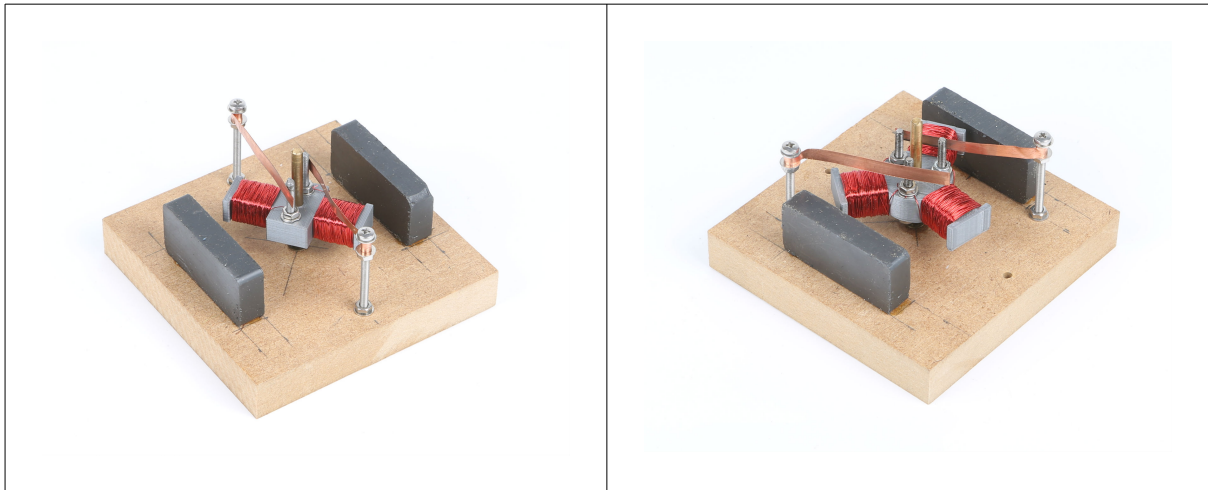


5. PETITA HISTÒRIA DEL MOTOR ELÈCTRIC

(de corrent continu)



Jordi Achón
Jordi Regalés
Jaume Riera

Projecte I: Motor de dos braços
Projecte II: Motor de tres braços
Full de treball
Annex

CESIRE
Departament d'Educació
Generalitat de Catalunya

BCN 2019



PETITA HISTÒRIA DEL MOTOR ELÈCTRIC



Segur que alguna vegada heu tingut un motor elèctric d'alguna joguina a les mans i l'heu engegat amb una pila. Si no, ja és hora de fer-ho.

Aquí esbrinarem com es va inventar el motor elèctric de corrent continu i en construirem un, tot resolent els **problemes** que es vagin presentant.

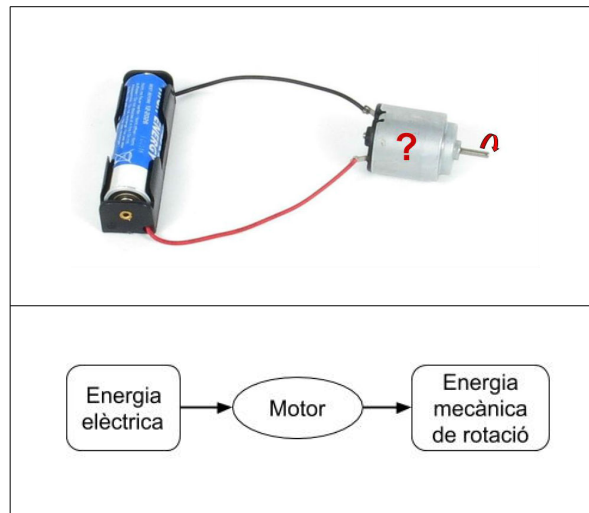
Necessitareu aquest material:


MATERIAL	QUANTITAT
Vareta cilíndrica, D: 4 mm, L: 60 mm	2
Fil de bobinar del 0'2	1 bobina petita per compartir
Làmina coure 120 x 20 x 0,1 mm	1
Fusta 100x100x16 mm	1
Ullet 4 mm interior/5 mm exterior	1
Imants ferrita 48x22x10	2
Cargols M3, L: 25 mm	5
Cargols M3, L: 50 mm	4
Femelles M3	17
Volanderes M3, D. Exterior: 7 mm	18
Cola d'impacte	1 tub petit per compartir
Armadura (3D) electroimant 2 Braços	1
Armadura (3D) electroimant 3 Braços	1


PROJECTE 1

 Què és i què fa un motor elèctric?

