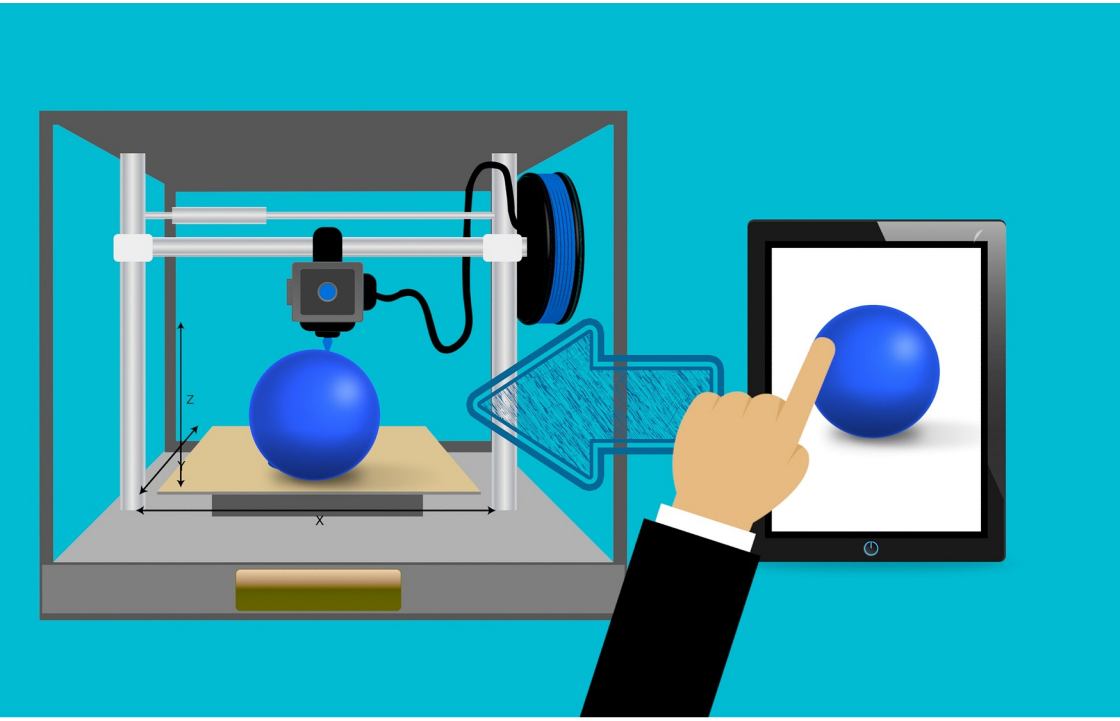
تأليف: حسن كنج

إبدأ التصنيع بإستخدام الطباعة ثلاثية الأبعاد



دليل المبتدئين الى عالم الطباعة ثلاثية الأبعاد

إبدأ التصنيع بإستخدام الطباعة ثلاثية الأبعاد

تأليف
حسن كنج

النسخة الأولى

جميع الحقوق محفوظة
© 2022

إهداء

أُهدي كتابي هذا الى والدَيَّ عسى أن يكون صدقة جارية في ميزان حسناتهما ويكون ذو منفعة للناس والمجتمع.

رُخصة الاستعمال

- يُسمح بِتَوزيع النسخة الالكترونية من الكتاب مجاناً.

- يُسمح بطباعة النسخة الالكترونية (أو تصوير النسخة الورقية) من الكتاب للإستخدام الشخصي أو لتوزيعها ولكن بشكل مجّاني.

- لا يُسمح بتعديل أي جزء من الكتاب ثمّ إعادة توزيعه بدون موافقة مسبقة من الكاتب.

- في حال قمتم بشراء الكتاب الورقي، يمكنكم إعادة بيعه مقابل بدل مادّي.

- قد يكون هناك إستثناءات لأشخاص، مؤسسات، مكتبات، الخ.. بحيث تُخوّلهم بيع نُسَخ ورقية من الكتاب.

تنزيل الكتاب الالكتروني Download eBook

- للحصول على نسخة إلكترونية من الكتاب، يمكنكم زيارة الرابط التالي:

https://www.hassankanj.com/3d-printing-book

نبذة عن المؤلف

حسن كنج، مبرمج وصانع محتوى من لبنان، مُهتمٌ بالبرمجة وبعالَم التصنيع بإستخدام الطباعة ثلاثية الأبعاد.

من أهدافه المساهمة في زيادة المحتوى العربي على الانترنت بالاضافة الى التشجيع على ثقافة الانتاج والابتكار.

لمزيد من التفاصيل يمكنكم زيارة موقعه الشخصي على هذا الرابط:

https://www.HassanKanj.com

المحتويات

إهداء..... ٣
رُخصة الاستعمال..... ٤
تنزيل الكتاب الالكتروني Download eBook..... ٥
نبذة عن المؤلف..... ٦
المحتويات..... ٧
لماذا هذا الكتاب؟..... ٩
مُقدِّمة المؤلّف ١٠
مُقدِّمة الى الطباعة ثلاثية الأبعاد..... ١٢
كيف تعمل الطابعة ثلاثية الأبعاد..... ١٤
مواضيع تتعلّق بالطباعة ثلاثية الأبعاد..... ٢٢
١- خيوط الطباعة 3D filaments..... ٢٢
٢- تسوِيَة سطح الطباعة Bed leveling..... ٢٣
٣- صيانة الطابعة ثلاثية الأبعاد..... ٢٤
٤- إحتياطات تتعلّق بالسلامة ٢٥
كيف تُحوّل فكرة الى منتج بإستخدام الطباعة ثلاثية الأبعاد..... ٢٩
١- رسم المنتج sketching..... ٢٩
٢- تصميم المنتج بإستخدام الكمبيوتر CAD design..... ٣٢
٣- التقطيع slicing..... ٣٤
أ - واجهة البرنامج..... ٣٥
ب - نسبة الحشو infill..... ٤١
ج - إرتفاع الطبقة layer height..... ٤٥
د - الدعم support..... ٤٧
هـ - تثبيت المنتج build plate adhesion..... ٥٠

و - سرعة الطباعة print speed ٥٥
ز - تقطيع وحفظ الملف slice and save ٥٦
٤- طباعة المنتج..... ٦٠
بعض المنتجات التي قمتُ بتصميمها وطباعتها..... ٦١
١- سلاسل المفاتيح keychains ٦١
٢- حامل سمّاعات الرأس headphones holder ٦٥
٣- غطاء لمقود الدراجة النارية motorcycle handlebar cover ٦٧
٤- علبة لتثبيت أقراص التخزين (external SSD) على الكمبيوتر المحمول..... ٦٨
٥- مثبّت قنينة المياه في البرّاد refrigerator bottle holder..... ٧١
٦- مثبّت للموبايل على لوحة المفاتيح phone holder for the keyboard..... ٧٣
٧- عيدان ووصلات (المنتج الاوّل) sticks and joints ٧٤
٨- عيدان ووصلات (المنتج الثاني) sticks and joints ٧٦
٩- أساور Bracelets..... ٧٩
١٠- علب للمشاريع الالكترونية والبطاريات electronics/batteries enclosures
..... ٨٢
١١- اكسسوار للحذاء الرياضي shoes tags ٩١
١٢- منتجات تحتوي على مغناطيس ٩٢
١٣- مشاريع متنوّعة..... ٩٥
الخاتمة..... ١٠٠

لماذا هذا الكتاب؟

من الأسباب التي دفعتني لتأليف هذا الكتاب ومشاركته، هي الأزمة الاقتصادية والمعيشية التي يمرُّ بها بلدي لبنان (وللتوضيح فقد بدأتُ كتابة هذا المحتوى سنة ٢٠٢٢ م) لَعَلّه يكون دافعاً لأبناء بلدي المهتمّين بالتصنيع أن يبدؤوا مسيرتهم في هذا المجال وإن كانت البداية بسيطة وبإمكانات وموارد متواضعة.

على أمل أن يساعد هذا الكتاب بتنمية ثقافة الإنتاج المحلّي والإبداع في إيجاد الحلول وتخفيف الإعتماد المطلق على سياسة الإستهلاك المفرط أو الاستيراد المبالغ فيه.

والأمر لا يقتصر على ناحية التصنيع والاستفادة المادية فقط، بل الهدف أبعد من ذلك، الهدف يتمحور حول نظرتنا الى أنفُسِنا وإدراكنا بأنّه يمكننا أن نُعطي ونُصنّع ونُنتج، فإذا إستطعنا أن ندرك أنّنا قادرون على أن نُصنّع منتجاً (لو مهما كان بسيطاً!)، عندها نكون قد مضينا قدُماً في الإتجاه الصحيح.

مُقدِّمة المؤلّف

لقد بدأت تجربتي مع عالم الطباعة ثلاثية الأبعاد في العام ٢٠١٧ حين إشتريت أوّل طابعة لي، وكانت طابعة مقبولة المواصفات مقارنة بسعرها في ذلك الوقت وهي طابعة تأتي غير مُجَمَّعة ويجب على المستخدم تركيبها بنفسه وهذا ما قمت بفعله.

معرفتي بالطباعة ثلاثية الأبعاد وقتها كانت متواضعة جداً، ولكنّني بدأت بالتعلّم تدريجياً وكان الانترنت من المصادر الرئيسية التي ساعدتني، كانت تجربة شيّقة وممتعة تعلّمت منها الكثير وبالطبع واجهت خلالها العديد من المشاكل التي عمدت الى حلّها وكانت سبباً في زيادة خبرتي العملية في هذا المجال.

عالم الطباعة ثلاثية الأبعاد واسع ومتشعب، ولن أغوص هنا في تفرعاته المختلفة بل سأركّز على ما يعرف بالـ "النمذجة بالترسيب المنصهر" أو الـ Fused Deposition Modeling وتُعرف إختصاراً بالـ FDM. ويمكن شراء طابعات ثلاثية الأبعاد تستعمل هذه التقنية بمبالغ لا تتجاوز بضع مئات من الدولارات، ممّا يجعلها متوفّرة لشريحة واسعة من المستخدمين.

وسأتحدّث في هذا الكتاب عن المبادئ الأساسية والمفاهيم العامة التي ستساعدكم في فهم عملية تصنيع المنتجات بإستخدام هذه الطريقة، إنطلاقاً من الفكرة وإنتهاءً بتصنيع منتج فعليّ.

وتجدر الاشارة أنّي لن أتحدّث بإسهاب هنا عن طريقة تصميم المنتج بحدّ ذاته، وربما أُخصّص في المستقبل كتاباً منفصلاً لهذا الموضوع، مع العلم أنّ لدي سلسلة فيديوهات تتحدّث عن ذلك بإستخدام برنامج FreeCAD المجاني والمفتوح المصدر ويمكن للمهتمين مشاهدتها على قناتي على اليوتيوب:

https://www.youtube.com/kanjworkshop

مُقدِّمة الى الطباعة ثلاثية الأبعاد

الطباعة ثلاثية الأبعاد ليست مفهوماً جديداً ولا فكرة حديثة، ولكن في السنوات الماضية زادت شعبيتها وأصبح العديد من الطابعات متوفّراً بأسعار مناسبة ورخيصة نِسبياً، فقام البعض ببناء الآمال والأحلام على هذه التكنولوجيا وأكّدوا على ثوريتها في مجال التصنيع وكيف سيتمكّن أي شخص يملك طابعة من شراء المنتجات عبر الانترنت كملفات رقمية وطباعتها في منزله لتتحوّل الى منتج فعليّ! وما لبث هذا الحماس أن تراجع ولم نعد نسمعه بنفس الزخم السابق.

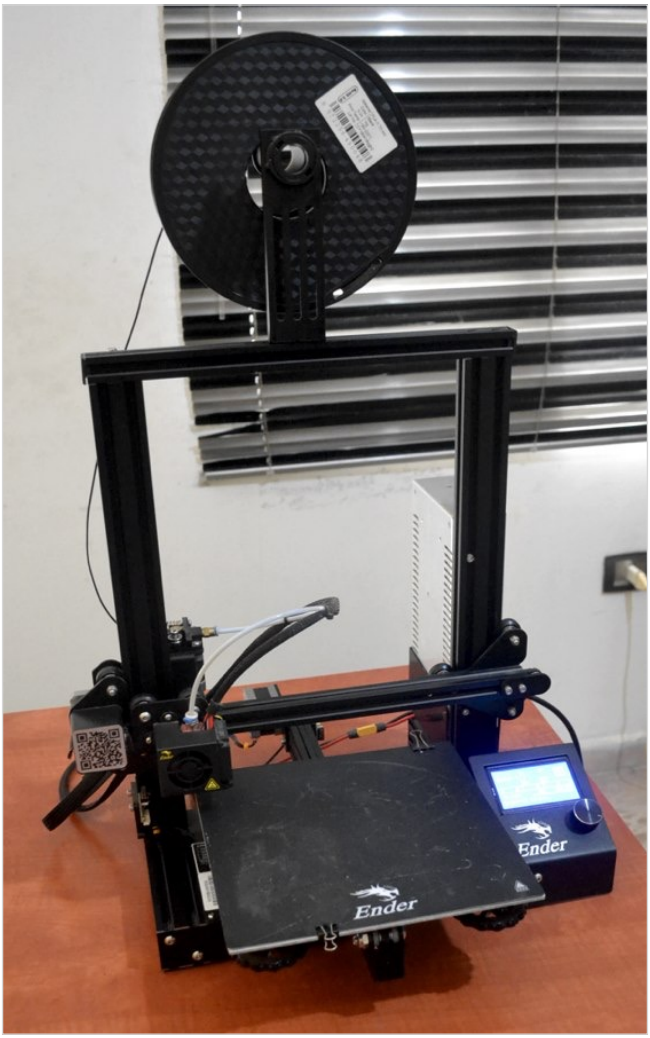
فأين الحقيقة من كل هذا؟ وهل ستغيّر الطباعة ثلاثية الأبعاد المستقبل وتشكّل تحدياً للمصانع الكبرى وطرق الانتاج التقليدية؟ أم أنها مجرّد أداة غالبية مستخدميها هم مجموعة من الهواة والمتحمّسين الذين ينتجون بواسطتها أموراً قد لا تخرج بمعظمها عن نطاق الهواية والتسلية؟!

وللتوضيح هنا، فأنا أتحدّث بشكل عام في هذا الكتاب عن الطابعات ثلاثية الأبعاد الزهيدة الثمن وليس عن الطابعات الأكثر تطوراً والأغلى ثمناً والتي تُستخدم في صناعات متقدّمة كتِلك المستخدمة في الصناعات الفضائية والطيران على سبيل المثال.

بالنسبة لي، أعتقد أن الطباعة ثلاثية الأبعاد لها إستخداماتها الخاصة والمتنوّعة، وليست بالضرورة بديلاً عن المصانع والتصنيع التقليدي، وخصوصاً عندما نتكلّم عن التصنيع بكميّات كبيرة ولشريحة واسعة، ولكن هذا لا يعني أنّه لا يمكننا إستخدام الطباعة ثلاثية الأبعاد في التصنيع لجمهور واسع، بل الأمر وارد، ولكن علينا الأخذ بعين الاعتبار بعض الأمور من ضمنها: التكلفة، الوقت اللازم لإنهاء طباعة المنتج، الخ...

وهنا تجدر الإشارة أنّه يمكن تسريع عملية الانتاج من خلال شراء مجموعة من الطابعات وتشغيلها معاً في نفس الوقت، وفي حال كان المشروع التجاري مربحاً وهناك طلب على المنتج أو المنتجات المُصنّعة، يمكنكم إضافة المزيد من الطابعات مع الوقت.

كيف تعمل الطابعة ثلاثية الأبعاد



الطابعة ثلاثية الأبعاد Ender-3

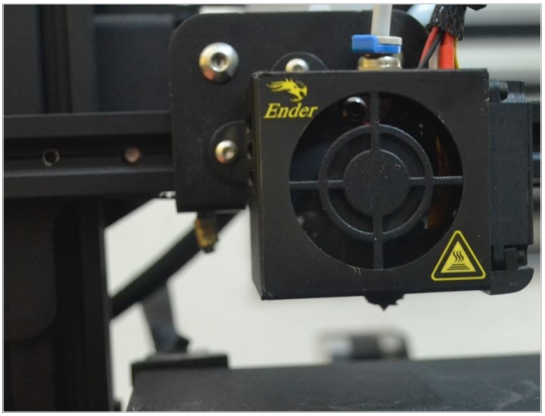
عندما تسمع كلمة "طابعة"، قد يتبادر الى ذهنك الطابعة الورقية التقليدية، ولكن في الحقيقة الطابعة ثلاثية الأبعاد هي أقرب الى "مصنع صغير" للمنتجات منها الى الطابعة الورقية، فالطابعة ثلاثية الأبعاد (تحديداً النوع الذي سنتحدّث عنه هنا) تستخدم مواد بلاستيكية أو مواد شبيهة بالمطّاط، ثم تذيبها "لِتَرسم" بها المنتج الذي نُرسِله اليها وما تلبث المادة المذابة أن تتجمّد مرّة أخرى ونحصل بالنهاية على مُنتجنا.

