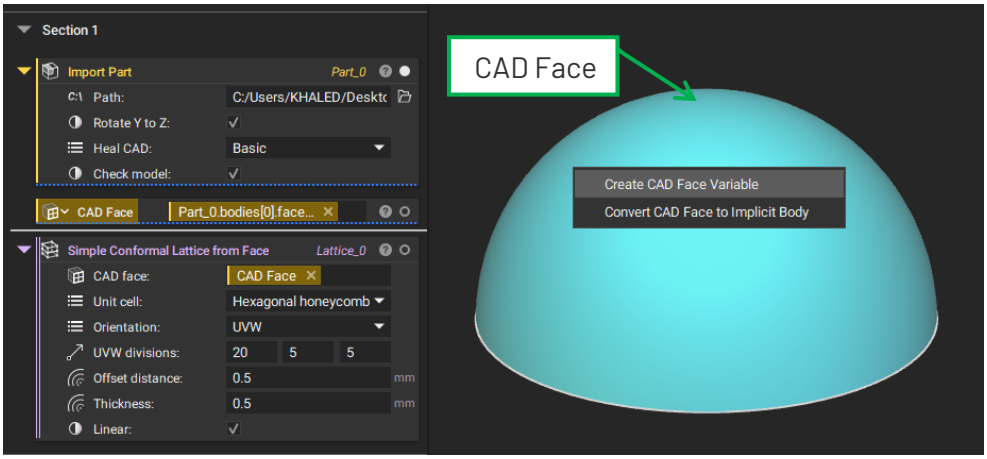
20- انشاء هيكل شبكي من شبكة سطح (Lattice from Volume Mesh)

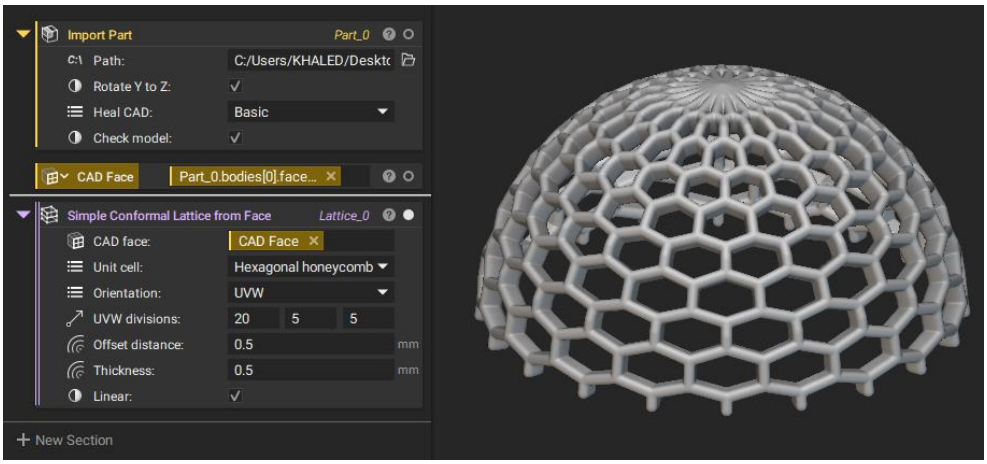
نكتب الحروف (Lattice) في مربع الأوامر ومن القائمة نختار (Lattice from Volume Mesh)

وتكون خياراتها كالتالي:



21- انشاء هيكل شبكي من سطح (Simple Conformal Lattice from Face)
نكتب الحروف (Simple) في مربع الأوامر ومن القائمة نختار
(Simple Conformal Lattice from Face) وتكون خياراتها كالتالي:





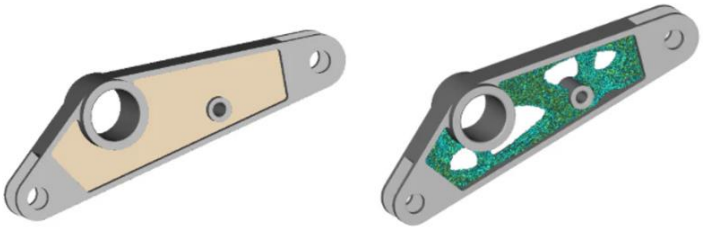
الفصل الرابع

التحسين الطوبولوجي

Topology optimization

ما هو تحسين الطوبولوجيا؟

تحسين الطوبولوجيا هو طريقة تحسين عددية تعمل على تحسين وضع المواد داخل مساحة تصميم محددة من قبل المستخدم. من خلال توفير شروط وقيود حدودية، يمكن ان تحقق أهداف مثل تعظيم صلابة المكون. شهدت هذه الطريقة زيادة كبيرة في الاعتماد مع التقدم في قوة الحوسبة التي يمكن لكل مهندس الوصول إليها وتصنيع التصنيع المضاف. بشكل عام، يتكرر تحسين الطوبولوجيا ويزيل المواد غير الضرورية لتحديد مسار التحميل الأمثل.



نتيجة تحسين الطوبولوجيا

يستخدم nTopology حاليا نهجا قائما على الكثافة لتحسين الطوبولوجيا. بعد تطبيق الأحمال والقيود وأهداف التحسين، ينتهي الأمر بحقل كثافة العنصر، والذي يمكن أن يختلف بين 0، مما يشير إلى عدم وجود مادة، و1 يشير إلى مادة صلبة. يمكن للمستخدم بعد ذلك تحديد عتبة بين هذه القيم لإنشاء المكون الخاص به. في حين أن العديد من الأدوات، بما في ذلكnTopology ، لديها قيود إجهاد لتحسين الطوبولوجيا، لا تزال هناك حاجة للتحقق من صحة الجزء بعد ذلك. مما قد يؤدي إلى الحاجة إلى تغيير قيمة الكثافة.

غالبا ما يكون استخدام تحسين الطوبولوجيا كأداة تصميم منطقيا للغاية، لأنه قادر على تخفيف وزن التصميم بطريقة لا يمكن للمهندس القيام بها يدويا، من خلال الحفاظ على المواد بدقة على طول مسارات التحميل. ومع ذلك، الآن بعد اكتمال مرحلة استكشاف التصميم، سيبدأ العديد من المستخدمين في مواجهة نقاط الضعف الرئيسية مثل ناتج عملية تحسين الطوبولوجيا التي لا يمكن تصنيعها أو التحقق من صحتها أو دمجها مرة أخرى في مهام سير عمل التصميم الحالية. تنبع جميع هذه المشكلات من حقيقة أن مجال الكثافة يتم تطبيقه على عناصر منفصلة وليس على كائن مستمر، مما ينتج عنه مثلثات خشنة .

يمكن اتخاذ عدة خطوات لدفع النتيجة إلى نموذج يمكن التحقق من صحته أو تصنيعه أو دمجه في عمليات تصميم أخرى. باستخدام أدوات التصميم التقليدية، تميل عملية الوصول إلى هناك إلى أن تكون مملة ومليئة بالقيود، والتي غالبا ما تحدد بشكل خاطئ توقعات المهندسين لما هو ممكن مع تحسين الطوبولوجيا.

كيف يحل nTopology نقاط الضعف هذه

- **إعادة بناء الهندسة من الجيل التالي**

في برنامج نمذجة قوي مثلnTopology ، يمكنك تطبيق تقنيات التنعيم بسرعة لينتهي بك الأمر بهندسة عضوية نظيفة، ولا مزيد من القلق بشأن مشاكل الشبكة أو إعادة البناء اليدوي هنا. بعد ذلك، ما عليك سوى إضافة مناطق وظيفية مرة أخرى مع عمليات منطقية حجمية لا تفشل أبدا. والأفضل من ذلك كله، إذا قررت تحديث عتبة الكثافة الخاصة بك، إعادة تشغيل جميع العمليات، فلا داعي للقلق بشأن إعادة أي عمل يدويا

.

الشروع في العمل مع تحسين الطوبولوجيا – الأساسيات

1- اعداد Setup

قم بإعداد تحسين الطوبولوجيا في nTopology Platform باستخدام كتلة واحدة سهلة الاستخدام

الامر (الكتلة)	الوظيفة	ملاحظات
Topology Optimization	إجراء تحسين الطوبولوجيا على نموذج FE. (FE Model)	يجب أن تحدد: 1- استجابة واحدة على الأقل (مثل الامتثال الهيكلي بناء على حالات التحميل) 2- قيد واحد على الأقل (مثل الحد الأقصى لحجم الجزء النهائي).

2- الأهداف Objectives

حدد الهدف الرئيسي لتحسين الطوبولوجيا الخاصة بك. ما الذي تريد تحقيقه باستخدام هذه الأداة؟ ما هي الاستجابة التي ترغب في تعظيمها أو تقليلها؟ الحجم، الإجهاد، الصلابة، إلخ؟

الامر (الكتلة)	الوظيفة	ملاحظات
Optimization Objective	قرر ما إذا كنت تريد زيادة او تقليل استجابة التصميم في تحسين الطوبولوجيا الخاصة بك.	1- تهدف معظم أهداف التحسين إلى تقليل الامتثال الهيكلي (زيادة صلابة) الجزء . 2- يمكنك اختيار استجابة مختلفة (مثل الإجهاد والإزاحة)، ومع ذلك، ضع في اعتبارك أن هذا الحل سيستغرق وقتا أطول للحل، حيث يتم إجراء تحليل هيكلي ثابت في كل تكرار (تعيين كثافة جديدة و قيم الحساسية لكل عنصر).

3- استجابة التصميم Design Responses

عند تشغيل تحسين الهيكل على نموذج FE الخاص بك، يجب عليك تحديد الهدف الذي يجب تحقيقه، والقيود على الحل الخاص بك. يتم استخدام الاستجابات التالية لتحديد كلا المعيارين.

الأكثر استخدام

الامر (الكتلة)	الوظيفة	ملاحظات
استجابة الامتثال الهيكلي Structural Compliance Response	ضع قائمة بمجموعة من الشروط الحدودية، كجزء من تحليل ثابت.	الامتثال هو عكس الصلابة. سيؤدي تقليل الامتثال، كهدف تحسين، إلى زيادة صلابة النموذج إلى أقصى حد.
الاستجابة للإجهاد Stress Response	ضع قائمة بمجموعة من الشروط الحدودية، كجزء من تحليل ثابت.	يقيم الحد الأقصى لإجهاد (von Mises) المركزي في حدود FE، في كل خطوة من خطوات تحسين الطوبولوجيا.
الاستجابة للإزاحة Displacement Response	ضع قائمة بمجموعة من الشروط الحدودية، كجزء من تحليل ثابت.	يقيم الحد الأقصى للإزاحة / التشوه للعقدة داخل شبكة من حدود FE، في كل خطوة من خطوات تحسين الطوبولوجيا.
استجابة الكسر الحجمي Volume Fraction Response	استنادا إلى جزء الحجم من الهندسة المحسنة مقسوما على حجم مساحة التصميم.	نادرا ما تستخدم كهدف التحسين. بدلا من ذلك، ضع في اعتبارك استخدام كتلة قيد كسر الحجم إذا كانت رغبتك هي تقليل المادة إلى ما دون قيمة معينة.

4- القيود (Constraints) الجزء الأول

في الواقع، لتحقيق هدف تحسين الطوبولوجيا الخاصة بك، سيكون لديك بالتأكيد بعض القيود. ربما ترغب في الحد من حجم المواد إلى أقل من 30٪ من الجزء الأصلي، أو الحد من الضغوط على الجزء الخاص بك من خلال معامل يونغ للمواد الخاصة بك .

الامر (الكتلة)	الوظيفة	ملاحظات
Design Response Constraint	اختر استجابة التصميم التي يجب أن تكون مقيدة/مستجيبة للتصميم (restricted / constrained) في تحسين الهيكل	يمكنك اختيار أي من استجابات التصميم لتقييدها، مما يضمن أن الحل يلبي ويخضع أو يتجاوز قيودك الكمية (حسب اختيارك). على سبيل المثال: الحد من الحجم النهائي للجزء الخاص بك إلى 30 ٪ أو أقل (مع إدخال 0.3)، الحد من الإجهاد في منطقة معينة إلى 30 ميجا باسكال أو أقل، الحد من إزاحة عقدة في منطقة معينة إلى 2 مم أو أقل.

5- القيود (Constraints) الجزء الثاني

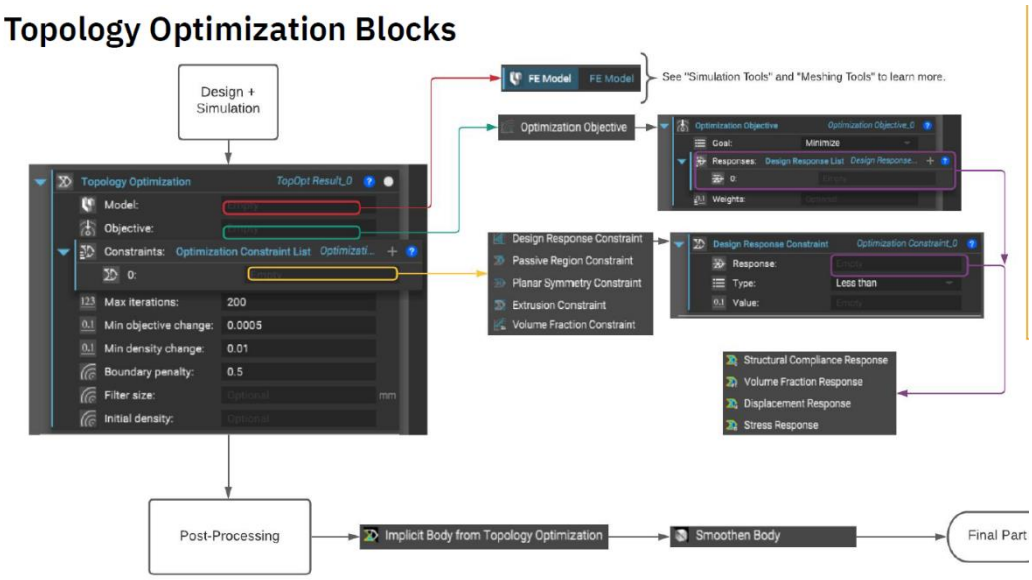
الامر (الكتلة)	الوظيفة	ملاحظات
قيد الكسر الحجمي Volume Fraction Constraint	اختر جزءا كبيرا من مساحة التصميم الخاصة بك.	ستقيد هذه الكتلة الجزء الأمثل للطوبولوجيا إلى أقل من أو يساوي قيمة كسر الحجم المحدد (على سبيل المثال 0.3 أو 30٪).
قيد مستوي التماثل Planar Symmetry Constraint	حدد مستوى تناظر لتحسين الطوبولوجيا.	يجب أن يكون النموذج متماثلا بطبيعته حتى يعمل هذا القيد. يجب أن تكون المساقط متعامدة مع النموذج وتوضع من خلال النقطة الوسطى لنموذج FE.
قيود المنطقة السلبية Passive Region Constraint	منطقة FE التي ترغب في البقاء دون تغيير من خلال عملية تحسين الطوبولوجيا.	حدد أي منطقة (FE Model). بشكل افتراضي، يتم تعيين مناطق (FE Model) لشروط الحدود لتكون مناطق سلبية.
قيد البثق Extrusion Constraint	حدد قيد البثق الهندسي الذي سيتم فرضه في نتيجة التحسين.	لاستخدام هذا القيد بدقة، يجب على المستخدم إنشاء منحنى (متعامد مع مساحة التصميم الكاملة - يبدأ عند/قبل وينتهي عند/بعد) يتم من خلاله تثبيت جميع عناصر TET على عتبة عالية الكثافة.

الأكثر استخدام

- **مرحلة ما بعد المعالجة post-Processing**

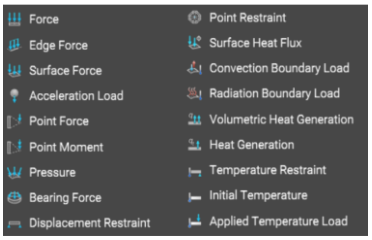
النتائج الأولية لتحسين الهيكل ليست عملية ولا قابلة للاستخدام، لذلك ستكون هناك حاجة إلى المعالجة اللاحقة للحصول على مكون جاهز لـ DfAM أو مزيد من النمذجة الضمنية

الامر (الكتلة)	الوظيفة	ملاحظات
جسم الضمني من تحسين الطوبولوجيا Implicit Body from Topology Optimization	قم بإنشاء جسم ضمني من خلال nTopology.	نظرا لأن معظم العمليات في nTopology تعمل على جسم ضمني، إذا كنت ترغب في تطبيق أي تغييرات إضافية في التصميم على الجزء الأخير (مثل العمليات المنطقية)، فمن الضروري تحويل النتيجة إلى جسم ضمني.
تنعيم الجسم Smoothen Body	قم بتنعيم جسمك الضمني	اختر حجم الشبكة للجسم، والذي يكون غير واضح باستخدام طريقة الالتفاف. تلميح: ابدأ ب 2 xأكبر من حجم ميزة العنصر، ثم كرر لأسفل قليلا حتى تقوم بإخراج جزء أكثر مثالية. اختر عدد المرات التي ترغب في تنعيم الجسم فيها. ابدأ بتكرارات 2 (تشغيل المرشح المكاني مرتين)، ثم قم بالتغيير حسب الإخراج.



- **شروط الحدود (BCs)**

يمكن اعتبار شروط الحدود (BCs) على أنها البيئة التي يوجد فيها الجزء الخاص بك. وهي تشمل قيود الإزاحة، وتوليد الحرارة، والضغط، والمزيد. جميع العناصر الداخلية والخارجية التي تعمل على النموذج الخاص بك. تحتاج إلى ما لا يقل عن اثنين من BCs لتشغيل المحاكاة. اعتمادا على BC، تتكون عادة من حدود ومتجه وإطار. توضح الصورة أدناه الخيارات الحالية ل BCs في nTopology Platform.

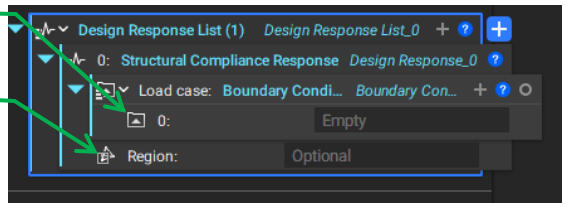


- **Design Response استجابة تصميم**

استجابة التصميم تستخدم إما كهدف أو قيد في تحسين الطوبولوجيا

الأنواع

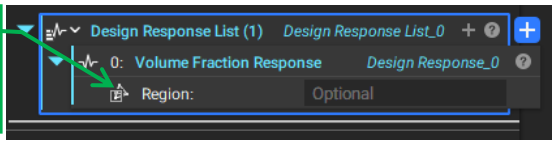
1- Structural Compliance Response (استجابة الامتثال الهيكلي)
إنشاء استجابة تصميم تقيس الامتثال الهيكلي (طاقة الإجهاد) لبعض المناطق لمجموعة من الشروط الحدودية.



حالة التحميل لاستجابة التصميم.

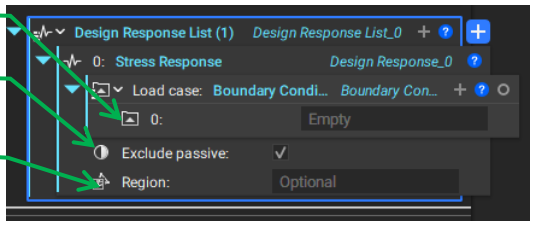
المنطقة التي سيتم حساب استجابة التصميم فيها. إذا لم يتم توفيره، سيتم حساب الاستجابة للنموذج بأكمله.

2- Volume Fraction Response (استجابة الكسر الحجمي)
إنشاء استجابة تصميم تقيس جزء استخدام المواد في بعض المناطق. يتم حساب الاستجابة من خلال دمج مجال الكثافة النسبية فوق المنطقة. يمكن أن تتراوح القيم من 0 إلى 1.



المنطقة التي سيتم حساب استجابة التصميم فيها. إذا لم يتم توفيره، سيتم حساب الاستجابة للنموذج بأكمله.

3- Stress Response (الاستجابة للإجهاد)
قم بإنشاء استجابة تصميم تقيس الحد الأقصى للإجهاد المركزي في بعض المناطق لمجموعة من الظروف الحدودية. تستمد الاستجابة من تحليل العناصر المحدودة الهيكلية الثابتة الخطية. يتم تحقيق أفضل أداء إذا تم تعيين جميع المناطق المحملة لتكون مناطق سلبية.

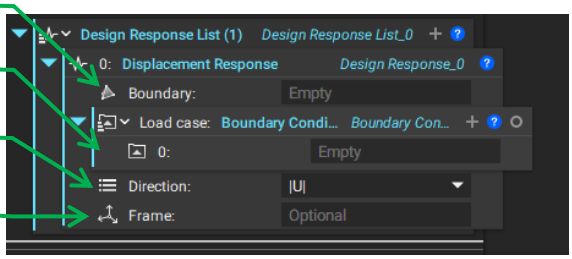


حالة التحميل لاستجابة التصميم.

خيار لاستبعاد المناطق السلبية.

المنطقة التي سيتم حساب استجابة التصميم فيها. إذا لم يتم توفيره، سيتم حساب الاستجابة للنموذج بأكمله.

4- Displacement Response (الاستجابة للإزاحة)
قم بإنشاء استجابة تصميم تقيس الحد الأقصى للإزاحة لبعض المناطق الحدودية لمجموعة من الشروط الحدودية. تستمد الاستجابة من تحليل العناصر المحدودة الهيكلية الثابتة الخطية. يتم تحقيق أفضل أداء إذا:
1) كانت المنطقة المحددة محلية وتحتوي على عدد قليل من العقد،
2) تم تحميل المنطقة المحددة أو تعيينها لتكون سلبية.



الحدود التي سيتم حساب استجابة التصميم عليها.

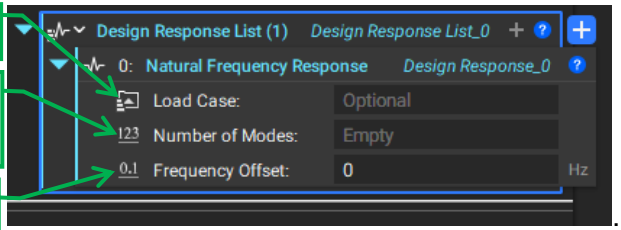
حالة التحميل لاستجابة التصميم.

مكون اتجاه متجه الإزاحة.

الإطار المرجعي الذي سيتم حساب متجه الإزاحة فيه. إذا لم يتم تحديد إطار، استخدام نظام الإحداثيات العالمي.

5- Natural Frequency Response (استجابة التردد الطبيعي)

قم بإنشاء استجابة تصميم تقيس أصغر تردد طبيعي لنموذج FE لمجموعة من الشروط الحدودية.



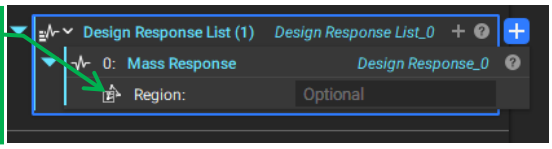
حالة التحميل لاستجابة التصميم.

عدد الأوضاع التي سيتم البحث عنها وتضمينها في حساب الاستجابة.

إزاحة التردد المستخدمة في حساب استجابة التصميم.

6- Mass Response (الاستجابة للكتلة)

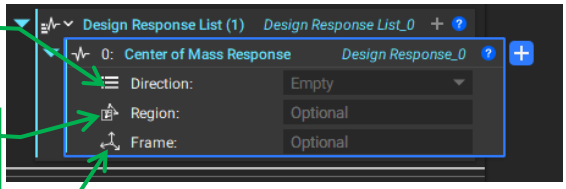
انشاء استجابة تصميم تقيس الكتلة الكلية في بعض المناطق. يتم حساب الاستجابة من خلال دمج مجال الكثافة فوق المنطقة.



المنطقة التي سيتم دمج استجابة التصميم عليها. إذا لم يتم توفير منطقة، سيتم دمج الاستجابة على مساحة التصميم بأكملها.

7- Center of Mass Response (مركز الاستجابة للكتلة)

إنشاء استجابة تصميم تقيس أحد مكونات مركز الكتلة في بعض المناطق.



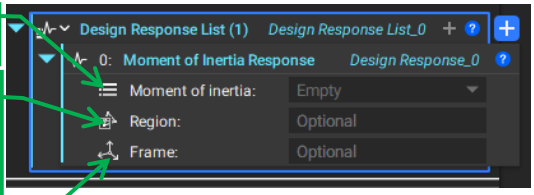
اتجاه: مكون من مركز ناقل الكتلة الذي سيتم استخدامه كاستجابة تصميم.

المنطقة التي سيتم دمج استجابة التصميم عليها. إذا لم يتم توفير منطقة، سيتم دمج الاستجابة على مساحة التصميم بأكملها.

الإطار المرجعي الذي يتم تعريف مركز متجه الكتلة فيه. إذا لم يتم توفير إطار، استخدام الإطار العام.

8- Moment of Inertia Response (استجابة القصور الذاتي)

قم بإنشاء استجابة تصميم تقيس مكونا من عزم كتلة مؤثر القصور الذاتي في بعض المناطق.



تعداد مكون من موتر بالقصور الذاتي.

المنطقة التي سيتم دمج استجابة التصميم عليها. إذا لم يتم توفير منطقة، سيتم دمج الاستجابة على مساحة التصميم بأكملها.

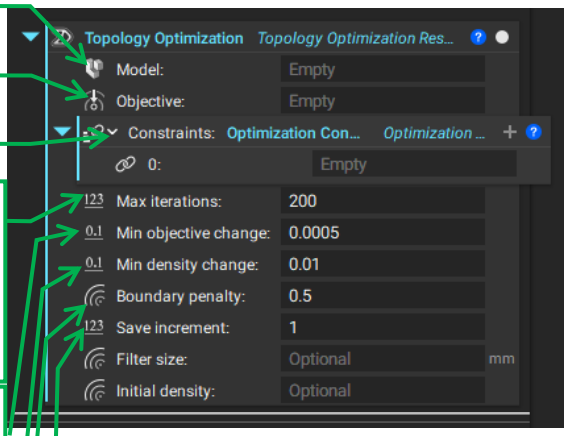
الإطار المرجعي الذي يتم تعريف موتر القصور الذاتي فيه. إذا لم يتم تحديد إطار، استخدام نظام الإحداثيات العالمي.

- **خيارات تحسين الطوبولوجيا (Topology Optimization)**

FE Model

الهدف

القيود

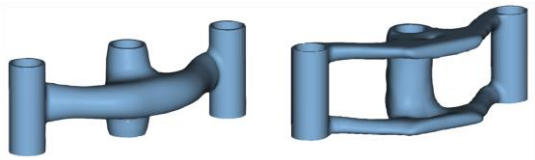


التكرار الأقصى هي عملية تكرارية تقوم بتحديث الطوبولوجيا حتى يتم الوصول إلى الهدف واستيفاء القيود. إذا كانت العملية تستغرق وقتا طويلا، فيمكن للمستخدم تعيين حد أقصى لعدد التكرارات التي تمت محاولتها. يتيح لك هذا الإدخال الحد من الحد الأقصى لوقت الحساب المستغرق في عملية التحسين

الحد الأدنى للتغيير الموضوعي: هي مقياس كمي لمدى نجاح الطوبولوجيا في تحقيق هدفها (أهدافها). عندما ينخفض التغيير النسبي بين تكرارات دالة الهدف إلى ما دون هذا الرقم، سيتم اعتبار التحسين مكتملا (طالما تم استيفاء القيود). سيؤدي تقليل هذا الرقم إلى دقة أكبر، ولكن وقت حساب أطول.

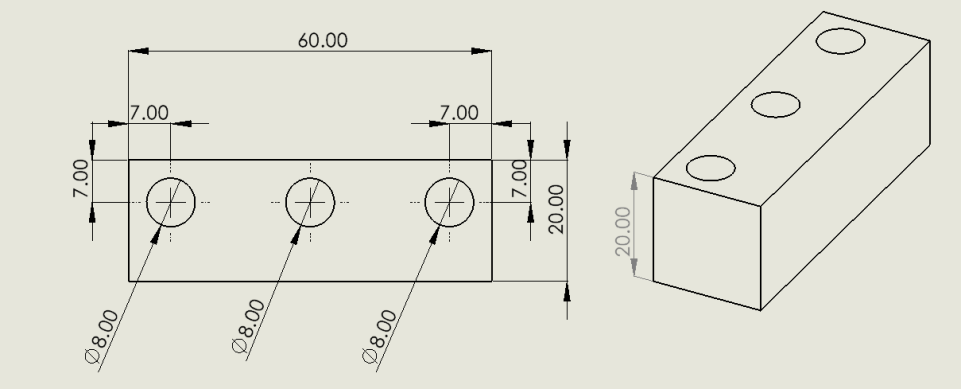
الحد الأدنى لتغيير الكثافة: سيؤدي تقليل هذا الرقم إلى دقة أكبر، ولكن وقت حساب أطول.

يتحكم هذا الإدخال في كيفية تعامل التحسين مع تعيين قيم الكثافة عند حواف مساحة التصميم



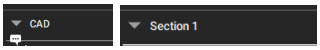
توفير الزيادة: يتحكم هذا الإدخال في كمية البيانات المخزنة والتي يمكن الوصول إليها بعد اكتمال تحسين الطوبولوجيا. يمكن زيادة الرقم لتقليل حجم ملف التحسين المكتمل. ستحفظ القيمة الافتراضية 1 النتائج لجميع الزيادات، بينما ستوفر نتيجة 0 الزيادة الأولى والأخيرة فقط.

1- أنشئ نموذج (CAD) بالأبعاد التالية



2- افتح برنامج (nTopology) وانشئ ملف جديد

3- إنشاء مساحة التصميم من جزء CAD (Create the Design Space from a CAD part)

ننقر على (Section 1) واعد تسميته (CAD) 

a. استيراد جزء CAD الأساسي الخاص بك. (Import Part)

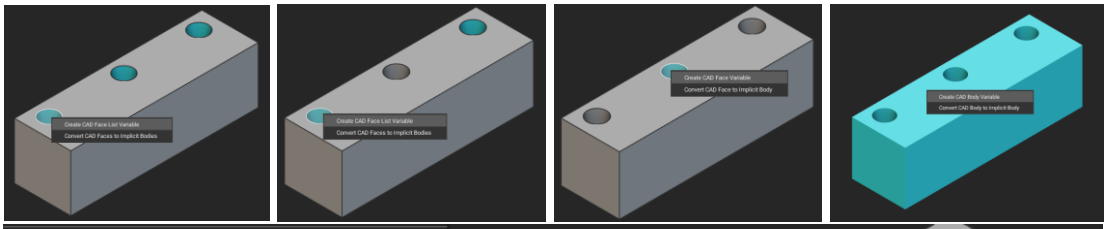
b. إنشاء المتغيرات التالية من ملف CAD

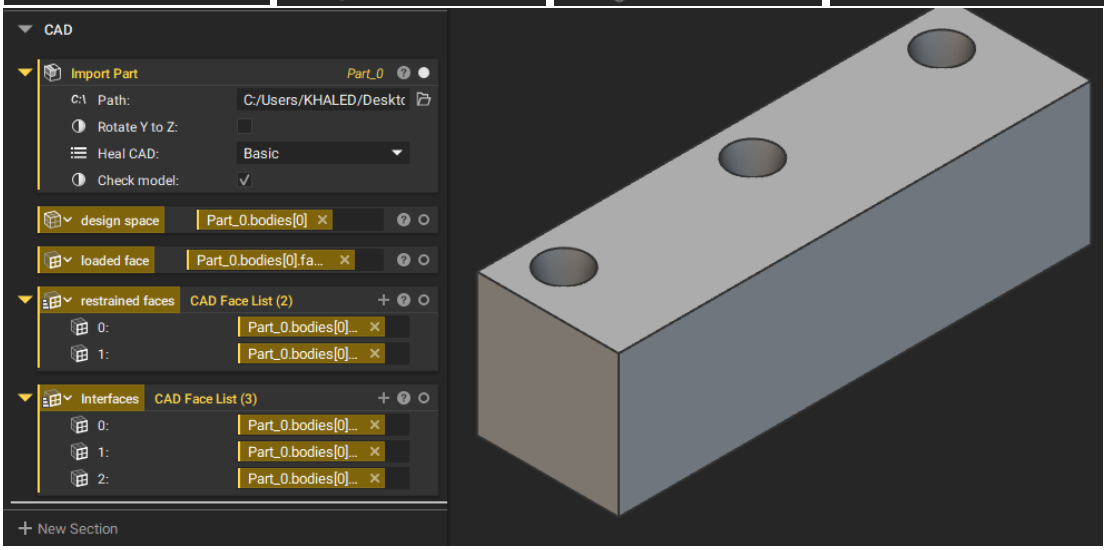
i. مساحة التصميم بأكملها سمها (design space)

ii. وجه الثقب المركزي سمه (loaded face)

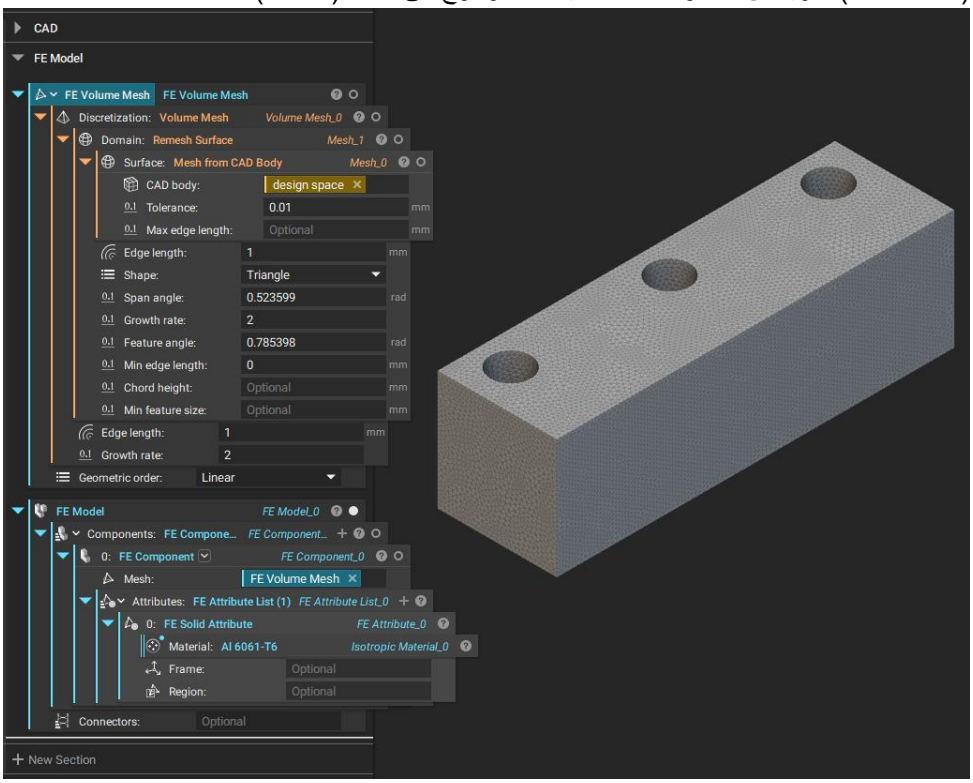
iii. وجهان خارجيان للثقب سمهما (restrained faces)

iv. الثقوب الثلاثة سمهم (Interfaces)





4- أضف (Section) جديد + New Section ثم سميه (FE Model) ثم قم بإنشاء (FE Volume Mesh) و (FE Model) لمزيد من المعلومات عنهما يمكنك الرجوع الى فصل (Mesh)



5- إضافة شروط الحدود (Add Boundary Conditions)

يمكن اعتبار شروط الحدود (BCs) على أنها البيئة التي يوجد فيها الجزء الخاص بك. وهي تشمل القوى، وقيود الإزاحة، وتوليد الحرارة، والضغط، والمزيد. جميع العناصر الداخلية والخارجية التي تعمل على النموذج الخاص بك. تحتاج إلى ما لا يقل عن اثنين من BCs لتشغيل المحاكاة. اعتمادا على BC، تتكون عادة من حدود ومتجه وإطار. توضح الصورة أدناه الخيارات الحالية ل BCs في nTop Platform.