Bàsicament és una màquina que transforma l'energia elèctrica (de la pila) en mecànica (l'eix del motor gira). A l'eix del motor se li pot acoblar qualsevol peça o una altra màquina.



 Objectiu: mobilitzeu tot el que sabeu d'imants i electroimants per inventar un giny electromecànic que faci girar un eix sense parar, és a dir, un motor elèctric. Vet aquí el **problema**.

 Per resoldre aquest problema, en primer lloc cal pensar un prototip i després construir-lo. Fem una pluja d'idees i apuntem totes les idees que vagin sortint. Però abans recordeu que:

- Si es canvia el sentit del corrent elèctric d'un electroimant (**commutació**), aleshores, la seva polaritat magnètica canvia, és a dir, que l'extrem que és Nord canvia a Sud i viceversa.
- Les forces d'atracció i repulsió entre pols magnètics, ja siguin d'imants permanents o d'electroimants, poden produir moviment: pols iguals s'allunyen i pols diferents s'acosten.

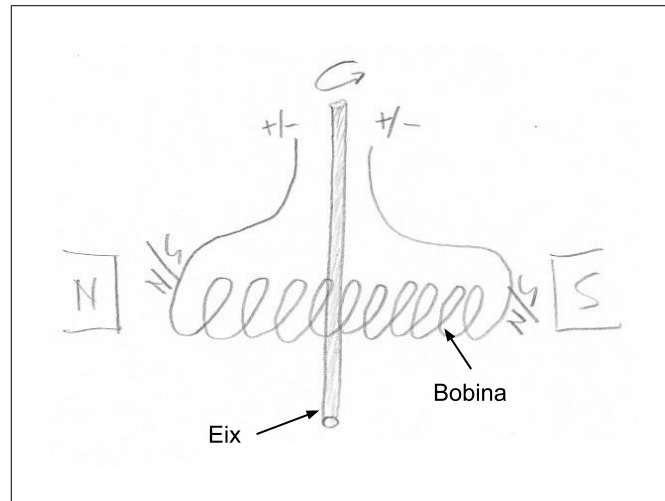
Amb aquests dos coneixements es possible idear un prototip.



Pengeu i expliqueu els vostres prototips al [full de treball \(1\)](#)



Vet aquí el prototip que treballarem :



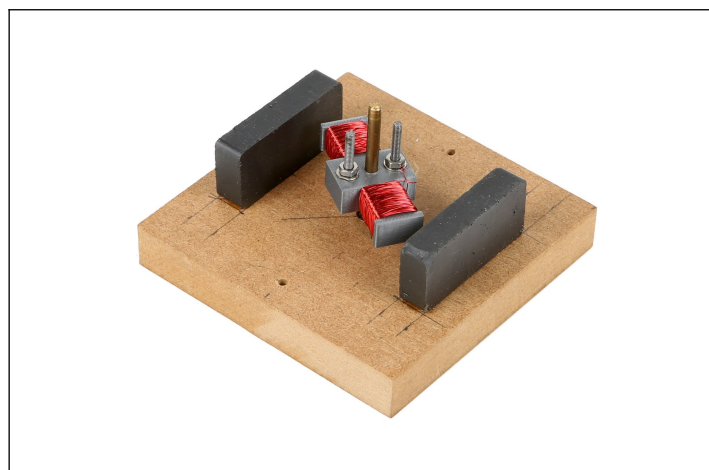
- Un electroimant fixat a un eix central que gira lliurement.
- Aquest electroimant *rotor* està situat entre dos imants permanents fixos, amb pols diferents encarats.
- Si se sap com canviar el sentit del corrent de l'electroimant en els moments i en els posicions adequades, les forces d'atracció i de repulsió entre els pols dels imants i els de l'electroimant produiran un **parell de forces** de sentit contrari que faran **girar el rotor**.



Aprofundi una mica més en aquest prototip mitjançant la [següent simulació](#).