وهذه هي الخطوات العملية بإختصار:

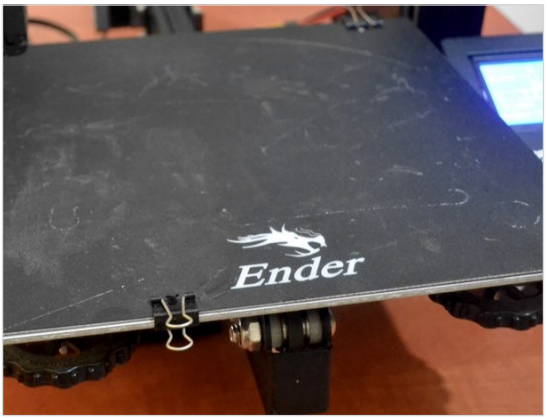
١- نقوم أوّلاً بإختيار الملف الذي نريد "طباعته" أو بالأحرى "تصنيعه"، وعادة تكون هذه الملفات موجودة على بطاقة الذاكرة أو الـ memory card

إختيار الملف الذي نريد طباعته

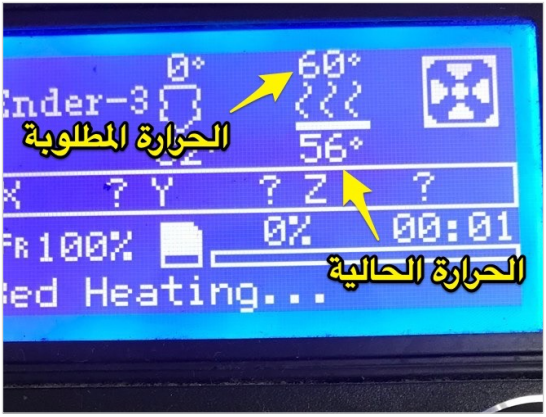
٢- ننتظر حتّى ترتفع حرارة الـ hot end (وهو القسم المسؤول عن تذويب البلاستيك) الى ٢٠٠ درجة مئوية، ودرجة حرارة الـ print bed (وهو السطح الذي تتمّ فوقه عملية الطباعة) الى ٦٠ درجة مئويّة، وأنا أستعمل هذه الأرقام عادةً وقد تتغيّر بحسب المادّة المستعملة.



النهاية الساخنة أو الـ hotend وفيها تتمّ عملية إذابة خيط الطباعة



منصّة البناء وتُعرف أيضاً بالـ print bed أو الـ build plate

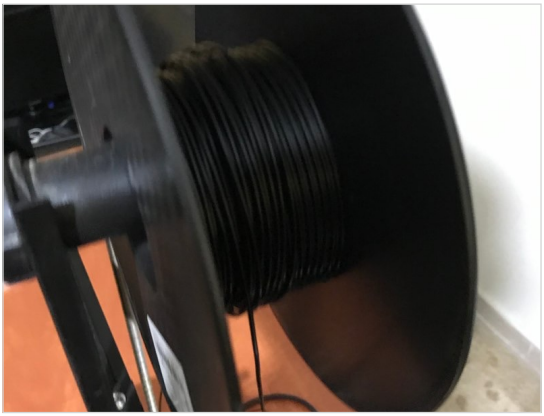


تسخين منصّة البناء أو الـ build plate قبل البدء بعملية الطباعة

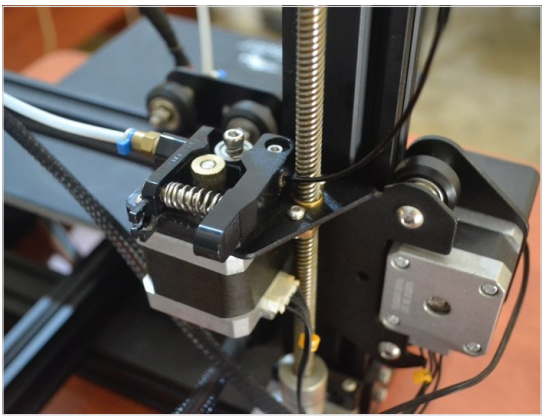
(ملاحظة: منصّة البناء الساخن يساهم في تحسين الالتصاق للطبقة الأولى)

تسخين النهاية الساخنة أو الـ hotend قبل البدء بعملية الطباعة

٣- خلال عملية الطباعة، يقوم الـ extruder تدريجياً بسحب جزء من المادة البلاستيكية (الـ PLA Filament في هذه الحالة) من أجل تذويبها



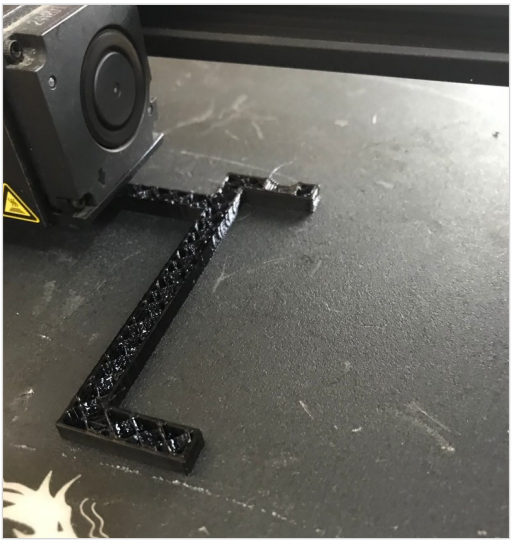
خيوط الطباعة من نوع PLA - (PLA filament)



يتم سحب خيوط الطباعة بواسطة محرّك الطارد أو الـ extruder motor من أجل إذابتها في النهاية الساخنة أو الـ hotend ثمّ إستعمالها لبناء المنتج

٤- تقوم الطابعة "بِرَسم" المنتج بواسطة البلاستيك المذاب، وهذا البلاستيك ما يلبث أن يتجمّد مرّة أُخرى، ويتم تصنيع المنتج من خلال بِنائه طبقة فوق طبقة (والطبقة تُعرف بالانكليزية بالـ Layer)، وبعد إنتهاء الطباعة، ننتظر قليلاً حتى يبرد الـ print bed حتى نستطيع إزالة المنتج بسهولة ثم بإمكاننا إستعماله.

وهذه بعض الصور أثناء وبعد الإنتهاء من عملية الطباعة:



بناء المنتج طبقة فوق طبقة

بعد الانتهاء من الطباعة

بعد إضافة برغي وعزقة

بعد تركيب المنتج وإستعماله

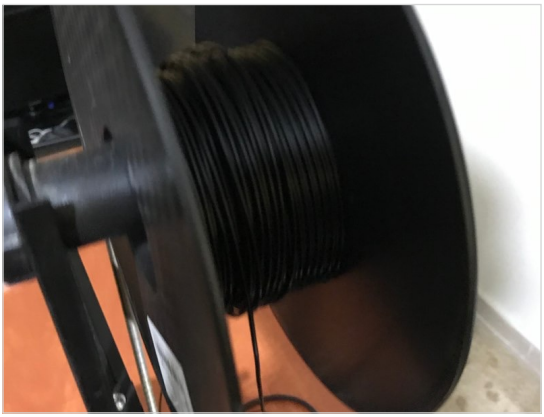
مواضيع تتعلّق بالطباعة ثلاثية الأبعاد

إرتأيت أن أُخصّص هذا القسم للحديث عن أمور متنوّعة تتعلّق بالطباعة ثلاثية الأبعاد (من تعريفات وغيرها)، فبَدَلاً من أن أُخصّص أقساماً منفصلة لكل موضوع، أستطيع جمعها هنا والتحدّث عنها بإيجاز.

١- خيوط الطباعة 3D filaments

هناك العديد من الأنواع المختلفة لخيوط الطباعة أو ما يُعرف بالـ 3D filaments، على سبيل المثال هناك الـ PLA و الـ ABS و الـ TPU والنايلون وغيرها من المواد، وكل مادة لها خصائصها المميّزة والحرارة المناسبة الموصى بإستخدامها أثناء الطباعة، كما أنّه تجدر الإشارة أن بعض المواد يُفضّل طباعتها ببطئ للحصول على نتيجة جيّدة، كما أنّ صعوبة التعامل مع بعض المواد قد يختلف أيضاً، وخيوط الطباعة تأتي بأقطار أو diameters متنوّعة ولكن قُطُر الـ ١،٧٥ ميلليمتر هو من الأكثر شيوعاً.

وكبداية أنصحكم بإستخدام الـ PLA ثمّ يمكنكم لاحقاً إستخدام مواد أُخرى اذا إقتضت الحاجة، ولكن تأكدوا من القيام بالبحث الكافي للتأكّد من أن طابعتكم تستطيع التعامل مع المواد التي تريدون إستخدامها.

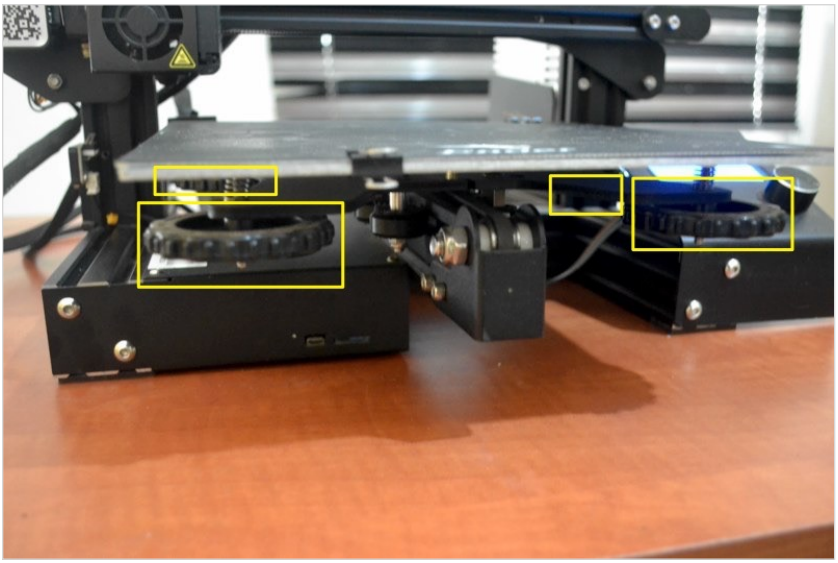


خيوط الطباعة من نوع PLA - (PLA filament)

٢- تسوِيَة سطح الطباعة Bed leveling

تسوية سطح الطباعة أو ما يُعرف بالـ Bed leveling هو من الأمور المهمّة للحصول على نتيجة جيّدة ولتفادي بعض المشاكل الناتجة عن المَيَلان بسطح الطباعة، ويمكنكم تسوية سطح الطباعة من خلال المقابض او الـ knobs الموجودة أسفل السطح ومن ثمّ إختبار وتعديل النتيجة من خلال "إختبار الورقة" بحيث تضعون ورقة بين الفُوّهة أو الـ nozzle وسطح الطباعة والتأكّد بأنّ هناك بعض المسافة البسيطة لمرور الورقة وأنّ هذه المسافة هي نفسها في حال حرّكتم الفُوّهة الى أمكنة مختلفة فوق السطح، ومن المؤشرات على أنّكم قد تكونوا بحاجة للقيام بهذه العملية: مشاكل في طباعة الطبقة الأولى وعدم إلتصاق الطبقة الأولى بسطح الطباعة.

ما ذكرته هنا هو الفكرة العامة ويمكنكم مشاهدة فيديوهات على الانترنت أو القراءة عن الموضوع لفهم الطريقة بالتفصيل



مقابض التسوية أو الـ bed leveling knobs

٣- صيانة الطابعة ثلاثية الأبعاد

صيانة الطابعة بشكل دوري يساعد في المحافظة عليها والاستفادة منها لفترة أطول، ومن الأمور التي يمكنكم القيام بها: تنظيف الطابعة بشكل مستمر، التأكّد من الكابلات الكهربائية، تسوية سطح الطباعة أو الـ bed leveling في حال كان هناك حاجة لذلك، تنظيف الفُوّهة بإستخدام فرشاة مناسبة، التحقّق من أحزمة التوقيت أو الـ timing

belts وشدّها بالدرجة المناسبة اذا أصبحت رخوة بعض الشيء وغيرها من الأمور التي يمكنكم القيام بها للحفاظ على الطابعة بحالة جيّدة لفترة أطول.

٤- إحتياطات تتعلّق بالسلامة

أثناء الطباعة وخصوصا أثناء تذويب المواد، قد ينبعث بعض الجسيمات والمواد الكيميائية الضارة، ولكن بشكل عام يُعتبر الـ PLA من المواد الآمنة نسبياً، بينما الـ ABS يُصدر إنبعاثات أكثر ضرراً ويوصى عند إستعماله بأن تكون الطابعة مغلقة مع إستعمال نظام تهوئة لطرد الانبعاثات للخارج.

وفي كل الأحوال وحتى عند إستعمال مواد تُعتبر آمنة نسبياً، قد يبقى هناك بعض الضرر خصوصاً في الأماكن المغلقة، لذلك أنصح بشدّة أن تكون عملية الطباعة في مكان مفتوح نوعاً ما أو بالقرب من النافذة اذا أمكن.

وبخصوص مزوّد الطاقة أو الـ power supply فشراء طابعة يكون فيها مزوّد الطاقة خارجياً بحيث أنّه عليكم توصيل الكابلات بطريقة مشابهة للصورة الاولى أدناه قد يعتبر غير آمنٍ تماماً وتحديداً اذا لم تكن الكابلات الكهربائية موصولة بشكل جيّد بحيث قد يسبب الأمر حريقاً

(مع العلم أنّ الأمر قد يحصل في حالات نادرة فقط) ولكن الأفضل اذا أمكن شراء طابعة بحيث يكون مزوّد الطاقة داخليا وإن كان خارجياً بأن تكون طريقة التوصيل مشابهة للصورة الثانية أدناه

لا أنصحكم (اذا أمكَن) بشراء طابعة يكون فيها مزوّد الطاقة أو الـ power supply خارجياً والكابلات الكهربائية ظاهرة بهذه الطريقة

مزوّد طاقة خارجي ولكن طريقة التوصيل بالكهرباء أسهل وأكثر أماناً

وأخيراً بخصوص تصنيع منتجات تكون على إحتكاك مباشر مع الطعام، فهناك جدل ونقاش بخصوص هذا الموضوع وأنا لا أنصح بذلك إلّا اذا تأكدتم بأنّ كل شي معقّم وقمتم بالإحتياطات اللازمة للتأكد من عدم الاحتكاك المباشر بين المنتج والطعام، إذ إنّ الطباعة ثلاثية الأبعاد تُنتج طبقات أو layers وهناك فراغات بين هذه الطبقات قد تكون أرض خصبة لنمو البكتيريا والفطريات.

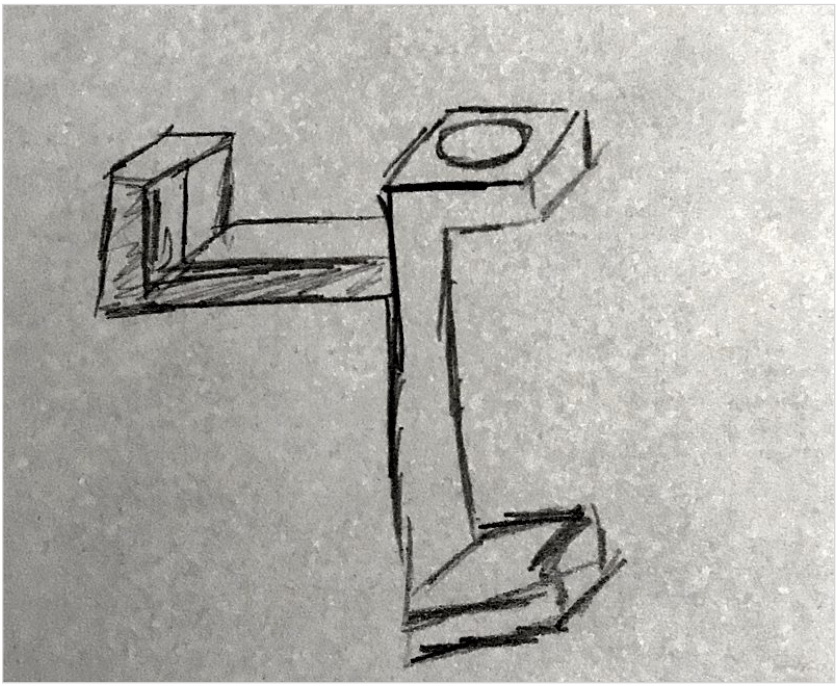
على كلٍ، هدف هذه الفقرة ليس إخافتكم ولكن من المفيد لفت النظر الى هذه الأمور من باب أخذ الحيطة والحذر ليس أكثر، وبالطبع يمكنكم القيام ببحثكم الخاص للإطلاع على أحدث الأخبار المتعلّقة بالسلامة.