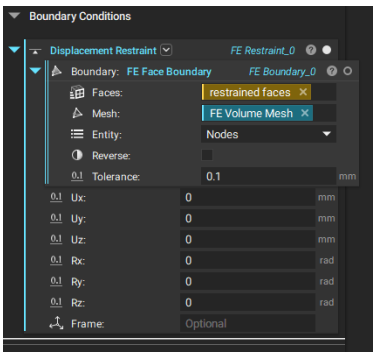
في هذا المثال سوف نفترض ان الجزء مثبت من الثقبين الجانبين وتؤثر عليه قوى من الثقب في المنتصف

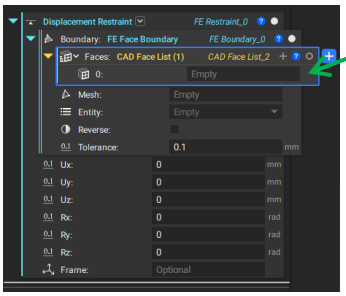
"أضف (Section) جديد وسمه (Boundary Conditions)"

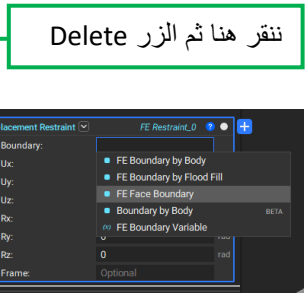
a. تثبيت للثقبين الجانبيين

أدرج الكتلة (Displacement Restraint) ثم

من (Boundary) اختر (FE Face Boundary) ثم احذف (CAD Face List) ثم حدد الوجه المراد تثبيته وهو هنا الوجه المكون من الثقبين وأكمل باقي الخيارات كما بالشكل



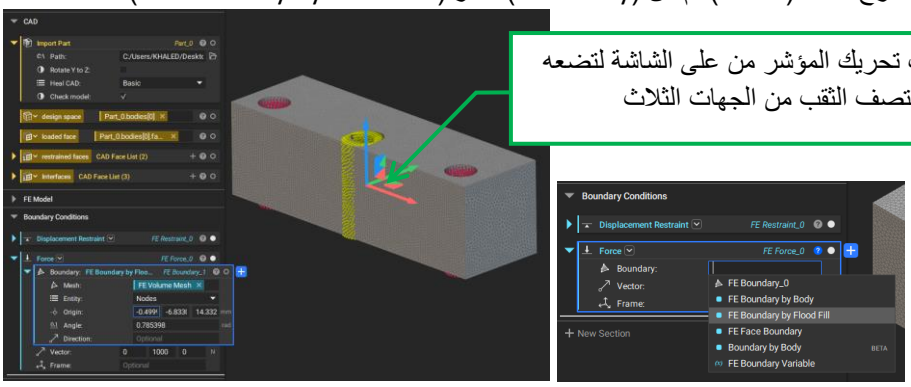




ننقر هنا ثم الزر Delete

b. إضافة قوة للثقب الأوسط

أدرج الكتلة (Force) ثم من (Boundary) اختر (FE Boundary by Flood Fill)

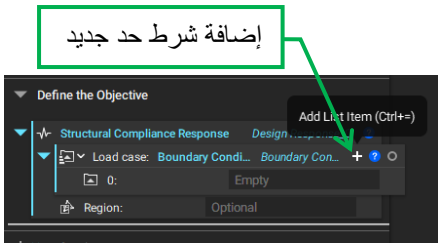


6- تحديد الهدف

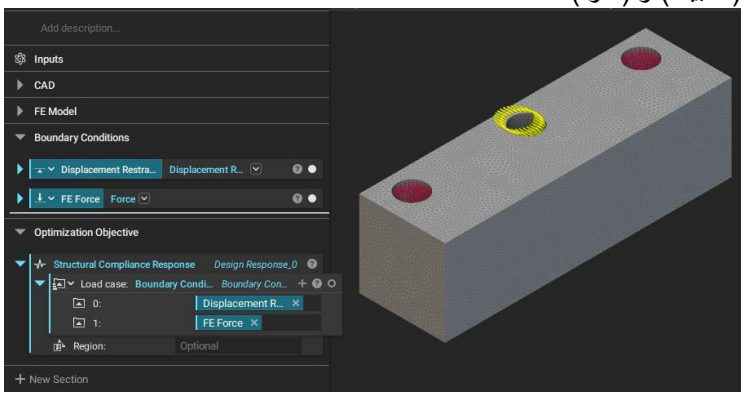
الهدف هو الخاصية، أو "استجابة التصميم"، التي نأمل في تقليلها أو تعظيمها. يدعم nTop العديد من استجابات التصميم، بما في ذلك الامتثال الهيكلي، وجزء الحجم، والإزاحة، والإجهاد.

"أضف (Section) جديد وسمه (Optimization Objective)"

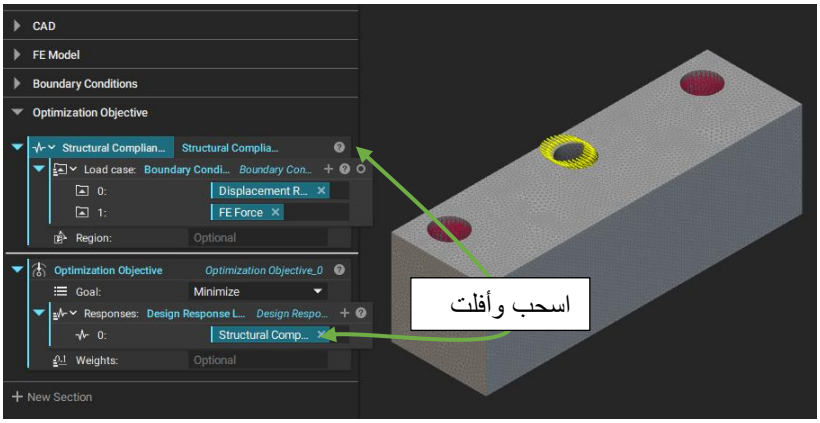
استخدم كتلة الامتثال الهيكلي (Structural Compliance Response) لغرض زيادة صلابة النموذج الى اقصى حد ممكن



ثم نضع في (Structural Compliance Response) شروط الحد التي تم انشائها في الخطوة رقم (3) (التثبيت) و (القوة)



ثم استخدم كتلة هدف التحسين (Optimization Objective) لتحديد استجابة التصميم. في هذا المثال، الهدف هو تقليل الامتثال الهيكلي.



7- تحديد القيد Define the Constraint

يتطلب التحسين أيضا قيود يوفرها المستخدم. ستقوم عملية التحسين غير المقيدة ببساطة بملء أو إزالة كل الحجم من منطقة التصميم لأن هذه النتائج تؤدي إلى التقليل الفعلي أو تعظيم استجابة التصميم. لذلك، يجب تقييد إجراءات التحسين بشكل صحيح من أجل تحقيق نتائج ذات مغزى.

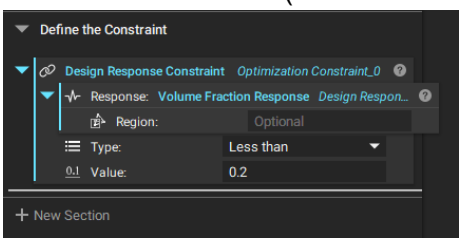
يطبق القيد الأكثر استخداما ببساطة حدا أدنى أو أقصى لاستجابة التصميم، مثل الامتثال أو جزء الحجم أو الإزاحة أو الإجهاد.

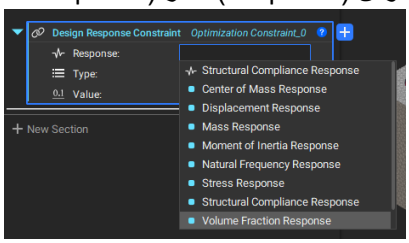
مثال هذا التحسين مقيد بحيث يكون جزء الحجم للجزء الأخير أقل من 0.2 بمعنى آخر، سيكون للجزء المحسن الناتج حجم مستهدف يبلغ 20٪ من مساحة التصميم بأكملها.

"أضف (Section) جديد وسمه (Define the Constraint)"

أدرج الكتلة (Design Response Constraint)

ومن (Response) اختر (Volume Fraction Response)

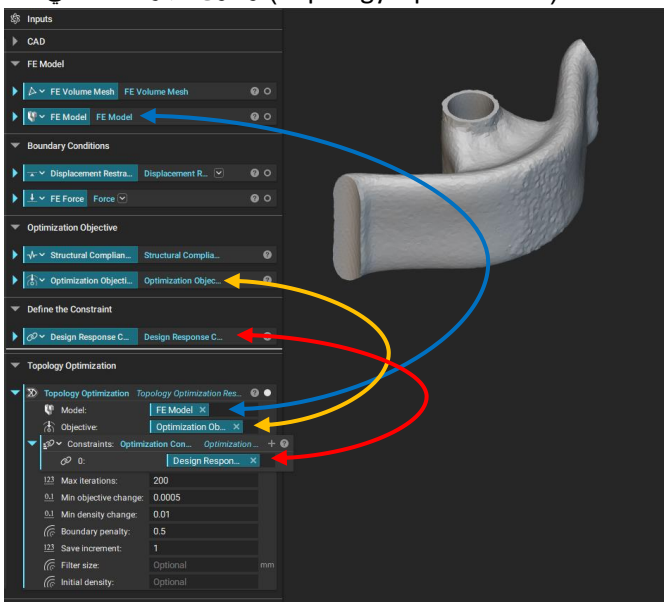




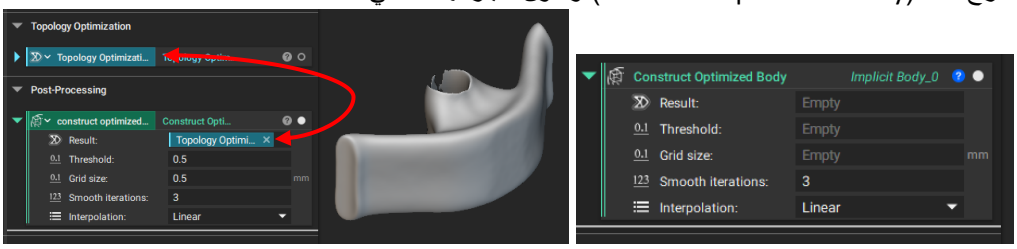
8- تشغيل تحسين الطوبولوجيا Run the Topology Optimization

"أضف (Section) جديد وسمه (Topology Optimization)"

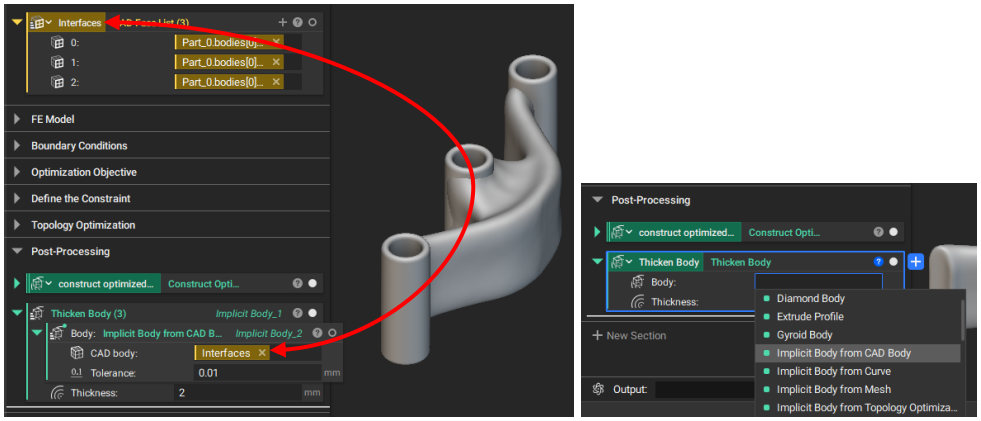
أضف كتلة (Topology Optimization) وتكون خياراتها كالتالي



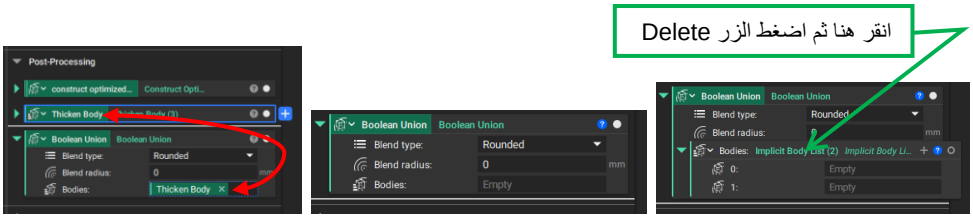
9- ما بعد المعالجة "التحسين" Post-Processing
"أضف (Section) جديد وسمه (Post-Processing)"
الحصول على جسم ضمني من كتلة نتائج تحسين الطوبولوجيا
أدرج كتلة (construct optimized body) وتكون خياراتها كالتالي



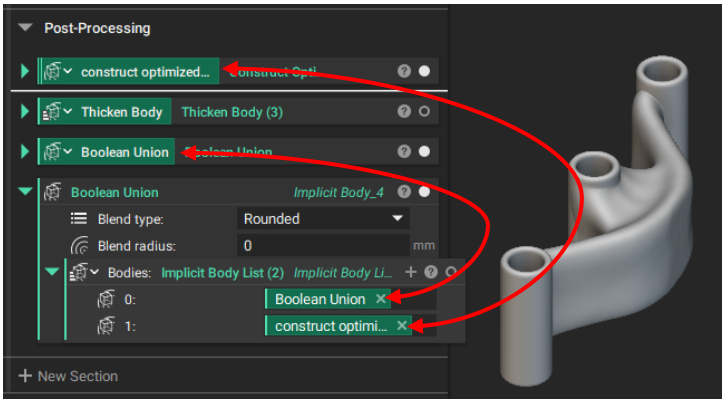
10- الان نريد الحصول على سمك للأسطوانات الثلاثة لدمجها مع الجسم الناتج في الخطوة السابقة
أدرج كتلة (Thicken Body) وتكون خياراتها كالتالي



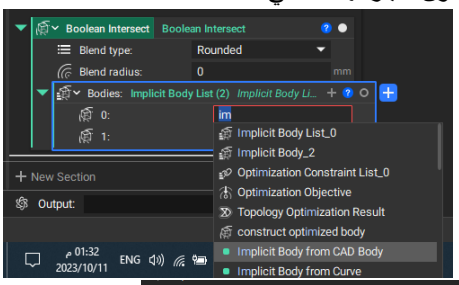
11- قم بتوحيد الأسطوانات الثلاثة كجسم واحد عن طريق الكتلة (Boolean Union) وتكون خياراتها كالتالي

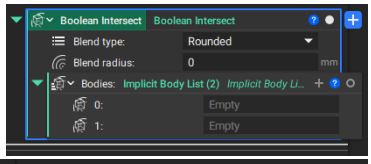


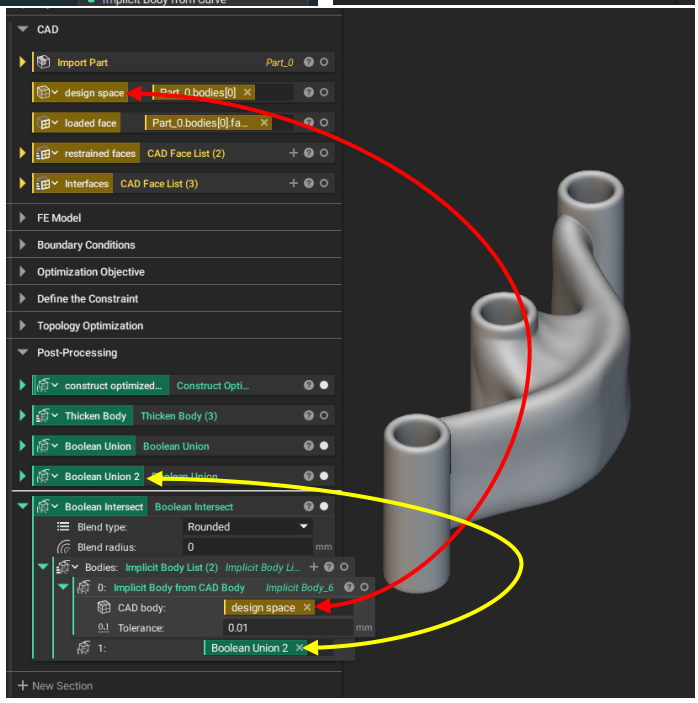
12- الان قم بتوحيد (Boolean Union) مع (construct optimized body)
عن طريق كتلة (Boolean Union)



13- الان سوف نأخذ تقاطع الجسم السابق مع النموذج الأصلي
أدرج الكتلة (Boolean Intersect) وتكون خياراتها كالتالي

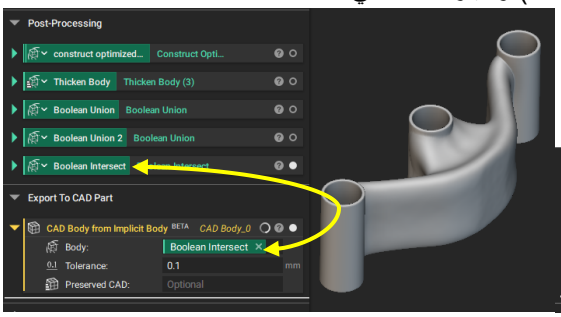


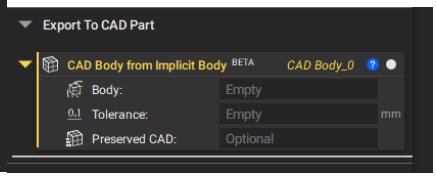




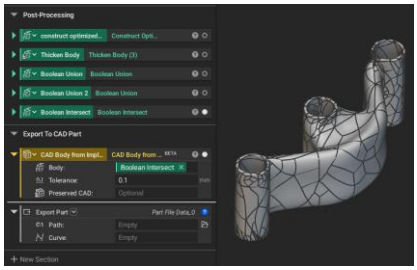
وبهذا يكون لدينا جسم ضمني واحد محسن طوبولوجيا

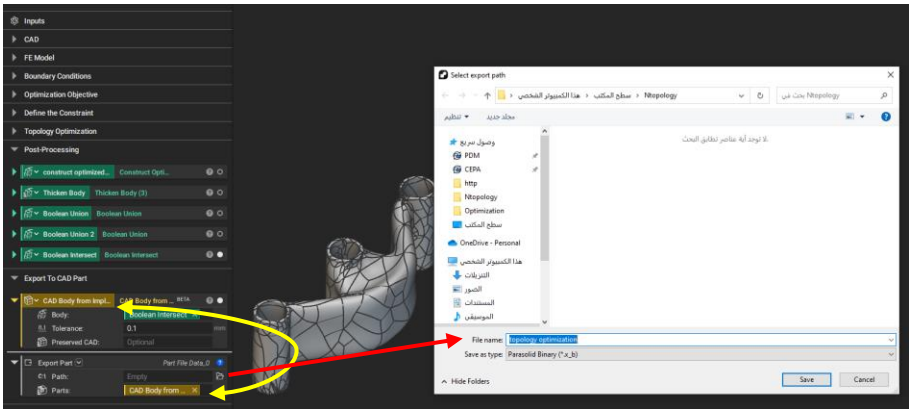
14- التصدير الى جسم (CAD) ليتم التعامل معه في برامج (CAD) المختلفة (Solidworks) مثلا
أدرج كتلة (CAD Body from Implicit Body) وخياراتها كالتالي



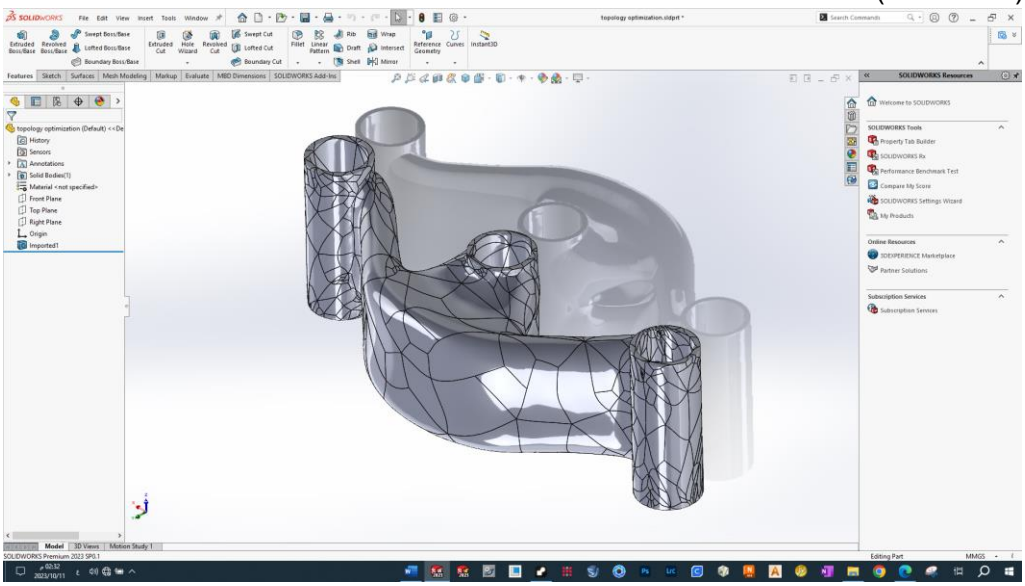


الان ادرج كتلة (Export Part)





الان يمكنك ان تسمي الملف وتحفظه بأي امتداد للكاد ومن ثم فتحه في أي برنامج (CAD) مثل (Solidworks)

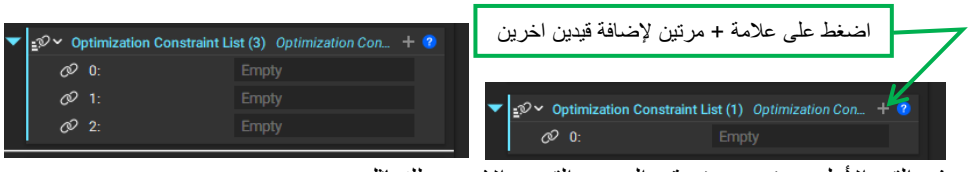


إضافة قيد التماثل (Symmetry)

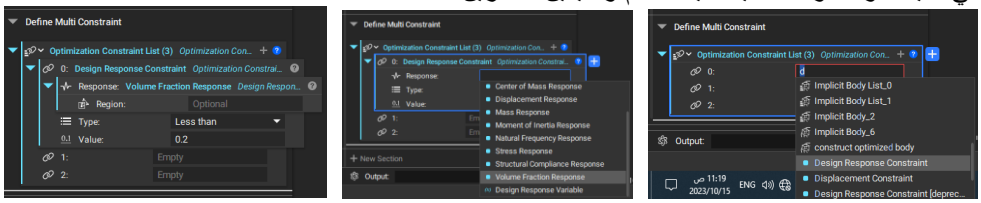
15- في بعض الأحيان نريد ان يكون النموذج المستخرج من عملية التحسين متماثل على الجانبين (الأيمن والايسر) او (العلوي والسفلى) او كليهما

"أضف (Section) جديد وسمه (Define Multi Constraint)"

ولفعل ذلك أضف الكتلة (Optimization Constraint List) والتي تسمح لنا بإضافة أكثر من قيد

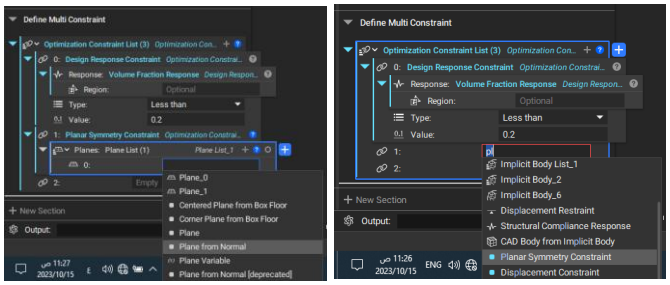


في القيد الأول سوف نضيف قيد الحجم والقيدين الاخرين للتماثل

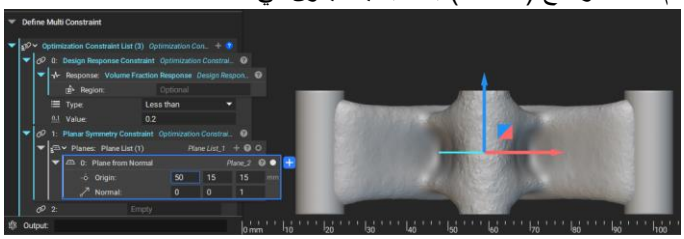


ثم نضيف قيد التماثل الأول

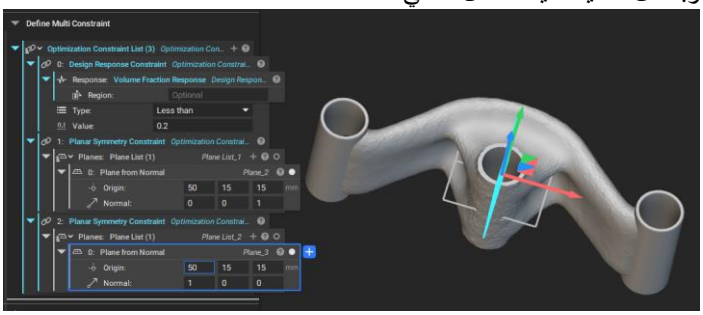
نختار (Planar Symmetry Constraint) ثم (Plane From Normal)



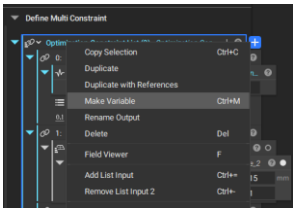
ثم نحدد موضع (Plane) بدقه بحيث يكون في المنتصف تماما



وبالمثل نضيف قيد التماثل الثاني

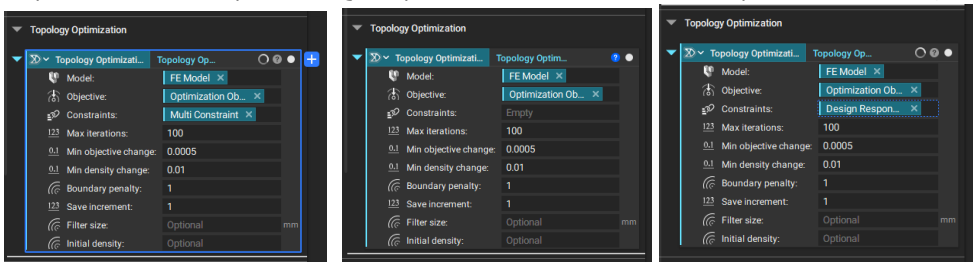


الان اجعل الكتلة متغيرة وسمها (Multi Constraint)

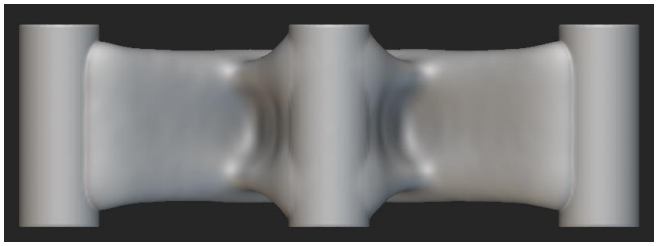


الان ارجع ل(Section) (Topology Optimization)

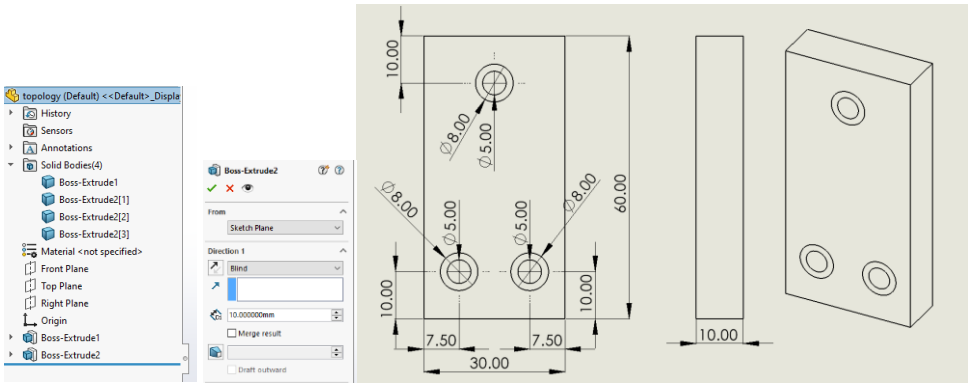
وقم بحذف القيد السابق (Design Response Constraint) وضع بدله القيد (Multi Constraint)



النتيجة رائعة جدا "أليس كذلك"



1- أنشئ نموذج (CAD) بالأبعاد التالية

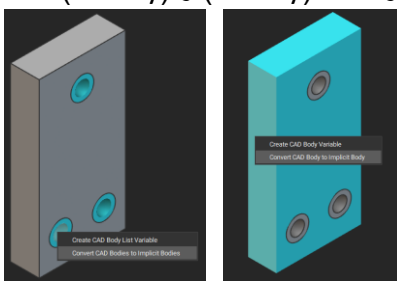


لاحظ لم يتم توحيد (Extrude2) مع (Extrude1) لنحصل على (4) اجسام

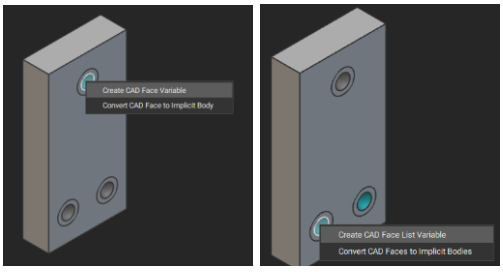
2- افتح برنامج (nTopology) وانشئ ملف جديد

3- أدرج ملف (CAD) الذي سبق وان انشأته (**Import Part**)

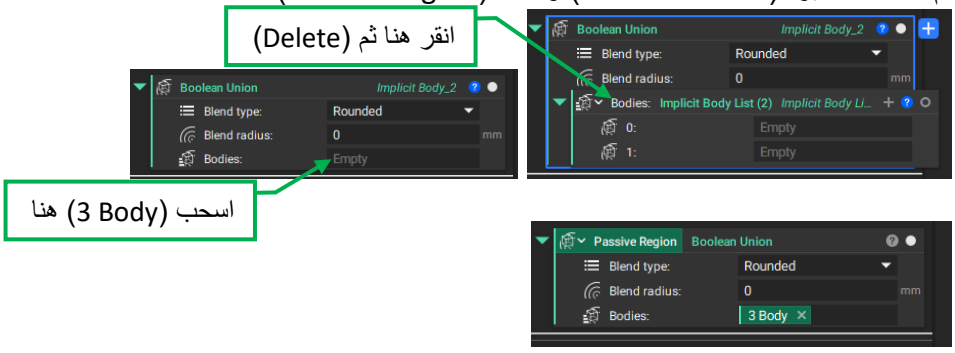
4- أنشئ جسم ضمني من الهيكل الخارجي واخر من الأسطوانات الثلاثة وسمهما (1 Body) و (3 Body)



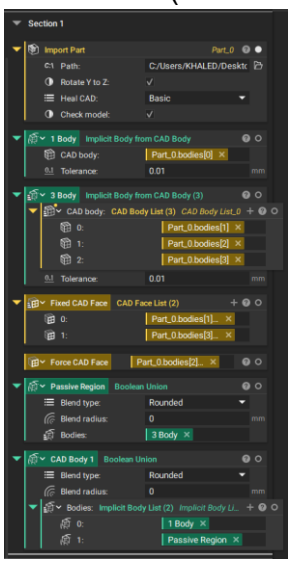
5- أنشئ سطحين من الوجهين الداخليين للأسطوانات السفلية لتثبيت القطعة وسمه (Fixed CAD Face) وسطح من الوجه الداخلي للأسطوانة العلوية لتسليط القوة وسمه (Force CAD Face)

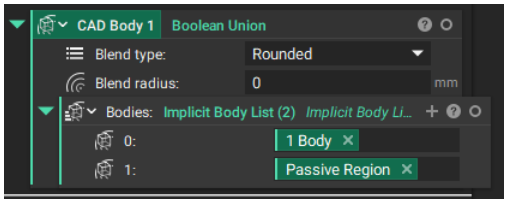


6- قم بتوحيد (3 Body) وذلك بإدراج الكتلة (Boolean Union) ثم اجعلها متغيرة (Make Variable) وسمها (Passive Region)

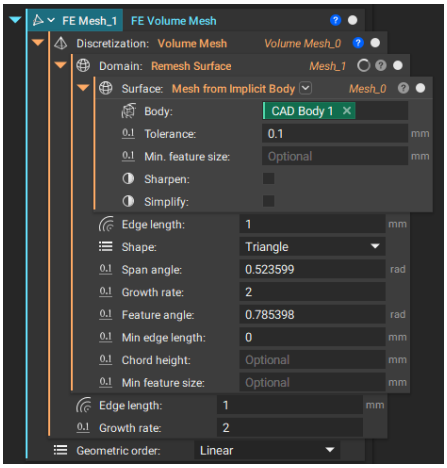


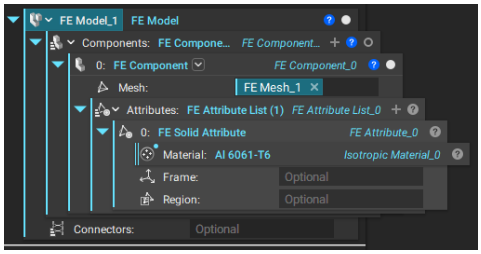
7- قم بتوحيد (1 Body) مع (Passive Region) وذلك بإدراج الكتلة (Boolean Union)
ثم اجعلها متغيرة (Make Variable) وسمها (CAD Body 1)



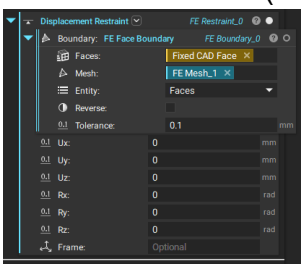


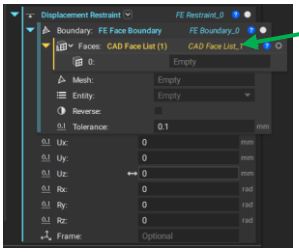
8- الان أدرج الكتلة
(Mesh from Implicit Body) ثم
(Remesh Surface) ثم
(Volume Mesh) ثم
(FE Volume Mesh) ثم اجعلها متغيرة وسمها
(FE Mesh 1)
ثم أدرج الكتلة
(FE Model) واجعلها متغيرة وسمها (FE Model 1)



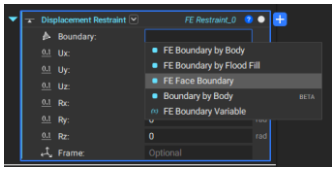


9- أدرج الكتلة (Displacement Restraint)
ثم اجعلها متغيرة (Make Variable) وسمها (FE Restraint_1)

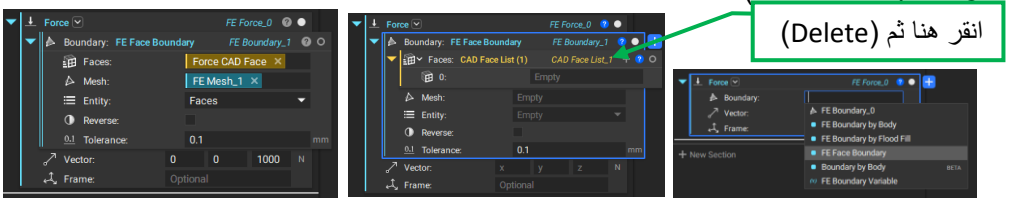




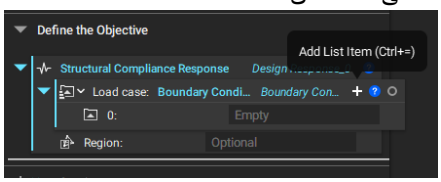
انقر هنا ثم (Delete)



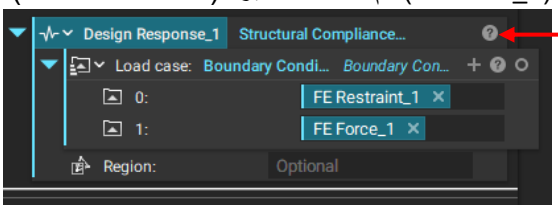
10- أدرج الكتلة (Force) ثم اجعلها متغيرة (Make Variable) وسمها (FE Force_1)



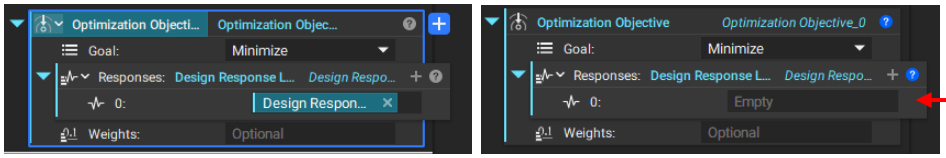
11- استخدم كتلة الامتثال الهيكلي (Structural Compliance Response) لغرض زيادة صلابة النموذج الى اقصى حد ممكن