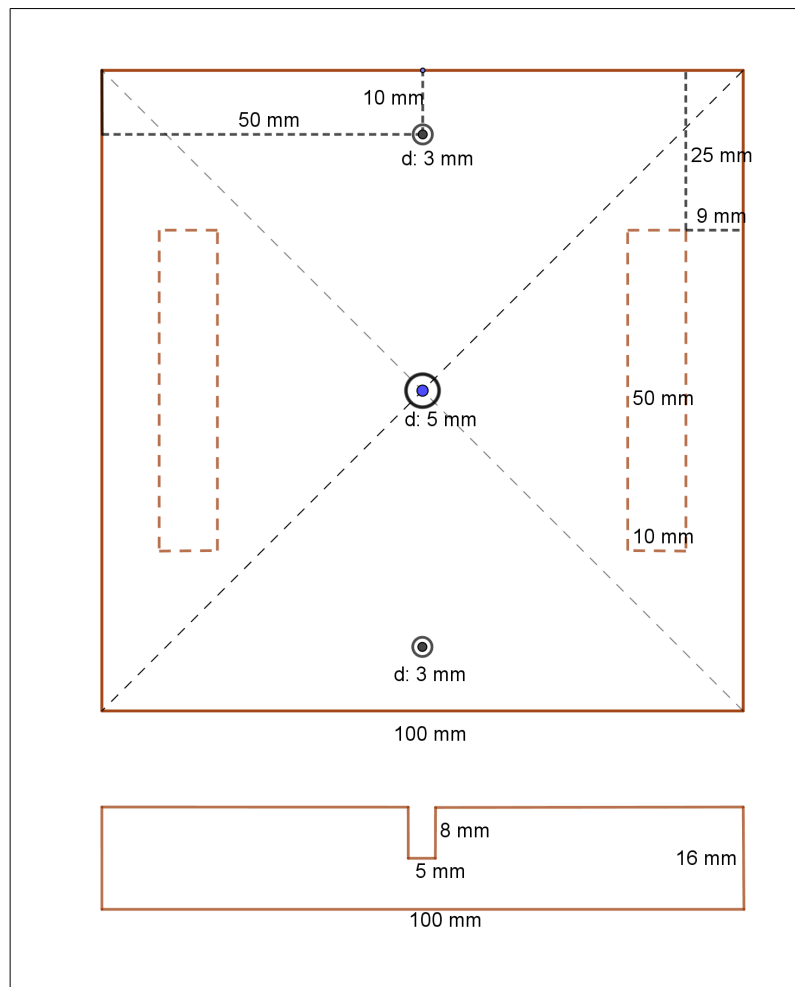
Construïm primer la base i l'electroimant rotor. Vet aquí la pinta que ha de tenir una vegada realitzat:



Hi distingim dues parts: la part que està quieta, *l'estator*, que ara inclou la base i els imants, i la part que es mou, el *rotor*, que inclou l'electroimant amb els seus dos borns de contacte (els dos cargols) i l'eix.



Preparem en primer lloc la base sobre la placa de fusta. Vet aquí les mides:



Preparant la base:

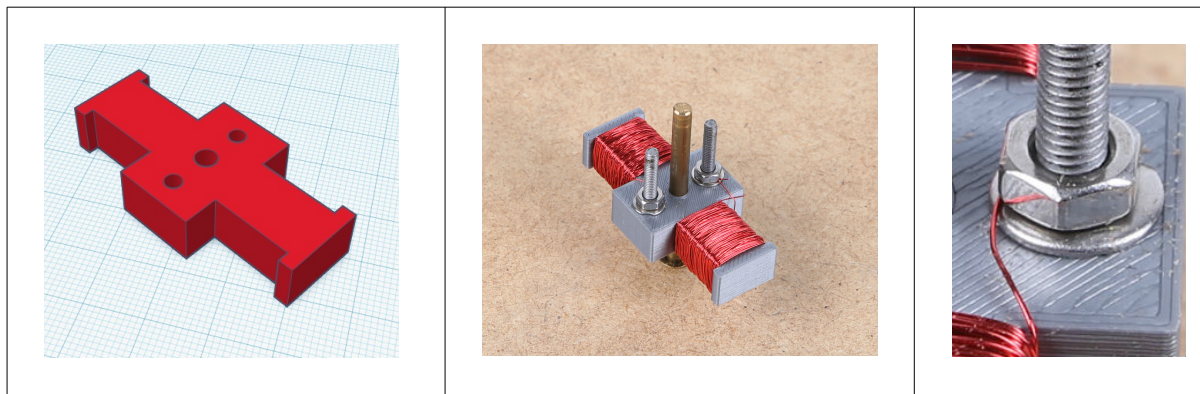
1. Marqueu el centre de la base de fusta i els rectangles per col·locar els imants.
2. Amb el trepant i la broca de 5 mm perforeu el centre a una profunditat de 8 mm.
3. Encasteu-hi l'ullet.
4. Enganxeu amb cola d'impacte els imants tot encarant-los pels pols oposats.
5. Amb una broca de 3 mm perforeu els dos punts on, més endavant, s'hi collaran els suports de les escombretes.