كيف تُحوّل فكرة الى منتج بإستخدام الطباعة ثلاثية الأبعاد

هناك مجموعة من الخطوات يُمكنكم إتّباعها لتحويل فكرة الى منتج فعلي وملموس بإستخدام الطباعة ثلاثية الأبعاد.

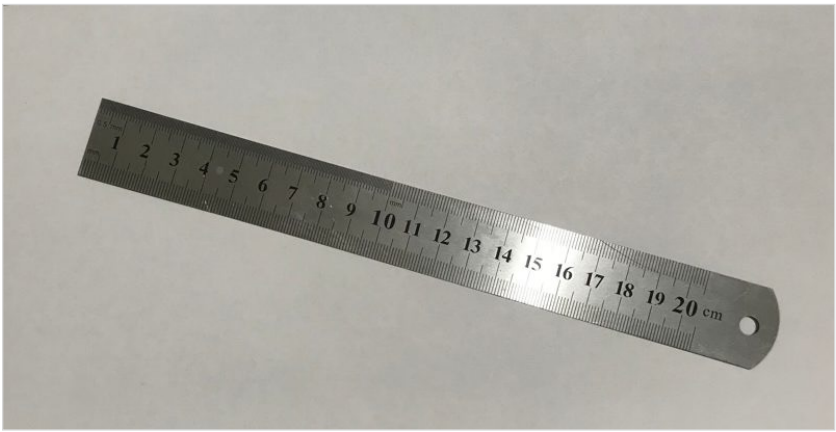
١- رسم المنتج sketching

أنصحكم بالدرجة الأولى برسم المنتج المُراد تصنيعه على ورقة، وبالطبع لا يجب أن تكون رسّاما محترفاً للقيام بذلك، فرسمٌ بسيط يُعتبر كافياً، وقم بتحديد المقاسات على هذا الرسم، لكي يكون لديك تصوّر مبدئي تبدأ عملية التصميم من خِلاله.

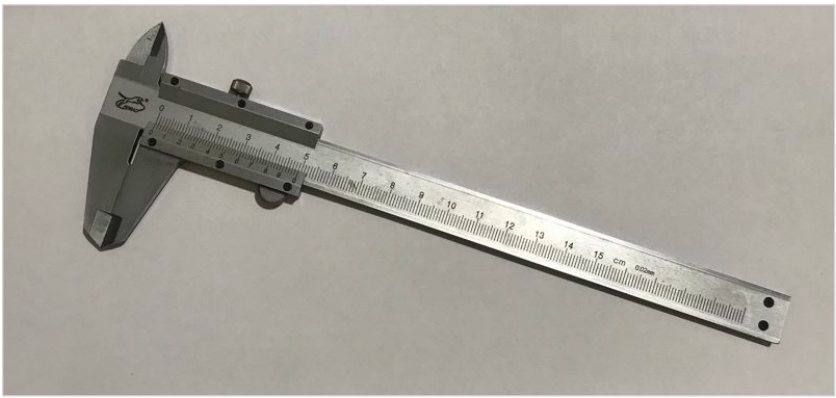


رسم للتصميم على ورقة

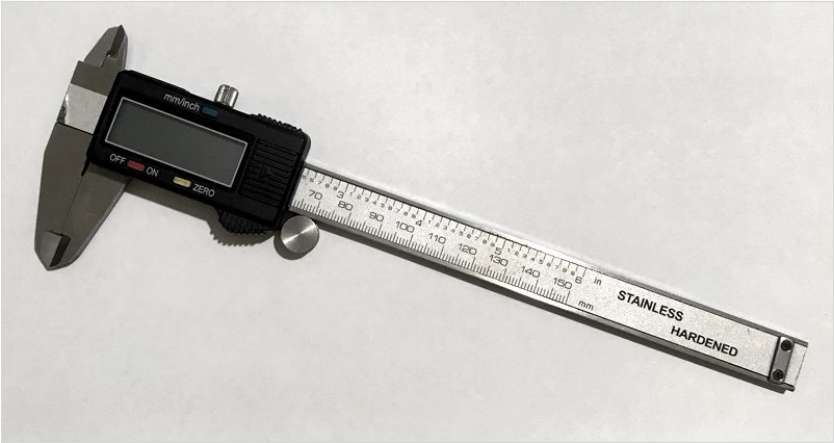
وقد تكون بحاجة الى بعض الأدوات المُساعِدَة، فمن المهم أن يكون لديك مسطرة وبعض أدوات القياس المناسبة.



مسطرة



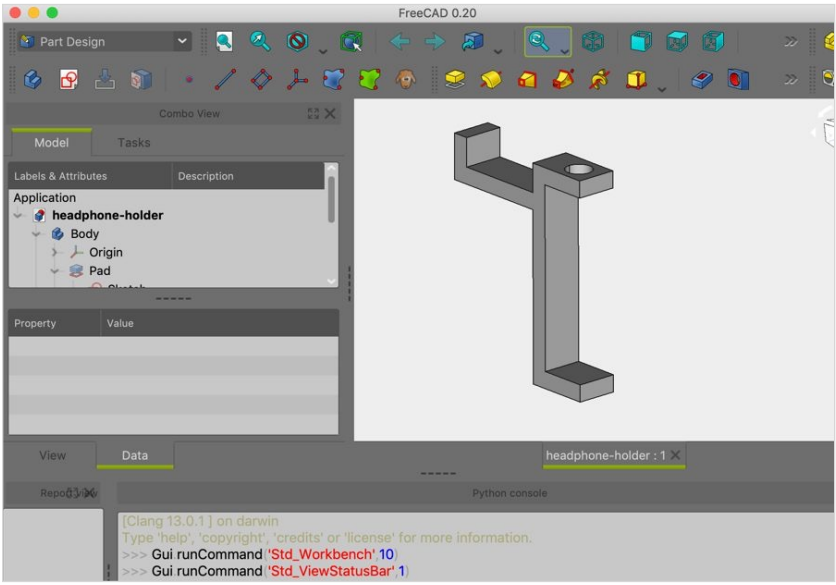
فرجار (caliper) يُستخدم للقياس



فرجار رقمي Digital caliper

٢- تصميم المنتج بإستخدام الكمبيوتر CAD design

هناك العديد من البرامج الممكن إستخدامها في هذه الحالة، بعضها مجاني والآخر مدفوع، ومن البرامج المجانية التي إستعملتها هو برنامج FreeCAD وهو مناسب لتصميم منتجات ميكانيكية وعملية.



صورة للتصميم داخل برنامج FreeCAD

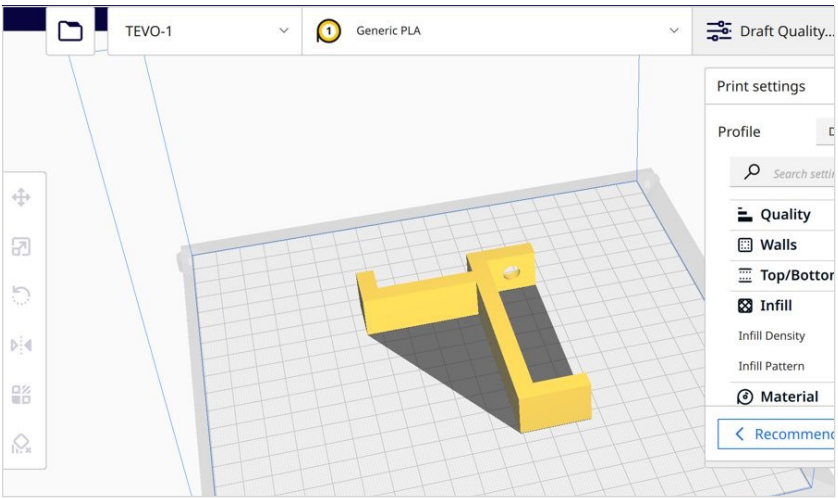
ويمكنكم الرجوع الى الرسم الأولي من الخطوة السابقة وإستعماله كمرجع في عملية التصميم، وبعد الانتهاء يجب أن تقوموا بحفظ نسخة من الملف بصيغة STL من أجل إستخدامها في الخطوة التالية

كما تجدر الإشارة أنّ تعلّم التصميم ثلاثي الأبعاد بإستخدام الكمبيوتر هي مهارة أنصحكم بتعلمها، وقد أُخصّص كتاباً مستقلاً لأتحدّث عن كيفية التصميم بإستخدام برنامج FreeCAD، مع العلم أنّ لدي سلسلة فيديوهات تتحدّث عن ذلك على قناتي على اليوتيوب والتي يمكنكم مشاهدتها من خلال هذا الرابط:

https://www.youtube.com/kanjworkshop

٣- التقطيع slicing

بعد أن أنهينا التصميم، علينا أن نقوم بعملية التقطيع أو الـ slicing لهذا الملف من أجل تجهيزه لعملية الطباعة، وللقيام بذلك، يجب إستخدام أحد برامج التقطيع أو ما يُعرف بالـ slicer وفي هذا الكتاب سنستعمل برنامج Ultimaker Cura المجاني.



النموذج ثلاثي الأبعاد داخل برنامج التقطيع Ultimaker Cura

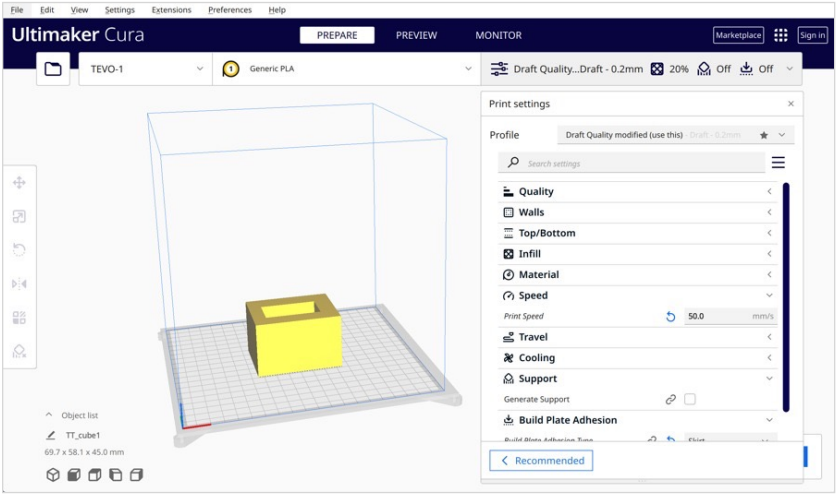
وعن طريق برنامج التقطيع أو الـ slicer نقوم بتحديد العديد من التفاصيل المهمّة لكيفية عمل الطابعة ثلاثية الأبعاد، كدرجة الحرارة

مثلاً، وسرعة الطباعة وغيرها من التفاصيل المؤثّرة على المنتج النهائي، وبعد الانتهاء من عملية التقطيع نحصل على ملف بصيغة gcode وهذا هو الملف الذي سنرسله في النهاية الى الطابعة حتى تقوم بعملية الطباعة بالطريقة التي نريدها.

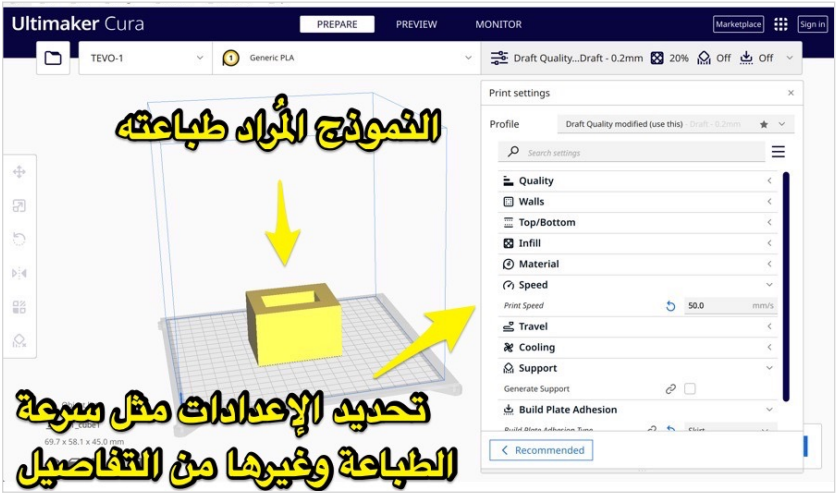
وهناك العديد من الإعدادات التي يمكن تحديدها، وسأتحدّث عن بعضها هنا ويمكنكم اللجوء الى الانترنت للمزيد من التفاصيل.

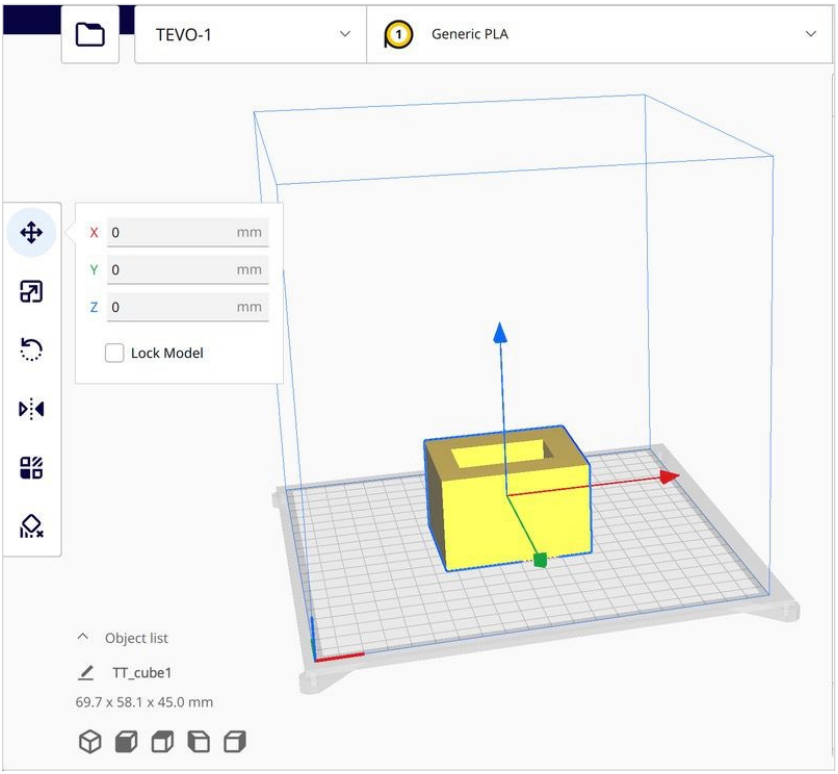
أ - واجهة البرنامج

قد تختلف واجهة برنامج التقطيع Ultimaker Cura لديكم بحسب النسخة او الـ version المُستخدمة، ولكن من خلال واجهة البرنامج يمكنكم التحكم بمكان وحجم التصميم بالإضافة الى خصائص الطباعة كدرجة الحرارة والسرعة.