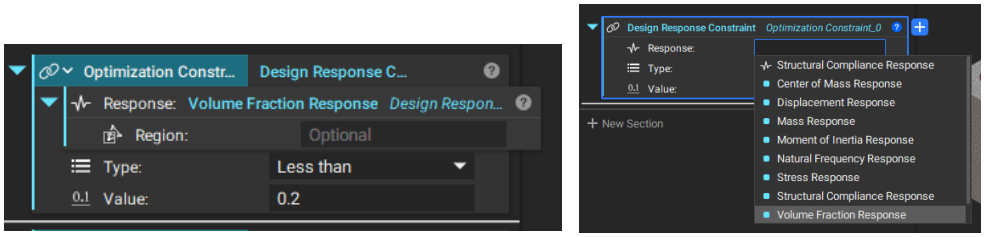
ثم نضع في (Structural Compliance Response) شروط الحد التي تم انشائها (FE Restraint_1) و (FE Force_1) ثم اجعلها متغيرة (Make Variable) وسمها (Design Response_1)



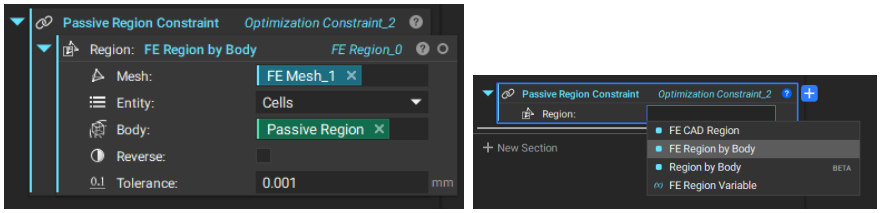
12- أدرج الكتلة (Optimization Objective) ثم اجعلها متغيرة (Make Variable) وسمها (Optimization Objective_1)



13- أدرج الكتلة (Design Response Constraint) ومن (Response) اختر (Volume Fraction Response) ثم اجعلها متغيرة (Make Variable) وسمها (Optimization Constraint_1)

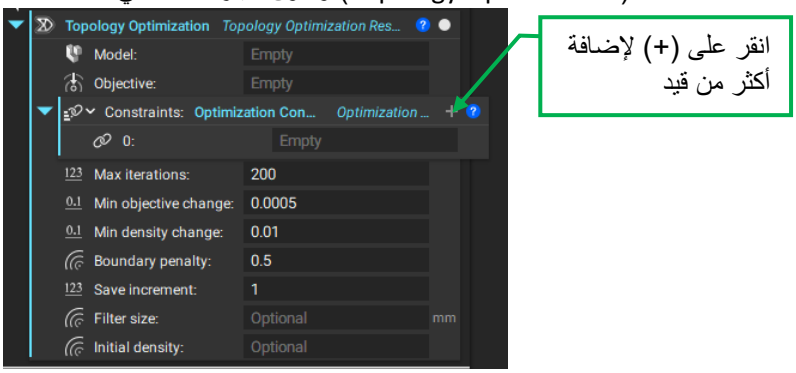


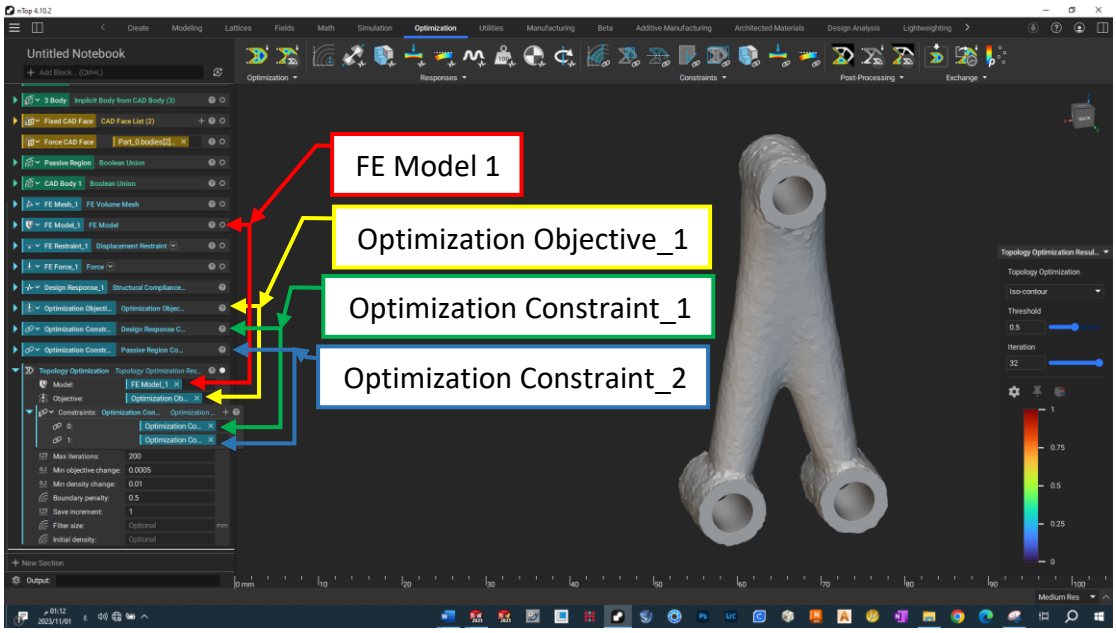
14- في هذه الخطوة سوف نستثني الأسطوانات الثلاثة من عملية التحسين بحيث نحافظ عليها
أدرج الكتلة (Passive Region Constraint) ومن (Region) اختر (FE Region by Body) ثم اجعلها متغيرة (Make Variable) وسمها (Optimization Constraint_2)



15- تشغيل تحسين الطوبولوجيا Run the Topology Optimization

أضف كتلة (Topology Optimization) وتكون خياراتها كالتالي

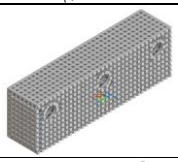
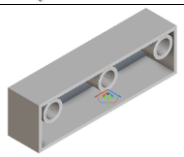
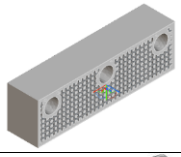
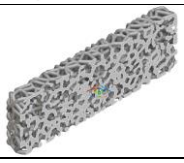




لاحظ انه تم الحفاظ على الأسطوانات الثلاثة

1- تحسين الحقل (field optimization)

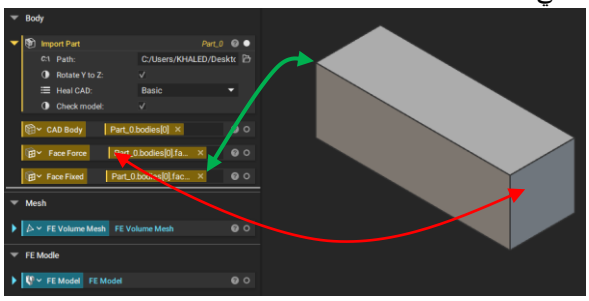
في المثال السابق قمنا بتحسين (optimization) الجسم بالكامل ولكن في عالم الطباعة ثلاثية الابعاد غالبا ما نحتاج لتحسين الهيكل او الشبكة الداخلية او كليهما كما هو مبين بالجدول التالي

المكون البارامتري	التصميم	معلمات التصميم القابلة للتحسين
Parametric Lattice Component		• الحد الأدنى والحد الأقصى للسمك • الكثافة
Parametric Shell Component		• الحد الأدنى والحد الأقصى لسمك القشرة
Parametric Shell-Infill Component		• الحد الأدنى والحد الأقصى لسمك الشبكة • الحد الأدنى والحد الأقصى لسمك القشرة
Parametric Voronoi Component		• الحد الأدنى والحد الأقصى لحجم الخلية • الحد الأدنى والحد الأقصى للسمك

مثال على تحسين الحقل

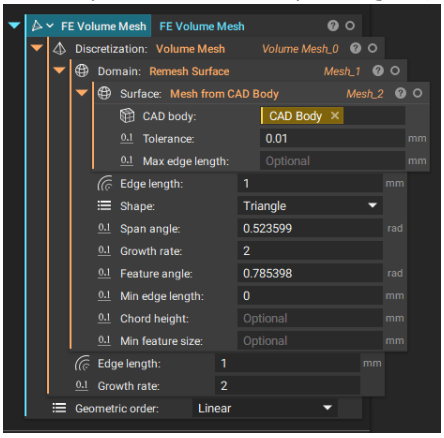
"أضف (Section) جديد وسمه (Body)"

1- أدرج (Part) مقاس (10*10*30 mm) و(CAD Body) و(Face Force) و(Face Fixed) كما بالشكل التالي

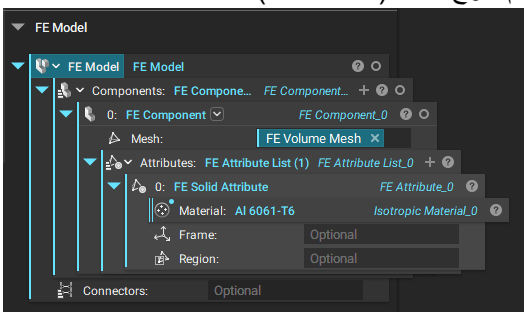


2- "أضف (Section) جديد وسمه (Mesh)"

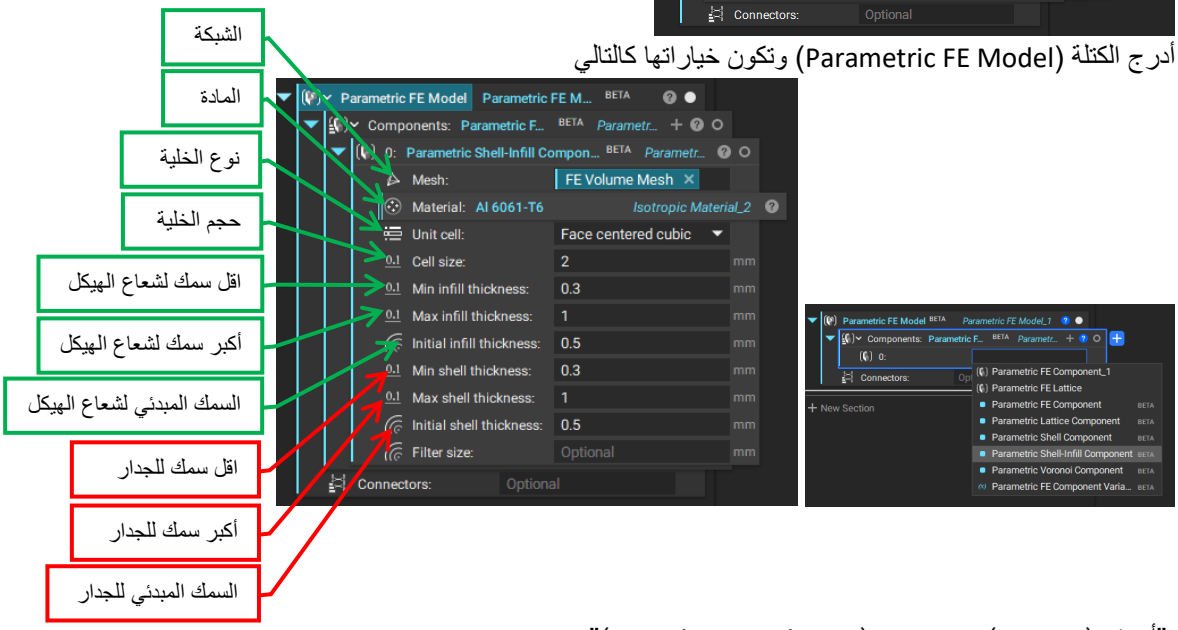
ثم أدرج الكتلة (FE Volume Mesh)



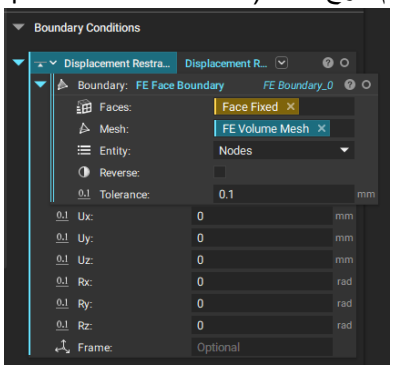
3- "أضف (Section) جديد وسمه (FE Model)"
ثم أدرج الكتلة (FE Model)



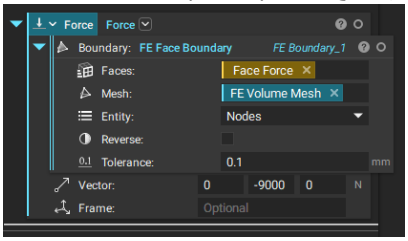
أدرج الكتلة (Parametric FE Model) وتكون خياراتها كالتالي



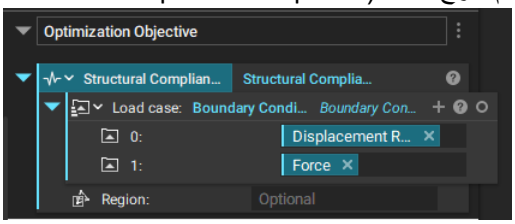
4- "أضف (Section) جديد وسمه (Boundary Conditions)"
ثم أدرج الكتلة (Displacement Restraint)



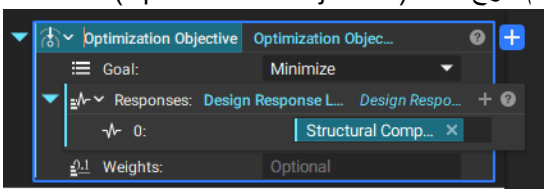
ثم أدرج الكتلة (Force)



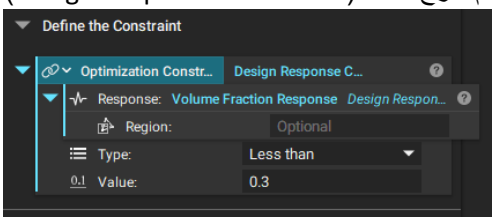
5- "أضف (Section) جديد وسمه (Optimization Objective)"
ثم أدرج الكتلة (Structural Compliance Response)



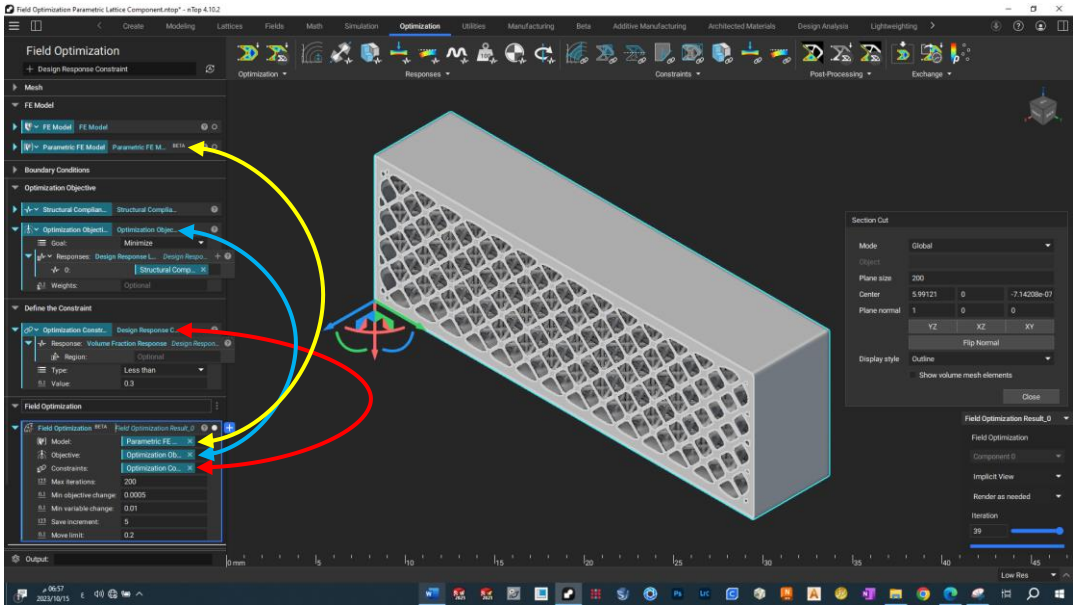
ثم أدرج الكتلة (Optimization Objective)



6- "أضف (Section) جديد وسمه (Define the Constraint)"
ثم أدرج الكتلة (Design Response Constraint)



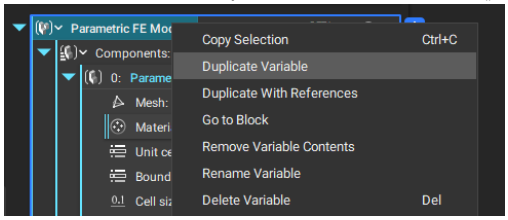
7- "أضف (Section) جديد وسمه (Field Optimization)"
ثم أدرج الكتلة (Field Optimization)



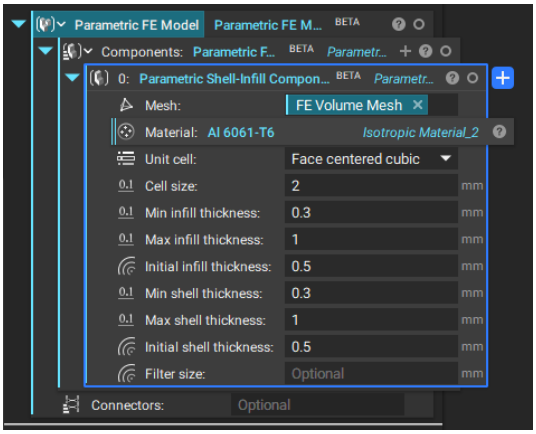
لاحظ نتيجة التحسين بحيث تكون الشبكة أكثر سماكة بالقرب من القوة المؤثرة وكذلك الجدار

للعمل على الهيكل الداخلي فقط

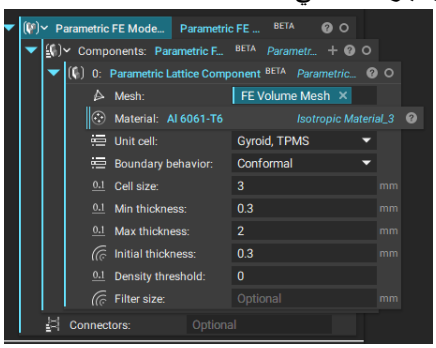
1- في المثال السابق كرر الكتلة (Parametric FE Model) واسمها (Parametric FE Model_1)

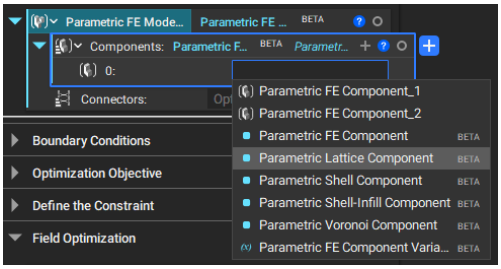


2- انقر على (Parametric Shell-Infill Component) وقم بحذفه

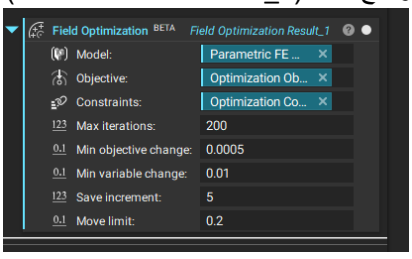


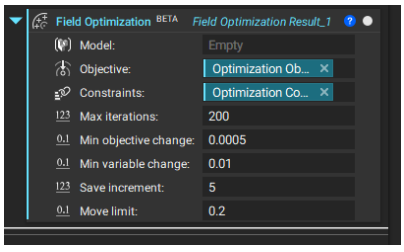
3- الان اختر (Parametric Lattice Component) وخياراته كالتالي



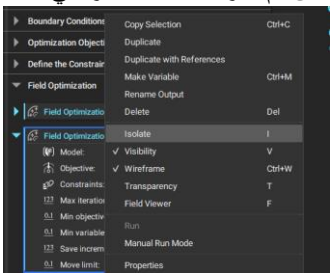


4- كرر الكتل (Field Optimization) واسمها (Field Optimization _1)
ثم احذف منها (Parametric FE Model) وضع بدلها (Parametric FE Model_1)

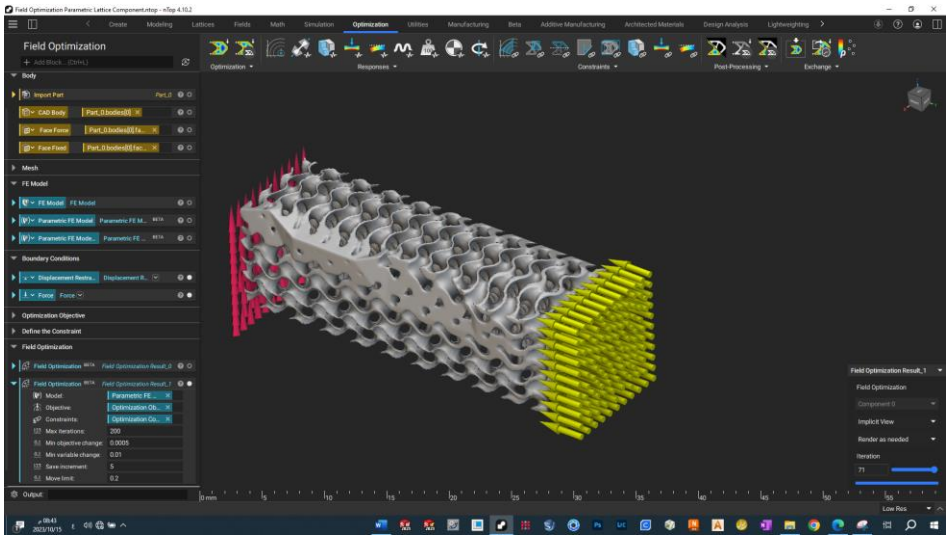




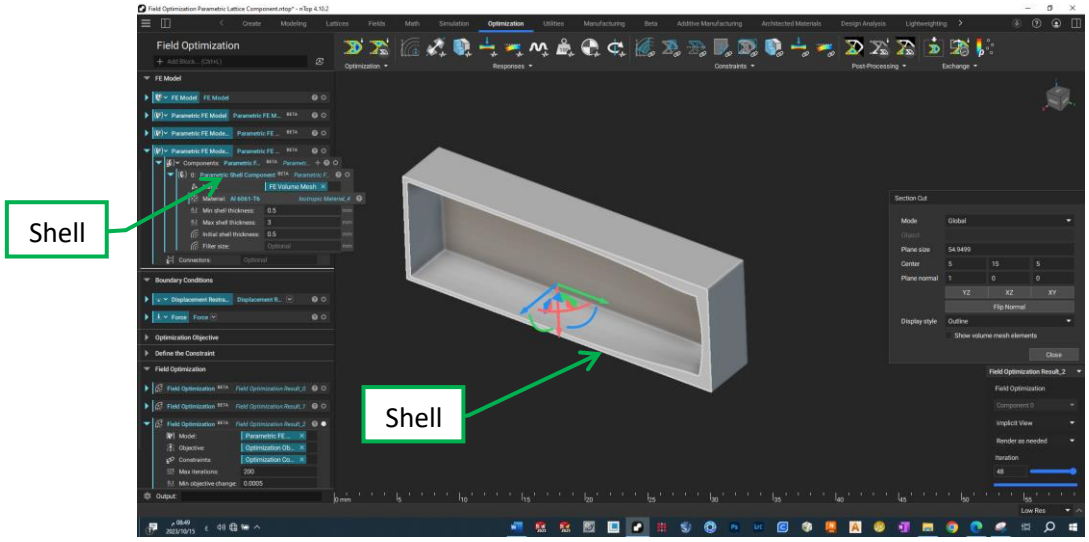
الان قم بعزل الكتلة لتظهر هي فقط على الشاشة

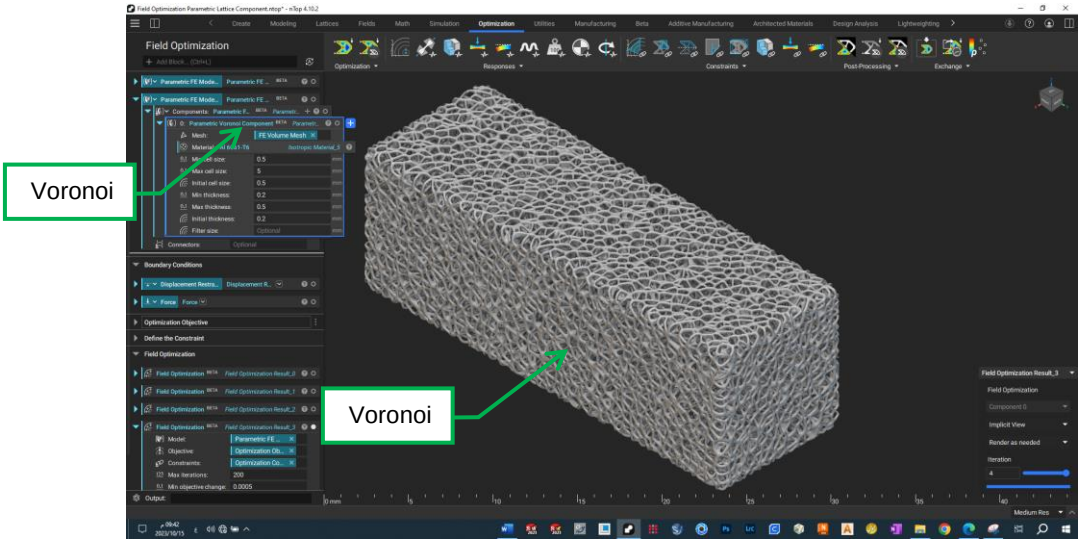


5- النتيجة



6- الخيارين الاخرين نفس السابقين





الفصل الخامس

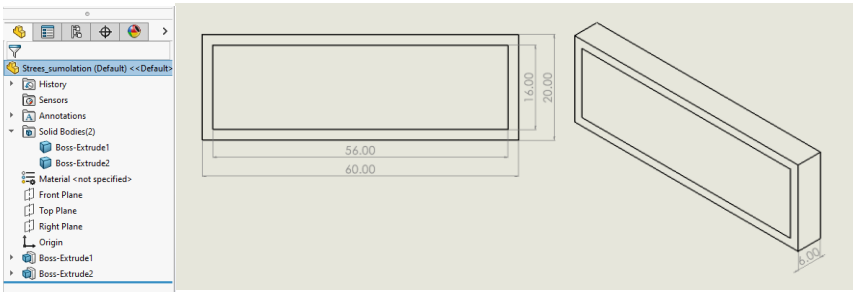
المحاكاة

Simulation

أولا المحاكاة الإستاتيكية تحت تأثير قوة (static Analysis - Force)

ملاحظة: سوف افترض أنك درست الفصول السابقة لهذا الكتاب وتمرنت عليها جيدا وانت الان تتقن انشاء الشبكات والهياكل.

1- أنشئ نموذج (CAD) بالأبعاد التالية



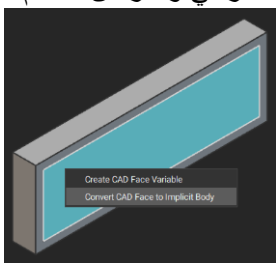
لاحظ لم يتم توحيد (Extrude2) مع (Extrude1) لنحصل على جسمين

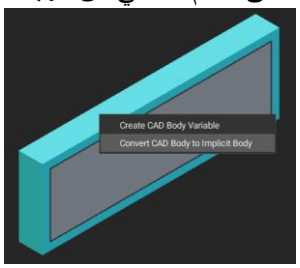
2- افتح برنامج (nTopology) وانشئ ملف جديد

3- أنشئ (Section) جديد وسمه (Part)

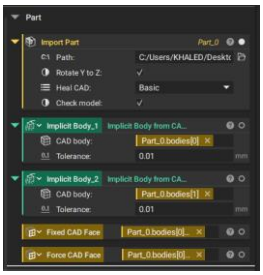
4- أدرج ملف (CAD) الذي سبق وان انشأته (**Import Part**)

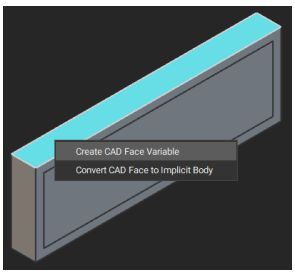
5- أنشئ جسم ضمني من الهيكل الخارجي واخر من الجسم الداخلي

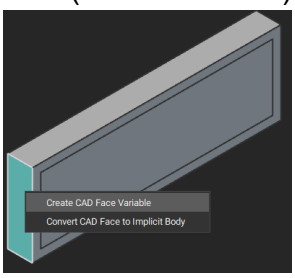




6- أنشئ سطح جانبي لتثبيت القطعة وسمه (Fixed CAD Face) وسطح علوي لتسليط القوة وسمه (Force CAD Face)



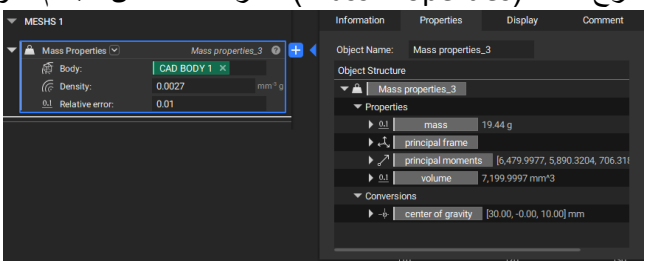




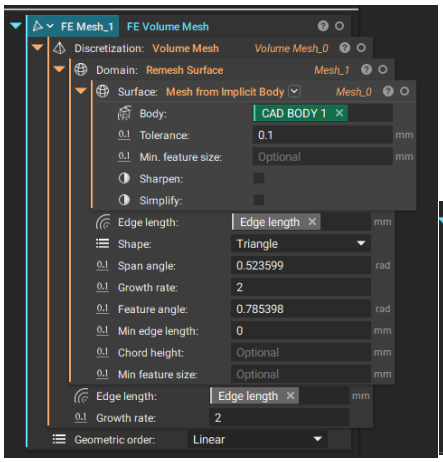
7- أنشئ (Section) جديد وسمه (MESHS 1)

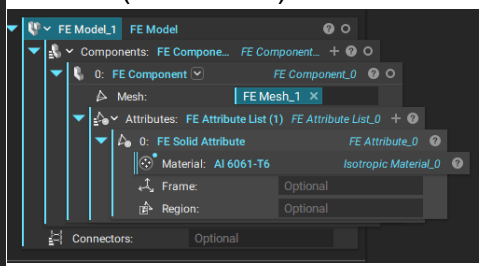
8- قم بتوحيد الجسمين الضمنيين السابقين استخدم الكتلة (Boolean Union) ثم اجعلها متغيرة (Make Variable) وسمها (CAD BODY 1)

أدرج الكتلة (Mass Properties) لمعرفة خصائص الجسم الموحد

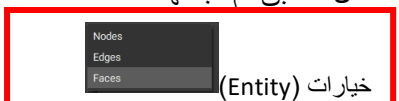


9- الان أدرج الكتلة
(Mesh from Implicit Body) ثم
(Remesh Surface) ثم
(Volume Mesh) ثم
(FE Volume Mesh) ثم اجعلها متغيرة وسمها (FE Mesh 1)
ثم أدرج الكتلة
(FE Model) واجعلها متغيرة وسمها (FE Model 1)





10- أنشئ (Section) جديد وسمه (Boundary Condition 1)
أدرج الكتلة (Displacement Restraint) سبق وان تعاملنا معها في الفصل السابق ثم اجعلها
متغيرة (Make Variable) وسمها (FE Restraint_1)
أدرج الكتلة (Force) ثم اجعلها متغيرة (Make Variable)
وسمها (FE Force_1)

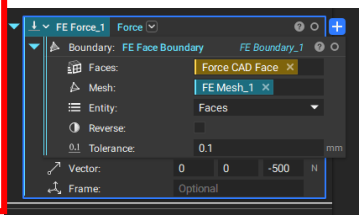


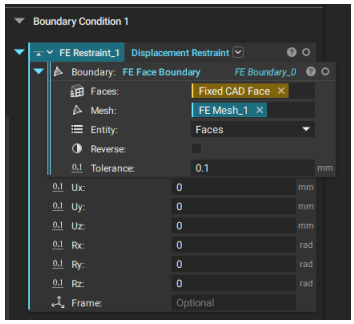
خيارات (Entity)

-(Nodes) (عقد)هنا القوة سوف تكون مسلطة على كل عقد الشبكة لذا سوف تزداد كثافتها في المناطق التي تزداد فيها كثافة الشبكة

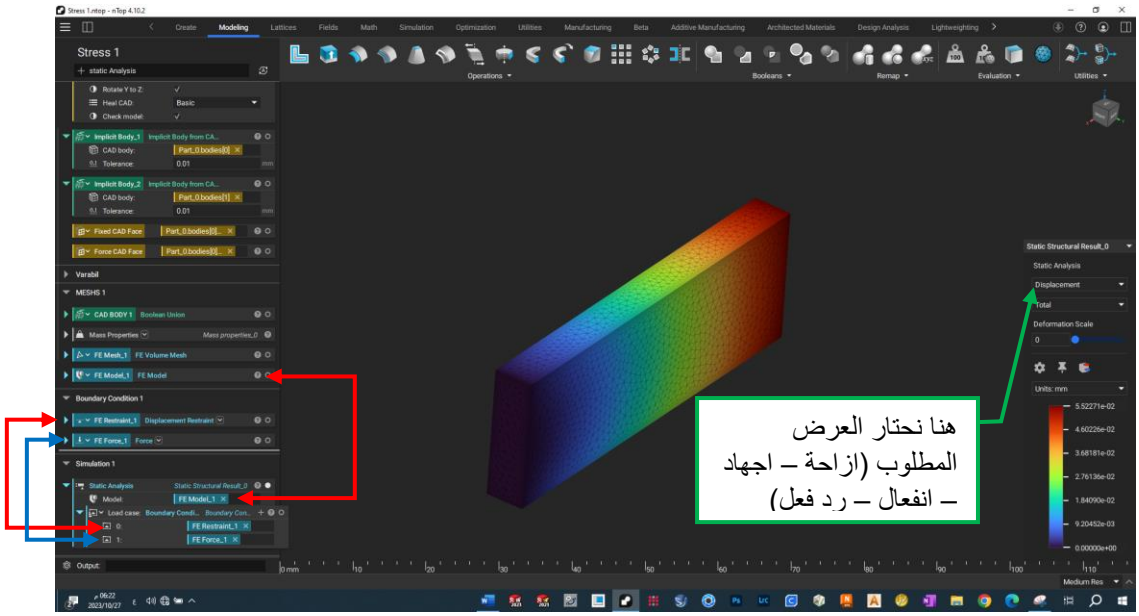
-(Edges) (حواف)هنا القوة سوف تكون مسلطة على طول الحافة

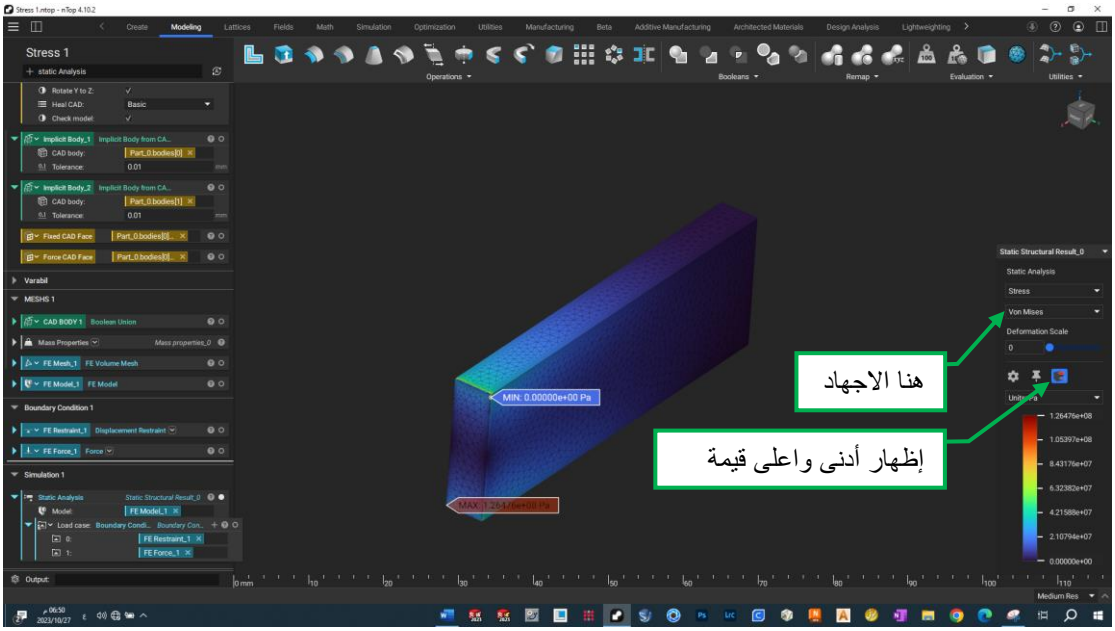
-(Faces) (وجوه) هنا القوة سوف تكون مسلطة بالتساوي على الوجه





11- أنشئ (Section) جديد وسمه (Simulation 1)
أدرج الكتلة (static Analysis) وتكون خياراتها كالتالي

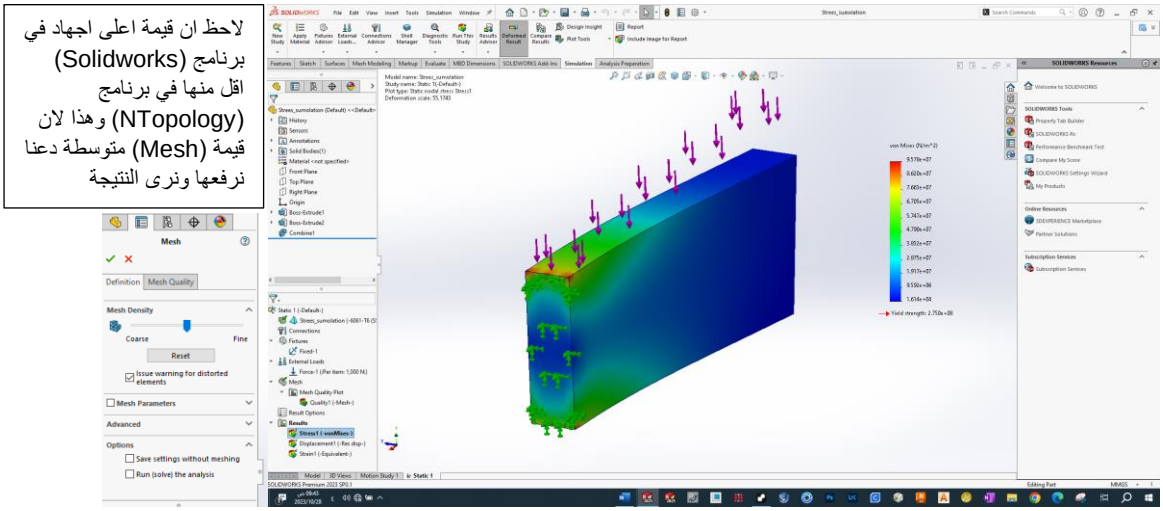


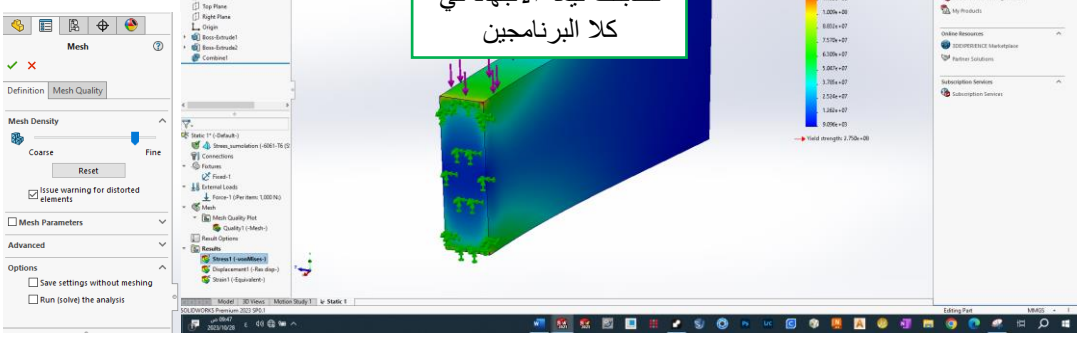


لاحظ ان اعلى قيمة للإجهاد هي (1.26e+08) ونحن نعلم ان قيمة اجهاد الخضوع للألمونيوم هي (2.75e+08) لذا من الممكن ان نخفف وزن الجزء مع تحمل نفس تأثير القوى المسلطة.