Seguidament muntem l'electroimant rotatori o rotor. Si disposeu d'un entorn de

disseny i d'impressió 3D millor. Podeu baixar el fitxer stl per imprimir aquí: <https://www.tinkercad.com/things/gLYS2pGSEre> . Si no, a l'annex final hi trobareu una alternativa igual d'eficient feta amb cartró ploma.

Vet aquí l'armadura del rotor, i tal com ha de quedar, una vegada bobinada.



Muntatge:

1. En primer lloc posarem els dos cargols (M3) i hi posarem una volandera i una rosca. No collarem del tot la rosca ja que hem de deixar una mica d'espai entre la volandera i la rosca per tal d'enllaçar-hi el fil.
2. Després la collarem amb força per tal de pessigar bé el fil i trencar-ne l'esmalt, si no, no farà contacte.
3. Aquesta operació es delicada perquè el fil es pot trencar, useu una tornavís per impedir que el cargol giri mentre colleu la rosca amb una clau.
4. Amb el fil de bobinar del 0,2 donarem 150 voltes a cada braç, tenint cura de bobinar en el mateix sentit quan canviem de braç.
5. En acabat, collarem la cua del fil a l'altre cargol, collant-lo amb força per trencar l'esmalt.
6. Es imprescindible comprovar que els contactes estan ben fets, per això comproveu que hi passa corrent. Si disposeu d'una font d'alimentació la comprovació és immediata.

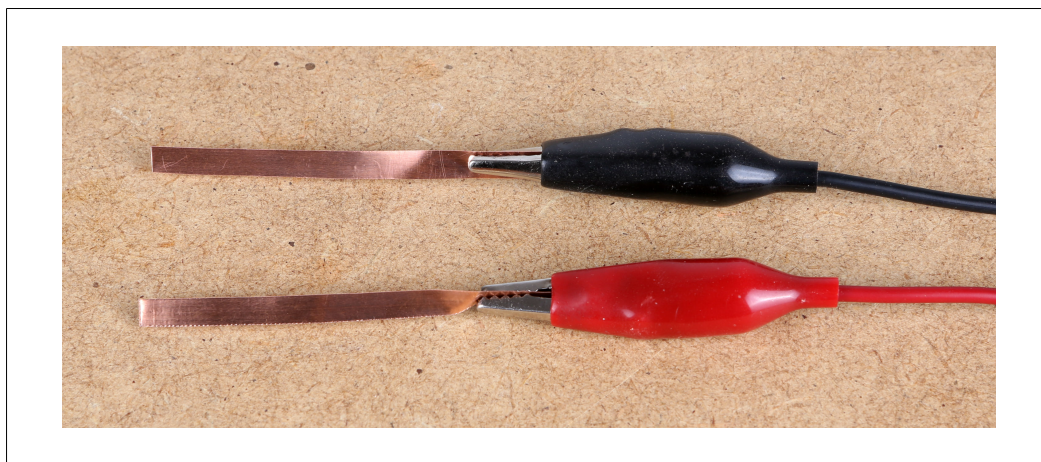


Ja tenim el prototip inicial realitzat. Ara pensem com ha de ser el dispositiu que ha d'activar i desactivar l'electroimant rotor de tal manera que:

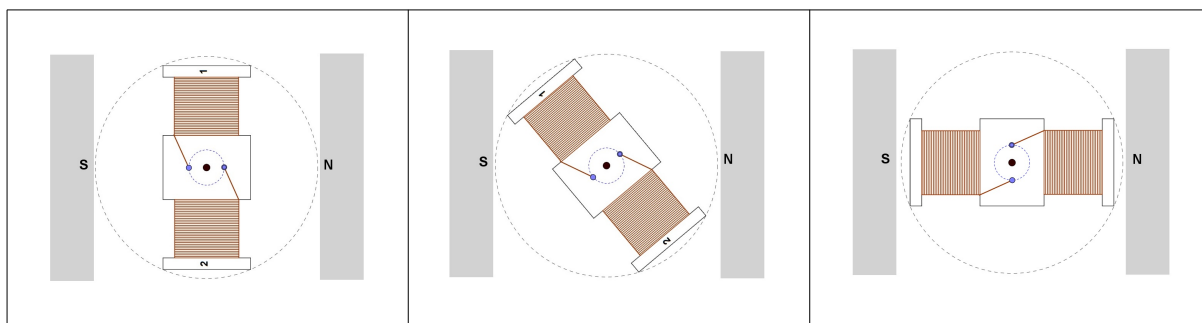
- a) Quedi inactiu (sense corrent) quan els seus pols (extrems) s'encaren amb els imants.
- b) I quan no s'hi encaren, ha d'activar-lo i commutar el sentit del corrent cada mitja volta, de manera que commuti la seva polaritat magnètica per tal que actuïn les forces d'atracció i repulsió que el fan girar.