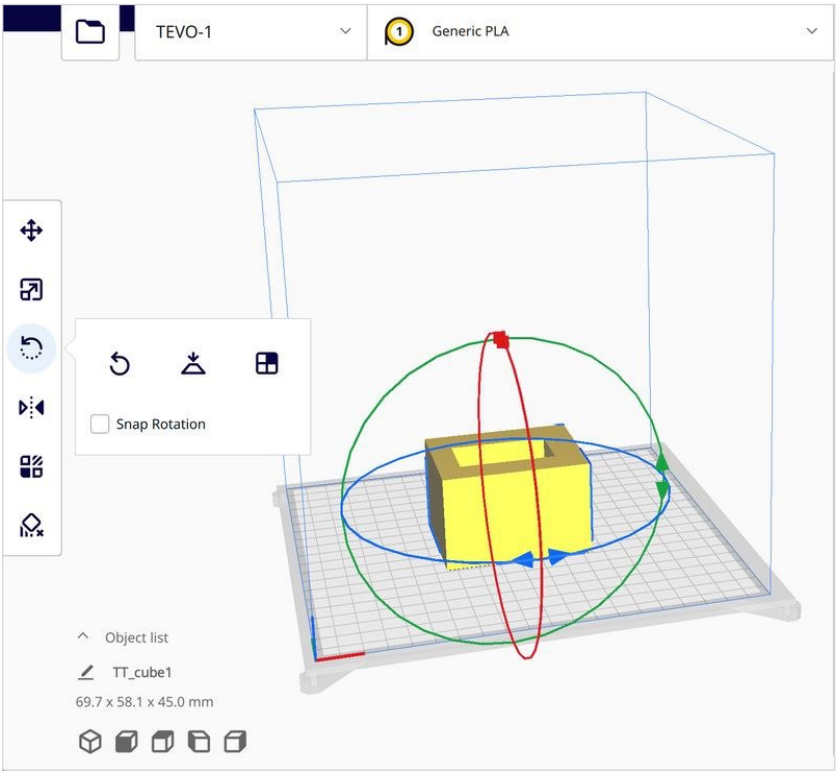


برنامج التقطيع **Ultimaker Cura**

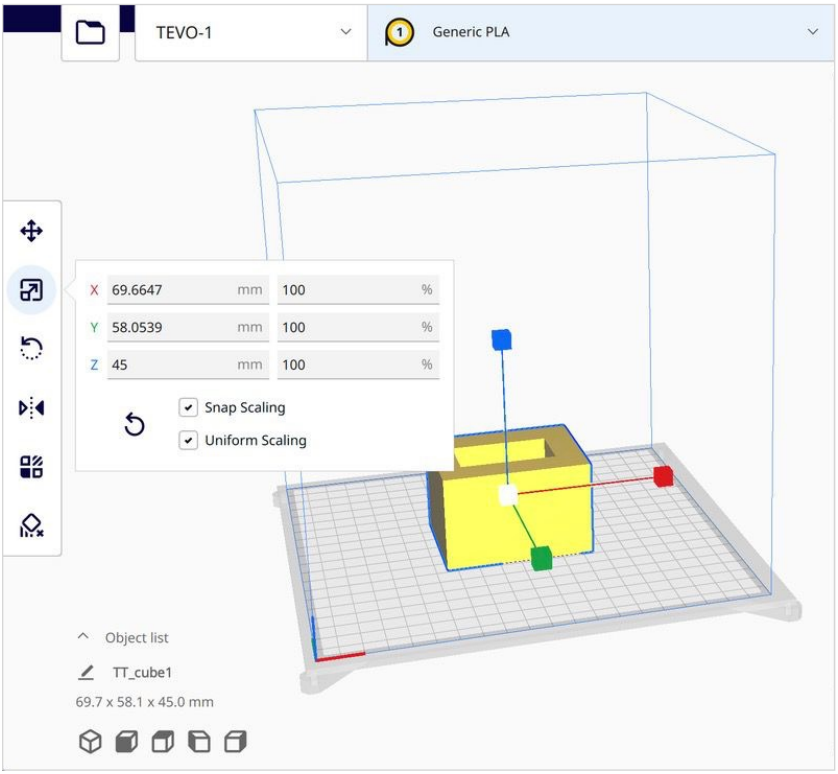




تحريك / تغيير مكان النموذج ثلاثي الأبعاد (Move)

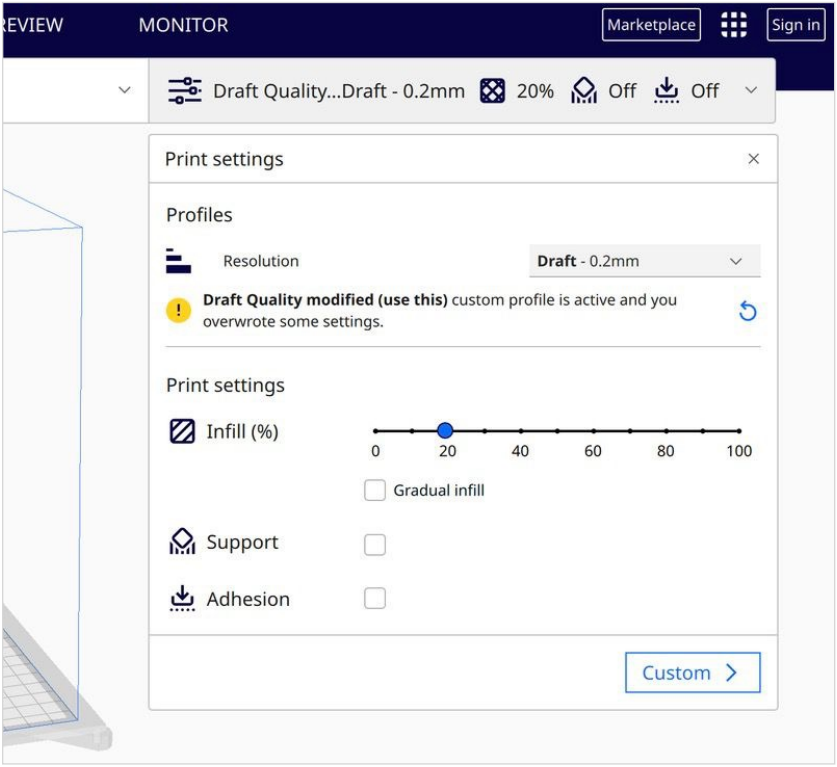


تدوير النموذج ثلاثي الأبعاد (Rotate)

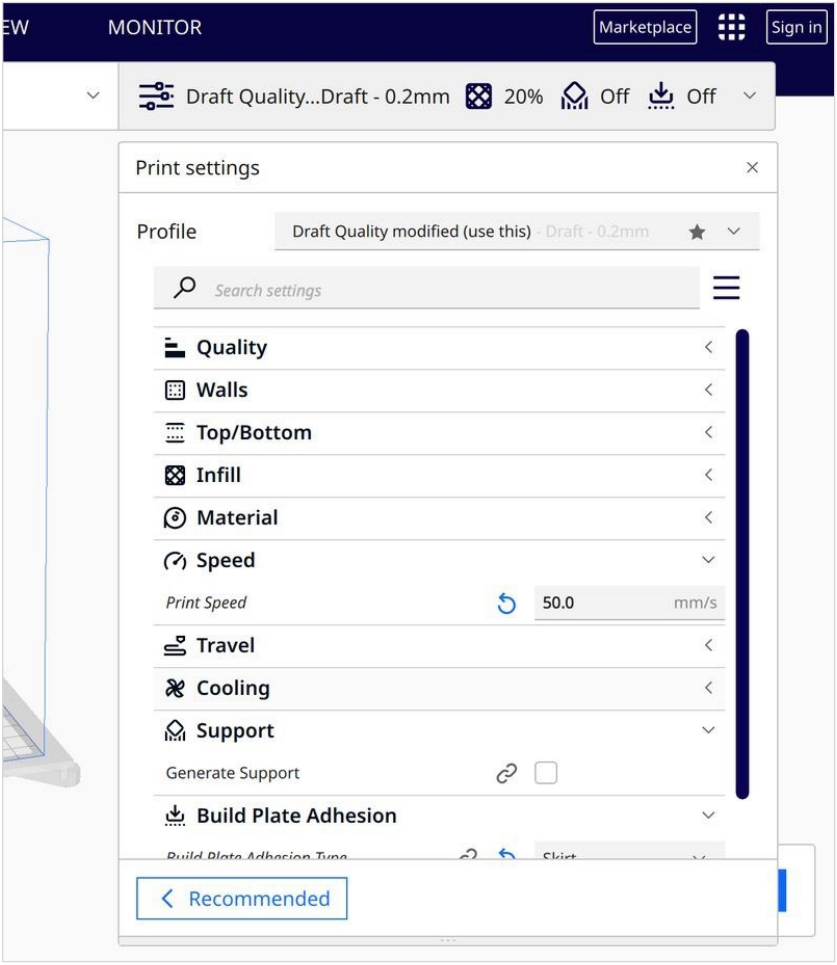


تصغير أو تكبير النموذج ثلاثي الأبعاد (Scale)

وبخصوص الإعدادات، يمكنكم تحديد بعض الاعدادات الرئيسية أو الضغط على custom لمزيد من التخصيص.



تحديد بعض الإعدادات الرئيسية مثل سرعة الطباعة ونسبة الحشو (Recommended)

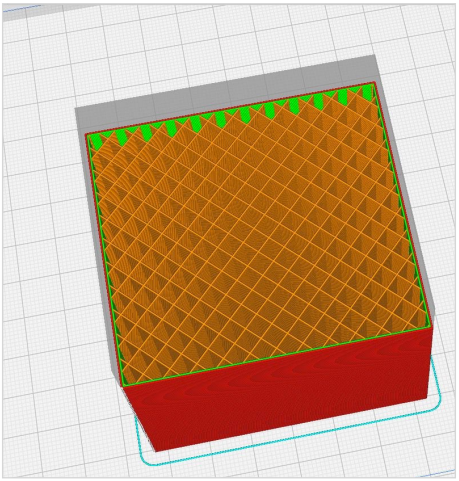


المزيد من الإعدادات بعد الضغط على زر custom

ب - نسبة الحشو infill

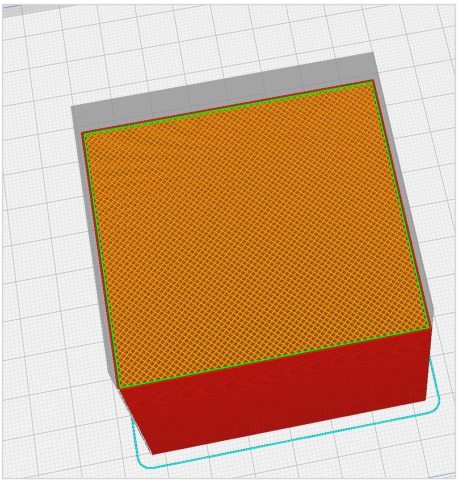
نسبة الحشو هي نسبة إمتلاء المنتج بالمادّة المستعملة في الطباعة، وهذه النسبة تؤثر على بعض خصائص المنتج كالوزن والصلابة وبنية

المنتج، ويمكن تحديد نسبة الحشو أو الـ infill density وأيضاً نمط الحشو أو الـ infill pattern من خلال برنامج Ultimaker Cura وعادة زيادة نسبة الحشو تزيد من قوّة وصلابة المنتج النهائي ولكن قد يؤدي ذلك الى زيادة وقت الطباعة وكمية المادّة المستخدمة، وهذه بعض الصور التي تُظهر نِسب وأنماط حشو مختلفة:



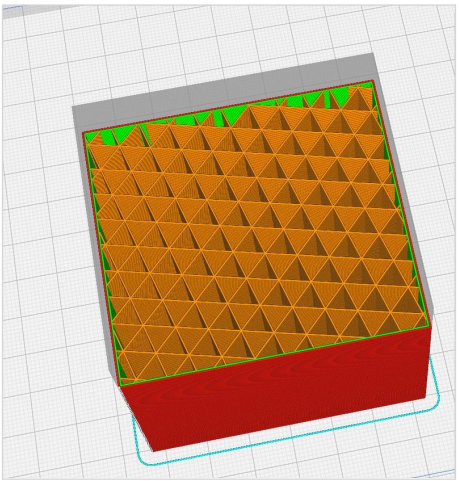
نسبة الحشو (infill density) : ٢٠٪

نمط الحشو (infill pattern) : Grid



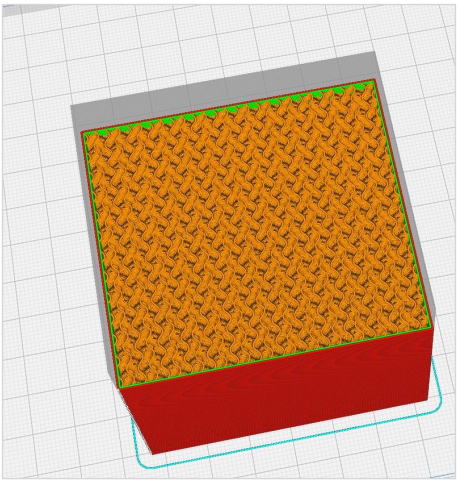
نسبة الحشو (infill density) : ٨٠٪

نمط الحشو (infill pattern) : Grid



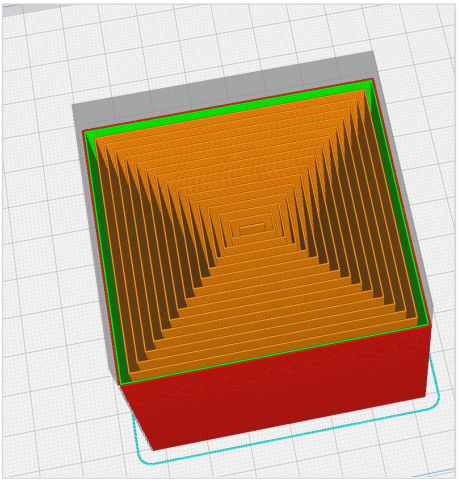
نسبة الحشو (infill density) : ٢٠٪

نمط الحشو (infill pattern) : Triangular



نسبة الحشو (infill density) : ٢٠٪

نمط الحشو (infill pattern) : Gyroid



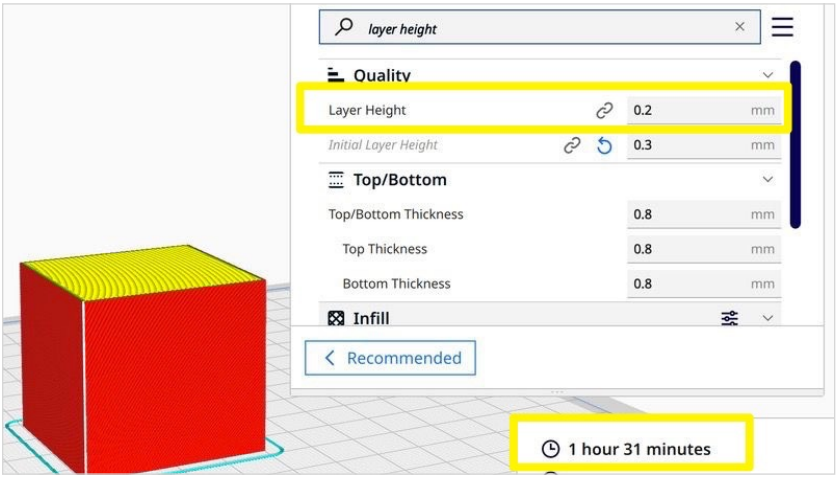
نسبة الحشو (infill density) : ٢٠٪

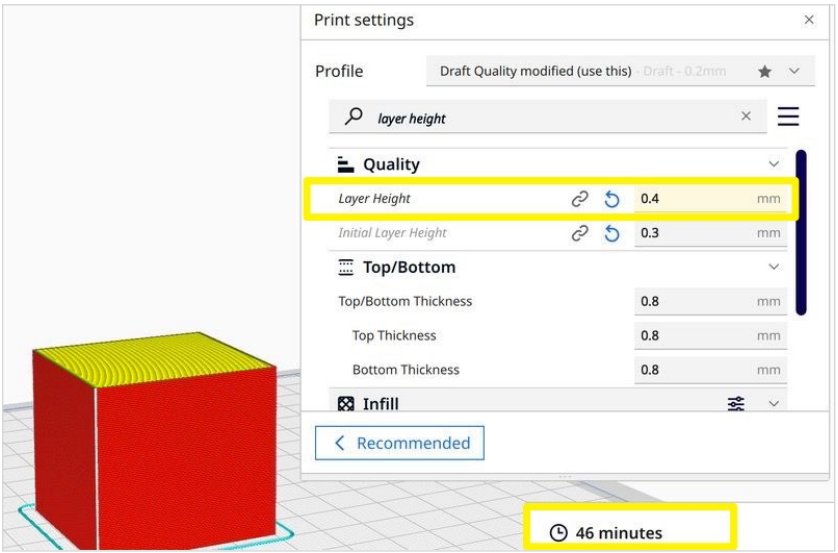
نمط الحشو (infill pattern) : Concentric

ج - إرتفاع الطبقة layer height

كما ذكرنا سابقاً تَتُم عملية الطباعة من خلال بناء المنتج بشكل طبقات فوق بعضها البعض، ويمكننا من خلال برنامج التقطيع أو الـ slicer تحديد إرتفاع الطبقة، وللأمر تأثير مباشر على الوقت اللازم لإنهاء الطباعة وعلى نوعية المنتج (من حيث الشكل)، فإذا إفترضنا مثلاً أنّ إرتفاع المجسّم هو ١٠ سنتيمتر، وحدّدنا إرتفاع كل طبقة بـ ٠.٢ ميلليمتر فنحن بحاجة لطبقات أكثر لنبلغ الـ ١٠ سنتيمتر مِن لَوْ حدّدنا إرتفاع الطبقة بـ ٠.٤ ميلليمتر (بحيث نكون بحاجة لطبقات أقل ووقت الطباعة سيكون أقصر).