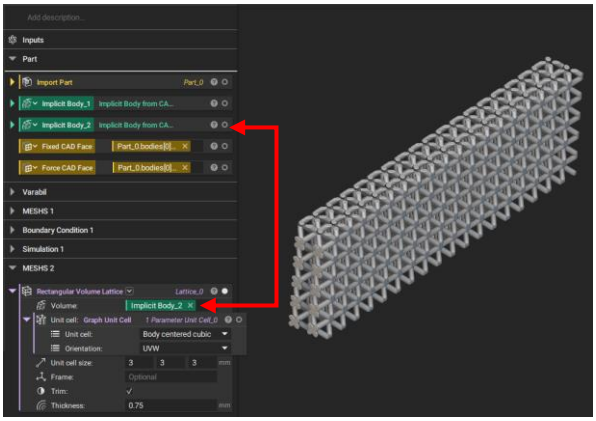
دعنا نقارن قيم الاجهاد في برنامج (nTopology) مع قيم الاجهاد لنفس القطعة في برنامج (Solidworks)

لاحظ ان قيمة اعلى اجهاد في برنامج (Solidworks) اقل منها في برنامج (NTopology) وهذا لان قيمة (Mesh) متوسطة دعنا نرفعها ونرى النتيجة

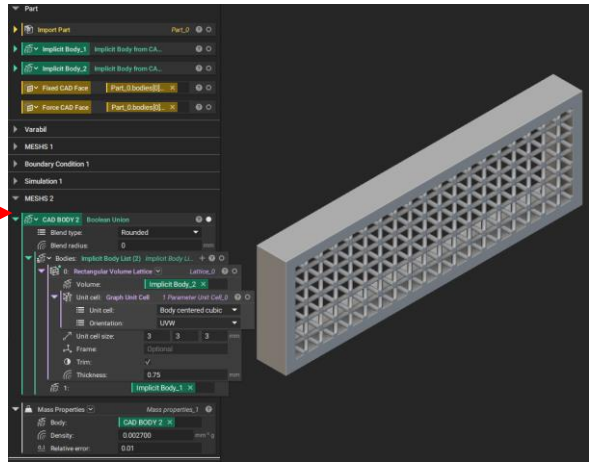




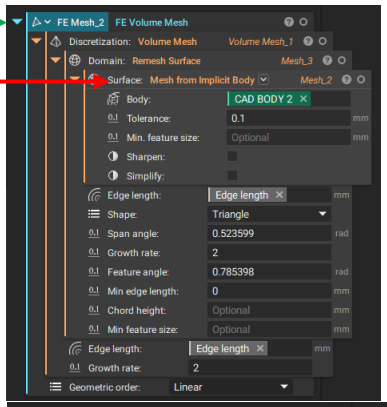
1- سوف نعمل في الخطوات القادمة على تخفيف وزن القطعة مع تحملها نفس القوة المؤثرة
2- أنشئ (Section) جديد وسمه (MESHS 2)
3- أدرج الكتلة (Rectangular Volume Lattice) لإنشاء هيكل شبكي واختر الجزء الداخلي للقطعة (Implicit Body_2)

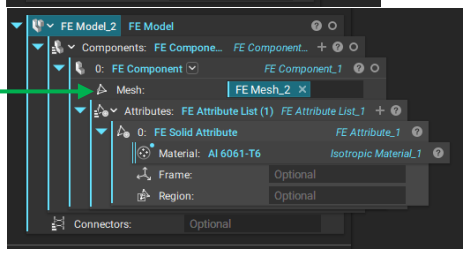


4- قم بتوحيد الجسمين (Rectangular Volume Lattice) و (Implicit Body_1) استخدم الكتلة (Boolean Union) ثم اجعلها متغيرة (Make Variable) وسمها (CAD BODY 2)
ثم أدرج الكتلة (Mass Properties) لمعرفة خصائص الجسم الموحد



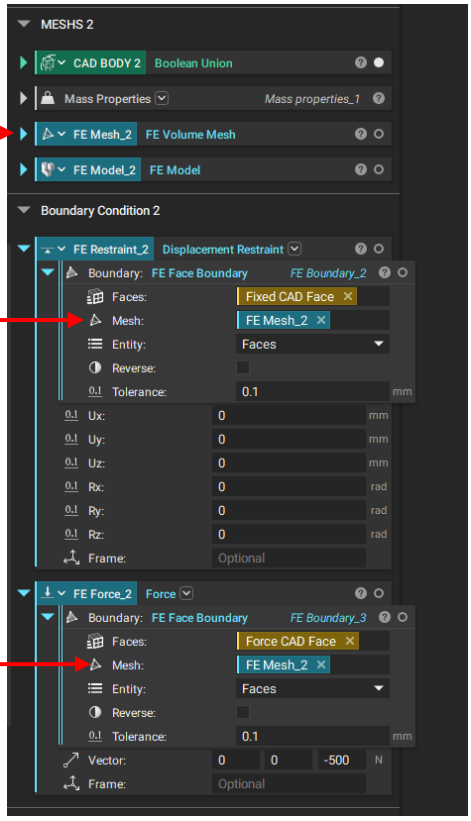
5- الان أدرج الكتلة
(Mesh from Implicit Body) ثم
(Remesh Surface) ثم
(Volume Mesh) ثم
(FE Volume Mesh) ثم اجعلها متغيرة
وسمها (FE Mesh 2)
ثم أدرج الكتلة
(FE Model) واجعلها متغيرة وسمها (FE Model 2)





6- أنشئ (Section) جديد وسمه (Boundary Condition 2)
أدرج الكتلة (Displacement Restraint) ثم اجعلها متغيرة (Make Variable)
وسمها (FE Restraint_2)

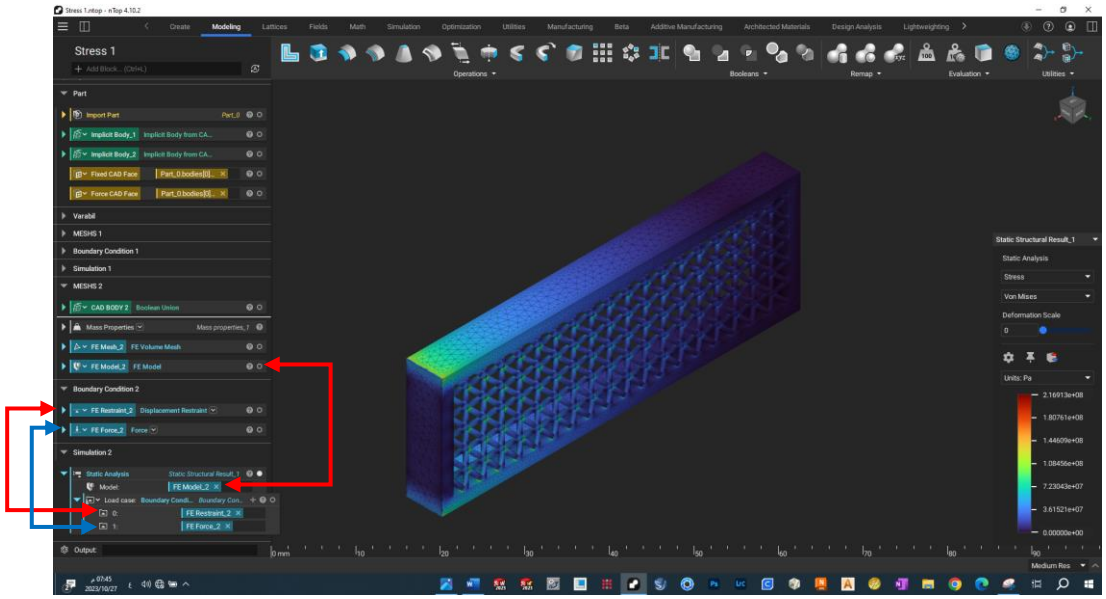
7- أدرج الكتلة (Force) ثم اجعلها متغيرة (Make Variable) وسمها (FE Force_2)



لاحظ اننا استخدمنا نفس السطح للتثبيت (Fixed CAD Face) ونفس السطح للقوة (Force CAD Face)

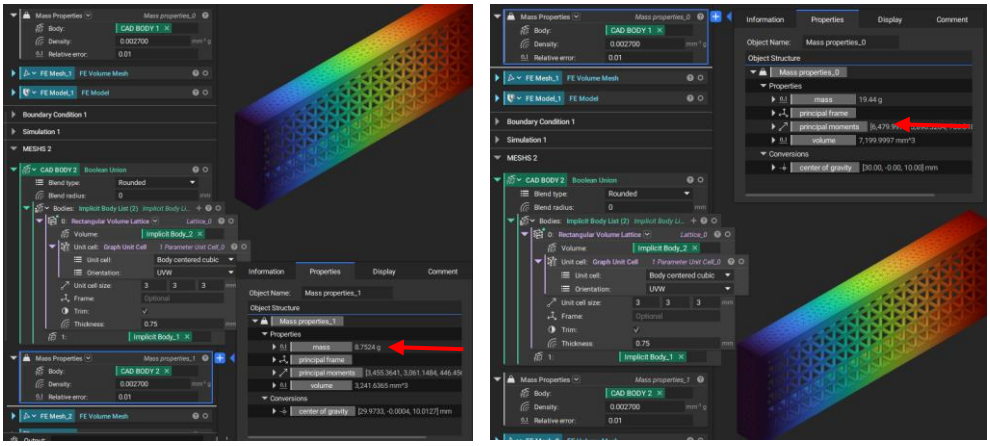
الا اننا استخدمنا (FE Mesh 2) المنتج من الشكل الجديد الذي خففنا وزنه بإنشاء هيكل شبكي للجزء الداخلي

8- أنشئ (Section) جديد وسمه (Simulation 2)
أدرج الكتلة (static Analysis) وتكون خياراتها كالتالي



لاحظ ان اقصى اجهاد هو (2.16e08) وان اجهاد الخضوع هو (2.75e08)

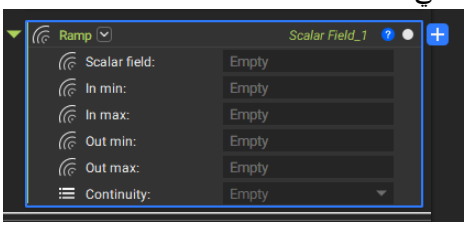
9- قارن بين وزن الجزئين من خلال الكتلة

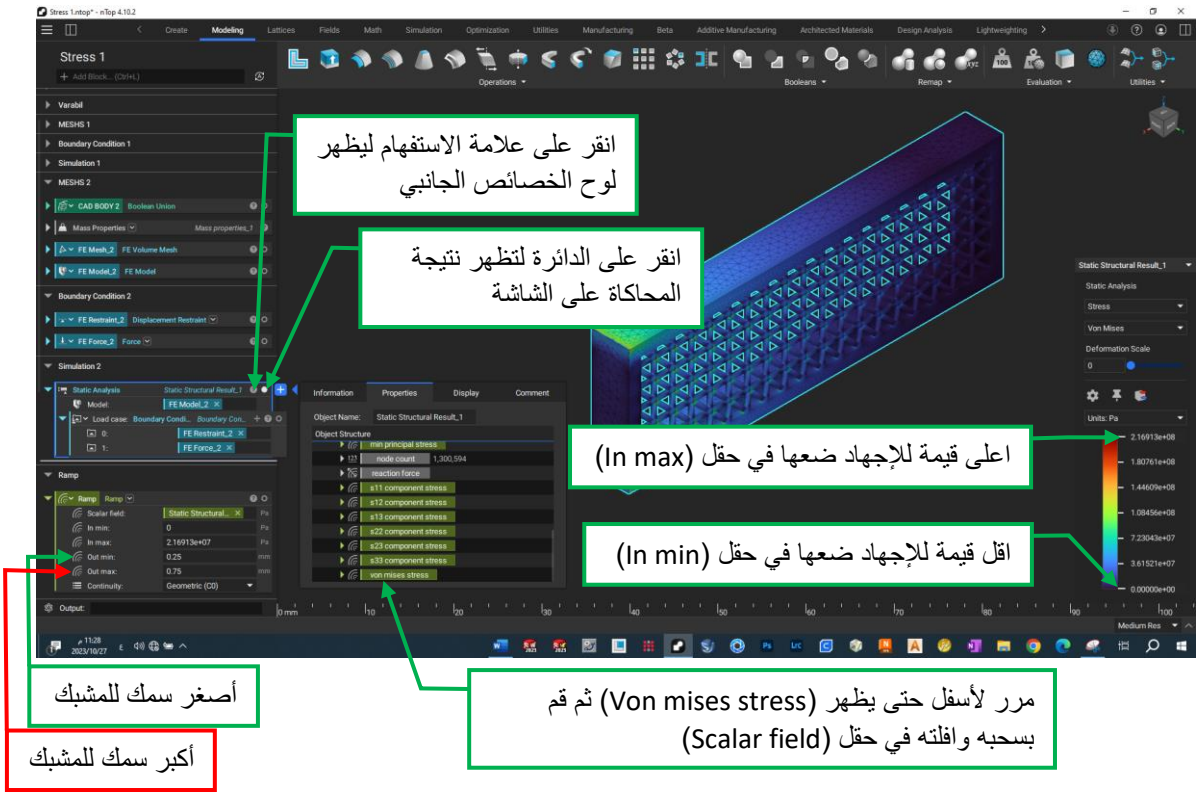


10- دعنا الان نذهب خطوة الى الامام واستخدام نتائج المحاكاة السابقة كأساس لسمك الهيكل الشعري (Lattice) بحيث تكون أكثر سماكة عند الأجزاء المعرضة الى اجهاد عالي وأكثر نحافة عند الأجزاء الأقل تعرضا للإجهاد

11- أنشئ (Section) جديد وسمه (Ramp)

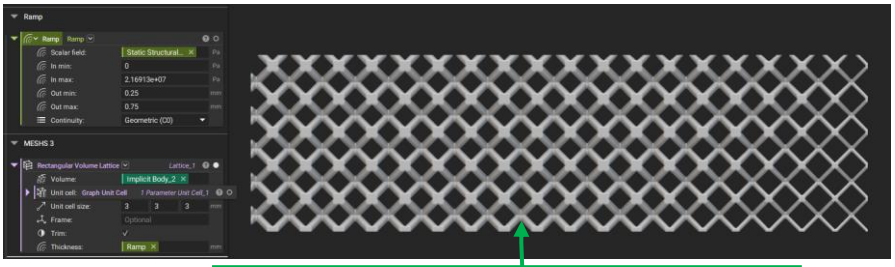
12- أدرج الكتلة (Ramp) ثم اجعلها متغيرة (Make Variable) وسمها (Ramp) وحدد خياراتها كالتالي





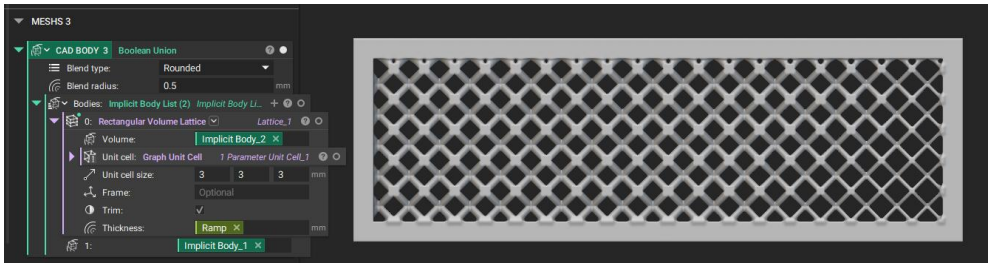
13- أنشئ (Section) جديد وسمه (MESH 3)

14- أدرج الكتلة (Rectangular Volume Lattice) لإنشاء هيكل شبكي واختر الجزء الداخلي للقطعة (Implicit Body_2) وفى هذه المرة ضع الكتلة (Ramp) بدل السمك

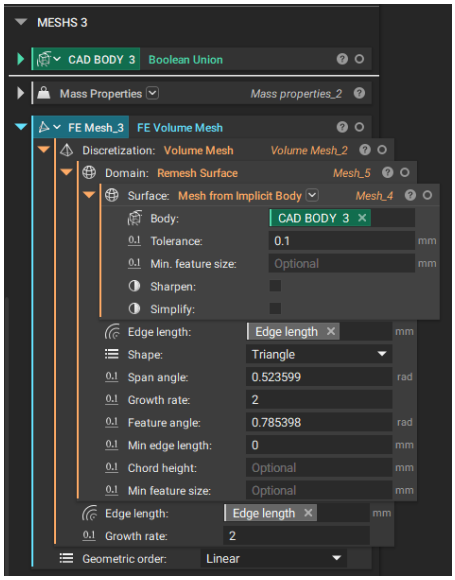


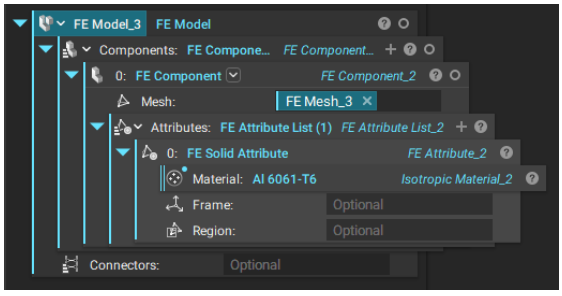
لاحظ السمك عالي عند المناطق عالية الاجهاد واقل سمك عند المناطق منخفضة الاجهاد

15- قم بتوحيد الجسمين (Rectangular Volume Lattice) و (Implicit Body_1) استخدم الكتلة (Boolean Union) ثم اجعلها متغيرة (Make Variable) وسمها (CAD BODY 3)
ثم أدرج الكتلة (Mass Properties) لمعرفة خصائص الجسم الموحد



16- الان أدرج الكتلة
(Mesh from Implicit Body) ثم
(Remesh Surface) ثم
(Volume Mesh) ثم
(FE Volume Mesh) ثم اجعلها متغيرة
وسمها (FE Mesh 3)
ثم أدرج الكتلة
(FE Model) واجعلها متغيرة وسمها (FE Model 3)

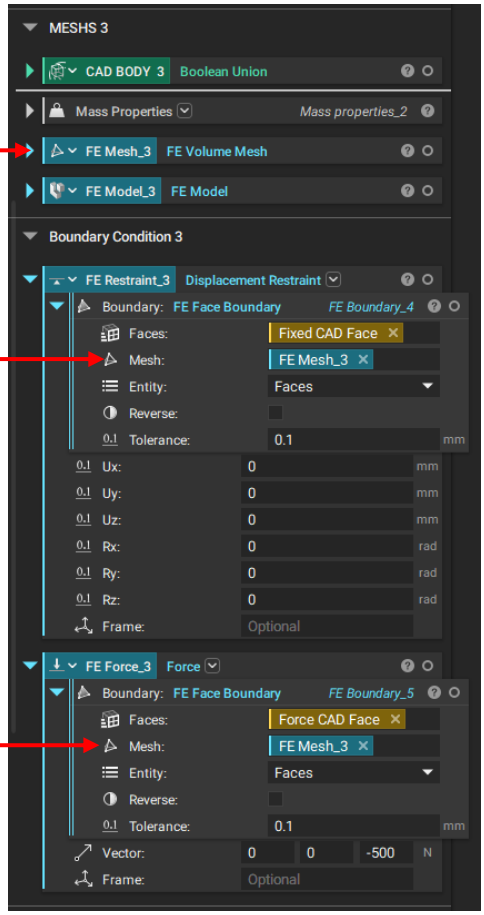




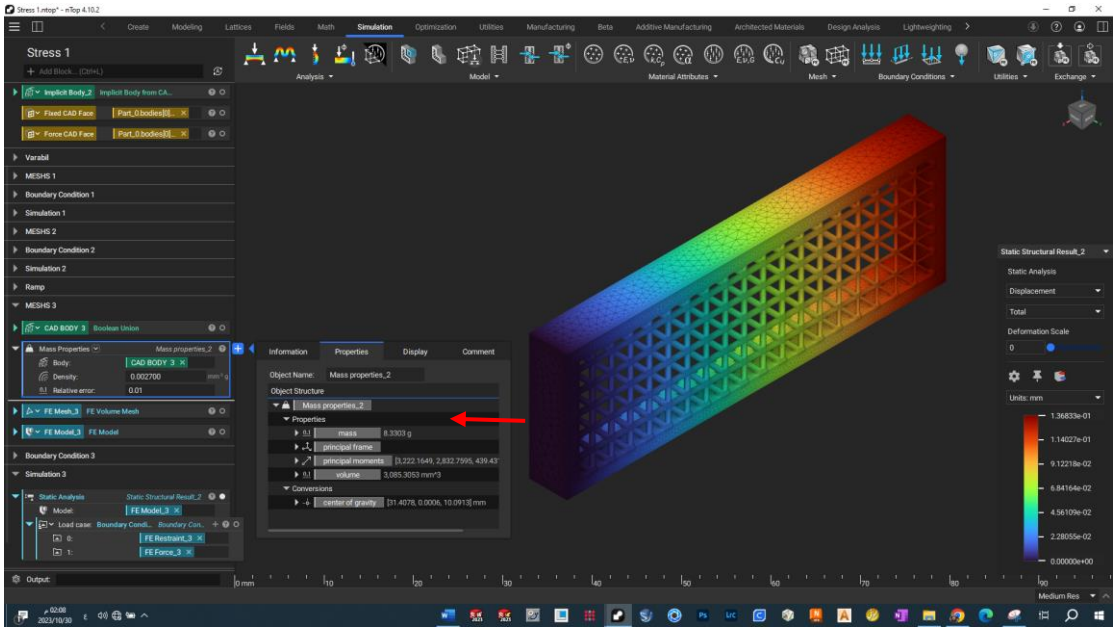
17- أنشئ (Section) جديد وسمه (Boundary Condition 3)
أدرج الكتلة (Displacement Restraint) ثم اجعلها متغيرة (Make Variable)
وسمها (FE Restraint_3)
أدرج الكتلة (Force) ثم اجعلها متغيرة (Make Variable) وسمها (FE Force_3)

لاحظ اننا استخدمنا نفس السطح للتثبيت (Fixed CAD Face) ونفس السطح للقوة (Force CAD Face)

الا اننا استخدمنا (FE Mesh 3) المنتج من الشكل الجديد الذي خففنا وزنه بإنشاء هيكل شبكي للجزء الداخلي



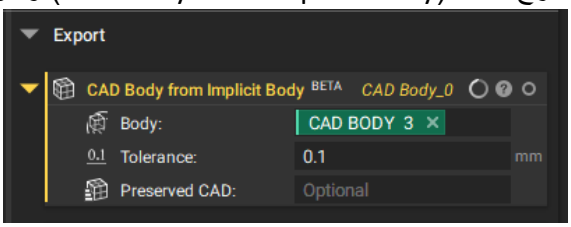
18- أنشئ (Section) جديد وسمه (Simulation 3)
أدرج الكتلة (static Analysis) وتكون خياراتها كالتالي



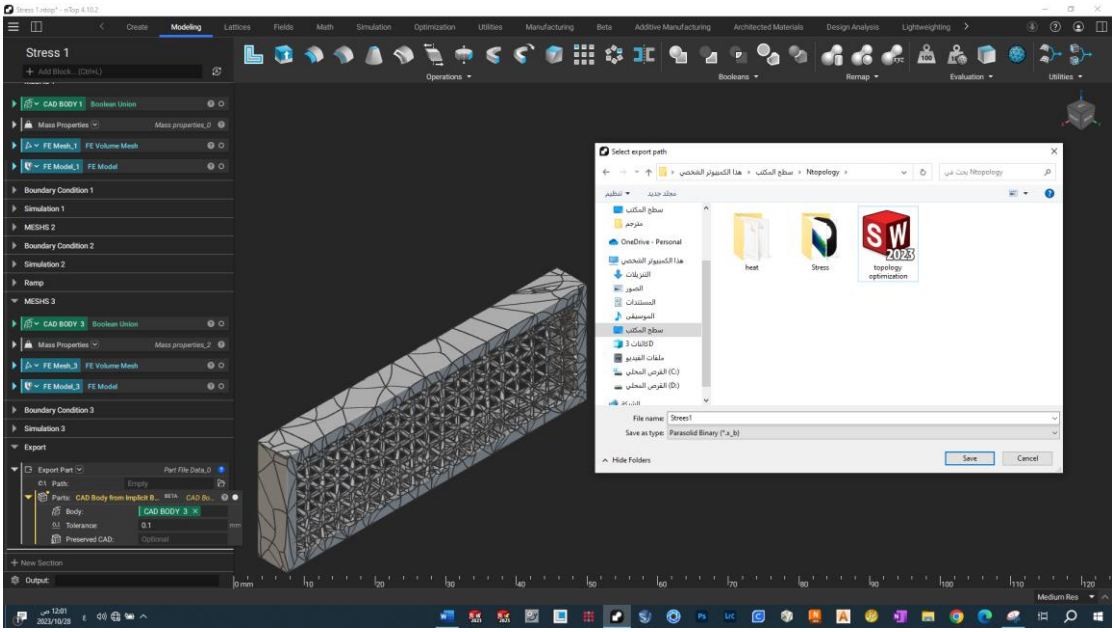
اقصى اجهاد مزال اقل من اجهاد الخضوع وهذا يعني ان التصميم امن وقللنا الوزن لأكثر من النصف

19- أنشئ (Section) جديد وسمه (Export)

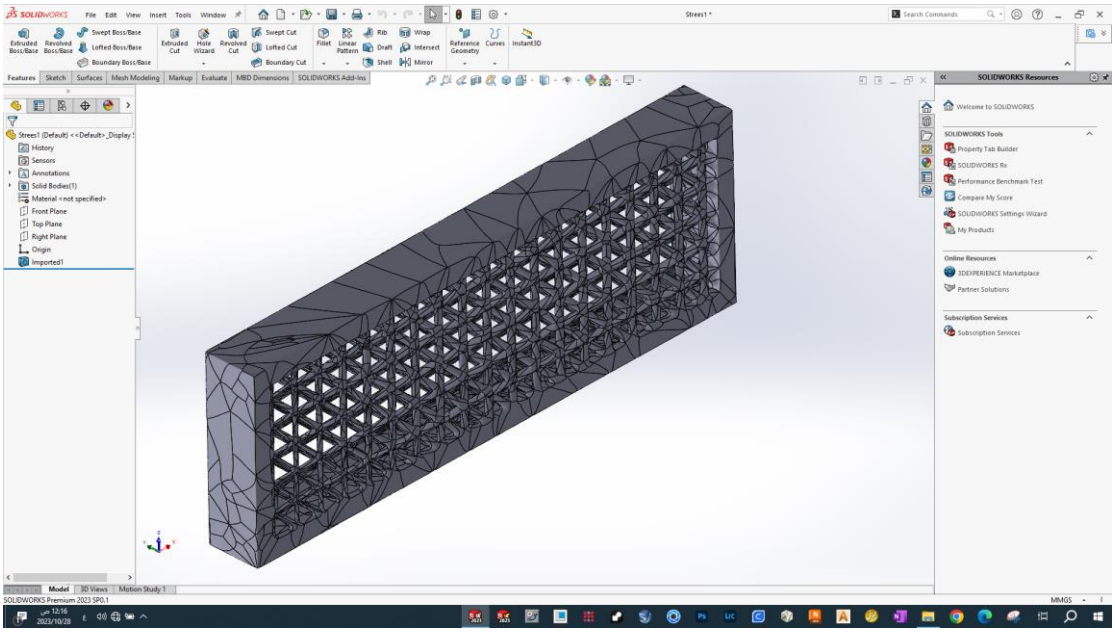
أدرج الكتلة (CAD Body from Implicit Body) وتكون خياراتها كالتالي



20- أدرج الكتلة (Export Part) وضع بها الكتلة السابقة واحفظها بامتداد (*.x_b)

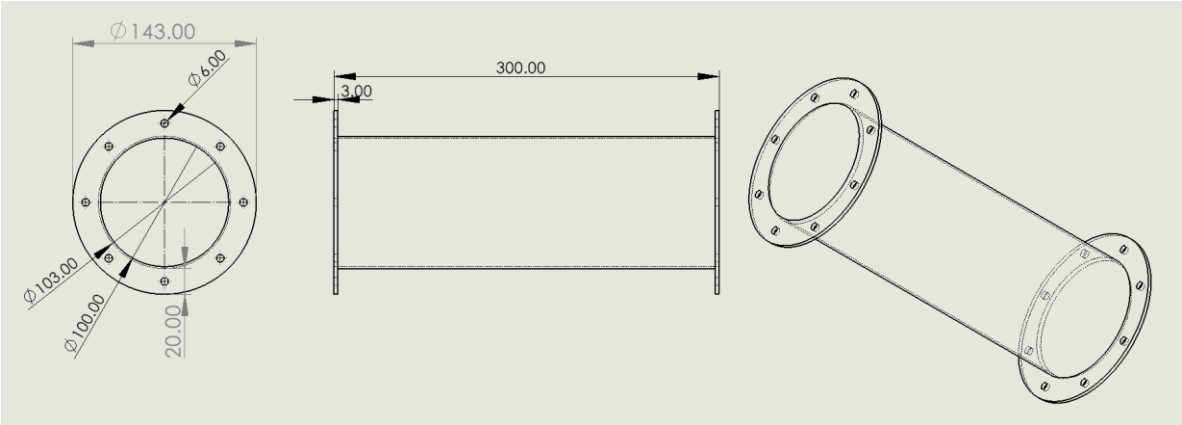


قم بفتح الملف بواسطة برنامج (SolidWorks) ويمكنك اجراء العديد من العمليات عليه.