Per veure com ha de ser i on col·locar aquest dispositiu cal disposar de dues làmines fixes i flexibles de coure que freguin les els borns (els dos cargols) i que caldrà connectar als pols de la pila o de la font d'alimentació. Aquestes làmines s'anomenen **escombretes**. De la làmina de coure de 0'1 mm de gruix, talleu-ne dues peces de 80 x 5 mm. Ara cal **explorar** quina serà la millor posició de les escombretes per fixar-les a la base. Per realitzar aquesta exploració serviu-vos d'un cocodrils i connecteu-los a la font.



Exploreu aquestes tres posicions del rotor respecte dels imants:



Amb les escombretes sempre paral·leles, aneu-les girant de manera que sempre freguin els borns (cargols de l'electroimant rotor) fins que trobeu una posició en què el rotor arrenqui i continuï girant, i hauréu localitzat el lloc de les escombretes.



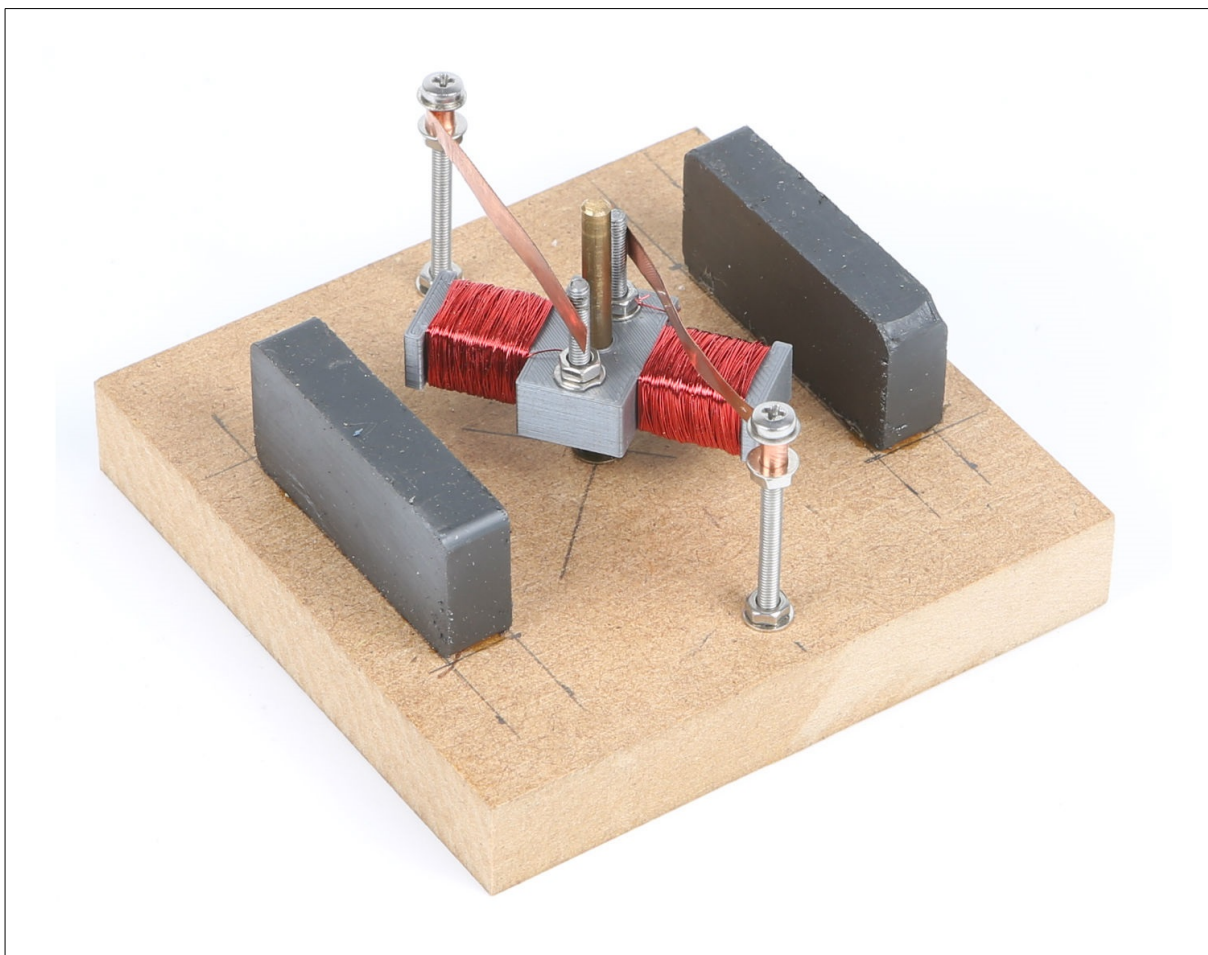
Les escombretes les fixarem amb un cargol M3 de 50 mm.

