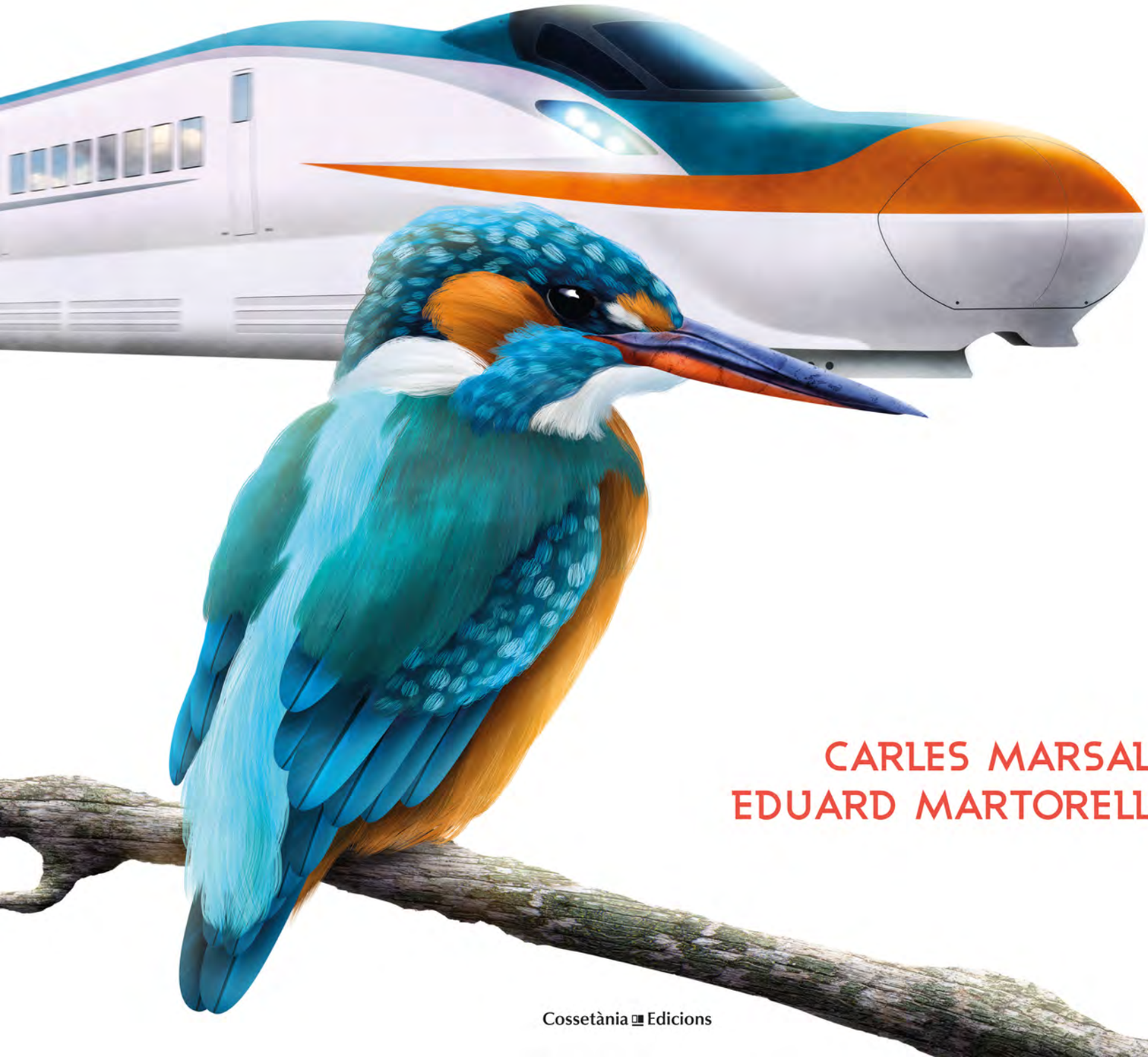
BIÒNICA

IMITANT LA NATURA



CARLES MARSAL
EDUARD MARTORELL

Cossetània Edicions

Primera edició: gener de 2019

© del text: Eduard Martorell

© de les il·lustracions: Carles Marsal

Edita:

9 Grup Editorial / Cossetània Edicions
C. de la Violeta, 6 • 43800 Valls
Tel. 977 602 591
cossetania@cossetania.com • www.cossetania.com