ثانيا المحاكاة الإستاتيكية تحت تأثير ضغط (static Analysis - pressure)

1- أنشئ نموذج (CAD) بالأبعاد التالية

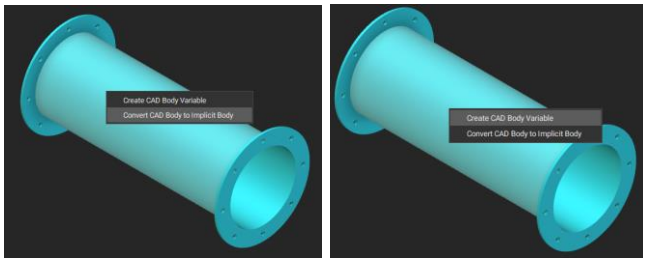


2- افتح برنامج (nTopology) وانشئ ملف جديد

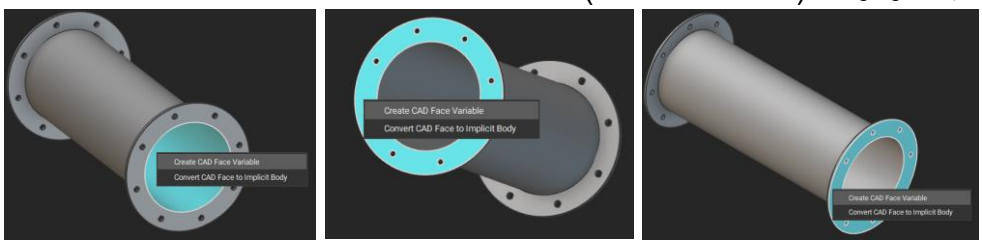
3- أنشئ (Section) جديد وسمه (Part)

4- أدرج ملف (CAD) الذي سبق وان انشأته (**Import Part**)

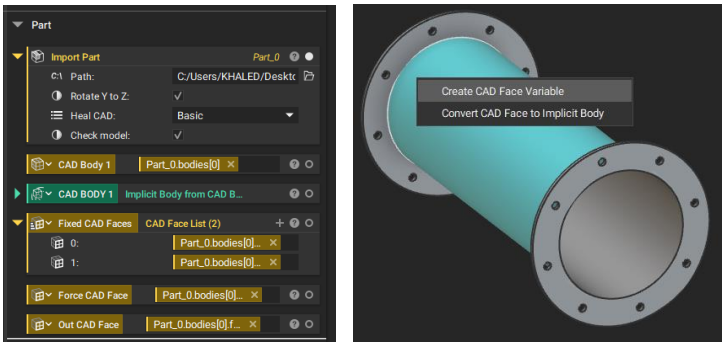
5- أنشئ جسم (CAD Body) وسمه (CAD Body 1) و (Implicit Body) وسمه (CAD BODY 1)



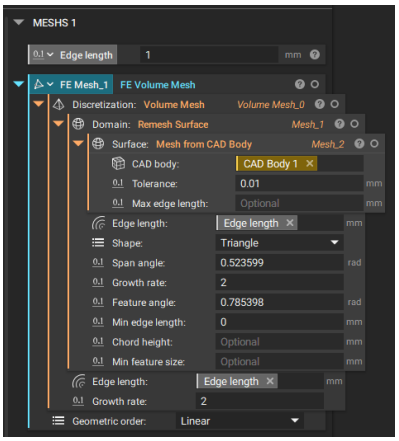
6- أنشئ سطحين من نهايتي الانبوب لتثبيت القطعة وسمه (Fixed CAD Face) وسطح داخل الأنبوب لتسليط القوة وسمه (Force CAD Face)



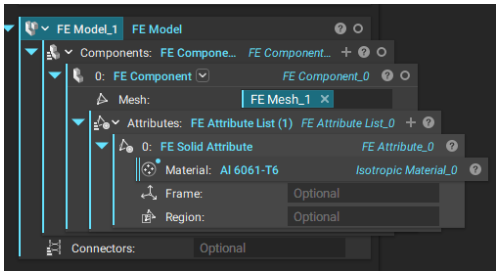
7- أنشئ سطح خارجي للأنبوب وسمه (Out CAD Face) سوف نحتاجه للدعم



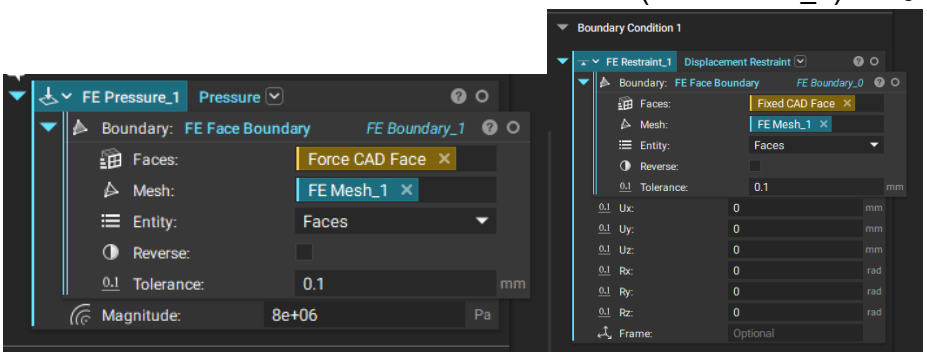
8- أنشئ (Section) جديد وسمه (MESHS 1)



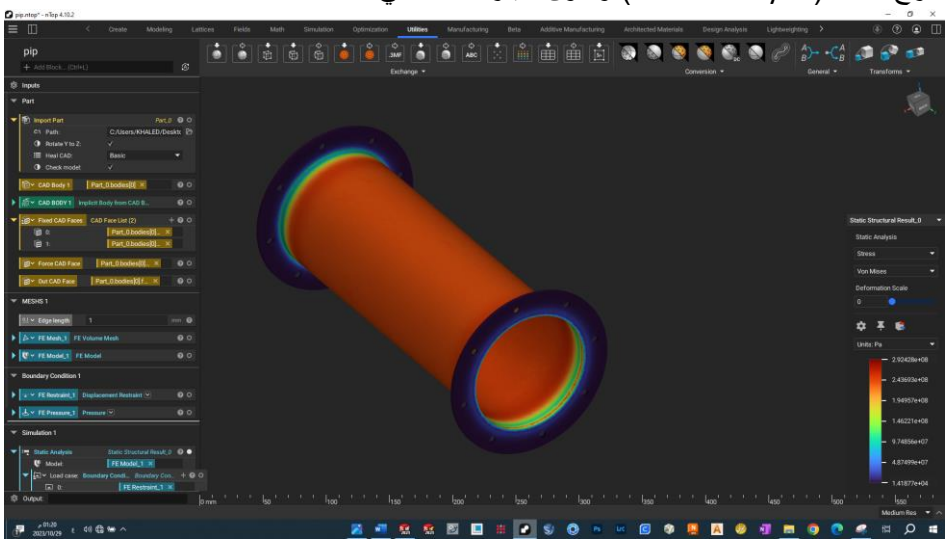
9- الان أدرج الكتلة
(Mesh from CAD Body) ثم
(Remesh Surface) ثم
(Volume Mesh) ثم
(FE Volume Mesh) ثم اجعلها متغيرة وسمها (FE Mesh 1)
ثم أدرج الكتلة
(FE Model) واجعلها متغيرة وسمها (FE Model 1)



10- أنشئ (Section) جديد وسمه (Boundary Condition 1)
أدرج الكتلة (Displacement Restraint) ثم اجعلها متغيرة (Make Variable)
وسمها (FE Restraint_1)
أدرج الكتلة (pressure) ثم اجعلها متغيرة (Make Variable)
وسمها (FE Pressure_1)

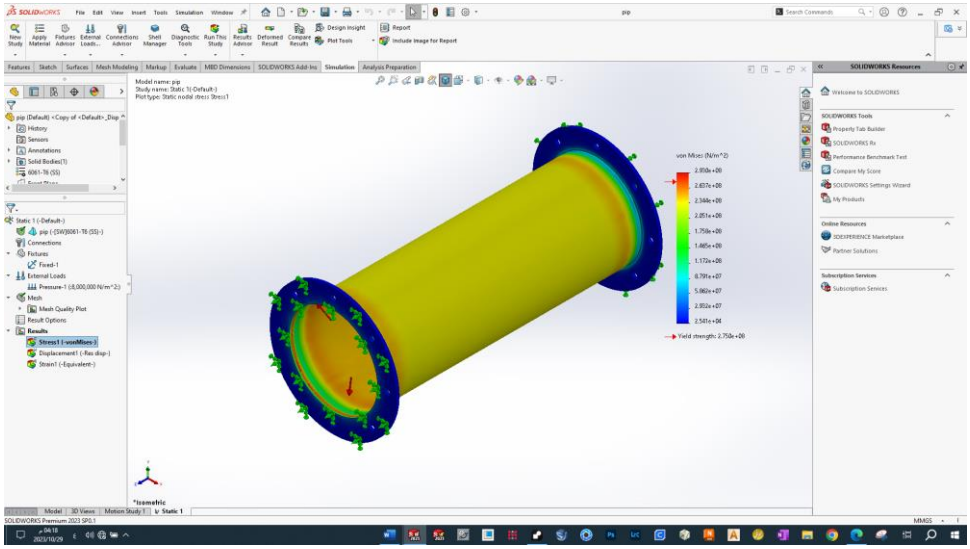


11- أنشئ (Section) جديد وسمه (Simulation 1)
أدرج الكتلة (static Analysis) وتكون خياراتها كالتالي



لاحظ ان اقصى اجهاد هو (2.92e08) وان اجهاد الخضوع للألمونيوم هو (2.75e08) وبهذا التصميم سوف ينهار لذا علينا تقويته وهذا ما سوف نعمل عليه في الخطوة القادمة

12- قارن نفس التحليل باستخدام (Solidworks) ارفع (Mesh) للحصول على نتائج ادق

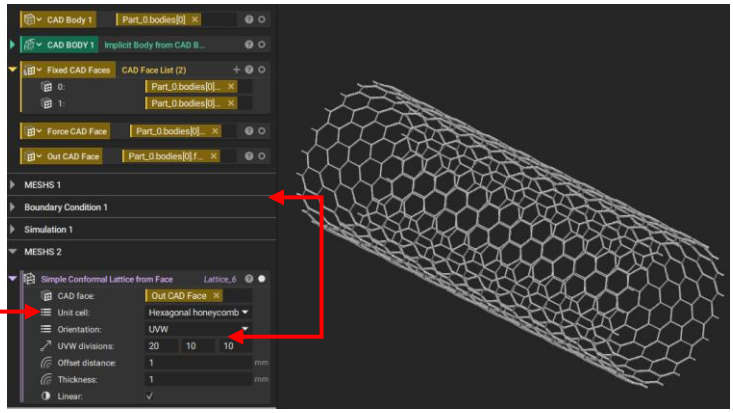


13- أنشئ (Section) جديد وسمه (MESHS 2)

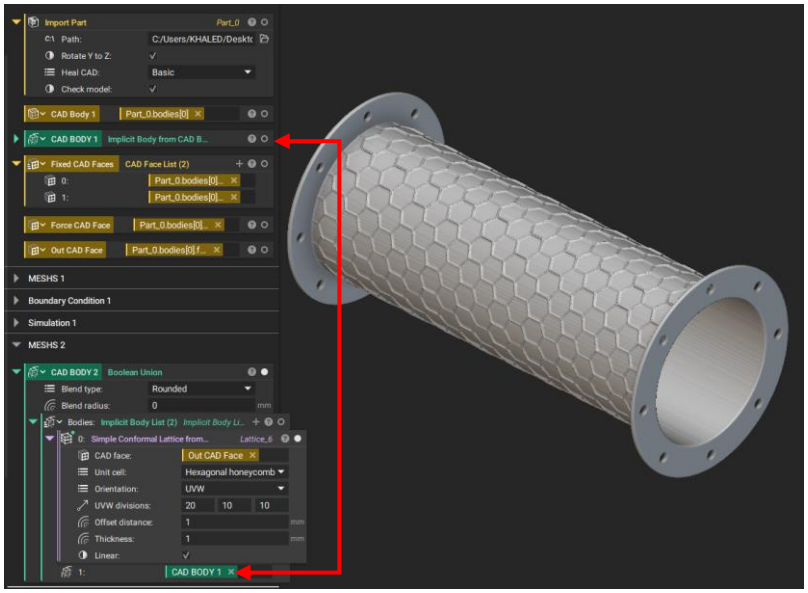
14- الان أدرج الكتلة (Simple Conformal Lattice from Face) وتكون خياراتها كالتالي

في الخيار (Unit Cell)

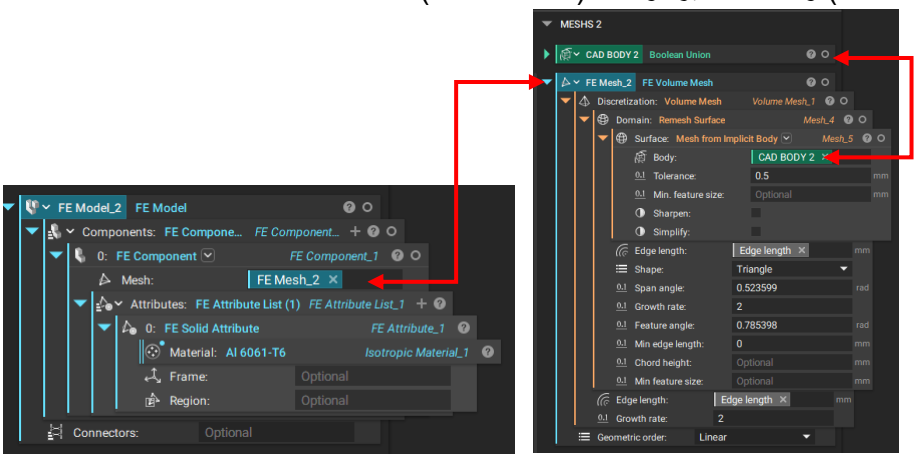
نختار (قرص العسل)



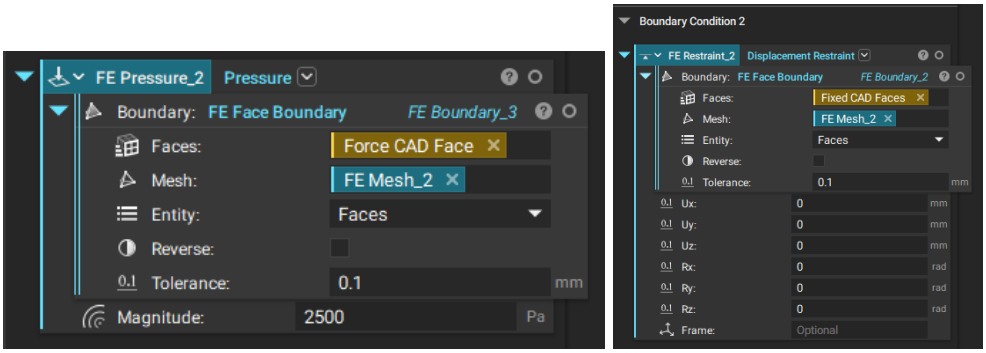
15- ثم قم بتوحيد الشبكة مع الجسم (CAD BODY 1) واجعل الجسم الناتج متغير وسمه (CAD BODY 2)



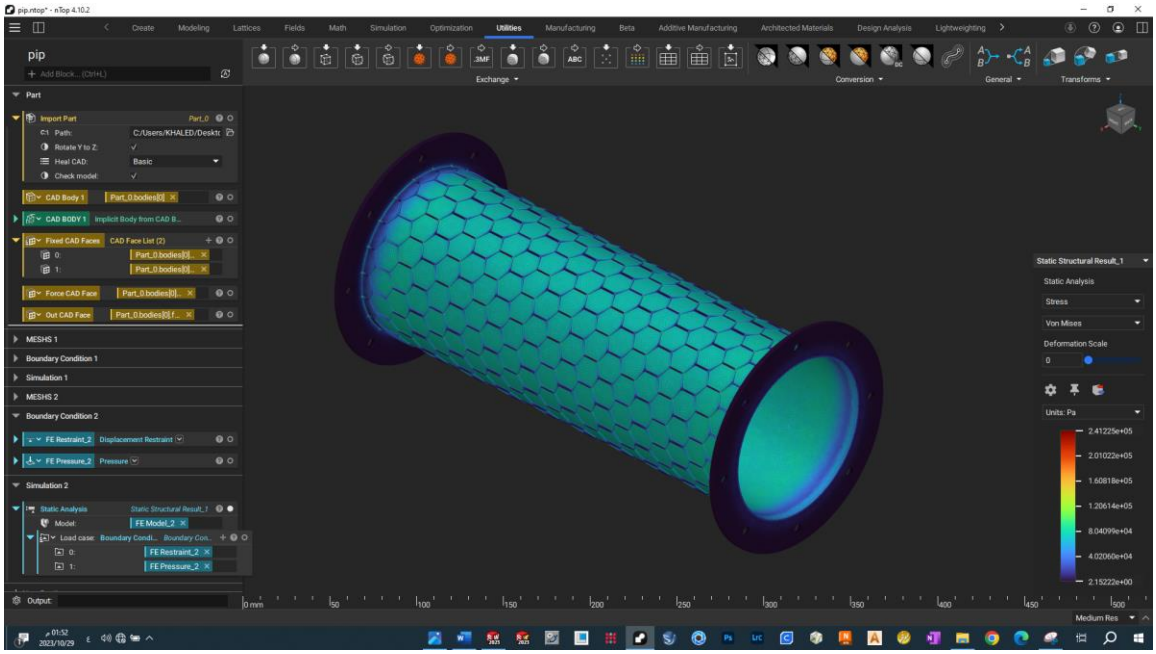
16- أدرج الكتلة (Mesh from Implicit Body) ثم
(Remesh Surface) ثم
(Volume Mesh) ثم
(FE Volume Mesh) ثم اجعلها متغيرة وسمها (FE Mesh 2)
ثم أدرج الكتلة
(FE Model) واجعلها متغيرة وسمها (FE Model 2)



17- أنشئ (Section) جديد وسمه (Boundary Condition 2)
أدرج الكتلة (Displacement Restraint) ثم اجعلها متغيرة (Make Variable)
وسمها (FE Restraint_2)
أدرج الكتلة (pressure) ثم اجعلها متغيرة (Make Variable)
وسمها (FE Pressure_2)



18- أنشئ (Section) جديد وسمه (Simulation 2)
أدرج الكتلة (static Analysis) وتكون خياراتها كالتالي

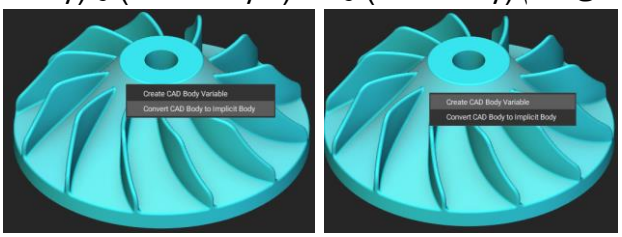


لاحظ انخفاض كبير للإجهاد حيث وصل الى (2.4e05) وهو اقل بكثير من اجهاد الخضوع للألمونيوم (2.75e08) وذلك بفضل إضافة شبكة (قرص العسل)

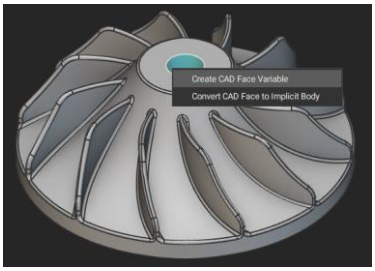
طبعا يمكنك ان تزيد من سمك وارتفاع الشبكة او تقليله الى ان تصل الى أفضل نسبة بين الوزن وقيمة الاجهاد أيضا يمكنك ان تختار نوع شبكة اخر "هنا لا حدود للأبداع" انطلقووووووووو.

ثالثا المحاكاة الإستاتيكية تحت تأثير حمل سرعة الدوران (static Analysis - Rotational Force)

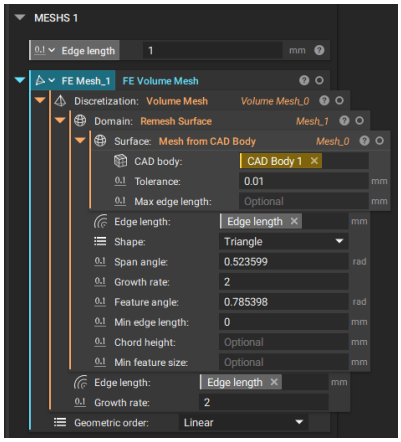
1- افتح برنامج (nTopology) وانشئ ملف جديد
2- أنشئ (Section) جديد وسمه (Part)
3- أدرج ملف (CAD) الذي سبق وان انشأته (**Import Part**)
4- أنشئ جسم (CAD Body) وسمه (CAD Body 1) و (Implicit Body) وسمه (CAD BODY 1)

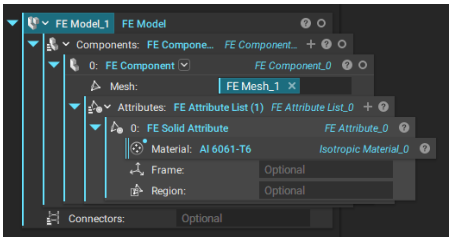


5- أنشئ سطح من وسط الاسطوانة لتثبيت القطعة وسمه (Fixed CAD Face)

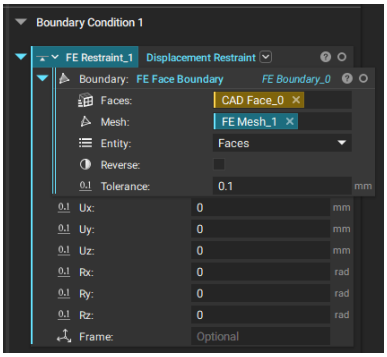


6- أنشئ (Section) جديد وسمه (MESHS 1)
7- أدرج الكتلة (Mesh from CAD Body) ثم
(Remesh Surface) ثم
(Volume Mesh) ثم
(FE Volume Mesh) ثم اجعلها متغيرة وسمها (FE Mesh 1)
ثم أدرج الكتلة
(FE Model) واجعلها متغيرة وسمها (FE Model 1)

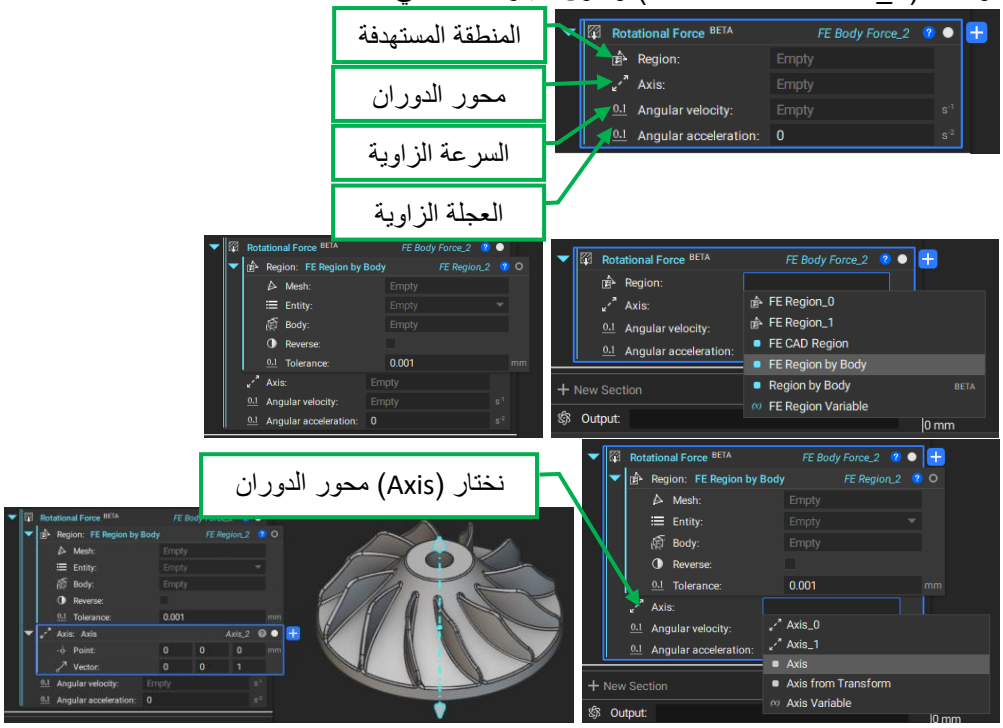


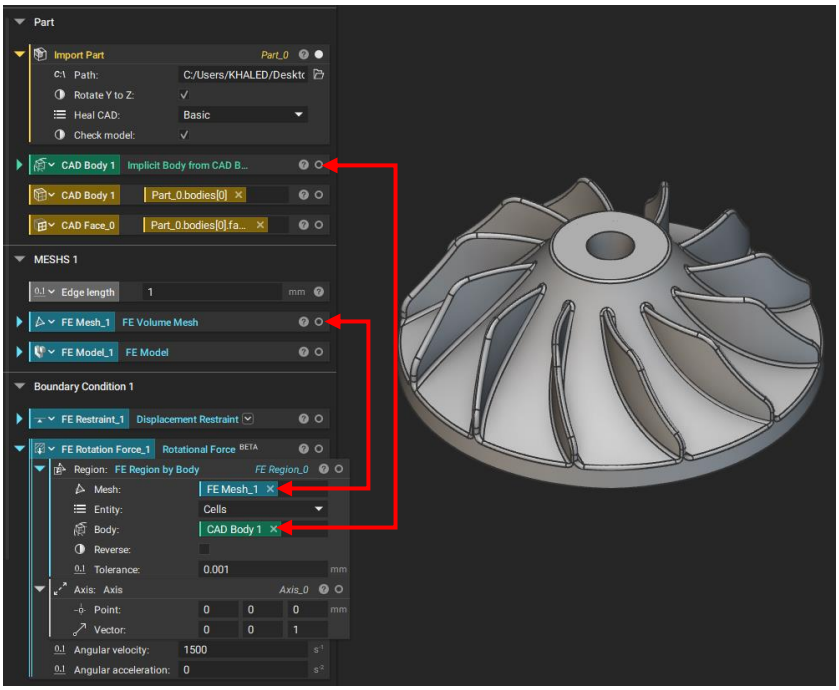


8- أنشئ (Section) جديد وسمه (Boundary Condition 1)
أدرج الكتلة (Displacement Restraint) ثم اجعلها متغيرة (Make Variable)
وسمها (FE Restraint_1)

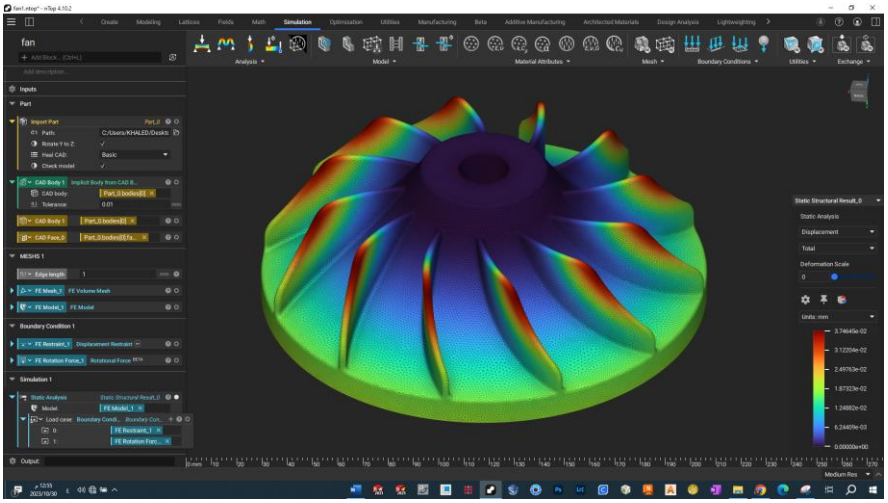


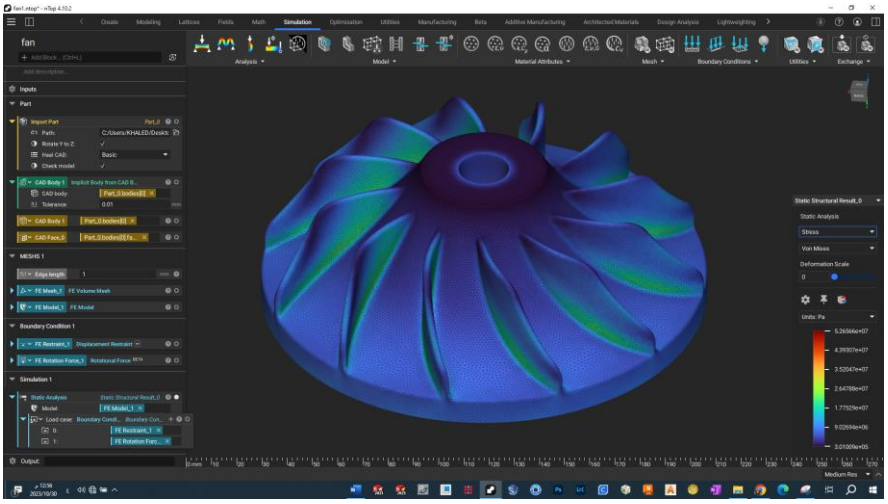
ثم أدرج الكتلة (Rotational Force) ثم اجعلها متغيرة (Make Variable)
وسمها (FE Rotation Force_1) وتكون خياراتها كالتالي





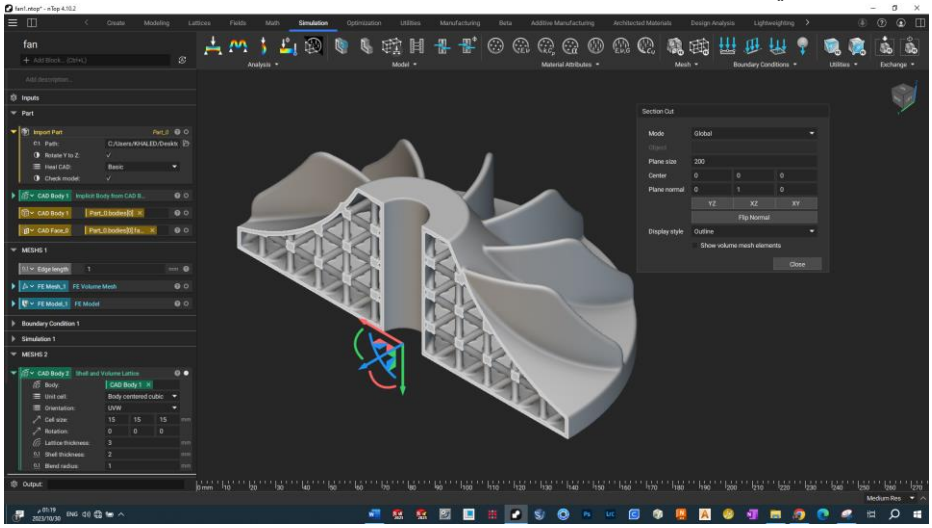
9- أنشئ (Section) جديد وسمه (Simulation 1)
أدرج الكتلة (static Analysis) وتكون خياراتها كالتالي



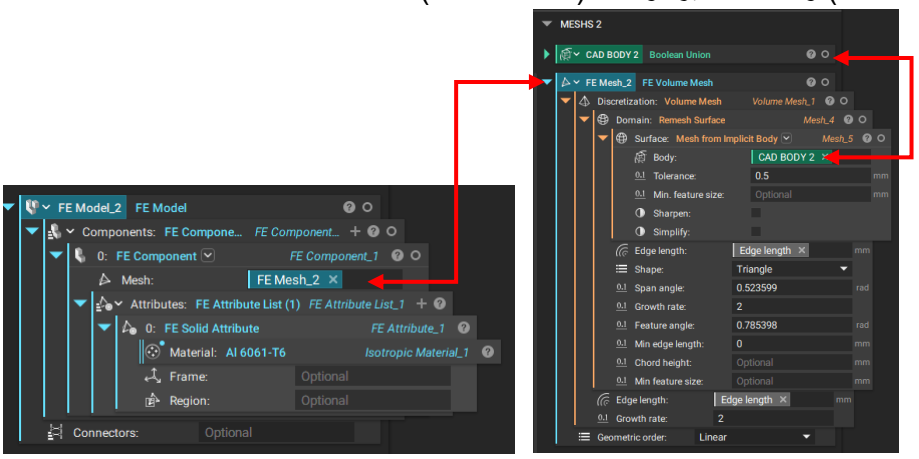


لاحظ ان اقصى اجهاد هو (5.26e07) وان اجهاد الخضوع للألمونيوم هو (2.75e08) وهو اجهاد مقبول لذا دعنا نعمل على تخفيف وزن القطعة

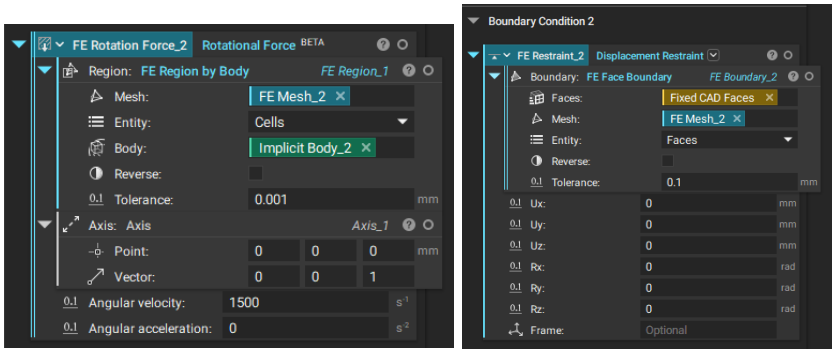
10- أنشئ (Section) جديد وسمه (MESHS 2)
11- الان أدرج الكتلة (Shell and Volume Lattice) واجعلها متغيرة وسمها (CAD BODY 2) وتكون خياراتها كالتالي



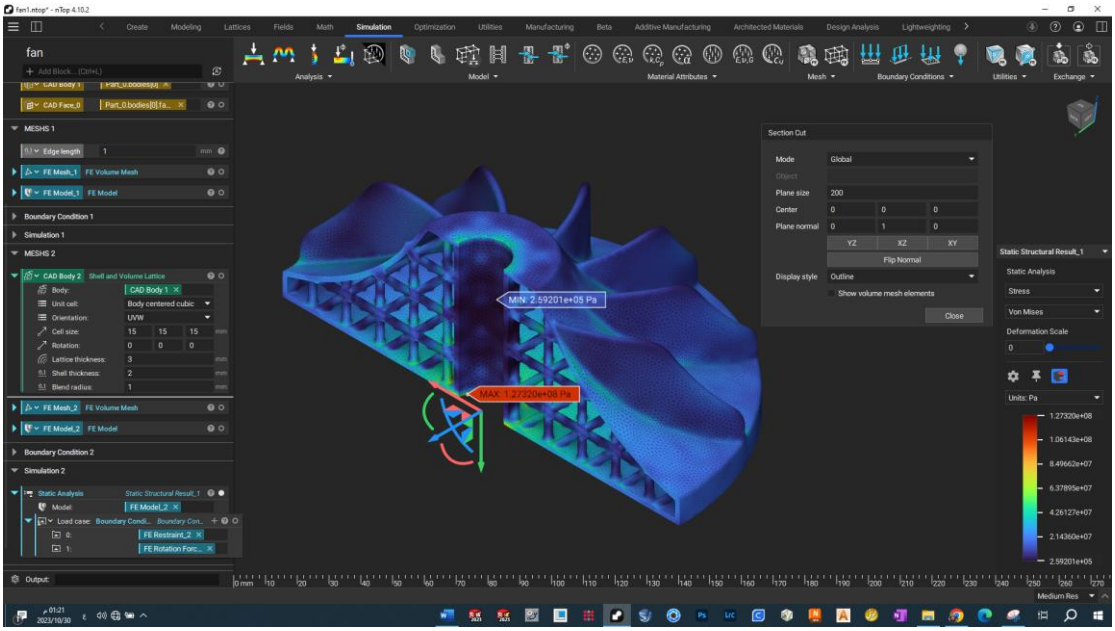
12- أدرج الكتلة (Mesh from Implicit Body) ثم
(Remesh Surface) ثم
(Volume Mesh) ثم
(FE Volume Mesh) ثم اجعلها متغيرة وسمها (FE Mesh 2)
ثم أدرج الكتلة
(FE Model) واجعلها متغيرة وسمها (FE Model 2)



13- أنشئ (Section) جديد وسمه (Boundary Condition 2)
أدرج الكتلة (Displacement Restraint) ثم اجعلها متغيرة (Make Variable)
وسمها (FE Restraint_2)
ثم أدرج الكتلة (Rotational Force) ثم اجعلها متغيرة (Make Variable)
وسمها (FE Rotation Force_2) وتكون خياراتها كالتالي



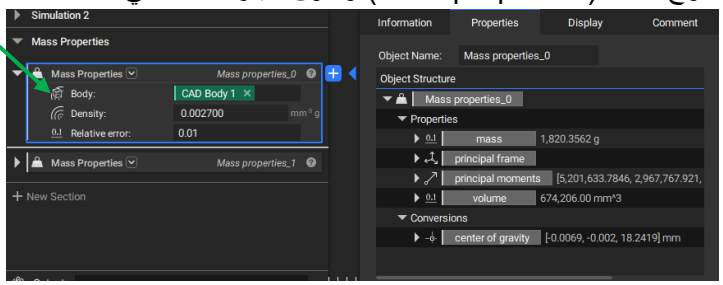
14- أنشئ (Section) جديد وسمه (Simulation 2)
أدرج الكتلة (static Analysis) وتكون خياراتها كالتالي



الإجهاد وصل الى (1.27e08) وهو اقل من اجهاد الخضوع للألمونيوم (2.75e08) مع انخفاض في وزن القطعة

15- أنشئ (Section) جديد وسمه (Mass properties)
ادرج الكتلة (Mass properties) وتكون خياراتها كالتالي

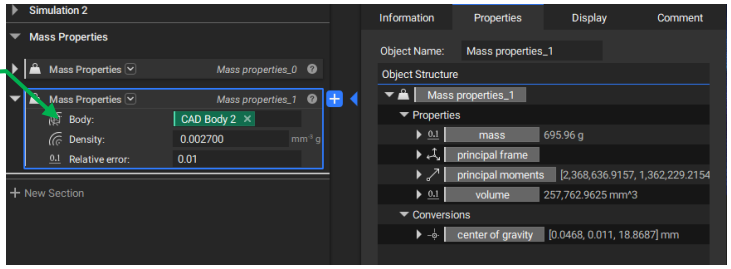
اخترنا الجسم (CAD Body 1) قبل انشاء (Lattice)



لاحظ الكتلة (1820.35g)

من جديد ادرج الكتلة (Mass properties) وتكون خياراتها كالتالي

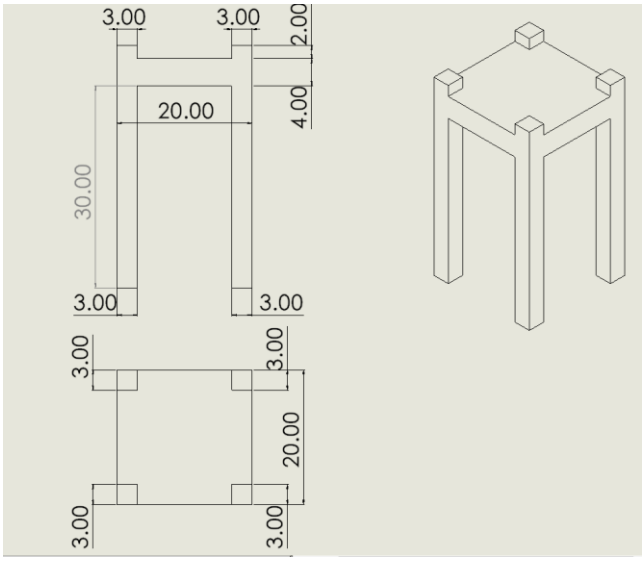
اخترنا الجسم (CAD Body 2) بعد انشاء (Lattice)