1. Introduïu dues volanderes en el cargol i enrosqueu-hi una femella.
2. Entre les dues volanderes enrotlleu uns 20 mm de l'escombreta i colleu la femella de manera que l'escombreta quedarà fixada al cargol.
3. Fixeu-les en els dos forats que heu fet amb la broca de 3 mm.
4. A fi que la base sigui estable, les femelles de sota no n'han de sobresortir, de la

superfície, de manera que cal ensotar-les. Per això, amb la broca de 6 mm, n'eixamblem el forat a 2 mm de profunditat:



Ja tenim el prototip fet:



Important: abans de posar-lo en marxa greixeu bé l'interior de l'ullet que suporta el rotor i les escombretes, així es reduiran les forces de fregament que s'oposen al moviment. Per fi arriba el moment més emocionant. Entre 3 i 6 volts de tensió seran suficients. Vegeu-lo funcionant [aquí](#).



Avaluem el prototip. Engega sempre? Si es fan unes quantes proves és evident que de

vegades no arrenca sol, en aquests casos cal donar-li una empenta per fer-lo funcionar. Un prototip que no arrenca per si mateix no és un bona solució.



Vet aquí un **nou problema**: idear un prototip que sempre arrenqui, quina sigui la posició del seu rotor.



Analitza el prototip i raona per què de vegades arrenca i altres vegades no.



Explica el teu raonament al **full de treball (2)**.



Feu una pluja d'idees per comprendre perquè de vegades arrenca i altres vegades no. Si ho compreneu bé, us ajudarà a idear un nou prototip de motor que sempre arrenqui, independentment de la posició del seu rotor.

PROJECTE 2: EL ROTOR DE 3 BRAÇOS



Una bona manera de començar a idear aquest nou prototip consisteix en veure com està fet un motor, de manera que en desmuntem un. Observeu que el seu rotor té tres braços:



Doncs per aquí ha d'anar la solució al **problema** de l'arrencada.

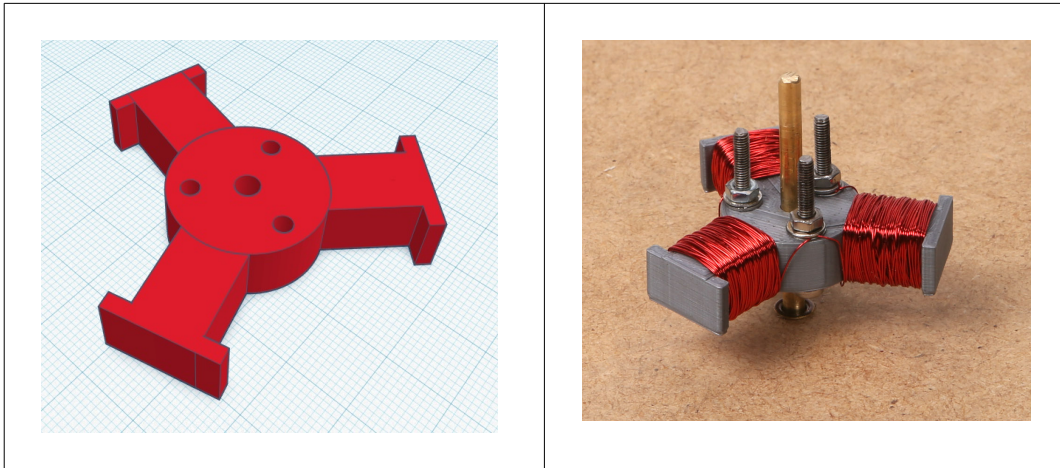
Recordeu que si el rotor té dos braços només arrenca mentre aquests no s'encarin als imants, perquè els borns fan contacte, activen l'electroimant i es produeix el *parell de forces* que fa girar el rotor.