ولكن كلّما كان إرتفاع الطبقة أقل كانت نوعية ووضوح الطباعة أفضل. وبالتأكيد إرتفاع الطبقة يجب أن يكون ضمن نطاق معيّن لا يجب تخطّيه وهذا النطاق يتأثّر بمجموعة من العوامل من ضمنها نوعية الطّابعة.


layer height
Quality
Layer Height
0.2
mm
Initial Layer Height
0.3
mm
Top/Bottom
Top/Bottom Thickness
0.8
mm
Top Thickness
0.8
mm
Bottom Thickness
0.8
mm
Infill
Recommended
1 hour 31 minutes

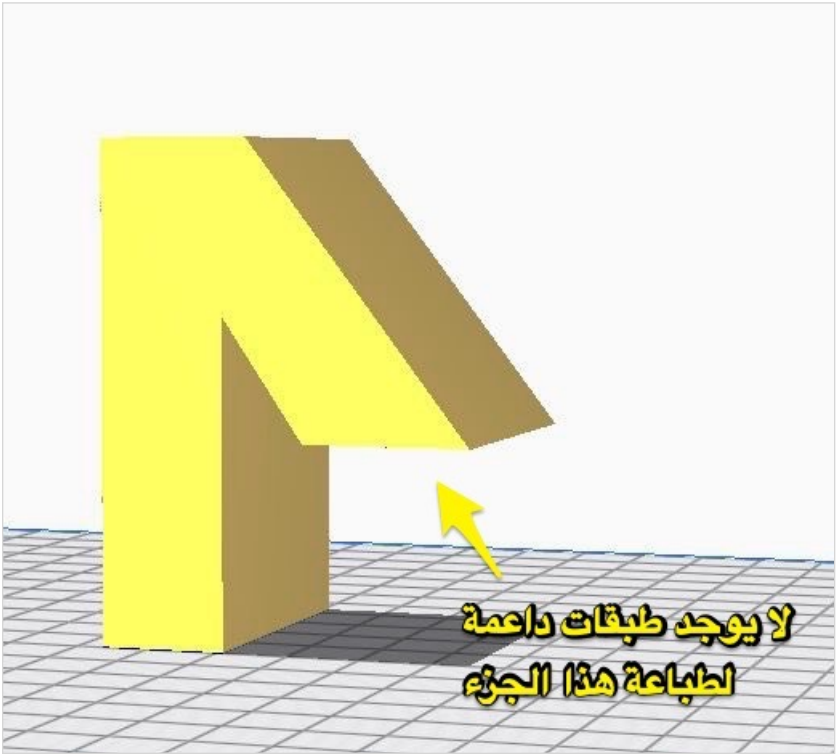

Print settings
Profile
Draft Quality modified (use this)
Draft - 0.2mm
layer height
Quality
Layer Height
0.4
mm
Initial Layer Height
0.3
mm
Top/Bottom
Top/Bottom Thickness
0.8
mm
Top Thickness
0.8
mm
Bottom Thickness
0.8
mm
Infill
Recommended
46 minutes

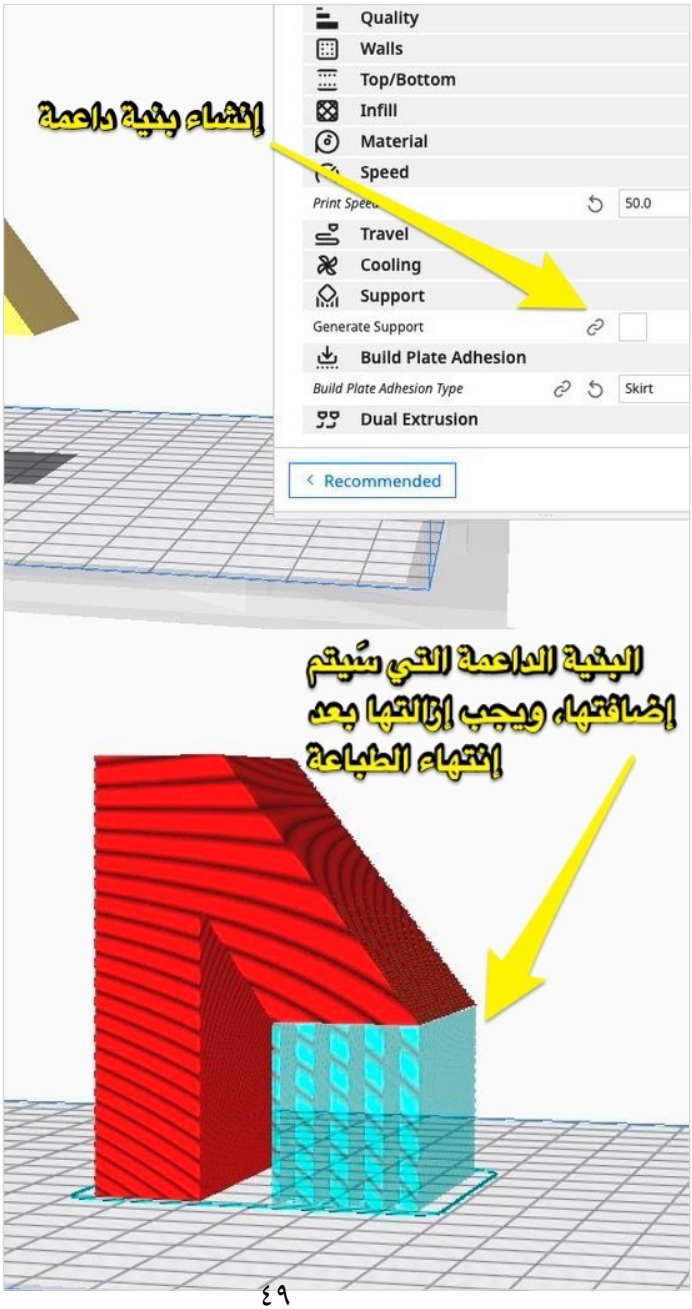
د - الدعم support

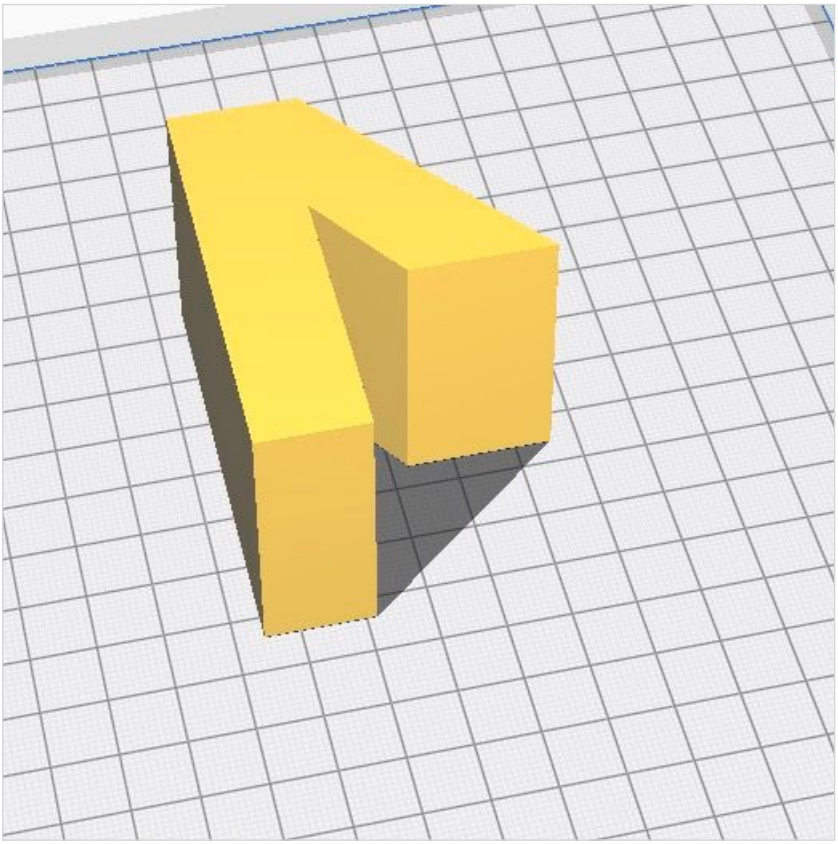
بما أنّ عملية الطباعة مبنية على مبدأ الطبقات، فعند طباعة طبقة معيّنة، يجب أن تكون الطبقة التي تحتها صلبة وثابتة حتّى تُبنى الطبقة اللاحقة فوقها بنجاح، مع العلم أنّه بإمكاننا في بعض الأحيان الطباعة بدرجة مَيَلان محدّدة أو بدون وجود طبقة داعمة وذلك ضمن شروط وإعدادات معيّنة.

ولكن لنفترض أنّه لدينا نموذج ثلاثي الأبعاد نريد طباعته وفي جزء من هذا النموذج أو المنتج لدينا أجزاء لا يمكن طباعتها لأنّه لا يوجد تحتها طبقة صلبة، في هذه الحالة يمكننا الطلب من برنامج التقطيع أو الـ slicer بناء بنية داعمة حتى نتمكّن من طباعة المنتج، ومن ثمّ بعد إنتهاء الطباعة نقوم بإزالة البنية الداعمة الإضافية.

ولكن بشكل عام، أنصحكم بمحاولة تصميم منتجاتكم بطريقة لا تستدعي الحاجة الى بنية دعم إضافية، فهذا الأمر قد يؤدي الى زيادة وقت الطباعة، بالإضافة الى الحاجة للمزيد من المواد، كما أنّه سيتطلّب جهداً إضافياً من أجل إزالة المواد الداعمة بعد الإنتهاء من عملية الطباعة.


لا يوجد طبقات داعمة
لطباعة هذا الجزء


إنشاء بنية داعمة
Quality
Walls
Top/Bottom
Infill
Material
Speed
50.0
Travel
Cooling
Support
Generate Support
Build Plate Adhesion
Build Plate Adhesion Type
Skirt
Dual Extrusion
Recommended
البنية الداعمة التي سَيتم
إضافتها، ويجب إزالتها بعد
إنتهاء الطباعة

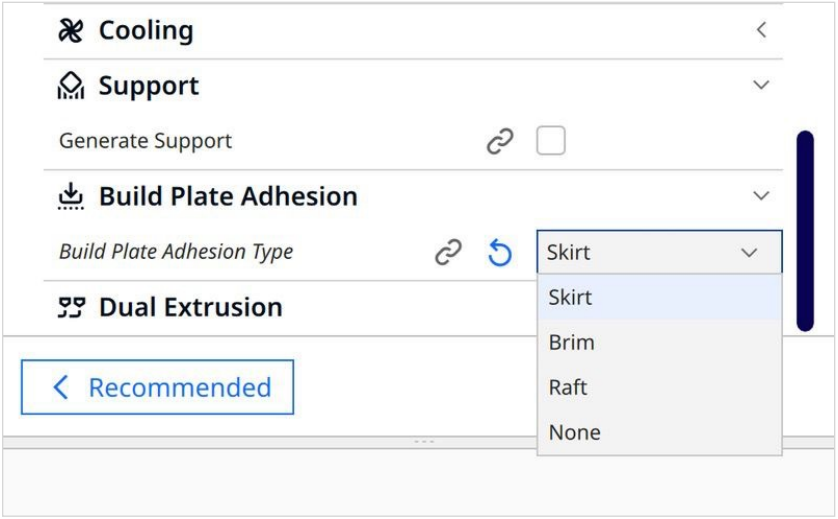


حل بديل: في هذا المثال، يمكننا ببساطة القيام بتدوير (rotating) النموذج، بحيث نتمكّن من طباعته بدون الحاجة الى بنية داعمة، ولكن في أمثلة أُخرى قد لا يكون هذا الحل ممكناً

هـ - تثبيت المنتج build plate adhesion

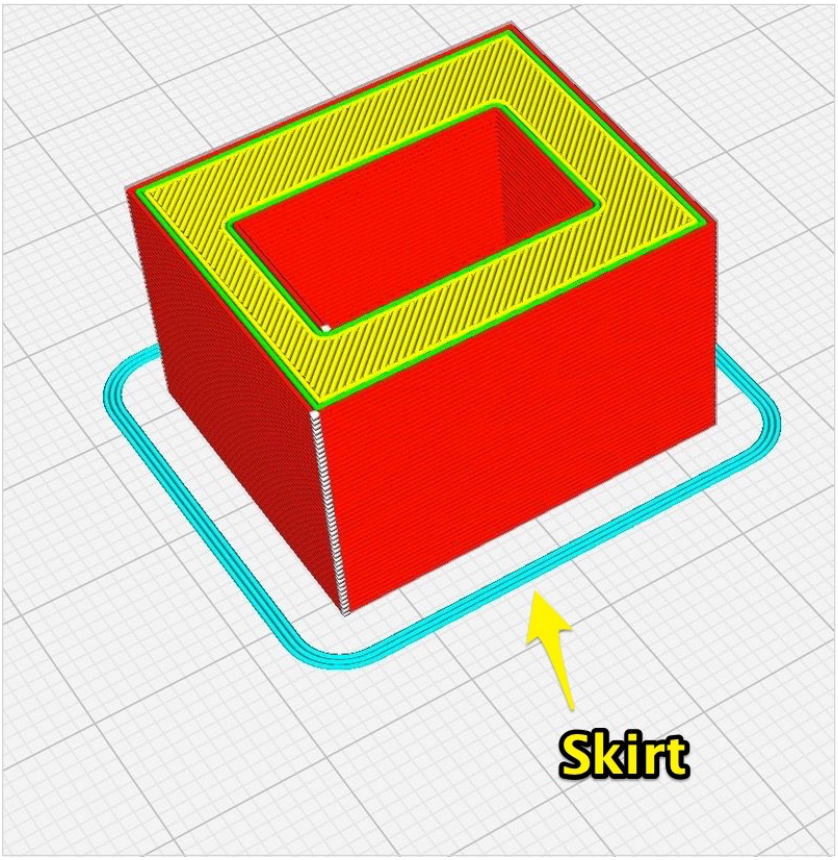
من الإعدادات المهمة في برامج التقطيع هي خاصية الـ build plate adhesion وهي تساعد في تحسين نوعية الطباعة وقد تساهم في بعض الحالات بتثبيت المنتج بشكل أفضل فوق منصّة البناء أو ما

يُعرف بالـ print bed أو الـ build plate، وسأتحدّث بإختصار عن الخيارات المختلفة التي يمكننا تحديدها:



الحافّة الخارجية أو المنفصلة skirt

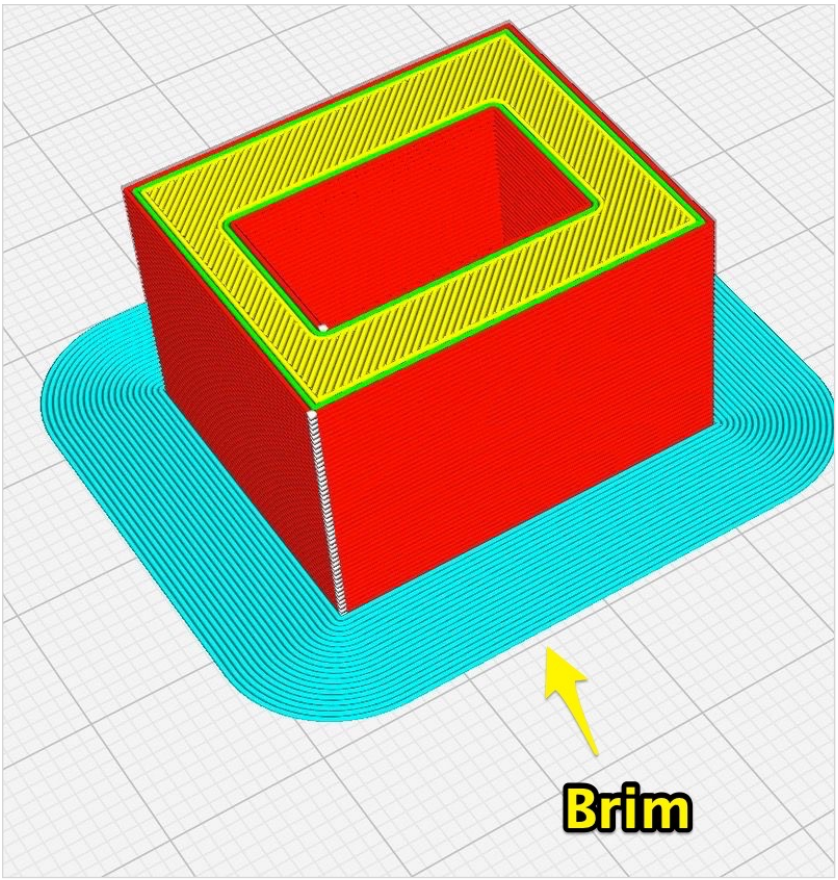
تحديد هذه الخاصية يقوم بإنشاء حافّة خارجية حول المنتج قبل البدء بالطباعة، وهذا الأمر يساعد ببدء تدفّق خطوط الطباعة او الـ 3D filament بطريقة جيدة ويمكن إعتبارها كأنّها مرحلة تحضيرية للبدء بالطباعة بطريقة صحيحة.