لاحظ الكتلة (695.96g) أي بنسبة اخفاض في الوزن لأكثر من (70%)

محاكاة الانبعاج (Buckling Analysis)

1- أنشئ نموذج (CAD) بالأبعاد التالية

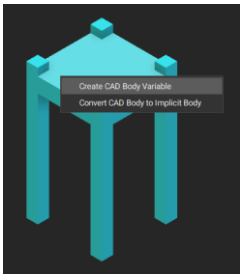


2- افتح برنامج (nTopology) وانشئ ملف جديد

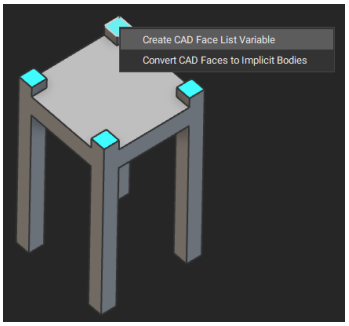
3- أنشئ (Section) جديد وسمه (Part)

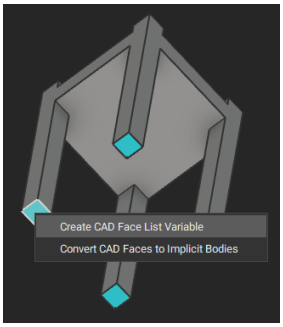
4- أدرج ملف (CAD) الذي سبق وان انشأته (**Import Part**)

5- أنشئ جسم (CAD Body) وسمه (CAD Body 1)



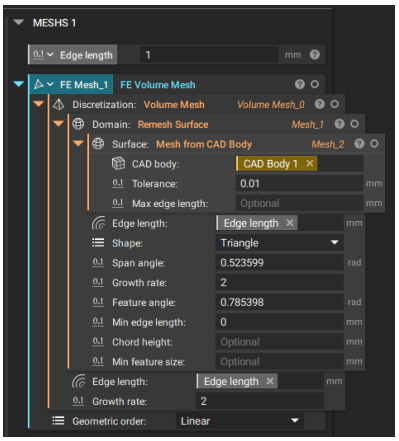
6- أنشئ أربعة أسطح من أسفل القطعة وسمه (Fixed CAD Face) ثم أنشئ أربعة أسطح من اعلى القطعة وسمه (Force CAD Face)

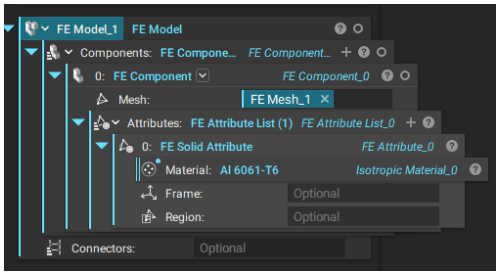




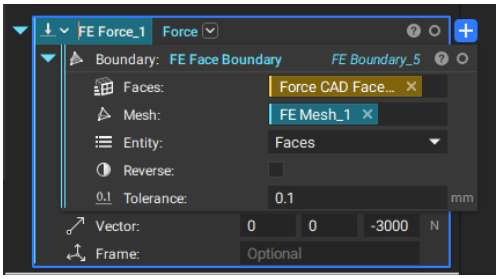
7- أنشئ (Section) جديد وسمه (MESHS 1)

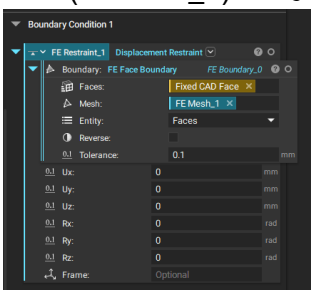
8- الان أدرج الكتلة
(Mesh from CAD Body) ثم
(Remesh Surface) ثم
(Volume Mesh) ثم
(FE Volume Mesh) ثم اجعلها متغيرة وسمها (FE Mesh 1)
ثم أدرج الكتلة
(FE Model) واجعلها متغيرة وسمها (FE Model 1)



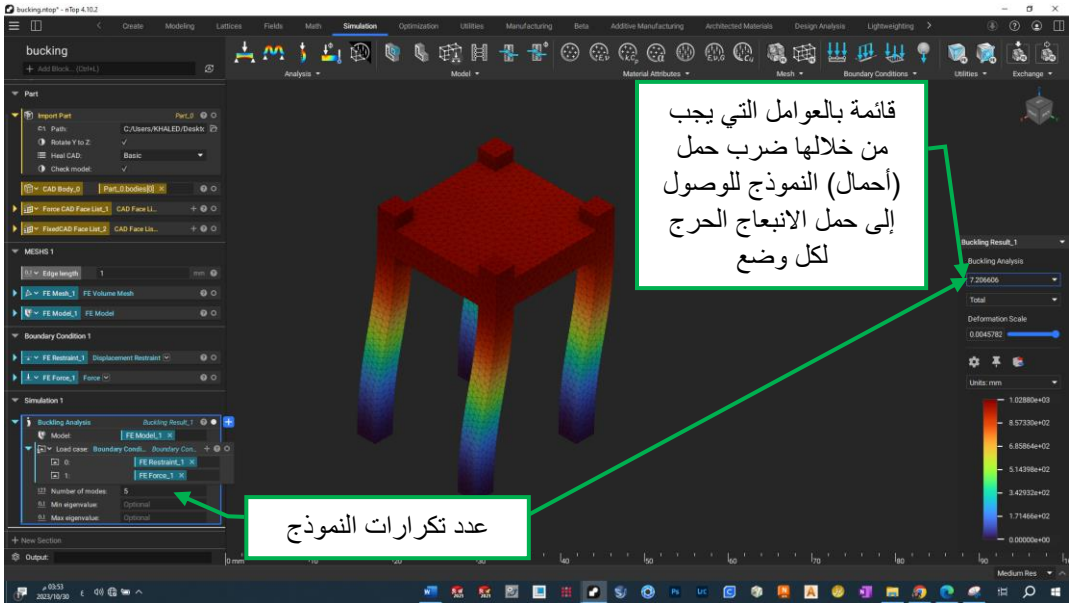


9- أنشئ (Section) جديد وسمه (Boundary Condition 1)
أدرج الكتلة (Displacement Restraint) ثم اجعلها متغيرة (Make Variable)
وسمها (FE Restraint_1)
أدرج الكتلة (Force) ثم اجعلها متغيرة (Make Variable)
وسمها (FE Force_1)



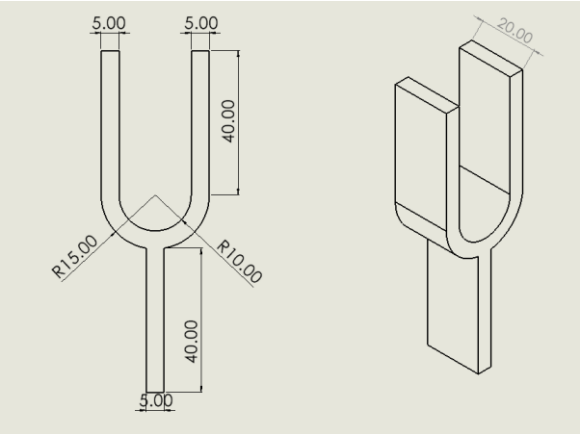


10- أنشئ (Section) جديد وسمه (Simulation 1)
أدرج الكتلة (Buckling Analysis) وتكون خياراتها كالتالى



محاكاة التردد (Modal Analysis)

1- أنشئ نموذج (CAD) بالأبعاد التالية

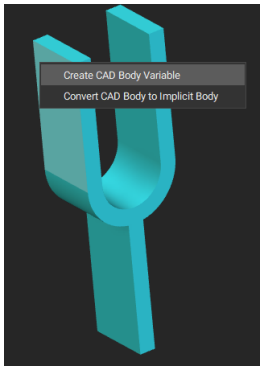


2- افتح برنامج (nTopology) وانشئ ملف جديد

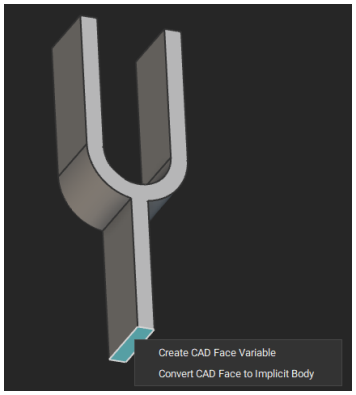
3- أنشئ (Section) جديد وسمه (Part)

4- أدرج ملف (CAD) الذي سبق وان انشأته (**Import Part**)

5- أنشئ جسم (CAD Body) وسمه (CAD Body 1)

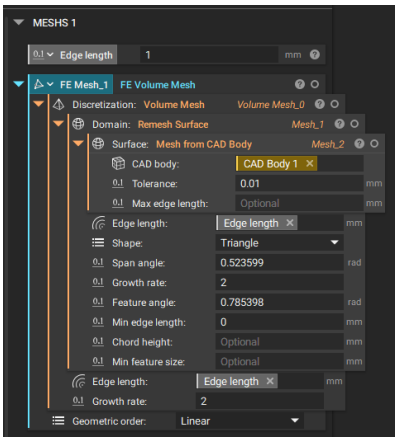


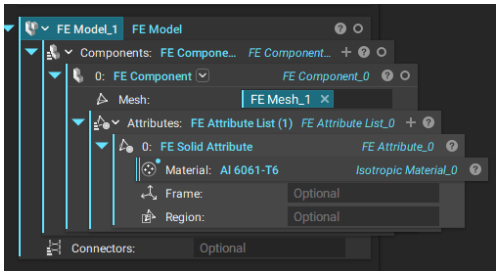
6- أنشئ سطح من أسفل القطعة وسمه (Fixed CAD Face)



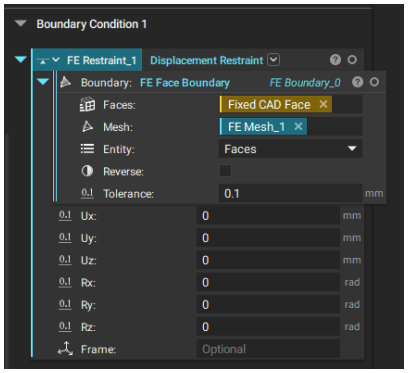
7- أنشئ (Section) جديد وسمه (MESHS 1)

8- الان أدرج الكتلة
(Mesh from CAD Body) ثم
(Remesh Surface) ثم
(Volume Mesh) ثم
(FE Volume Mesh) ثم اجعلها متغيرة وسمها (FE Mesh 1)
ثم أدرج الكتلة
(FE Model) واجعلها متغيرة وسمها (FE Model 1)

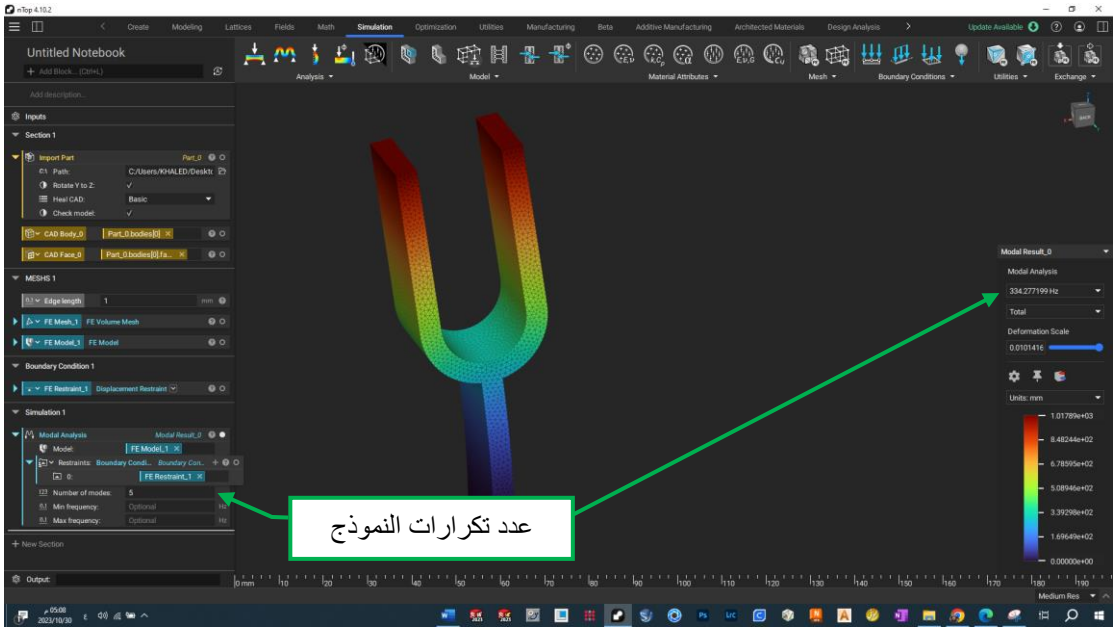




9- أنشئ (Section) جديد وسمه (Boundary Condition 1)
أدرج الكتلة (Displacement Restraint) ثم اجعلها متغيرة (Make Variable)
وسمها (FE Restraint_1)

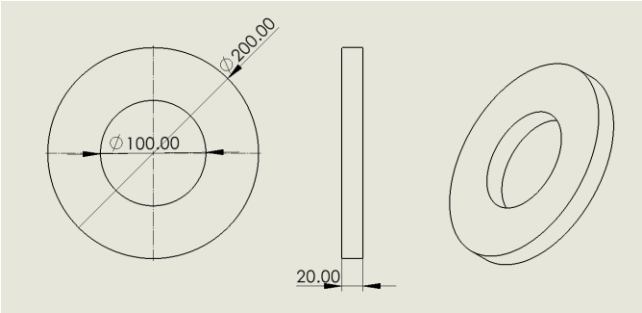


10- أنشئ (Section) جديد وسمه (Simulation 1)
أدرج الكتلة (Modal Analysis) وتكون خياراتها كالتالي



محاكاه الحرارة (Thermal Analysis)

1- أنشئ نموذج (CAD) بالأبعاد التالية

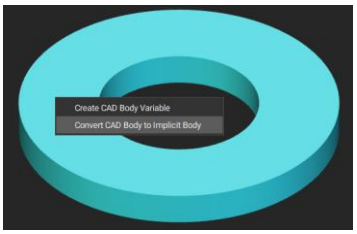


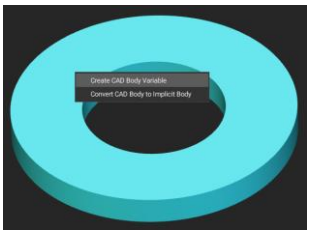
2- افتح برنامج (nTopology) وانشئ ملف جديد

3- أنشئ (Section) جديد وسمه (Part)

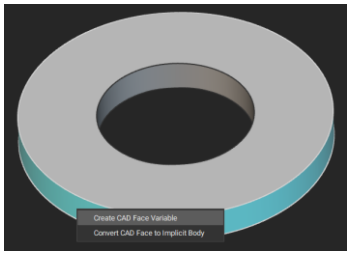
4- أدرج ملف (CAD) الذي سبق وان انشأته (**Import Part**)

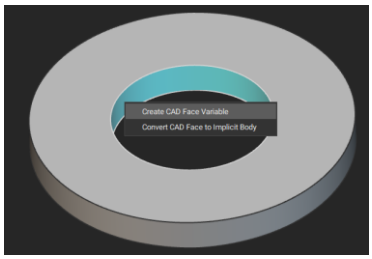
5- أنشئ جسم (CAD Body) وسمه (CAD Body 1) و (Implicit Body) وسمه (CAD BODY 1





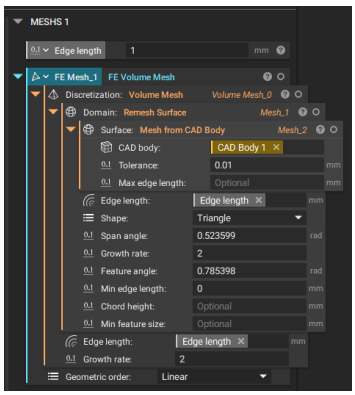
6- أنشئ سطحين (داخل الحلقة وخارجها) وسميهما (IN CAD Face) و (OUT CAD Face)

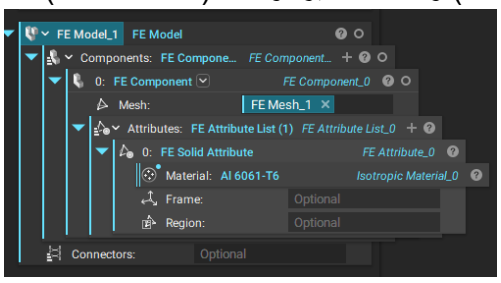




7- أنشئ (Section) جديد وسمه (MESHS 1)

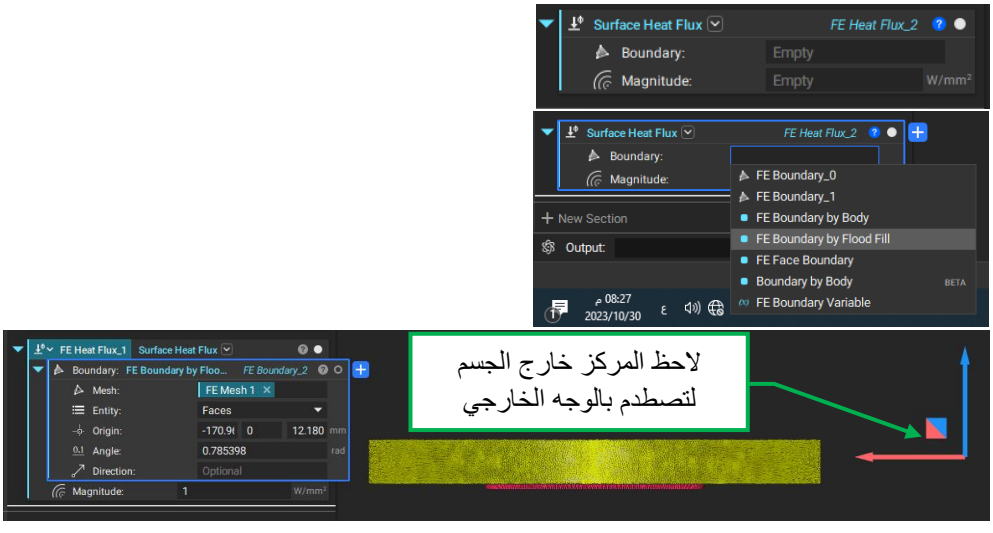
8- الان أدرج الكتلة
(Mesh from CAD Body) ثم
(Remesh Surface) ثم
(Volume Mesh) ثم
(FE Volume Mesh) ثم اجعلها متغيرة وسمها (FE Mesh 1)
ثم أدرج الكتلة
(FE Model) واجعلها متغيرة وسمها (FE Model 1)



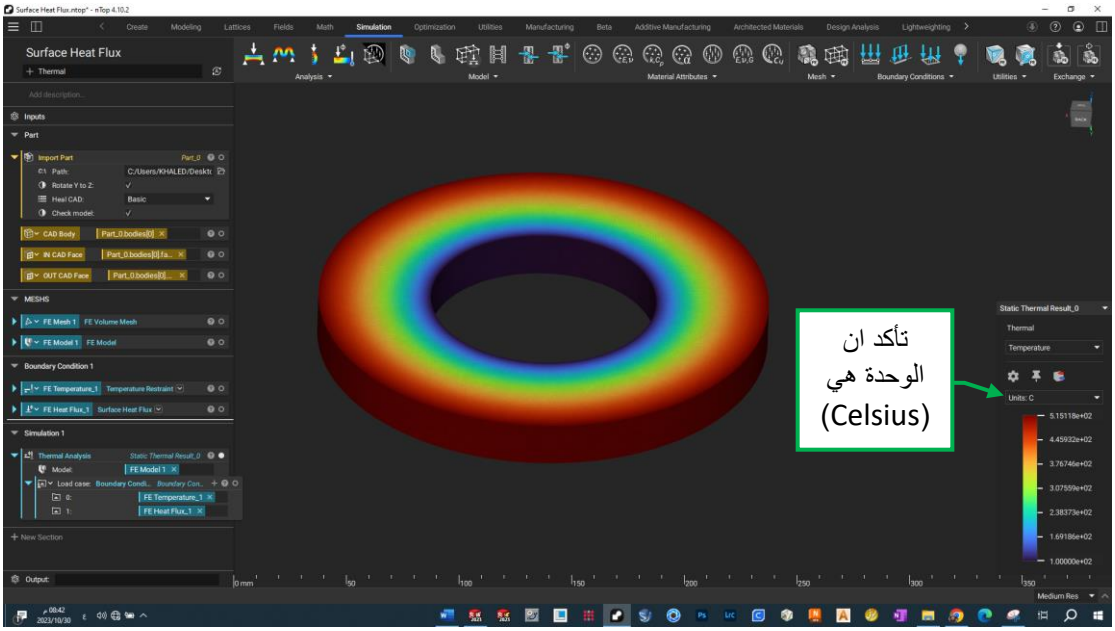


9- أنشئ (Section) جديد وسمه (Boundary Condition 1)
أدرج الكتلة (Temperature Restraint) ثم اجعلها متغيرة (Make Variable)
وسمها (FE Temperature_1)

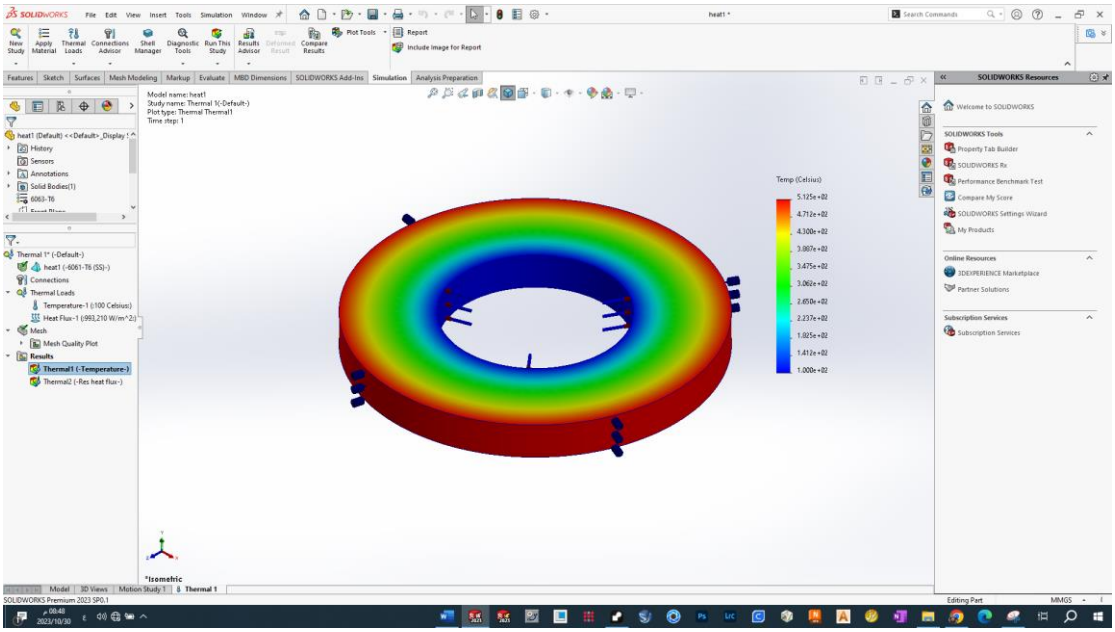
أدرج الكتلة (Surface Heat Flux) ثم اجعلها متغيرة (Make Variable)
وسمها (FE Heat Flux_1)



10- أنشئ (Section) جديد وسمه (Simulation 1)
أدرج الكتلة (Thermal Analysis) وتكون خياراتها كالتالي

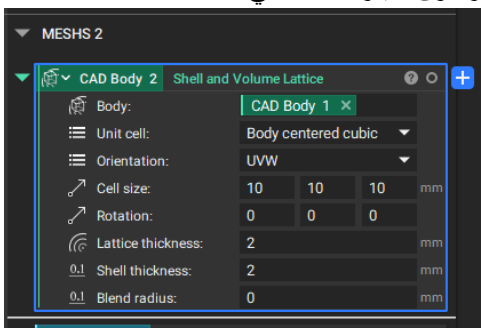


نفذ نفس المثال السابق في برنامج (SolidWorks) وقارن النتائج سوف تجد انها متطابقة تصل الحرارة للسطح الخارجي الى (500 C)

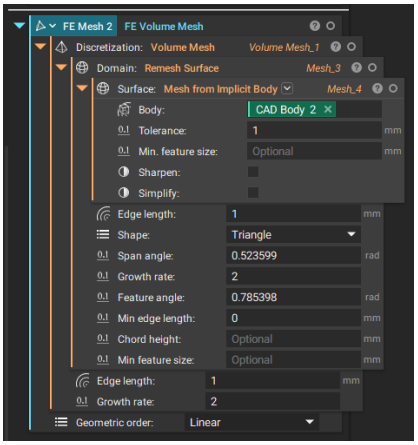


دعنا نصنع مشبك داخلي للقطعة وننظر للحرارة على السطح

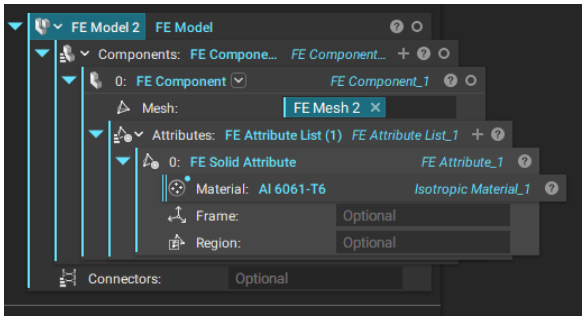
1- أنشئ (Section) جديد وسمه (MESHS 2)
2- الان أدرج الكتلة (Sell and Volume Lattice) ثم اجعلها متغيرة وسمها (CAD Body 2)
وتكون خياراتها كالتالي



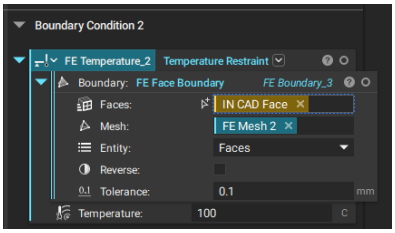
ثم أدرج الكتل التالية
(Mesh from CAD Body) ثم
(Remesh Surface) ثم
(Volume Mesh) ثم
(FE Volume Mesh) ثم اجعلها متغيرة وسمها (FE Mesh 2)

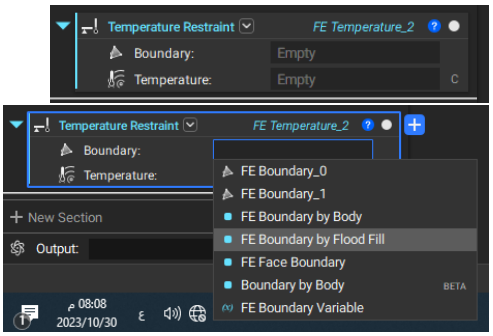


ثم أدرج الكتلة
(FE Model) واجعلها متغيرة وسمها (FE Model 2)

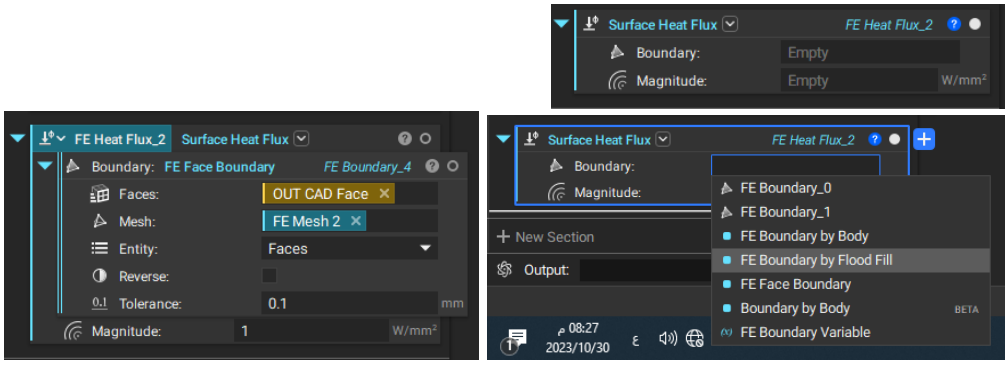


3- أنشئ (Section) جديد وسمه (Boundary Condition 2)
أدرج الكتلة (Temperature Restraint) ثم اجعلها متغيرة (Make Variable)
وسمها (FE Temperature_2)
في هذه المرة نختار (FE Face Boundary) بدل (FE Boundary by Flood Fill) ونحدد السطح
الداخلي (IN CAD Face)

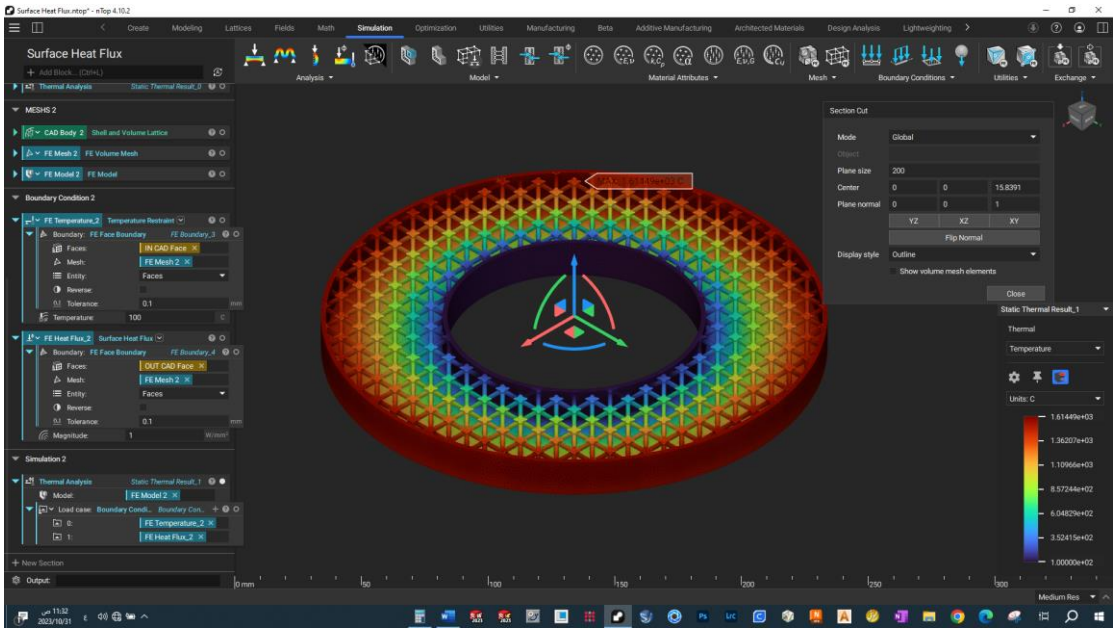




ثم أدرج الكتلة (Surface Heat Flux) ثم اجعلها متغيرة (Make Variable)
وسمها (FE Heat Flux_2)
أيضا في هذه المرة نختار (FE Face Boundary) بدل (FE Boundary by Flood Fill) ونحدد السطح الخارجي (OUT CAD Face)



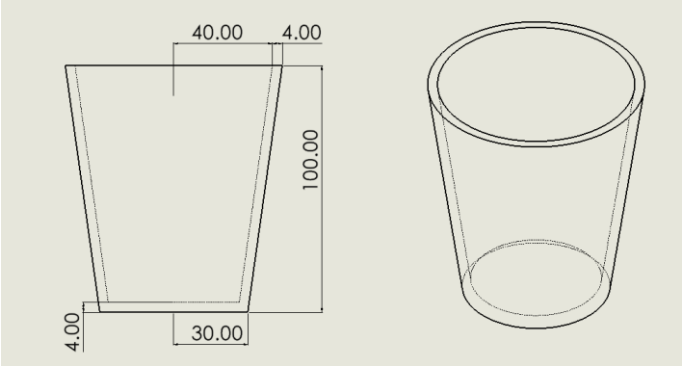
4- أنشئ (Section) جديد وسمه (Simulation 2)
أدرج الكتلة (Thermal Analysis) وتكون خياراتها كالتالي



لاحظ ان الحرارة على السطح تضاعفت مرتين تقريبا حيث وصلت الى (1614 C)

الهياكل الشبكية فتحت لنا عالم اخر في التصميم

1- أنشئ نموذج (CAD) بالأبعاد التالية

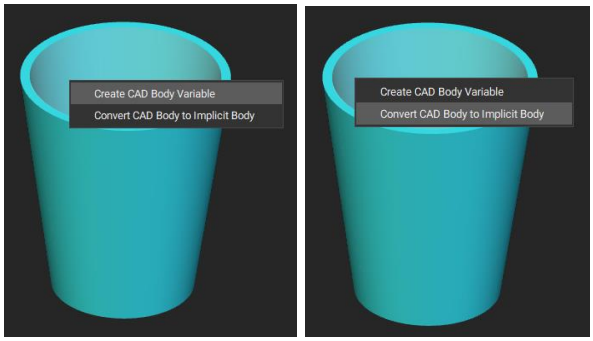


2- افتح برنامج (nTopology) وانشئ ملف جديد

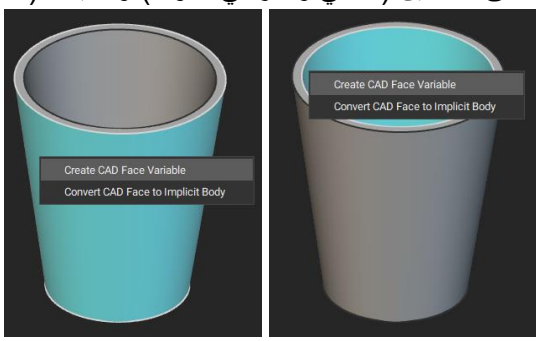
3- أنشئ (Section) جديد وسمه (Part)

4- أدرج ملف (CAD) الذي سبق وان انشأته (**Import Part**)

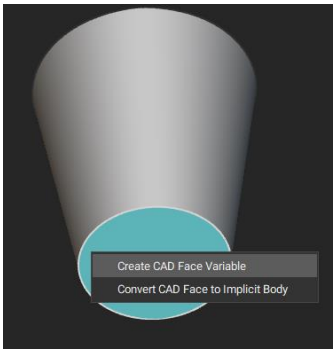
5- أنشئ جسم (CAD Body) وسمه (CAD Body 1) و (Implicit Body) وسمه (CAD BODY 1)



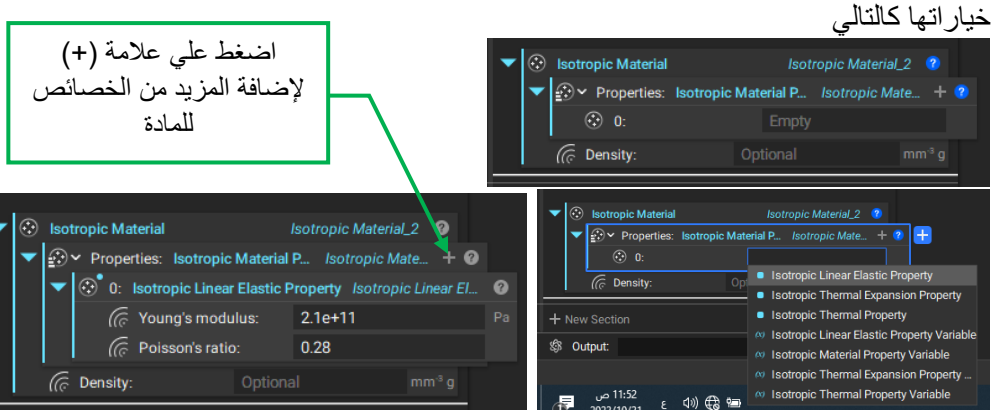
6- أنشئ سطحين (داخلي وخارجي للكوب) وسميهما (IN CAD Face) و (OUT CAD Face)