Tal com està muntat el prototip dels dos braços, quan aquests s'encaren a l'imant o bé les escombretes no fan contacte amb els borns i l'electroimant estarà inactiu, o bé fan contacte amb l'eix i es produeix un curtcircuit de manera que l'electroimant també romandrà inactiu.

En resum, el rotor de dos braços no arrencarà quan els pols dels imants estiguin alineats amb els pols dels imants, en aquesta situació imants i braços presenten una **simetria**. En canvi, si el rotor té tres braços, mai es produirà aquesta simetria. Com a màxim un sol braç podrà estar encarat a un pol.

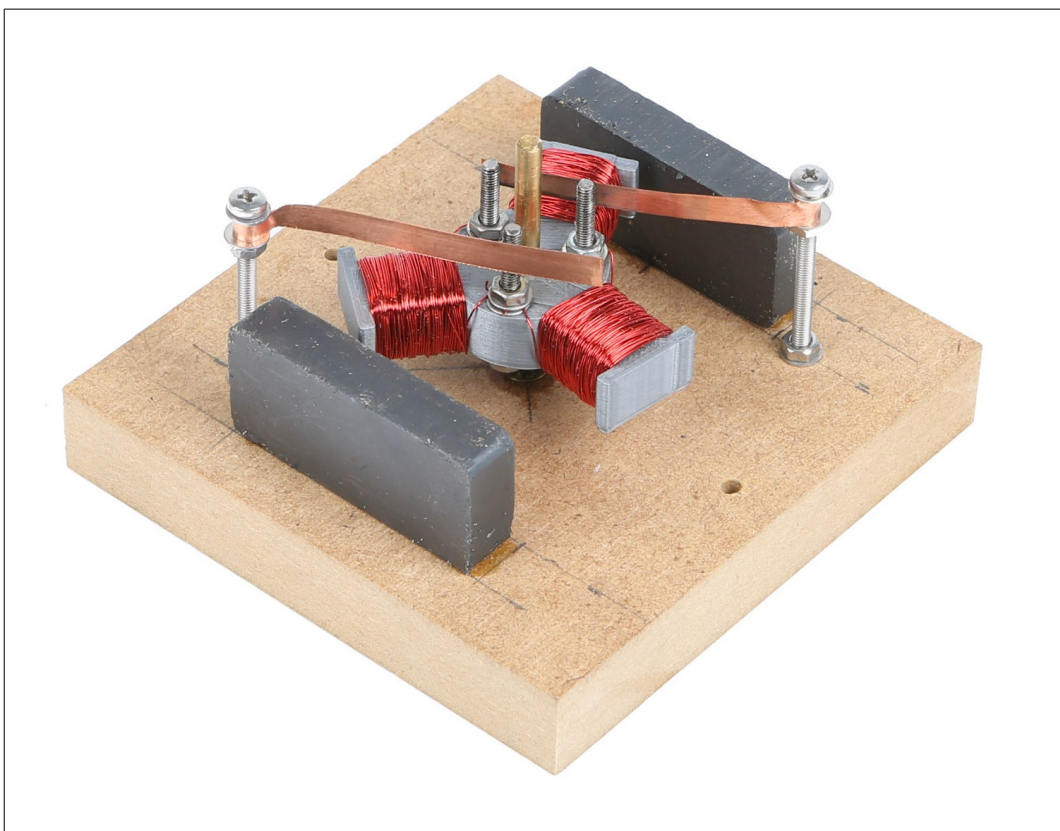


Fem, doncs, un rotor de tres braços. Aquí teniu el fitxer stl per imprimir: <https://www.tinkercad.com/things/bTyqPmAR1Cl>. Seguiu el mateix procediment que amb el rotor de 2 braços, amb cura de bobinar sempre en el mateix sentit i de collar fort els cargols a fi de pessigar i trencar l'esmalt del fil. Una vegada acabeu, amb la font d'alimentació comproveu que els tres electroimants funcionen.



 Useu la mateixa base del projecte anterior i traieu-ne les escombretes. Talleu de nou dues làmines de coure de 80 x 5 mm, agafeu-les amb les pinces de cocodril i connecteu-les a la font d'alimentació. Tot seguit **exploreu** quina és la millor posició de les escombretes.

 Perforeu les dues posicions de les escombretes i colleu-les.



Ara arriba el moment més esperat: corrent i ... acció!



El problema està resolt? Si i no. Sí perquè el rotor arrenca en qualsevol posició, i no perquè no tenim una idea clara de com funciona, és a dir, per què el rotor arrenca en qualsevol posició? Aquesta és la pregunta a fer-se.