الحافّة الملتصقة brim

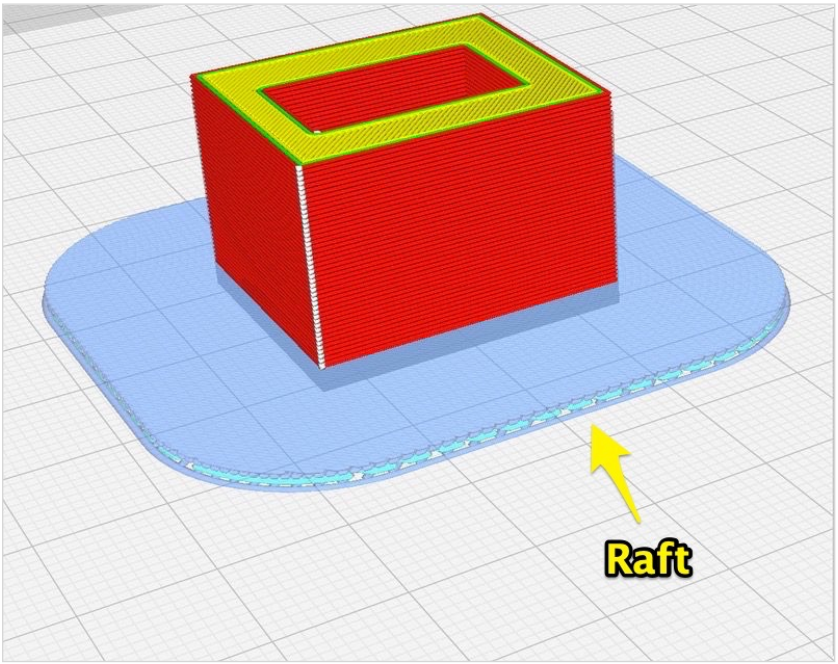
تحديد هذه الخاصية يقوم بإنشاء حافّة ملتصقة بالمنتج (التي يمكن إزالتها بعد إنتهاء الطباعة) وهذه الحافة مهمّة من أجل تثبيت المنتج على منصّة البناء أو الـ print bed وخصوصاً اذا كانت مساحة القاعدة صغيرة مما قد يسبب بإزالة المنتج أثناء الطباعة، الأمر الذي يعني فشل العملية

بـأكملها، ومـن هنـا تـأتـي أهمية الـحافـة الـملتصقة أو الـ brim مـن أجـل زيادة مساحة القاعدة وبالتالي تثبيت المنتج بصورة أفضل.



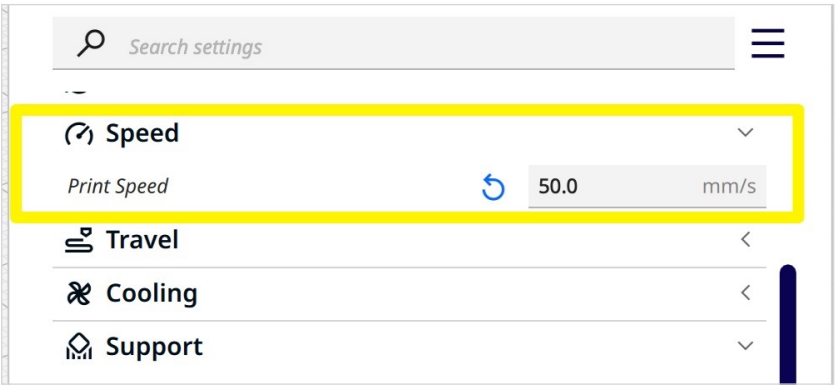
الـ raft

يقوم الـ raft بإنشاء طبقة بإرتفاع معيّن تحت المنتج المُراد طباعته، وهذا الأمر يساعد بتثبيت المنتج بطريقة جيّدة، ولكن هناك بعض السلبيات للموضوع، فالـ raft بحاجة لوقت ومواد لطباعته وقد يكون من الصعب بعض الشيء إزالته بعد إنتهاء عملية الطباعة، فلذلك أنصحكم بتجربة حلول أُخرى أولاً قبل اللجوء لهذا الخيار، ولكنّه حلّ جيّد في حال فشلت الطُرق الأُخرى.



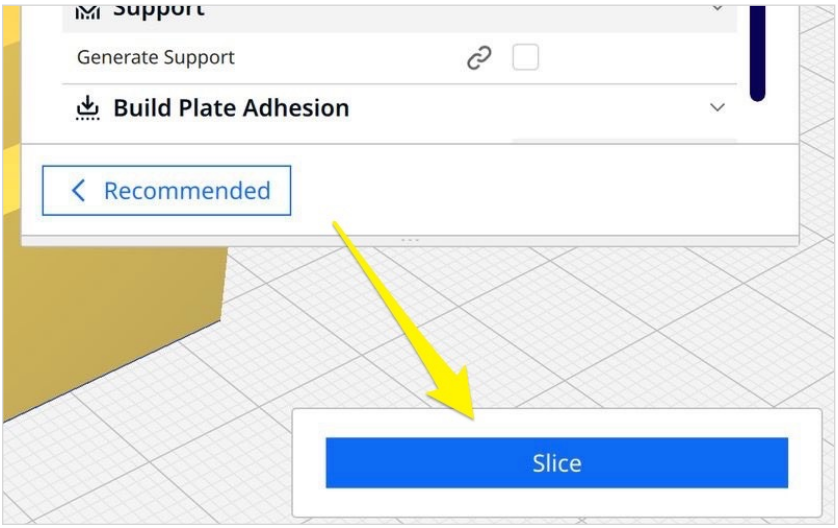
و - سرعة الطباعة print speed

يمكن تحديد سرعة الطباعة أو الـ print speed من خلال برنامج التقطيع، وهي تقاس بالميلليمتر في الثانية (mm/s) وبالتأكيد هذه الخاصيّة تؤثر بشكل مباشر على الوقت اللازم لإنهاء الطباعة، وهنا السرعة المناسبة قد تختلف بحسب كلّ طابعة وبحسب شكل المنتج والمادة المستخدمة، ولكن تجدر الإشارة أنّ السُّرعات العالية قد تؤدّي الى حصول فشل في عملية الطباعة وقد تؤثّر على متانة وصلابة الطابعة بسبب الاهتزازات الناتجة عن السرعة، وأيضاً السرعات البطيئة جداً قد تسبّب بعض المشاكل، لذلك أنصحكم بالبدء بإستعمال السرعات المعتدلة والموصى بها ثم إختبار سرعات مختلفة بشكل تدريجي لإستكشاف هذه الخاصية والاستفادة منها.

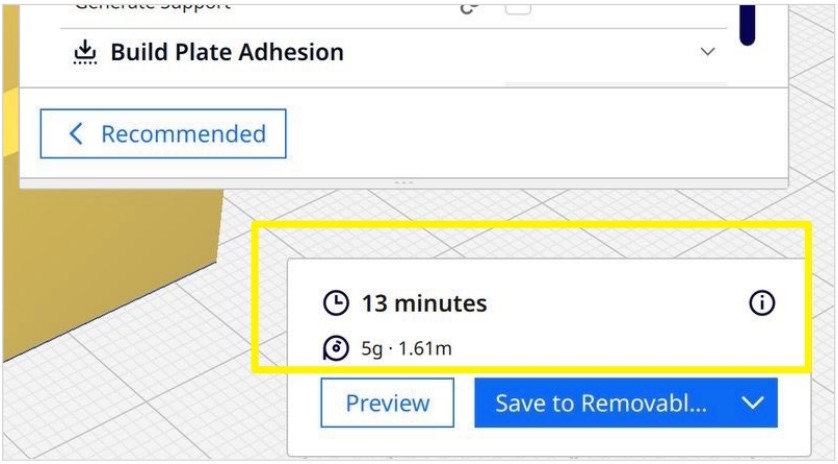


ز - تقطيع وحفظ الملف slice and save

بعد تحديد الإعدادات، يجب أن تضغطوا على زر slice للبدء بعملية التقطيع (ملاحظة: في حال تغيير الإعدادات، عليكم البدء بعملية تقطيع جديدة)، وعند الإنتهاء من التقطيع أو الـ slicing سوف يظهر تقدير للوقت اللازم لطباعة المنتج.

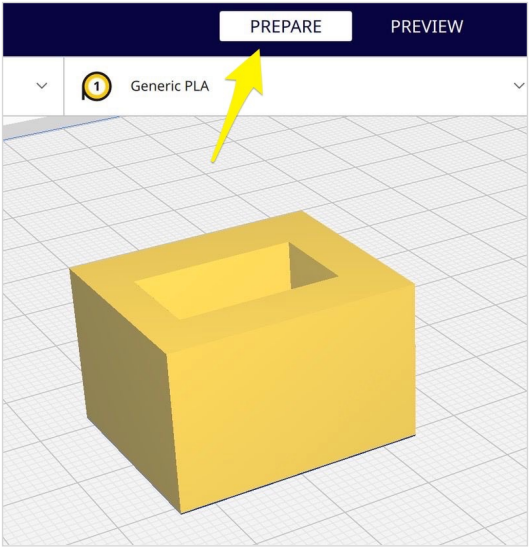


إضغط على Slice للبدء بعملية التقطيع (slicing)

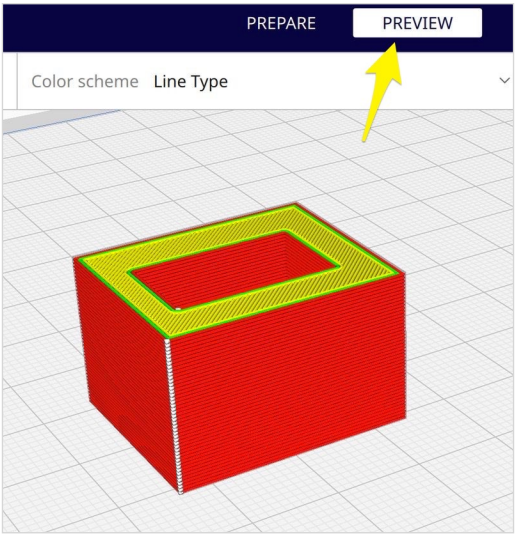


بعد الإنتهاء من عملية التقطيع أو الـ slicing سيظهر لديكم تقدير أو estimation لبعض الأمور مثل الوقت اللازم للطباعة والوزن

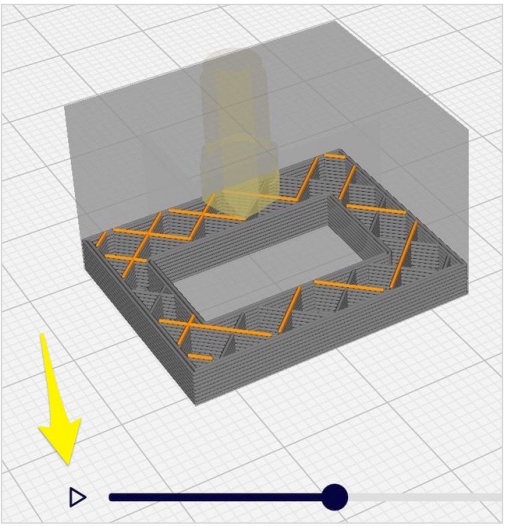
وبعد إنتهاء عملية التقطيع، يمكنكم رؤية الطبقات وتشغيل محاكاة لعملية الطباعة من خلال الضغط على preview الموجودة في أعلى الشاشة.



شكل النموذج في الـ **Prepare**

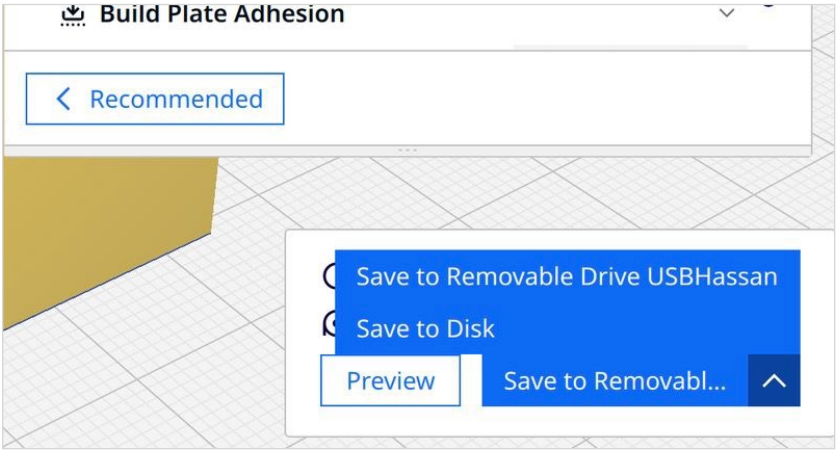


شكل النموذج مع الطبقات (Layers) في الـ **Preview**



يمكنكم مشاهدة محاكاة متحرّكة (animated) لعملية الطباعة
من خلال الذهاب الى Preview ثمّ الضغط على شعار الـ Play

وفي الخطوة الأخيرة إضغطوا على save to disk من أجل حفظ ملف الـ gcode ويمكنكم حفظه على بطاقة الذاكرة أو الـ memory card من أجل إرساله لاحقاً الى الطابعة ثلاثية الأبعاد لتصنيعه.



يمكنكم حفظ ملف الـ gcode على الكمبيوتر أو مباشرة على الـ memory card من أجل إستخدامه لاحقاً لطباعة المنتج بالإعدادات التي قمتم بتحديدها

وما ذكرته حتّى الآن هو عيّنة عن بعض الإعدادات ولكن يوجد المزيد من الاعدادات التي لم أتحدّث عنها ويمكنكم القيام ببحثكم الخاص اذا أردتم التوسع والإستفادة أكثر من البرنامج.

٤- طباعة المنتج

في هذه المرحلة نقوم بإدخال بطاقة الذاكرة أو الـ memory card في الطابعة ثلاثية الأبعاد ونختار ملف الـ gcode الذي حصلنا عليه من برنامج التقطيع وننتظر حتى تنتهي عملية الطباعة لنحصل في النهاية على مُنتجنا.

بعض المنتجات التي قمتُ بتصميمها وطباعتها

هذه بعض المنتجات التي قمتُ بتصميمها وتصنيعها بإستخدام تقنية الطباعة ثلاثية الأبعاد، ويمكنكم من خلالها أخذ فكرة عمّا يمكن تصنيعه، مع العلم أنّه يمكنكم العمل على منتجات أكثر تعقيداً وفي مجالات مختلفة ولكنّها مجرّد أمثلة لتوضيح بعض ما يمكن فعله.