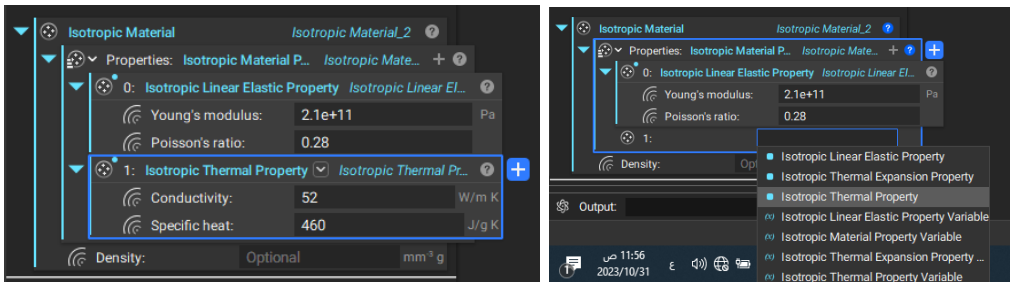


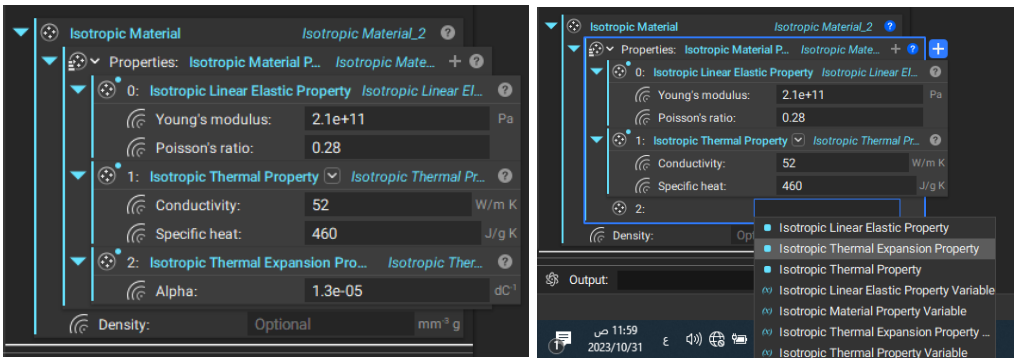
أنشئ سطح سفلي للتثبيت وسمه (FIXED CAD Face)



7- أدرج الكتلة (Isotropic Material) ثم اجعلها متغيرة وسمها (Isotropic Material) تكون خياراتها كالتالي

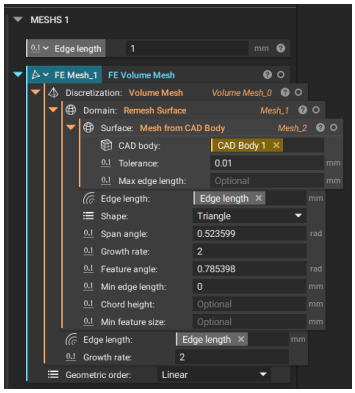


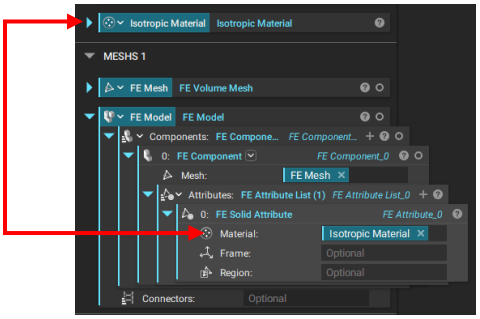




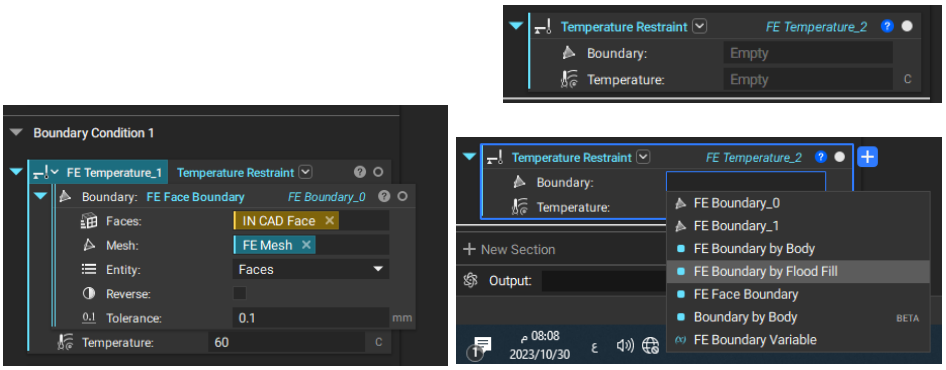
8- أنشئ (Section) جديد وسمه (MESHS 1)

9- الان أدرج الكتلة
(Mesh from CAD Body) ثم
(Remesh Surface) ثم
(Volume Mesh) ثم
(FE Volume Mesh) ثم اجعلها متغيرة وسمها (FE Mesh 1)
ثم أدرج الكتلة
(FE Model) واجعلها متغيرة وسمها (FE Model 1)

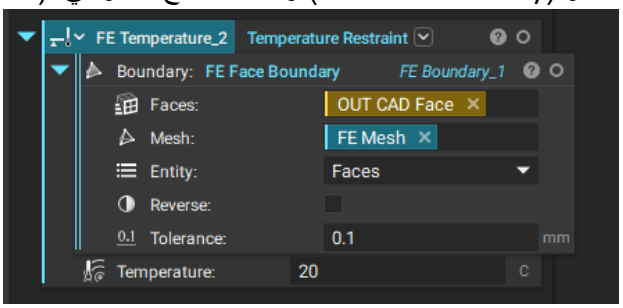




10- أنشئ (Section) جديد وسمه (Boundary Condition 1)
أدرج الكتلة (Temperature Restraint) ثم اجعلها متغيرة (Make Variable)
وسمها (FE Temperature_1)
نختار (FE Face Boundary) ونحدد السطح الداخلي (IN CAD Face)

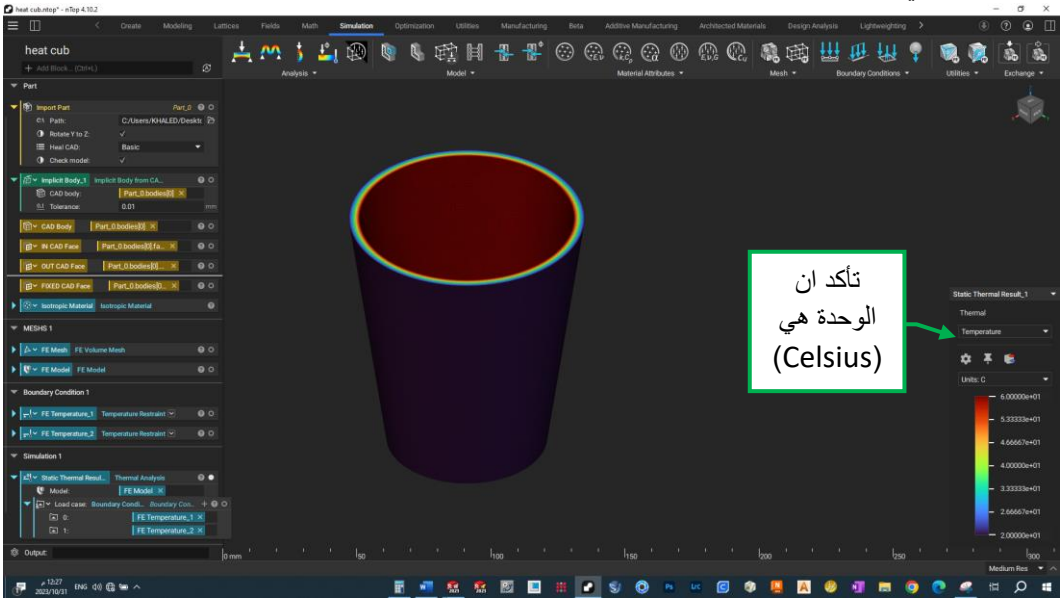


لاحظ درجة الحرارة (60 C) وهى درجة حرارة السائل
من جديد أدرج الكتلة (Temperature Restraint) ثم اجعلها متغيرة (Make Variable)
وسمها (FE Temperature_2)
نختار (FE Face Boundary) ونحدد السطح الخارجي (OUT CAD Face)

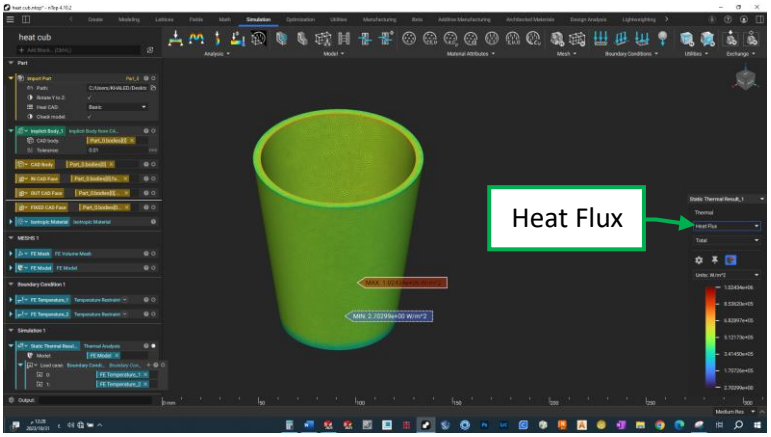


لاحظ درجة الحرارة (20 C) وهى درجة حرارة الغرفة الملامسة للسطح الخارجي

11- أنشئ (Section) جديد وسمه (Simulation 1)
أدرج الكتلة (Thermal Analysis) واجعلها متغيرة وسمها (Static Thermal Result_1) وتكون خياراتها كالتالي



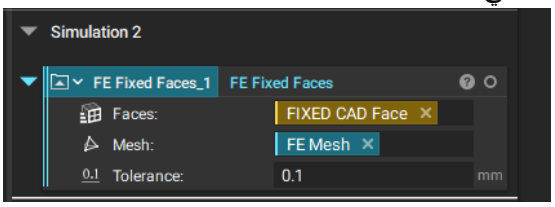
غير العرض الى (Heat Flux)



12- لمحاكاة الاجهادات الإستاتيكية نتيجة الحرارة نتبع الاتي

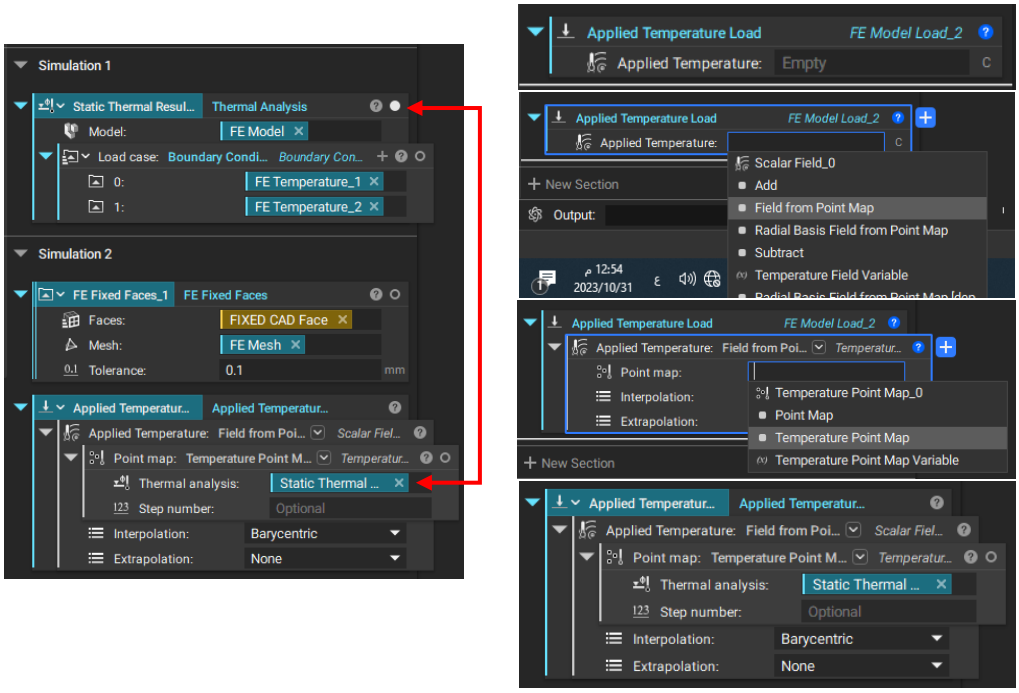
13- أنشئ (Section) جديد وسمه (Simulation 2)

أدرج الكتلة (FE Fixed Faces) واجعلها متغيرة وسمها (FE Fixed Faces_1) وتكون خياراتها كالتالي



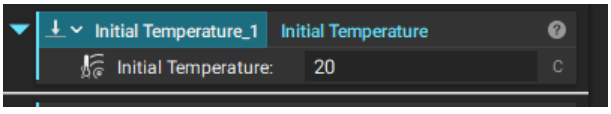
أدرج الكتلة (Applied Temperature Load) واجعلها متغيرة

وسمها (Applied Temperature Load_1) وتكون خياراتها كالتالي

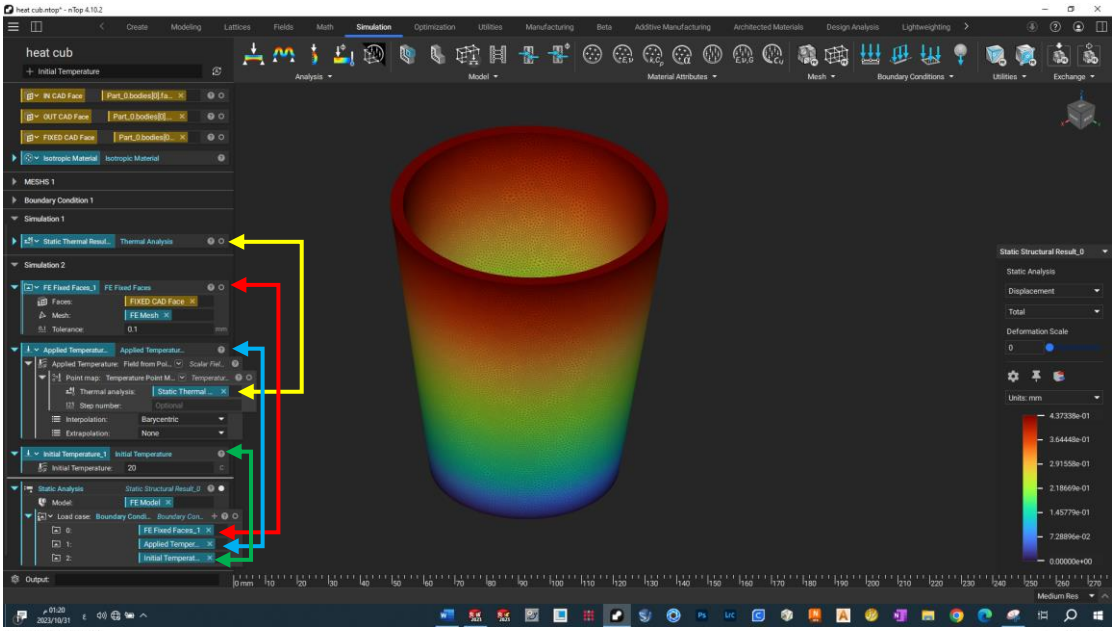


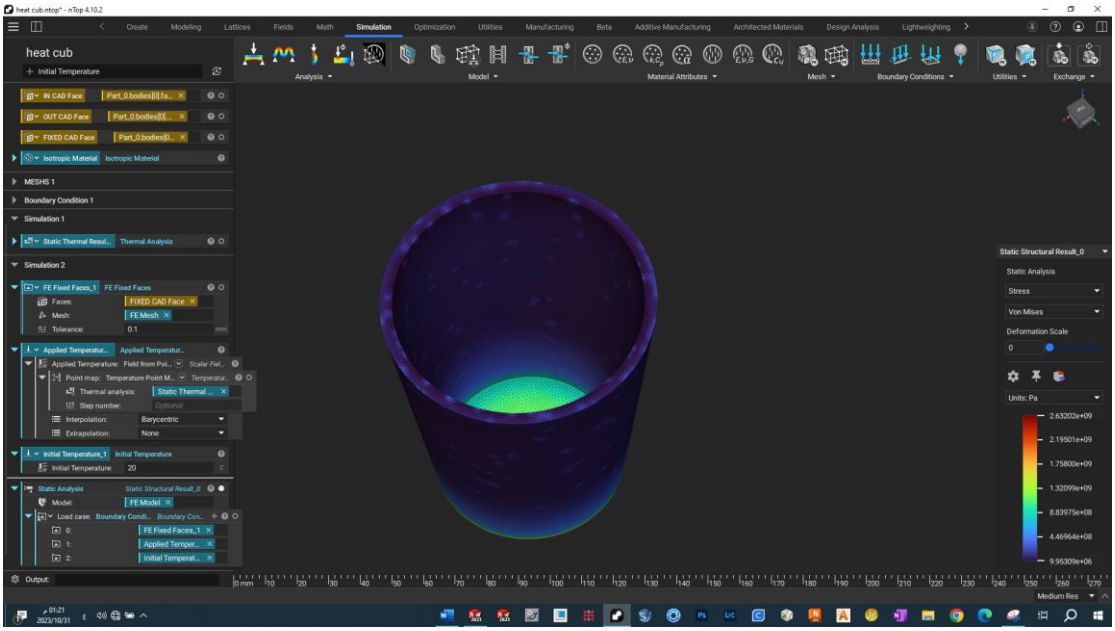
أدرج الكتلة (Initial Temperature) واجعلها متغيرة

وسمها (Initial Temperature_1) وتكون خياراتها كالتالي



14- أدرج الكتلة (Static Analysis) وتكون خياراتها كالتالي





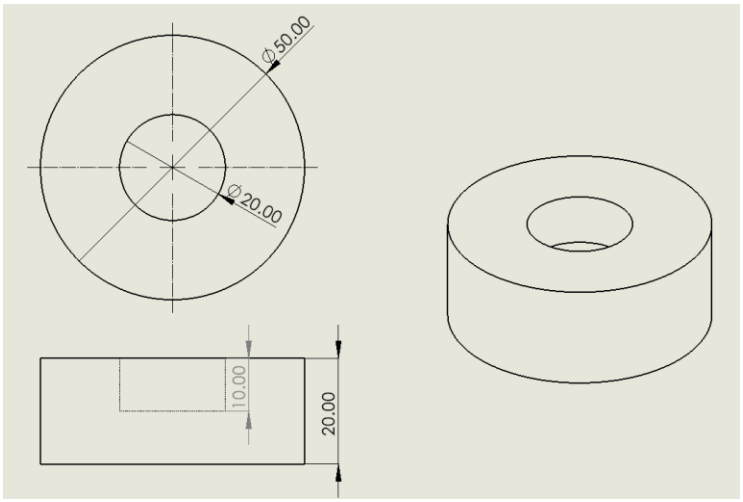
الفصل السادس

التكامل بين

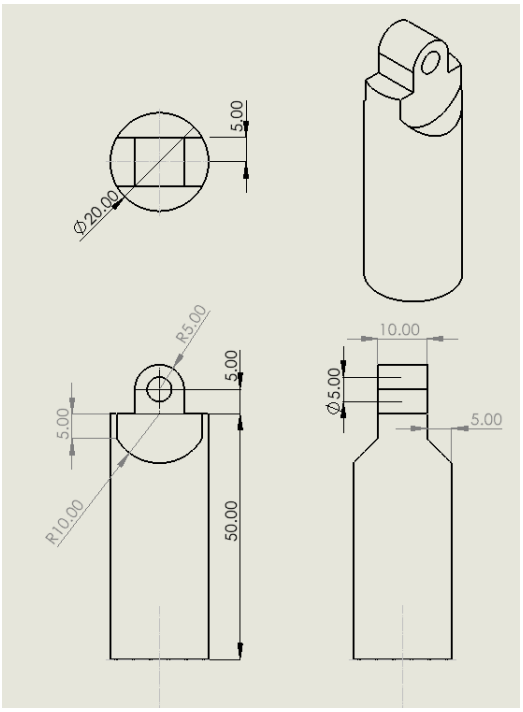
nTopology & SolidWorks

سوف ننشئ ملف (Assembly) من برنامج (SolidWorks) ثم سوف نقوم بتحسين احدى القطع في برنامج (nTopology) ثم نعيدها لنستخدمها في برنامج (SolidWorks)

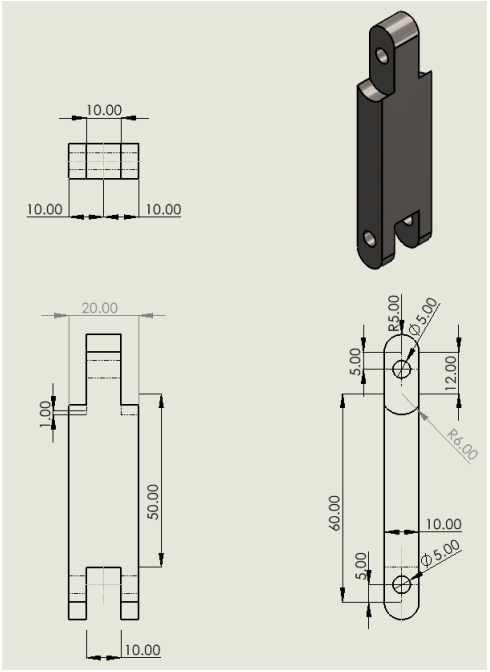
1- أنشئ القطعة التي في الشكل التالي وسمها (Part1)



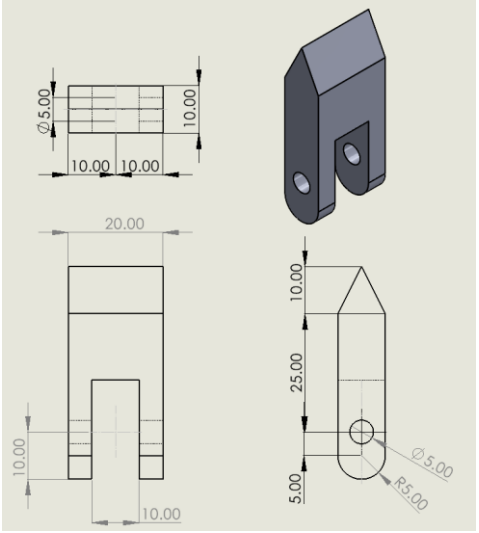
2- أنشئ القطعة التي في الشكل التالي وسمها (Part2)



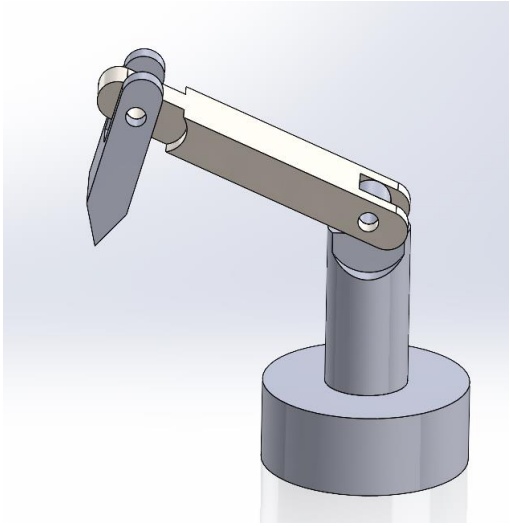
3- أنشئ القطعة التي في الشكل التالي وسمها (Part3)



4- أنشئ القطعة التي في الشكل التالي وسمها (Part4)

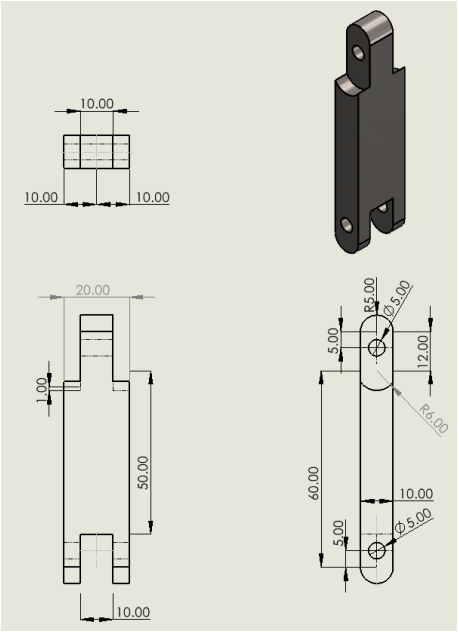


5- أنشئ ملف (Assembly) وسمه (Assem1) على ان يكون (Part1) هو الملف الثابت

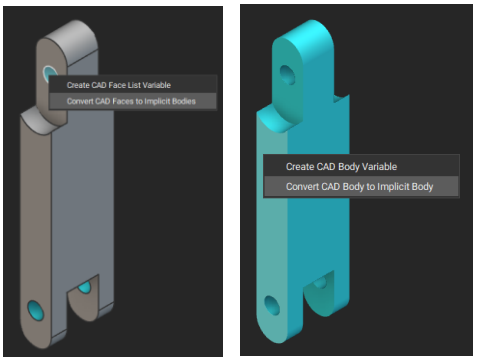


6- افتح برنامج (nTopology) وانشئ ملف جديد

7- أدرج ملف (CAD) الذي سبق وان انشأته باسم (Part3) استخدم الكتلة (**Import Part**)

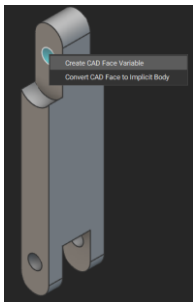


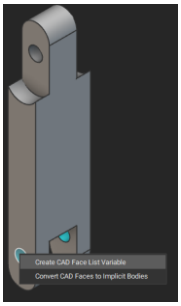
8- أنشئ جسم ضمني من الهيكل الخارجي وأخر من الأسطوانات الثلاثة وسمهما (CAD Body_1) و (3 Body)



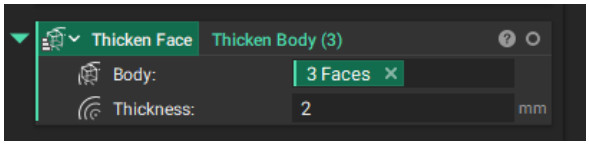
9- أنشئ جسم (CAD) من الهيكل الخارجي وسمه (CAD Body_1)

10- أنشئ سطحين من الوجهين الداخليين للأسطوانات السفلية لتثبيت القطعة وسمهما (Fixed CAD Face) وسطح من الوجه الداخلي للأسطوانة العلوية لتسليط القوة وسمه (Force CAD Face)

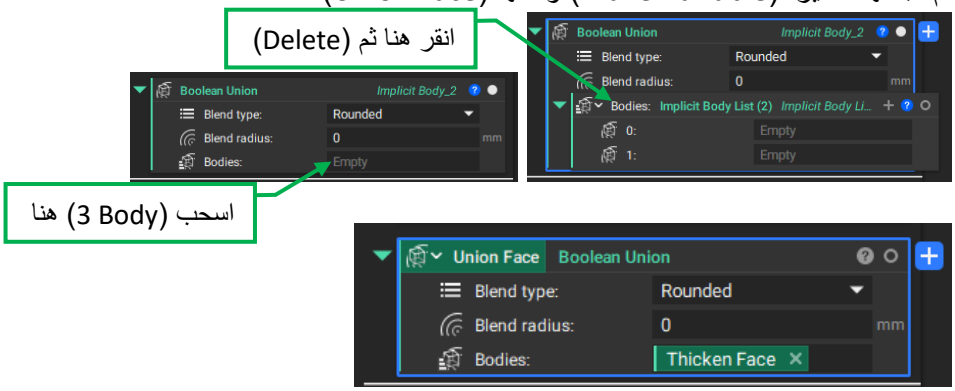




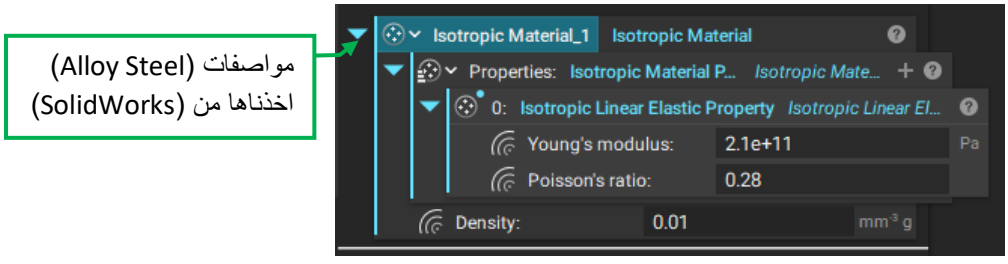
11- أدرج الكتلة (Thicken Body) وقم بسحب (3 Body) فيها واعطها سمك (2mm) ثم اجعلها متغيرة (Make Variable) وسمها (Thicken Face)



12- قم بتوحيد (Thicken Face) وذلك بإدراج الكتلة (Boolean Union) ثم اجعلها متغيرة (Make Variable) وسمها (Union Face)



13- ادراج الكتلة (Isotropic Material) ثم اجعلها متغيرة (Make Variable) وسمها (Isotropic Material_1)



14- أنشئ (Section) جديد وسمه (MESHS 1)

15- الان أدرج الكتلة

(Mesh from CAD Body) ثم

(Remesh Surface) ثم

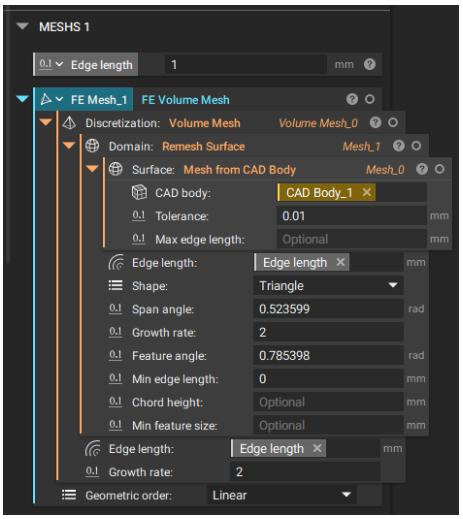
(Volume Mesh) ثم

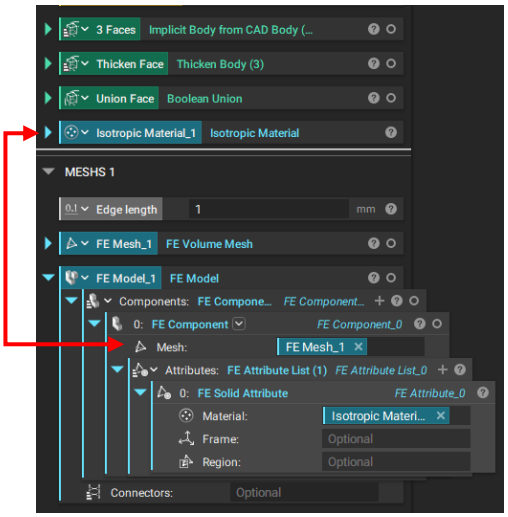
(FE Volume Mesh) ثم اجعلها متغيرة وسمها

(FE Mesh 1)

ثم أدرج الكتلة

(FE Model) واجعلها متغيرة وسمها (FE Model 1)

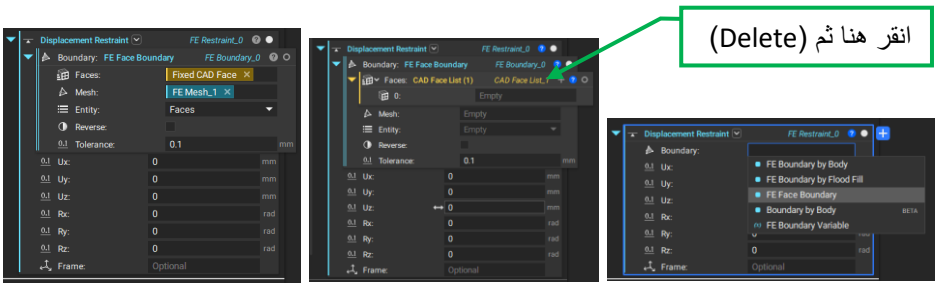




16- أنشئ (Section) جديد وسمه (Boundary Condition 1)

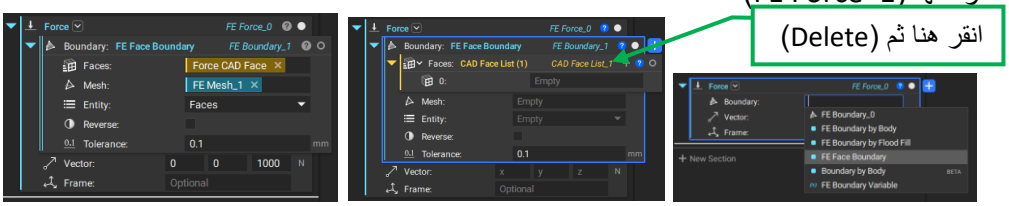
17- أدرج الكتلة (Displacement Restraint)

ثم اجعلها متغيرة (Make Variable) وسمها (FE Restraint_1)

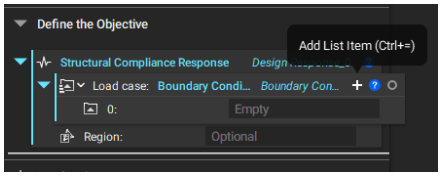


18- أدرج الكتلة (Force) ثم اجعلها متغيرة (Make Variable)

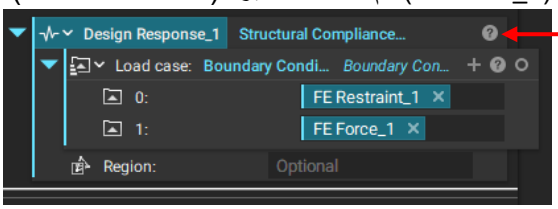
وسمها (FE Force_1)



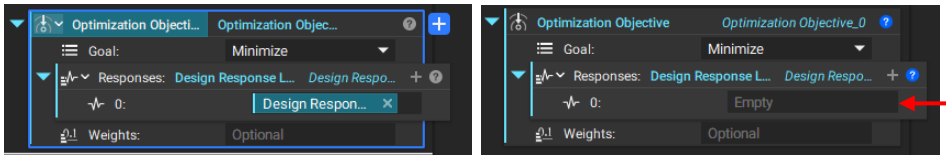
19- استخدم كتلة الامتثال الهيكلي (Structural Compliance Response) لغرض زيادة صلابة النموذج الى اقصى حد ممكن



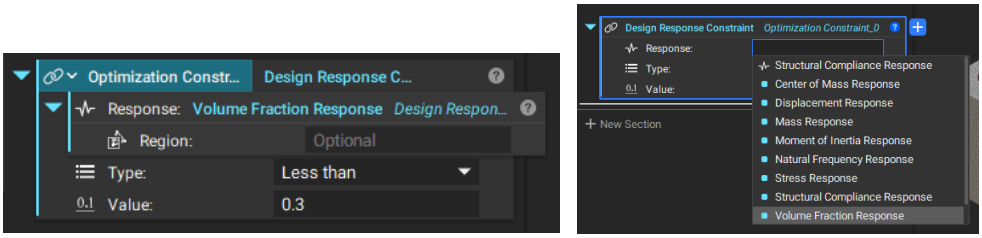
ثم نضع في (Structural Compliance Response) شروط الحد التي تم انشائها (FE Restraint_1) و (FE Force_1) ثم اجعلها متغيرة (Make Variable) وسمها (Design Response_1)



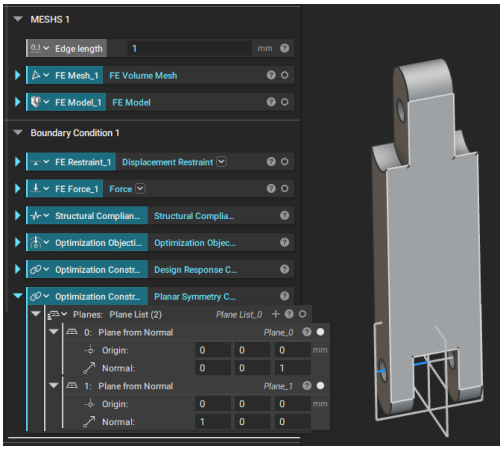
20- أدرج الكتلة (Optimization Objective) ثم اجعلها متغيرة (Make Variable) وسمها (Optimization Objective_1)



21- أدرج الكتلة (Design Response Constraint) ومن (Response) اختر (Volume Fraction Response) ثم اجعلها متغيرة (Make Variable) وسمها (Optimization Constraint_1)