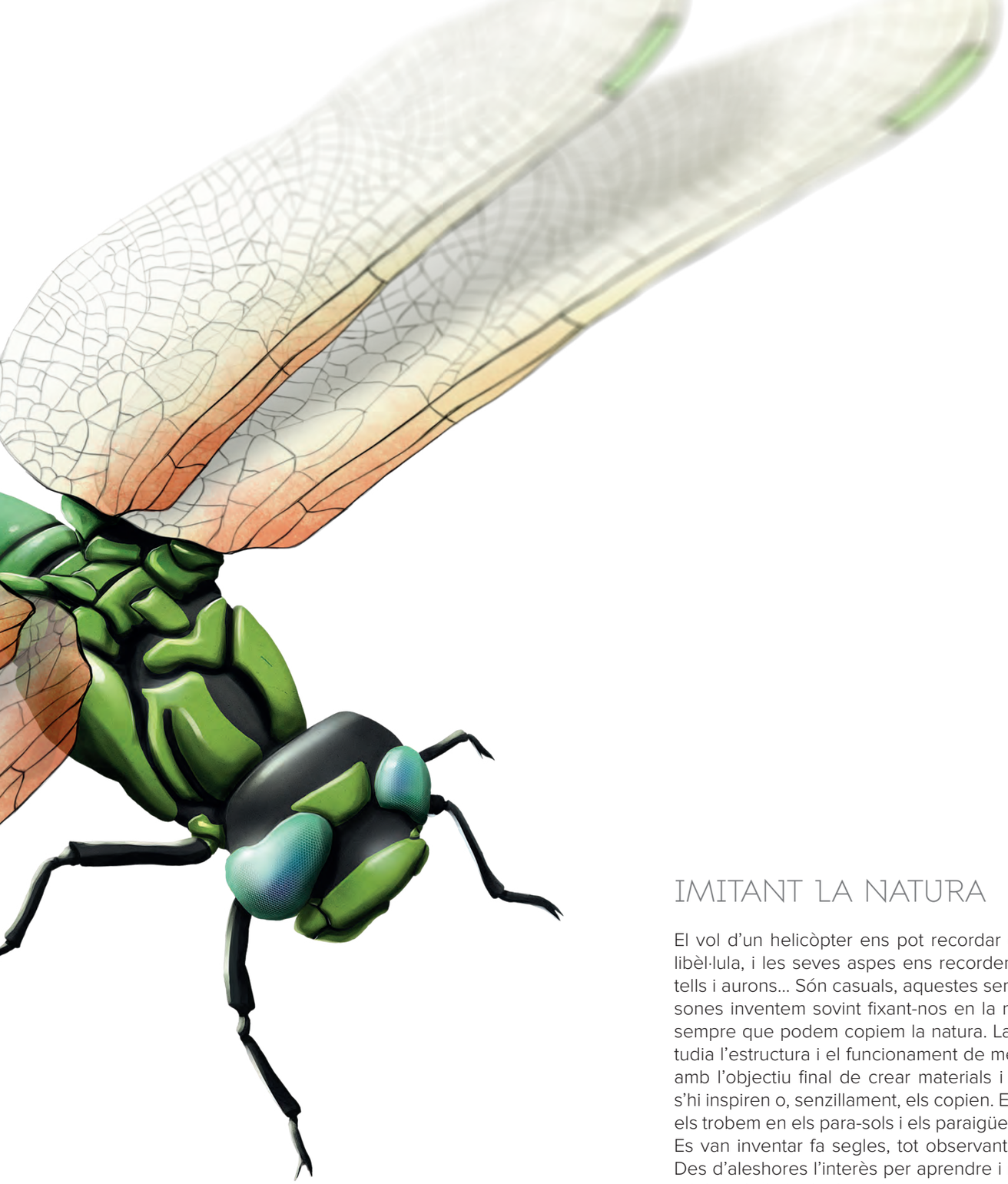
Disseny i composició: 3 x Tres

Concepte de la maquetació: Carles Marsal

Impressió: GPS Group

ISBN: 978-84-9034-782-9

DL T 4-2019



IMITANT LA NATURA

El vol d'un helicòpter ens pot recordar el vol d'un espiadimonis o libèl·lula, i les seves aspes ens recorden les ales de les llavors de tells i aurons... Són casuals, aquestes semblances, o és que les persones inventem sovint fixant-nos en la natura? La resposta és que sempre que podem copiem la natura. La biònica o biomimètica estudia l'estructura i el funcionament de mecanismes dels éssers vius amb l'objectiu final de crear materials i mecanismes artificials que s'hi inspiren o, senzillament, els copien. Els primers casos de biònica els trobem en els para-sols i els paraigües o en els rems i els timons. Es van inventar fa segles, tot observant éssers vius molt diversos. Des d'aleshores l'interès per aprendre i imitar la natura no s'ha aturat, i avui dia tenim invents molt recents que també descobrireu en aquest llibre... com els últims robots.