١- سلاسل المفاتيح keychains

يمكنكم إستعمال الطباعة ثلاثية الأبعاد لتصنيع سلاسل المفاتيح أو الـ keychains، وبالتأكيد عليكم شراء السلاسل المعدنية ثمّ توصيلها بالجزء الذي تمّت طباعته، وهذه صُوَر بعض السلاسل التي قمت بالعمل عليها:

KEEP
GOING

KEEP
GOING

70/123456

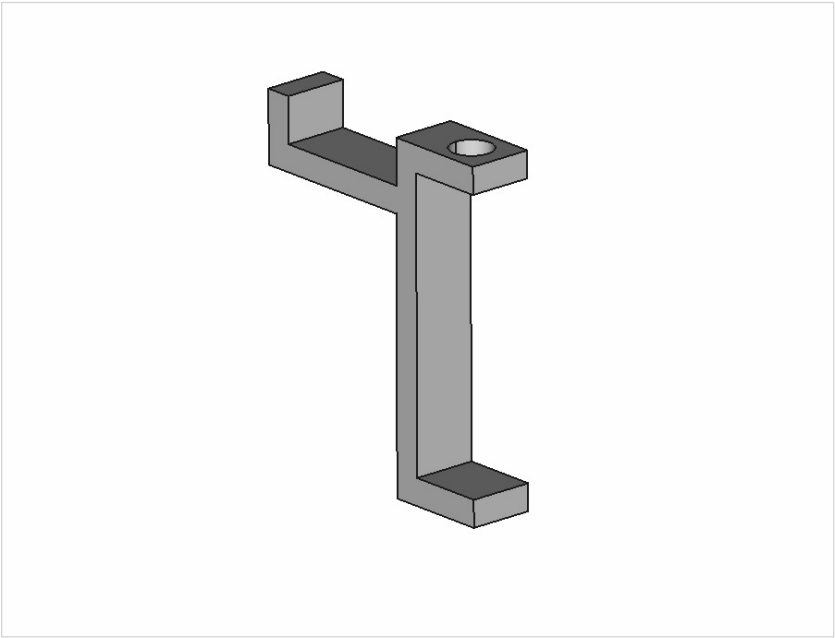
قهوة

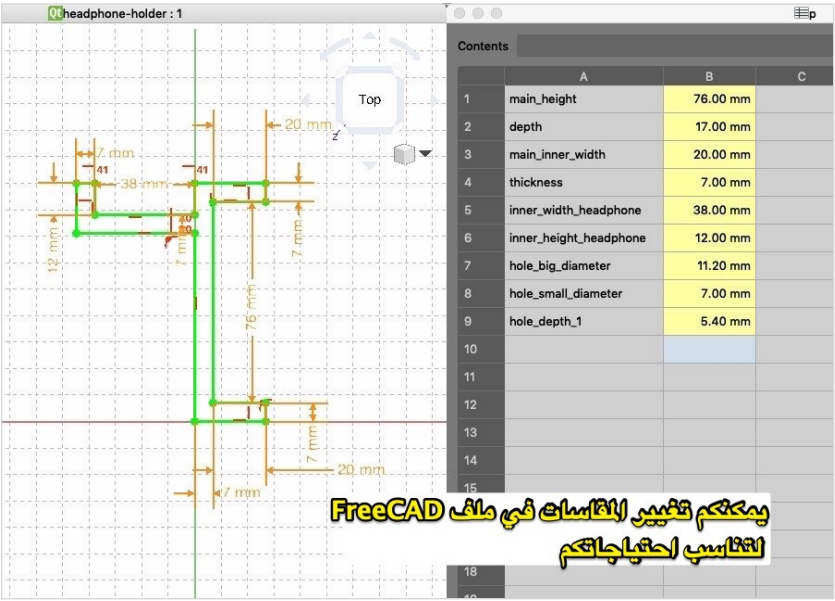
شاورما

٢- حامل سمّاعات الرأس headphones holder

حامل سماعات يمكن تثبيته على المكتب، وكما تلاحظون من خلال الصورة، لقد إستعملت برغي وعزقة كجزء من المنتج النهائي من أجل تثبيته بإحكام.

رابط المشروع: https://github.com/HassanKanj/headphone-holder




headphone-holder : 1
Top
20 mm
7 mm
41
41
38 mm
12 mm
7 mm
7 mm
76 mm
7 mm
20 mm
7 mm
Contents
A
B
C
1 main_height 76.00 mm
2 depth 17.00 mm
3 main_inner_width 20.00 mm
4 thickness 7.00 mm
5 inner_width_headphone 38.00 mm
6 inner_height_headphone 12.00 mm
7 hole_big_diameter 11.20 mm
8 hole_small_diameter 7.00 mm
9 hole_depth_1 5.40 mm
10
11
12
13
14
15
18
يمكنكم تغيير المقاسات في ملف FreeCAD
لتناسب احتياجاتكم

٣- غطاء لمقود الدراجة النارية motorcycle handlebar cover

لقد استعملت هنا الطباعة ثلاثية الأبعاد وقمت بتلوين كلمة "keep going" بطريقة يدويّة، وكما تلاحظون من خلال الصورة (في حال كنتم تتصفّحون الكتاب الالكتروني، لأنّ الكتاب المطبوع قد يكون بالأسود والأبيض) فإنّه يمكنكم تلوين المنتج قبل إستخدامه أو بيعه وبهذه الحالة تكون الطباعة ثلاثية الأبعاد هي مجرّد خطوة من الخطوات من أجل الحصول على المنتج النهائي.

٤- علبة لتثبيت أقراص التخزين (external SSD) على الكمبيوتر المحمول

لقد قمت بتصميم هذه العلبة (بمقاسَيْن مُختلفَين) من أجل نقل جهاز الكمبيوتر المحمول بسهولة مع قرصَي التخزين الخارجيّين.

رابط المشروع: https://github.com/HassanKanj/external-ssd-case-for-laptop

ملاحظة هامّة: في حال إستعملتم هذا المنتج، تجنّبوا استعماله مع أقراص من نوع HDD لأنّ وضعية تثبيت القرص بهذه الطريقة قد تضرّ بالقرص وتجعله غير صالح للعمل، والافضل استعماله مع أقراص SSD فقط التي على الأرجح لن تتأثّر، ولكن في الحالتين (سواء HDD أو SSD) إستعملوا المنتج على مسؤوليتكم الخاصة بحيث أنّني لا أستطيع أن أضمن عدم تضرّر القرص في حال تمّ تثبيته بهذه الوضعية.

قم بتثبيت القطعتين معاً بإستخدام لاصق قوي

٥- مثبّت قنينة المياه في البرّاد refrigerator bottle holder

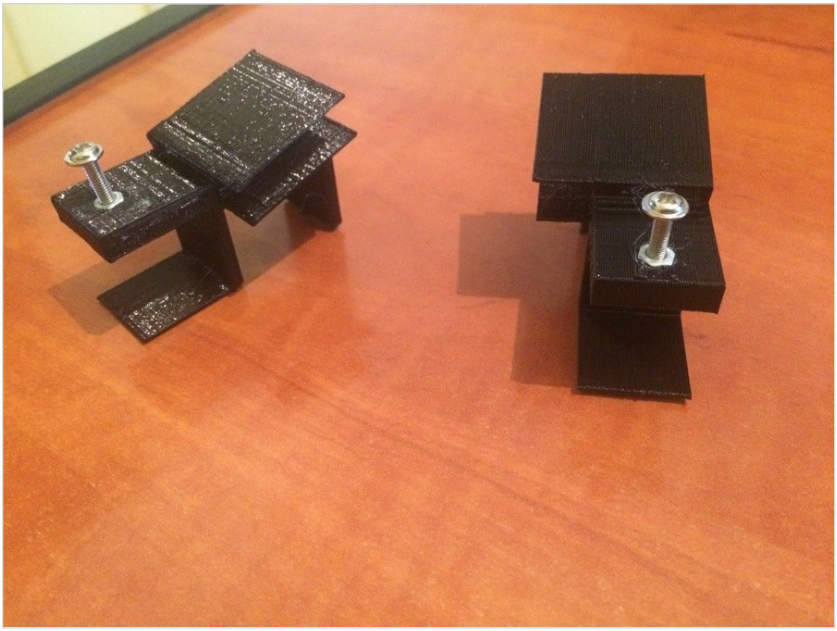
كانت لدينا مشكلة في منزل أهلي حيث لم تكن زجاجات المياه مستقرة في البرّاد خصوصاً عند فتح باب البرّاد بسرعة ، لذلك صممت هذا المنتج لحلّ هذه المشكلة.

رابط المشروع: https://github.com/HassanKanj/refrigerator-bottle-holder

٦- مثبّت للموبايل على لوحة المفاتيح phone holder for the keyboard

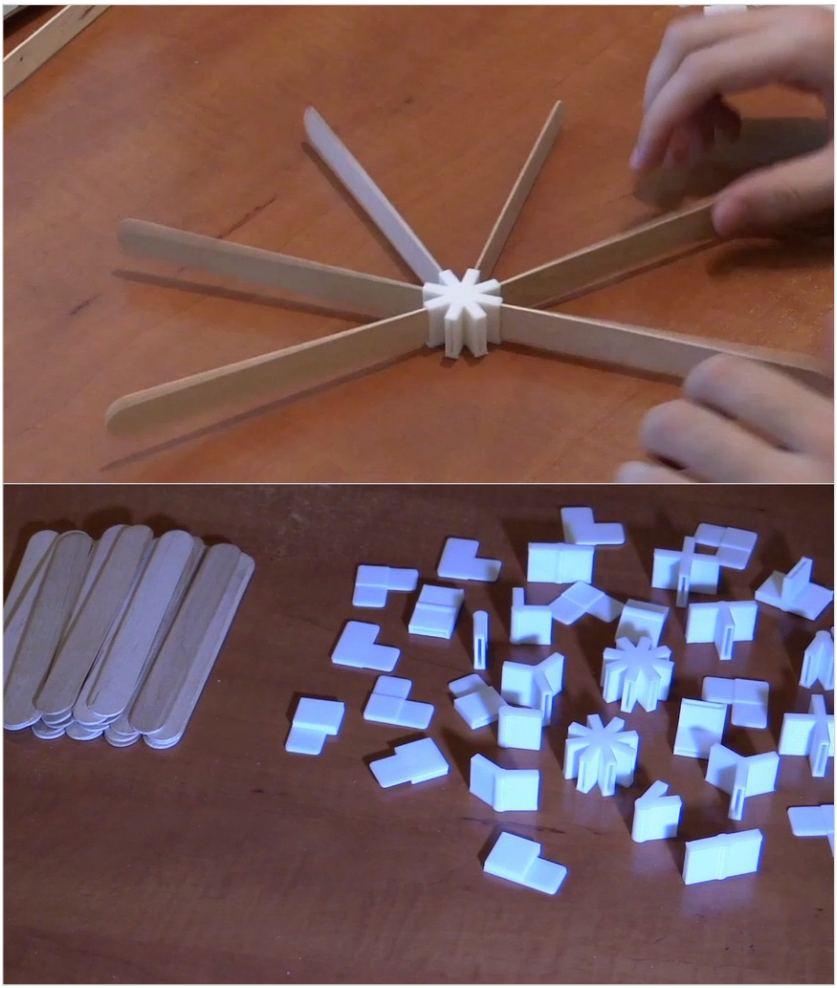
هذا تصميم ثلاثي الأبعاد قمت بالعمل عليه وطباعته لربط الموبايل بلوحة المفاتيح. ينقسم التصميم إلى جزأين ، يمكن تثبيتهما بلوحة المفاتيح باستخدام عزقة وبرغي بقطر ٣ مم.

رابط المشروع: https://github.com/HassanKanj/phone-holder-for-the-keyboard



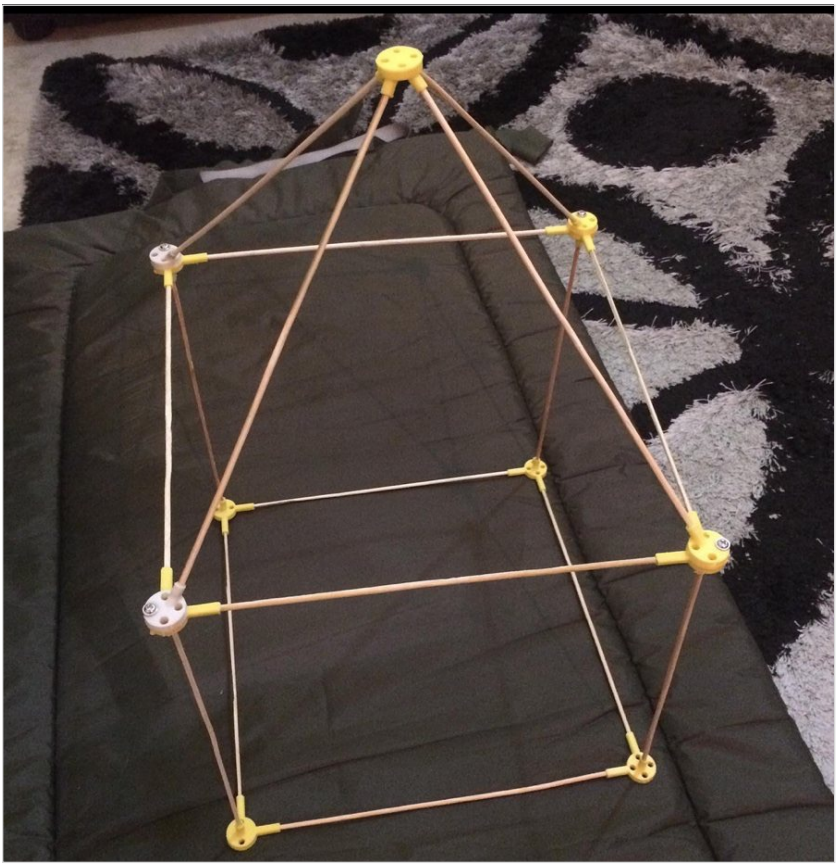
٧- عيدان ووصلات (المنتج الاوّل) sticks and joints

هذا المشروع هو مزيج من العيدان الخشبية بالإضافة الى وَصَلات مصنّعة بتقنية الطباعة ثلاثية الأبعاد، ويمكن إستخدامه من قبل الصغار والكبار لبناء العديد من الأشكال المختلفة.

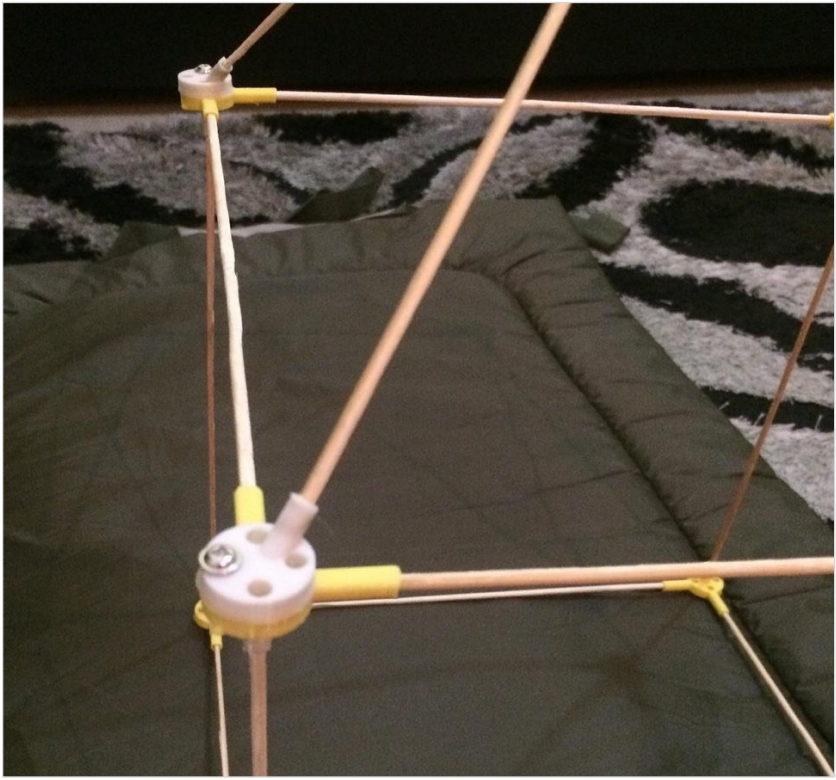


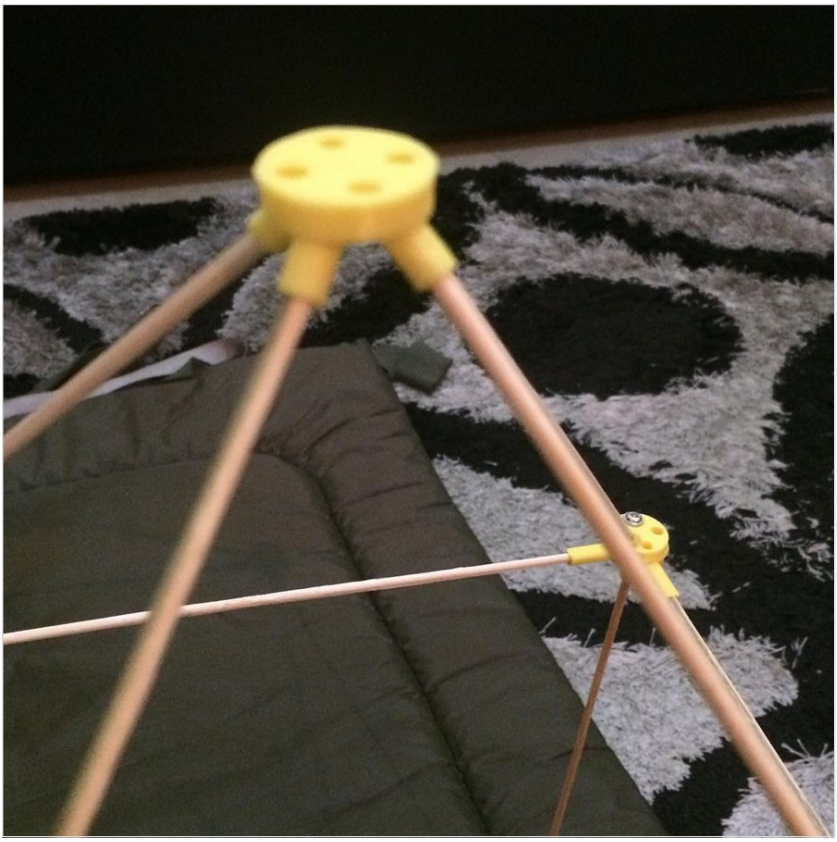
٨- عيدان ووصلات (المنتج الثاني) sticks and joints

هذا المشروع شبيه بالمنتج السابق ولكن مع إختلاف في شكل الوصلات والعيدان



هذا مجرّد نموذج صمّمته بإستخدام العيدان والوصلات ولكن بالطبع يمكن تصميم نماذج أخرى مختلفة



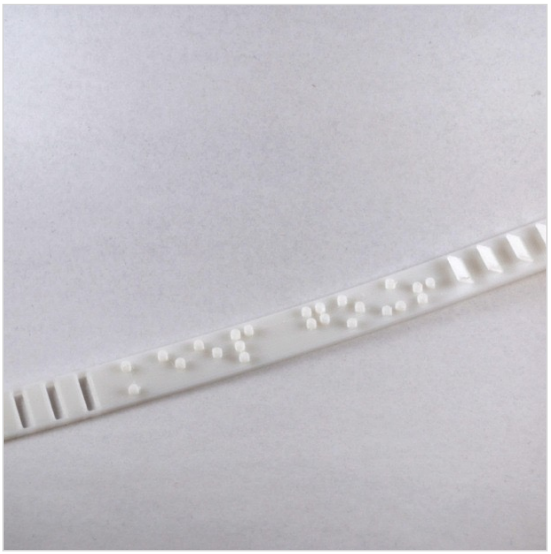


٩- أساور Bracelets

لـقد صـمّمت هـنا بـعض الأسـاور أو الـ Bracelets وقـمت بـتلويـنها بطريقة يدويّة، وفي هذا النوع من المنتجات، عليكم إستخدام مادّة ليّنة أو Flexible في التصنيع مثل الـ TPU.