Per respondre-la cal analitzar com interactuen els tres electroimants amb els dos pols dels imants permanents. En efecte, hi ha tres electroimants connectats en sèrie, tres borns i dues escombretes. Els electroimants van canviant de polaritat magnètica a mesura que giren, etc. En fi, que tot això cal aclarir-ho bé.

Desenvolpeu aquesta recerca en el **full de treball (3)**.

PETITA HISTÒRIA DEL MOTOR ELÈCTRIC

ANNEX

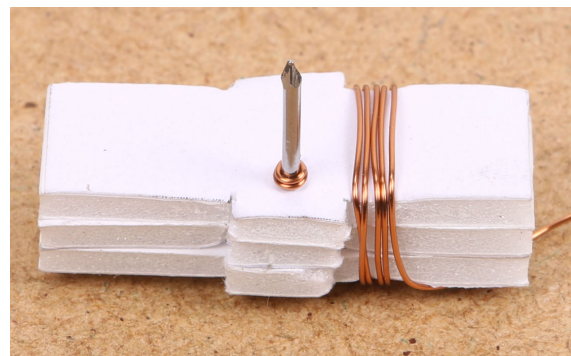
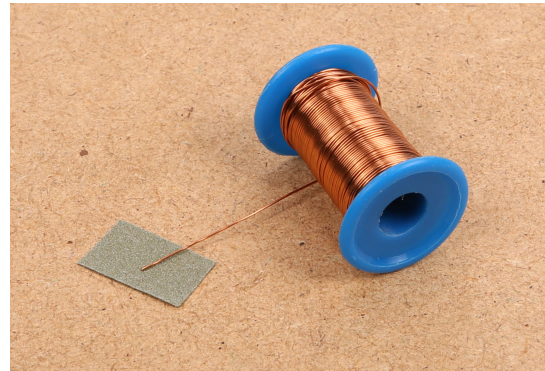
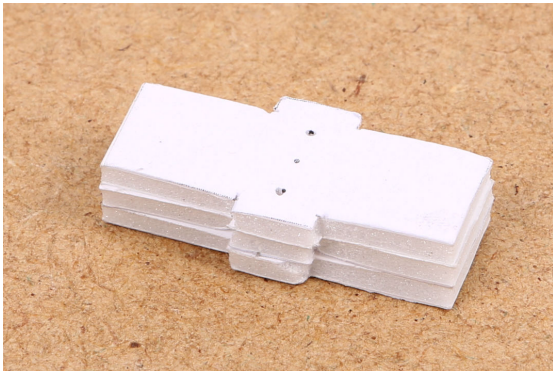
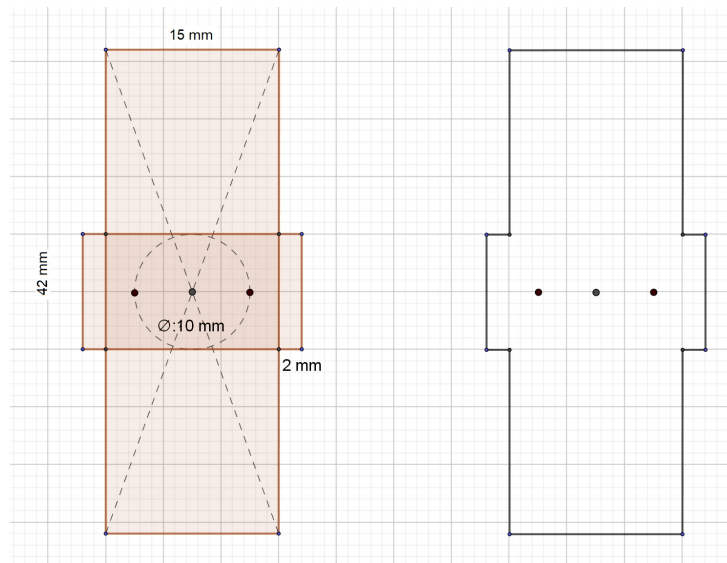
Construcció dels rotors amb cartró ploma

MATERIAL	QUANTITAT
Vareta cilíndrica, D: 4 mm, L: 60 mm	2
Fil de bobinar 0'2	1 bobina petita
Claus 30 mm	5
Cola barra	1 per grup classe
Paper de vidre gra P-120	1 per grup classe
Full de cartró ploma DA4	1/2

PROJECTE 1: ROTOR 2 BRAÇOS



Plantilla:



PROJECTE 2: ROTOR DE 3 BRAÇOS



Plantilla (La teniu en aquest [enllaç](#))