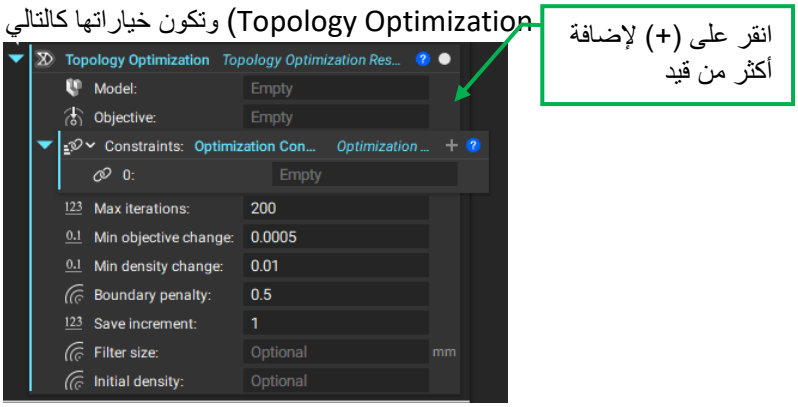
22- أدرج الكتلة (Planar Symmetry Constraint) ثم اجعلها متغيرة (Make Variable) وسمها (Optimization Constraint_1) واجعل خياراتها كالتالي

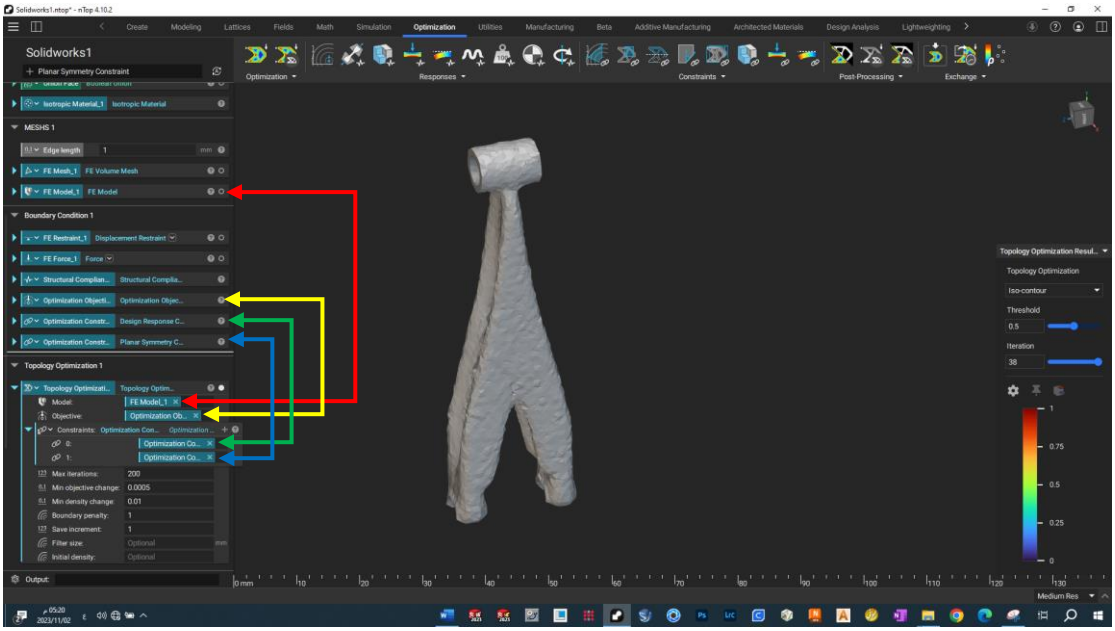


23- أنشئ (Section) جديد وسمه (Topology Optimization 1)

24- تشغيل تحسين الطوبولوجيا Run the Topology Optimization

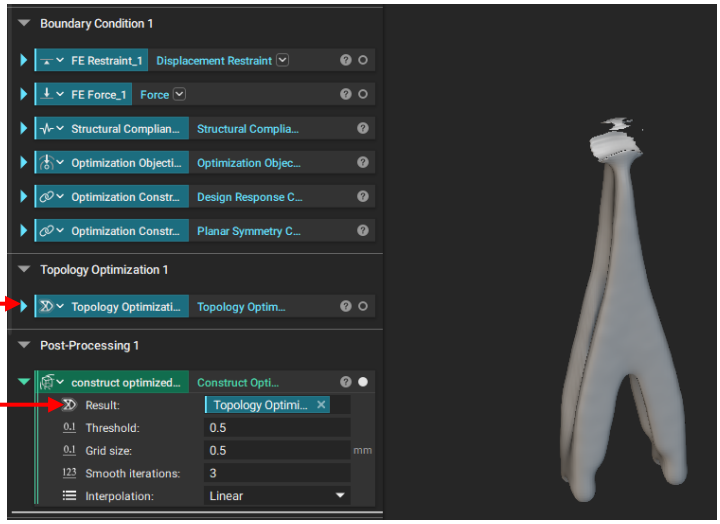
أضف كتلة (Topology Optimization) ثم اجعلها متغيرة (Make Variable) وتكون خياراتها كالتالي (Topology Optimization)



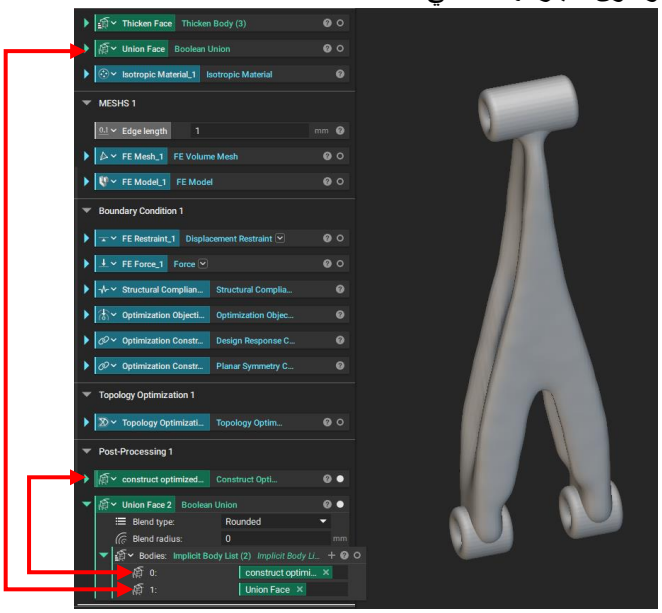


25- أنشئ (Section) جديد وسمه (Post-Processing 1)

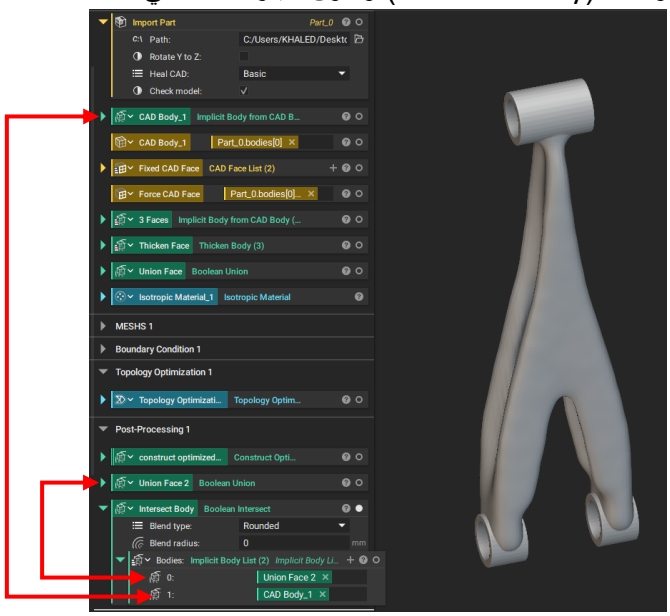
26- أضف كتلة (construct optimized body) ثم اجعلها متغيرة (Make Variable) وسمها (construct optimized body_1) وتكون خياراتها كالتالي



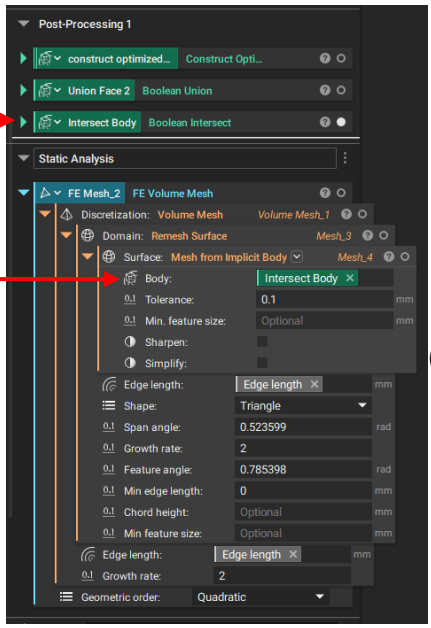
27- أدرج الكتلة (Boolean Union) ثم اجعلها متغيرة (Make Variable) وسمها (Union Face 2) وتكون خياراتها كالتالي

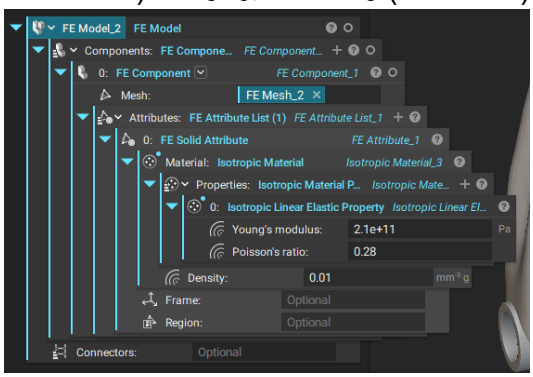


28- أدرج الكتلة (Boolean Intersect) ثم اجعلها متغيرة (Make Variable) وسمها (Intersect Body) وتكون خياراتها كالتالي

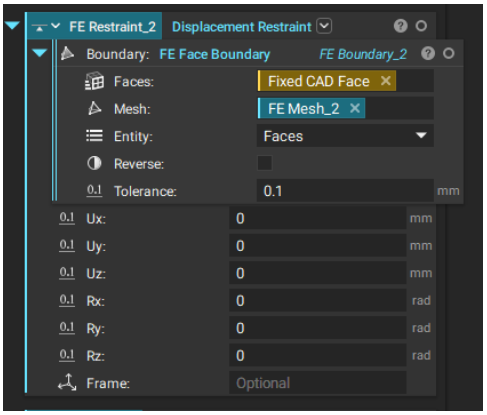


29- أنشئ (Section) جديد وسمه (Static Analysis)
الان أدرج الكتلة
ثم (Mesh from Implicit Body)
ثم (Remesh Surface)
ثم (Volume Mesh)
ثم (FE Volume Mesh) ثم اجعلها متغيرة وسمها
(FE Mesh 2)
ثم أدرج الكتلة
(FE Model) واجعلها متغيرة وسمها (FE Model 2)

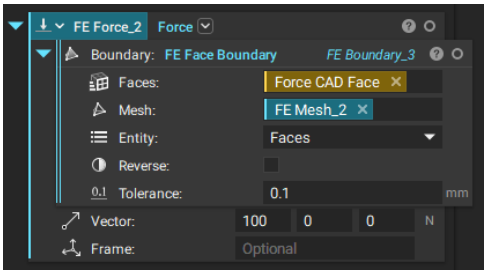




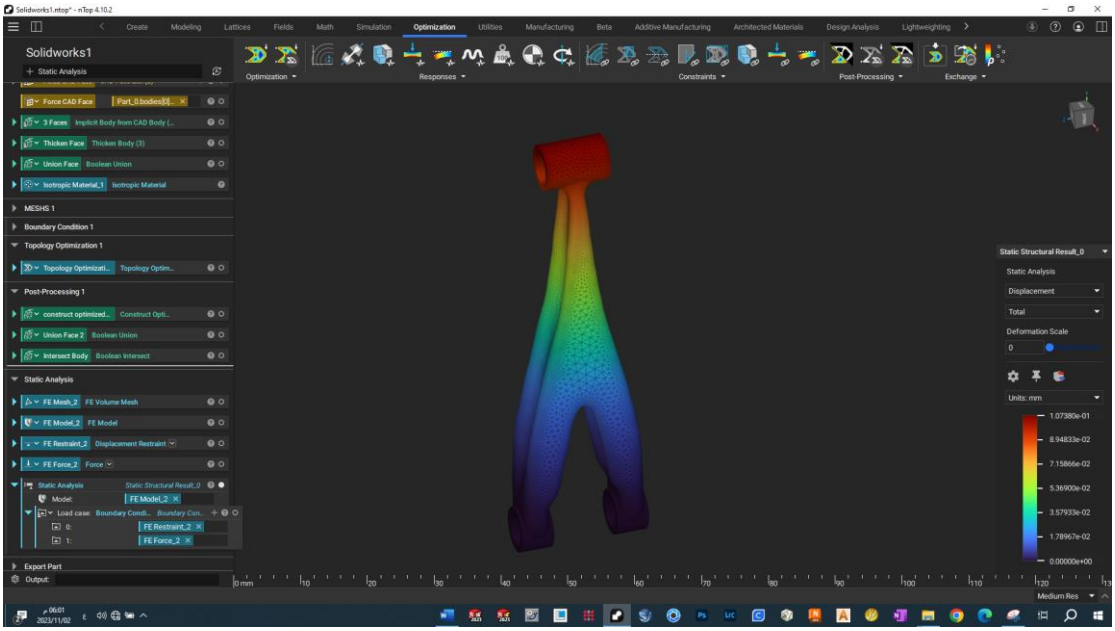
30- أنشئ (Section) جديد وسمه (Boundary Condition 1)
31- أدرج الكتلة (Displacement Restraint)
ثم اجعلها متغيرة (Make Variable) وسمها (FE Restraint_2)

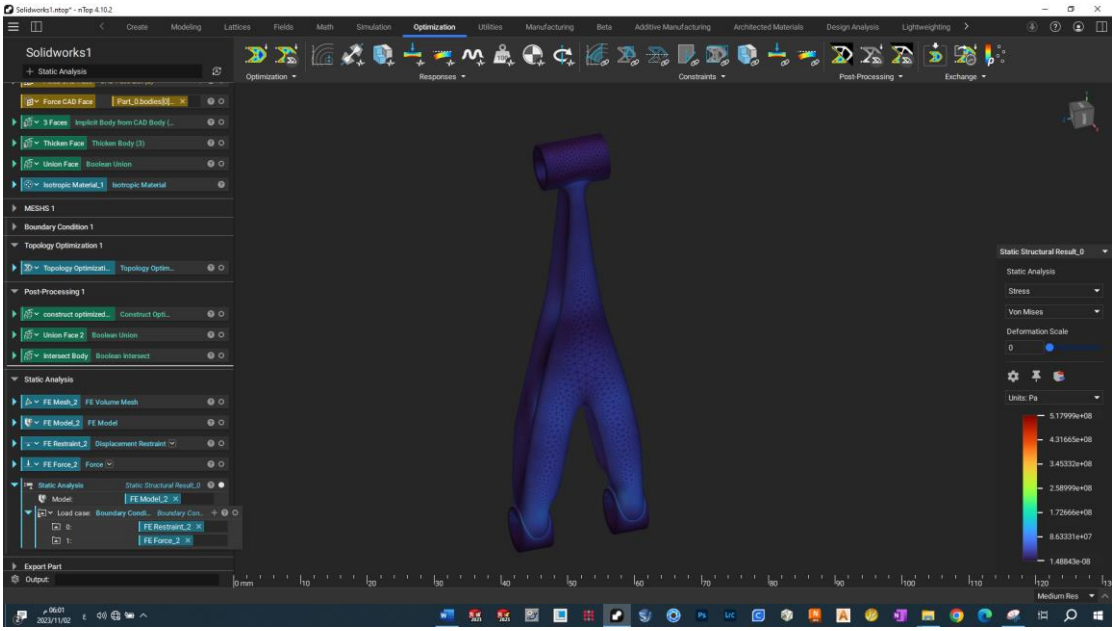


32- أدرج الكتلة (Force) ثم اجعلها متغيرة (Make Variable) وسمها (FE Force_2)



33- أدرج الكتلة (Static Analysis) وتكون خياراتها كالتالي

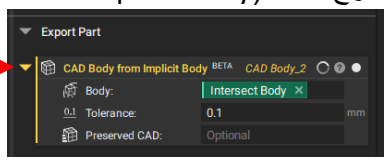




لاحظ ان قيمة اكبر اجهاد هي (5.17e+08) بينما اجهاد الخضوع للـ(Alloy Steel) هو (6.20e08) وهذا يعنى ان التصميم امن طبعا يمكن زيادة تقوية التصميم من خلال إضافة شبكة سطحية (سبق وان طبقنا هذا مع الانبوب) الخطوة القادمة هي تصدير (Part) الى (SolidWorks)

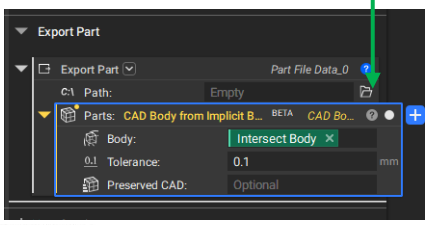
34- أنشئ (Section) جديد وسمه (Export Part)

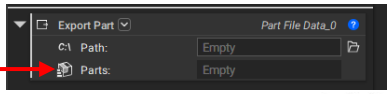
أدرج الكتلة (CAD Body from Implicit Body) وتكون خياراتها كالتالي

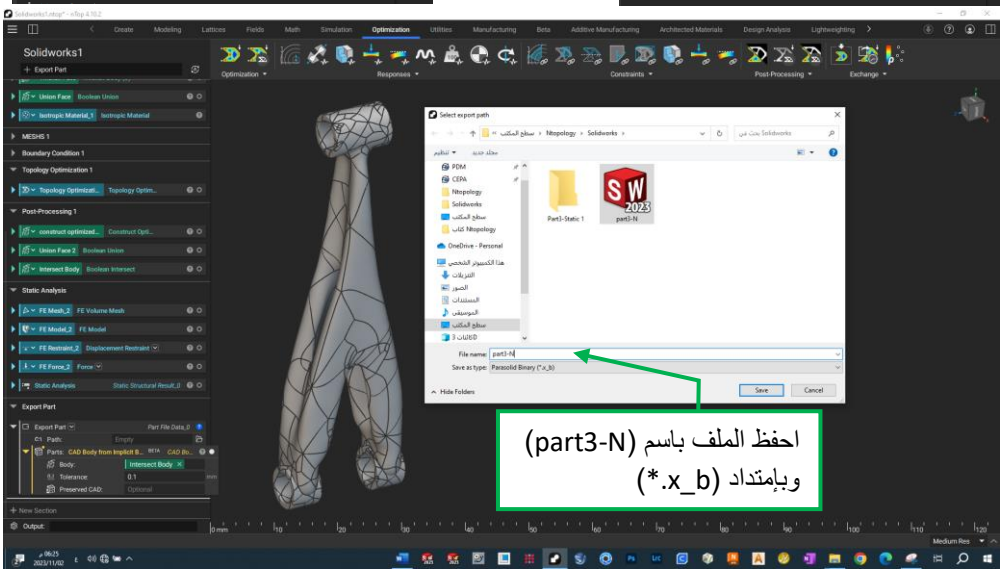


مكان حفظ الملف

أدرج الكتلة (Export Part) وتكون خياراتها كالتالي

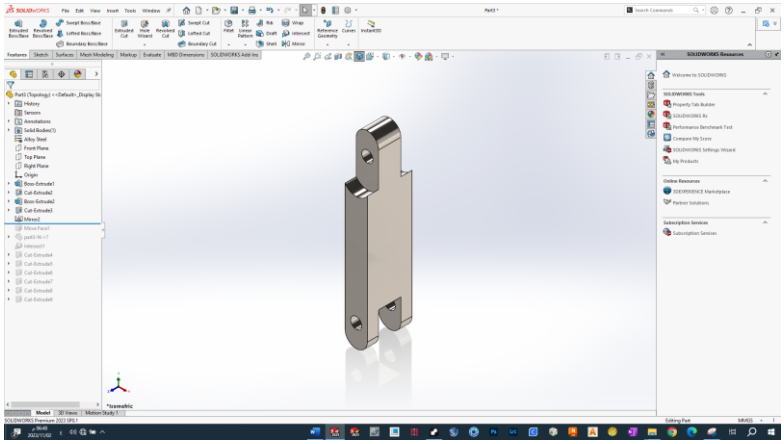




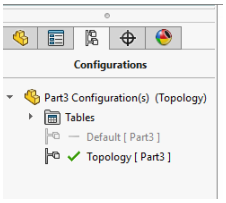


الان افتح الملف (part3-N) باستخدام برنامج (SolidWorks) ثم قم بحفظه كملف (SolidWorks) يعني بامتداد (sldprt)

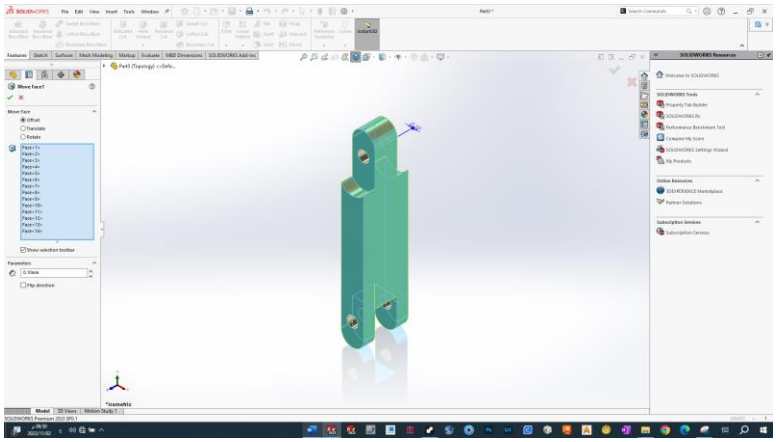
35- الان افتح الملف (part3) الذي سبق وان أنشأته في البداية



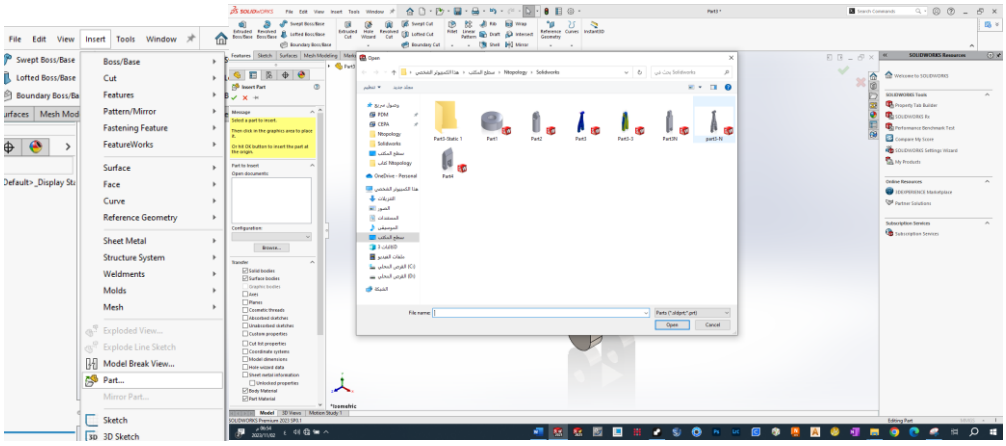
أنشئ (Configuration) جديد وسمه (Topology)



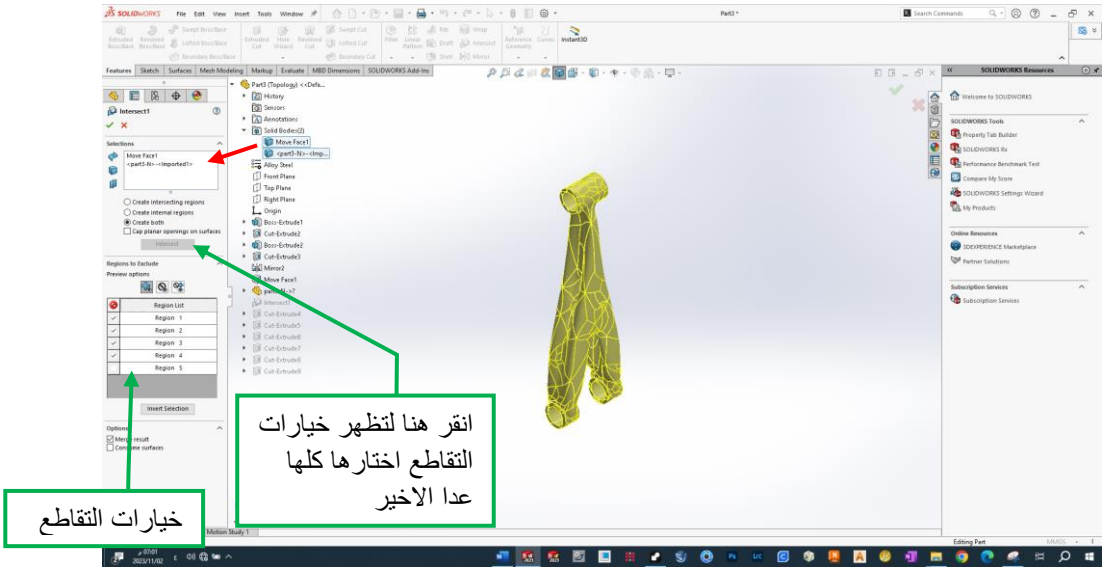
استخدم الامر (Move Face) لعمل إزاحة بمقدار (0.1mm) لكل الوجوه معدا الوجوه الداخلية للأسطوانات الثلاثة

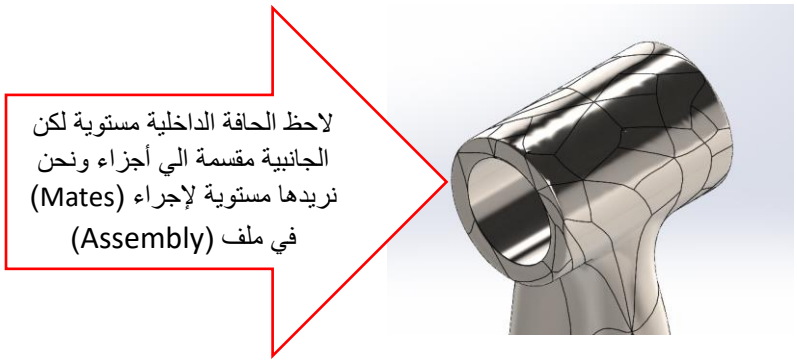


استخدم الامر (Insert Part) لإدراج الملف (part3-N. sldprt) الذي حفظته في الخطوة (37)

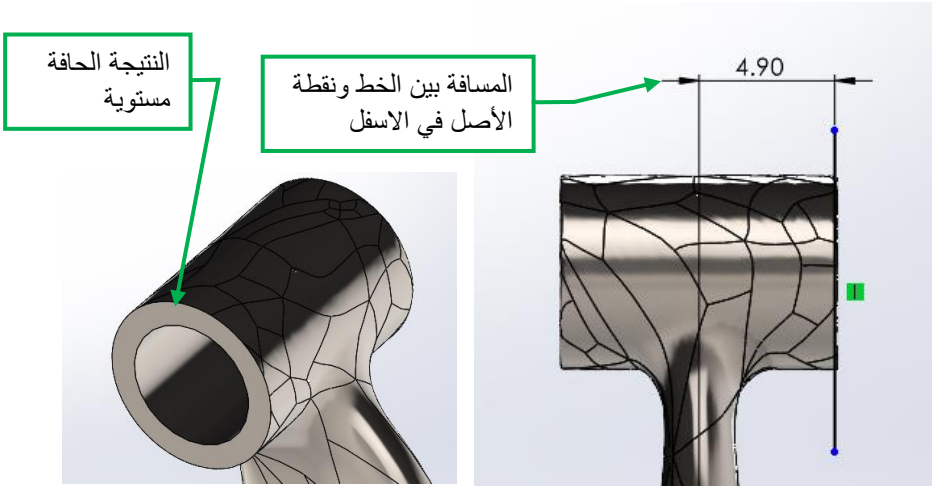


استخدم الامر (Intersect) لإدراج تقاطع بين الجسمين

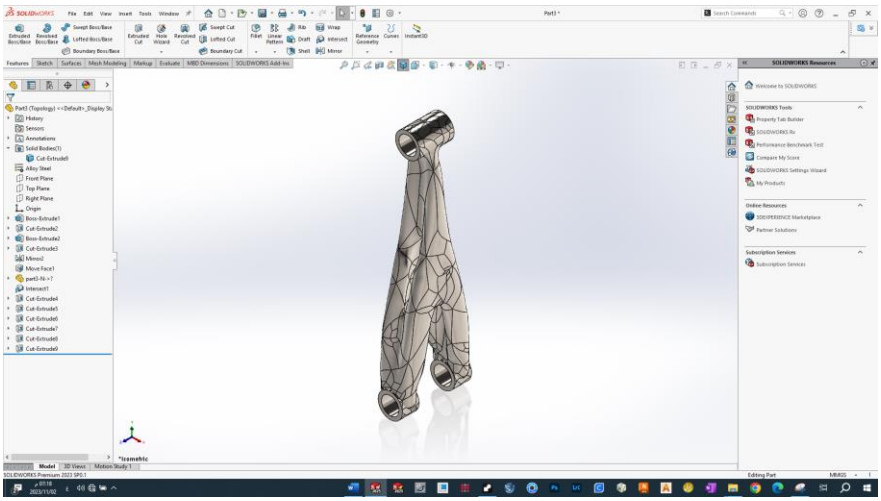




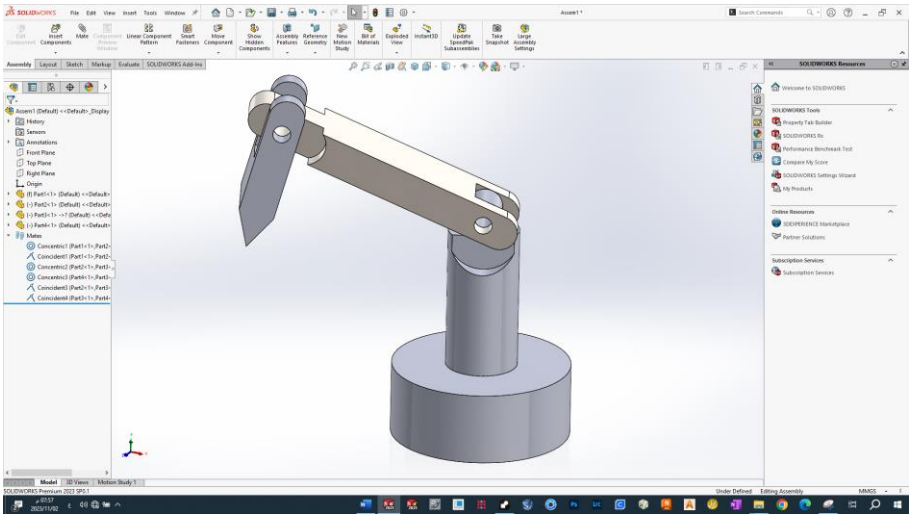
من (Right Plane) ارسم الخط في الشكل التالي ثم استخدم امر (Extruded-Cut)



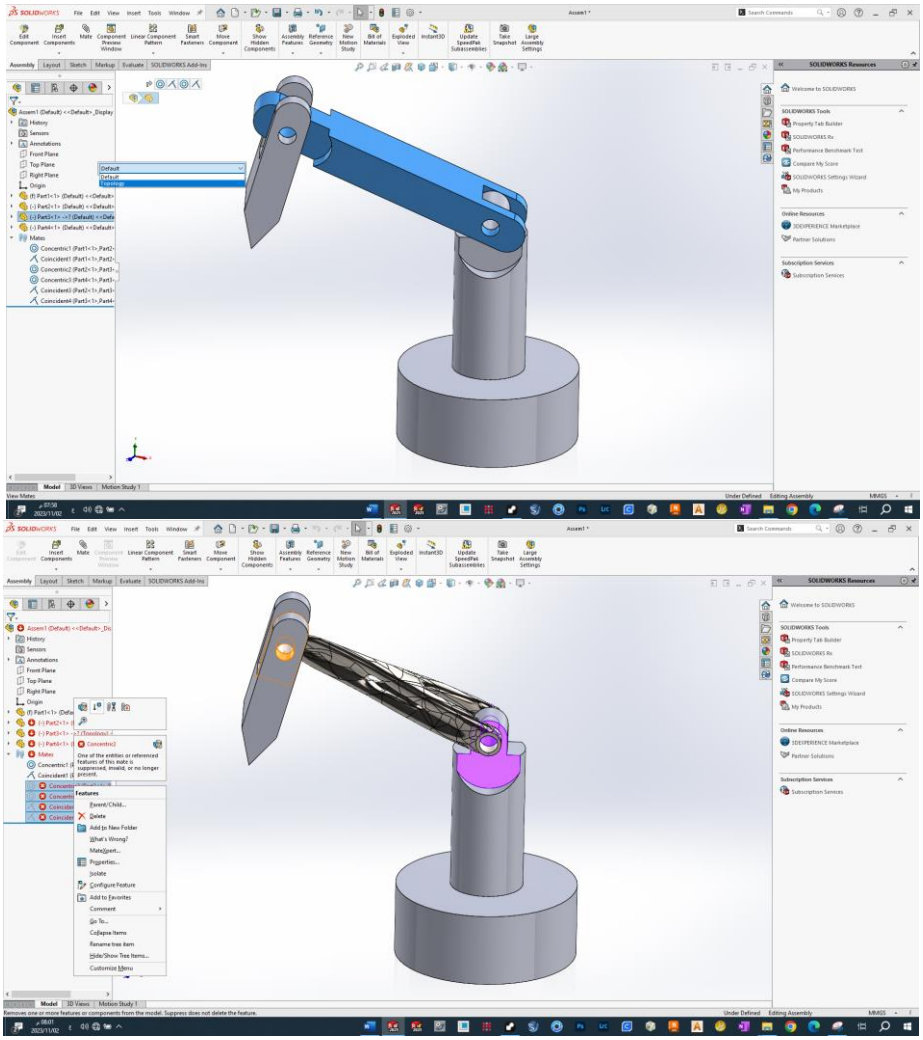
كرر الامر مع الحواف الخمسة المتبقية ودائما المسافة بين الخط والحافة (0.1mm)



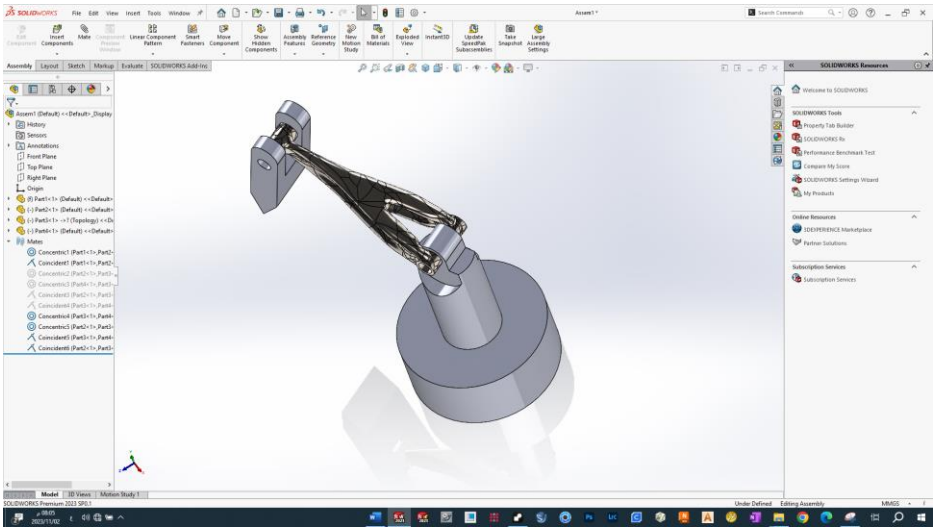
الان افتح ملف (Assembly) والذي سميته (Assem1) والذي انشأته في بداية التمرين



انقر على (Part3) واختر (Topology)



يتم ادراج التكوين (Topology) لكن (Mates) مفقودة اعمل لها (Suppress) واشئ (Mates) جديدة



النتيجة ممتازة ما رايك ؟

أخيرا هناك الكثير من الإمكانيات لهذا البرنامج لم اتطرق اليها لأنها خارج نطاق هذا الكتاب " تذكر ان هذا الكتاب فقط مدخل لبرنامج nTopology " أيضا هناك الكثير من إمكانيات هذا البرنامج التي لم اتعلمها بعد لذا انصح كل المهتمين بهذا المجال عدم التوقف عند هذا الكتاب بل عليهم المزيد من التعلم والبحث والتطوير فبعد الاعتصام بكتاب الله وسنة نبيه عليه واله الصلاة والسلام بالعلم ترتقي امة الإسلام

اللهم إني أسئلك القبول

تم الانتهاء من الكتاب ليلة الجمعة 26 ربيع الاخر 1445 الموافق 10-11-2023 م

بني وليد – ليبيا