RUNNER
RUNNER

KEEP GOING HASSAN
KEEP GOING



سِوار (bracelet) إستخدمت فيه نظام الكتابة برايل Braille
المستخدم للمكفوفين أو ضعاف النظر

١٠- علب للمشاريع الالكترونية والبطاريات

electronics/batteries enclosures

من الاستعمالات المفضّلة لَدَيّ هي إمكانية تصميم علب للمشاريع الالكترونية التي أقوم بالعمل عليها، ثمّ تصنيعها بإستخدام الطابعة ثلاثية الأبعاد، فإذا كنتم تعملون على مشروع الكتروني معيّن، تستطيعون من خلال برنامج التصميم تحديد مقاسات العلبة ومكان المنافذ (ports) المختلفة وغيرها من التفاصيل التي تتناسب مع مشروعكم الخاص.

وسأعرض هنا صور لبعض العلب التي صمّمتها وكيف إستخدمتها في مشاريعي المختلفة.

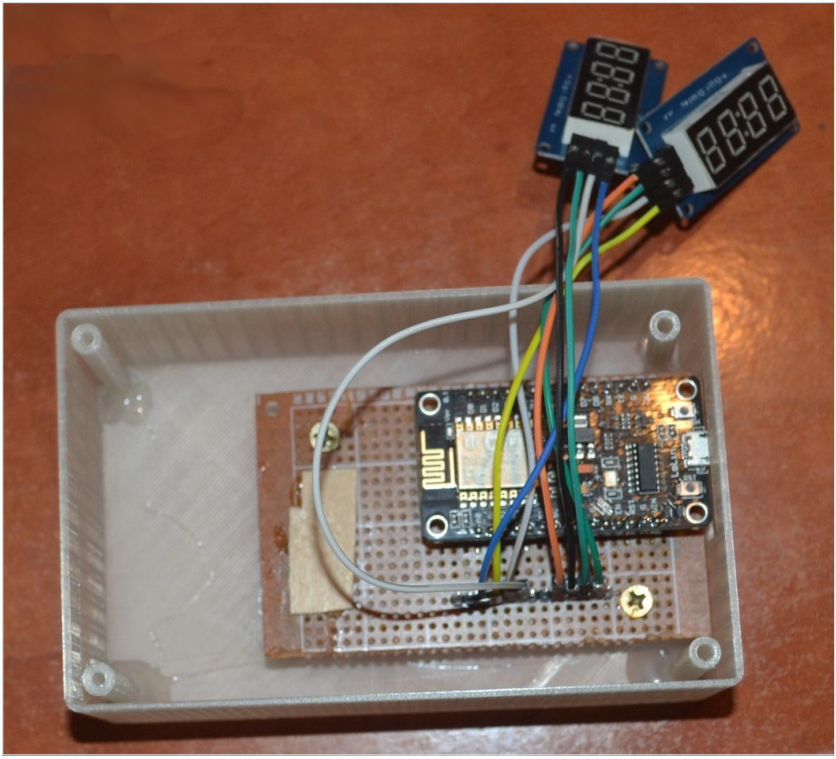
هذا منتج عملت عليه من أجل فتح الباب بدون مفتاح بإستخدام RFID tag
ولقد إستعملت الطباعة ثلاثية الأبعاد لتصنيع العلبتين الموجودتين في الصورة أعلاه

هذه العلبة تمّت طباعتها أيضاً بإستخدام الطباعة ثلاثية الأبعاد من أجل أحد المشاريع التي كنتُ أعمل عليها

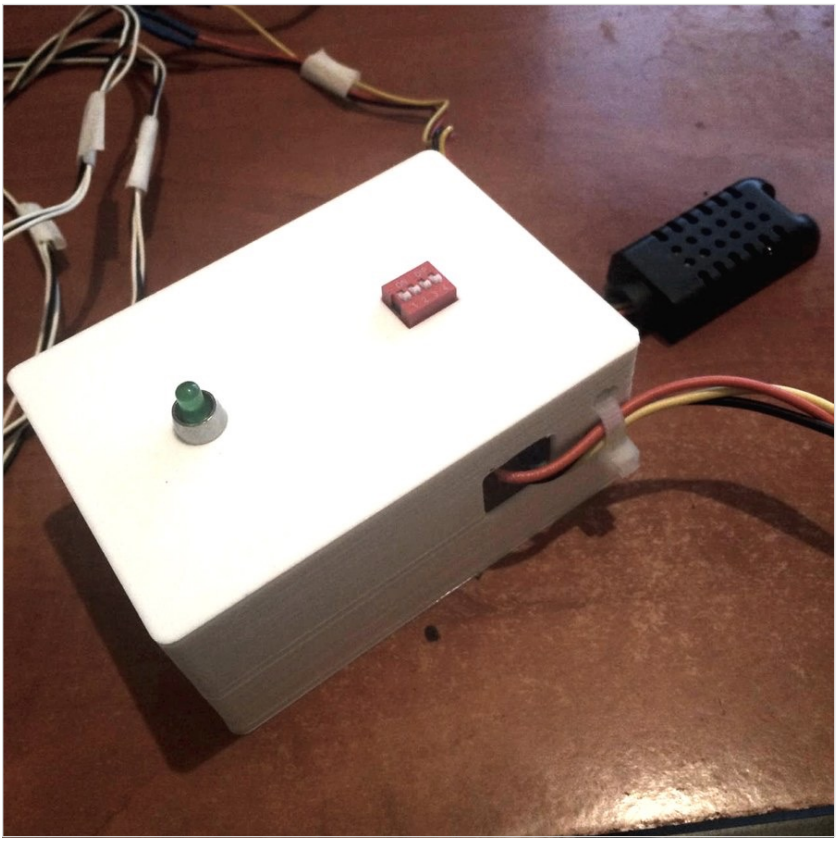
ملاحظة: الزر الموجود فوق العلبة قمتُ بشرائه جاهزاً ولم أقُم بتصنيعه

منتج بسيط لإنارة قفل الباب في حال عدم وجود إضاءة، علبة المنتج تم تصنيعها بإستخدام الطباعة ثلاثية الأبعاد

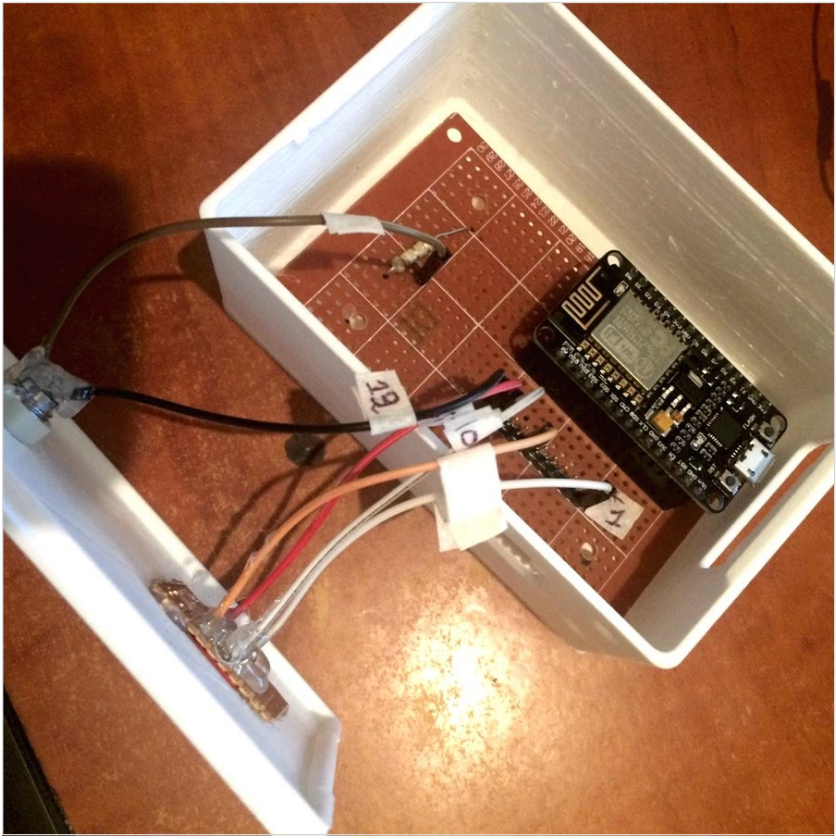
علبة لأحد المشاريع التي كنت أعمل عليها من أجل عرض درجة الحرارة والرطوبة



علبة لأحد المشاريع التي كنت أعمل عليها من أجل عرض درجة الحرارة والرطوبة



علبة لجهاز يهدف لمراقبة درجة الحرارة في البرّاد أو الثلّاجة
وارسال البيانات الى موقع الكتروني



علبة لجهاز يهدف لمراقبة درجة الحرارة في البرّاد أو الثلّاجة
وارسال البيانات الى موقع الكتروني

لقد قمت بترقية بطارية سمّاعات الرأس الى بطّاريّة ذات سعة أكبر، وبما أنّ البطارية الجديدة حجمها أكبر من القديمة، قمتُ بتصميم وطباعة علبة مخصّصة للبطارية الجديدة، قد لا يكون الشكل الجديد للسمّاعات جذاباً، ولكنّني حصلت على وقت إستماعٍ أطول

١١- اكسسوار للحذاء الرياضي shoes tags

قمت بتصميم هذا المنتج ثمّ طباعته بإستخدام الطباعة ثلاثية الأبعاد، وإستعملت هنا مادة الـ TPU المرنة

١٢- منتجات تحتوي على مغناطيس

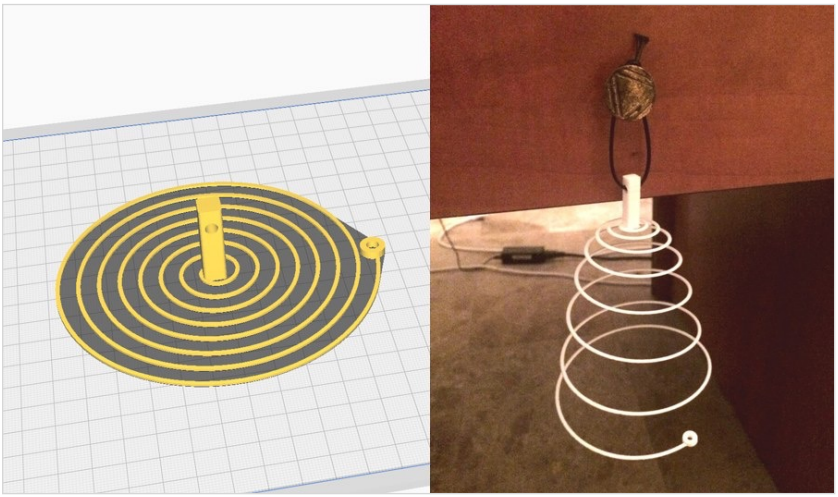
يمكنكم عند العمل على تصاميم ثلاثية الأبعاد أن تخصّصوا مكاناً لوضع مغناطيس صغير بحيث تستطيعون بعدها تثبيت المنتج على البرّاد مثلاً، وهذا أحد الامثلة:

HAPPY
RUNNER

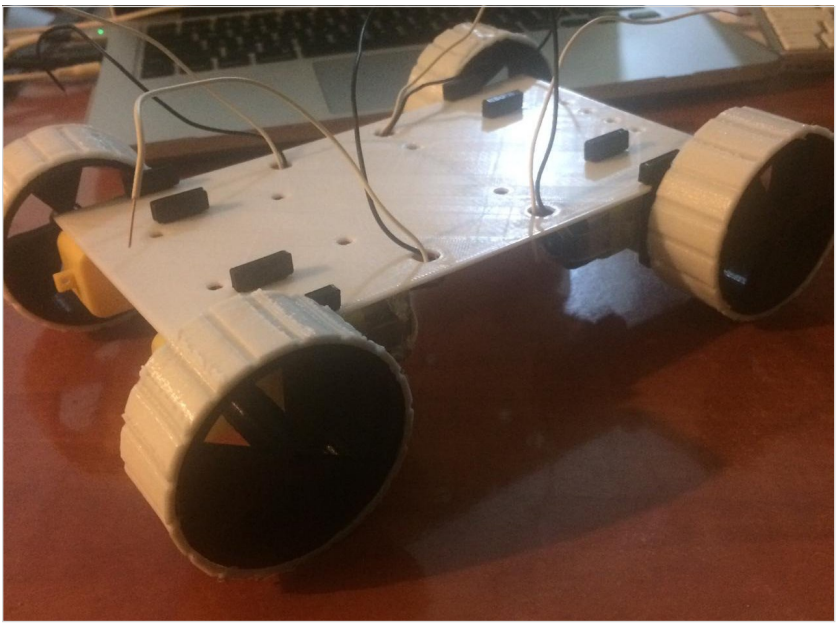
١٣- مشاريع متنوّعة

بالإضافة الى ما سبق، سأعرض هنا مزيداً من الصُوَر لبعض المشاريع أو المنتجات المختلفة التي عملت عليها:

منتج لتثبيت معقّم اليدين على الحائط



هذا كان منتجاً تجريبياً من أجل إستخدامه كلعبة للقطط المنزلية



هيكل سيارة قمتُ بتصميمه ثمّ طباعته بإستخدام الطباعة ثلاثية الأبعاد

كوستر لفنجان القهوة coffee coaster

إستعملت الطباعة ثلاثية الأبعاد لطباعة المكعبات المكتوب عليها كلمة RUNNER

إستخدمت هذا المنتج أثناء تمرين الركض، وقد قمت بتعليقه في "شورت الركض"، وهدف إستعماله هو وضع الموبايل داخله وكان ذلك أفضل من وضع الموبايل في جيبي، لقد كانت تجربة جيّدة، ولكنّها لم تكن آمنة تماماً فأذكُر أنّه وقع منّي مرّة على الأقل أثناء الركض!

الخاتمة

ما ذكرته في هذا الكتاب هو مجرّد مقدّمة عن الطباعة ثلاثية الأبعاد، ولكنها كافية بنظري لتبدؤوا خطوَتكم الأولى في هذا المجال، وبالتأكيد يمكنكم التوسّع أكثر في هذا العالم وتشعّباته من خلال القيام ببحثكم الخاص.

والطباعة ثلاثية الأبعاد هي مجرّد أداة أو وسيلة لتصنيع منتج معيّن، وقد تساعدكم في جنيِ المال في حال تمكنتم من تصنيع منتج يهمُّ السّوق، ولا داعي بأن يكون منتجاً ثورياً فقد يكون ببساطة منتجاً متواضعاً ولكنّه يساعد في حل مشكلة لدى فئة معيّنة من الناس.

وبالطبع يمكنكم إستخدام الطباعة ثلاثية الأبعاد كَهِواية لا أكثر، فالأمر يعود لكم في كيفية إستخدامها والإستفادة منها.