INTRODUCCIÓ



VOLEM COPIANT FORMES DE LA NATURA...

L'interès per volar ha acompanyat la nostra espècie des de fa molts i molts anys. Ara que volem dins de grans avions, amb motors a reacció, potser hem oblidat que les hèlixs són la peça clau que proporciona la força que els impulsa. Fixeu-vos en la forma de cada pala d'una hèlix i veureu que s'assembla molt a l'ala de les llavors d'alguns arbres, com els aurons. Si no heu vist mai caure una d'aquestes llavors, aconseguiu-ne una i feu-ho: deixeu-la anar des d'una bona alçada i veureu com es mou tot girant de la mateixa manera que giren les pales de les hèlixs que hem construït artificialment.

Els esportistes que es dediquen al vol amb avions planadors sense motor també saben que sense haver estudiat els grans rapinyaires ens hauria costat molt dissenyar les ales d'aquests avions. La forma de les ales artificials copia les naturals, evolucionades per afavorir la força ascendent. I és que els grans rapinyaires s'enlairen aprofitant aquests corrents ascendents d'aire calent, com els avions planadors.

I els esportistes que practiquen l'esport de risc de caiguda lliure amb vestit ala? Poden volar amb aquesta llibertat perquè hi ha qui es va fixar en el vol planador dels esquirols voladors. El vestit ala copia els replecs de pell ben estesos d'aquests esquirols quan salten des d'una branca ben alta d'un arbre i planen fins a arribar al seu nou objectiu.



... I TAMBÉ NEDEM I NAVEGUEM MÉS RÀPID GRÀCIES A LA NATURA

La forma de les hèlixs dels avions no és gaire diferent de la que tenen les hèlixs dels vaixells amb motor. El mateix tipus de moviment que impulsa els avions dins de l'aire també impulsa els vaixells dins d'un altre fluid: l'aigua.

Per desplaçar-nos per l'aigua a més velocitat quan nedem, ens ajudem dels peus d'ànec. Segur que ho heu provat alguna vegada, oi? Les persones els vam inventar fixant-nos en els animals que són uns grans nedadors tot i no ser peixos: ànecs i altres ocells que es desplacen sovint per l'aigua, i granotes i gripaus. Les extremitats inferiors d'aquests animals tenen unes membranes entre els dits dels peus, les membranes interdigitals, que n'augmenten molt la superfície de contacte amb l'aigua. Com a resultat, es poden impulsar amb molta més eficàcia i bellugar-s'hi molt més ràpid. Però encara hem imitat més la natura per nedar molt ràpid: els nedadors professionals fan servir banyadors elaborats amb un material que imita la pell d'alguns animals marins veloços, com els dofins i les orques, i fins i tot les escates d'alguns peixos que ajuden a disminuir les turbulències amb l'aigua i, per tant, la seva resistència a l'avenç.

Les aletes dels peixos també ens han ajudat a dissenyar objectes que ens faciliten la navegació. Si aneu en una barca de rems, veureu de seguida que les pales dels rems us permeten avançar perquè fan la mateixa funció que l'aleta caudal (la cua) dels peixos. I amb la pala del timó dirigiu el trajecte que ha de fer la barca, tal com fan els peixos bellugant la posició de les aletes pectorals (les que tenen a cada costat de la zona que equival al nostre pit).

INTRODUCCIÓ

ALTRES INVENTS BIOMIMÈTICS

L'observació i estudi del vol de les abelles del gènere *Bombus* ha ajudat a construir robots que poden mantenir-se una estona dins dels tornados i enviar-ne informació molt valuosa que potser ajudarà a millorar-ne la predicció.

Algunes ulleres protectores s'han dissenyat estudiant els ulls de les serps, o més ben dit, les parpelles transparents que hi tenen soldades. Ja s'estan fabricant agulles hipodèrmiques molt petites que, imitant els fiblons dels mosquits, aconsegueixen que les punxades siguin indolores. Altres animals ens han ensenyat a dissenyar i construir ventoses. Fixeu-vos en les ventoses dels braços de pops, sípies i calamars, o en els petits peus ambulacrals de les estrelles de mar. Les persones hem dissenyat les ventoses artificials copiant exactament la mateixa forma, però les hem construït amb plàstics i gomes.

Sabeu quin altre invent va tenir molt d'èxit gràcies a les bràctees d'algunes plantes, com les del gènere *Arctium* per exemple? Segur que sí, perquè n'heu utilitzat moltes vegades: el *Velcro*! Exacte, aquest tipus de veta adherent que permet enganxar i desenganxar amb molta facilitat peces de roba. Segur que n'heu fet servir per fixar-vos unes sabatilles esportives o una caputxa... Quin gran invent!

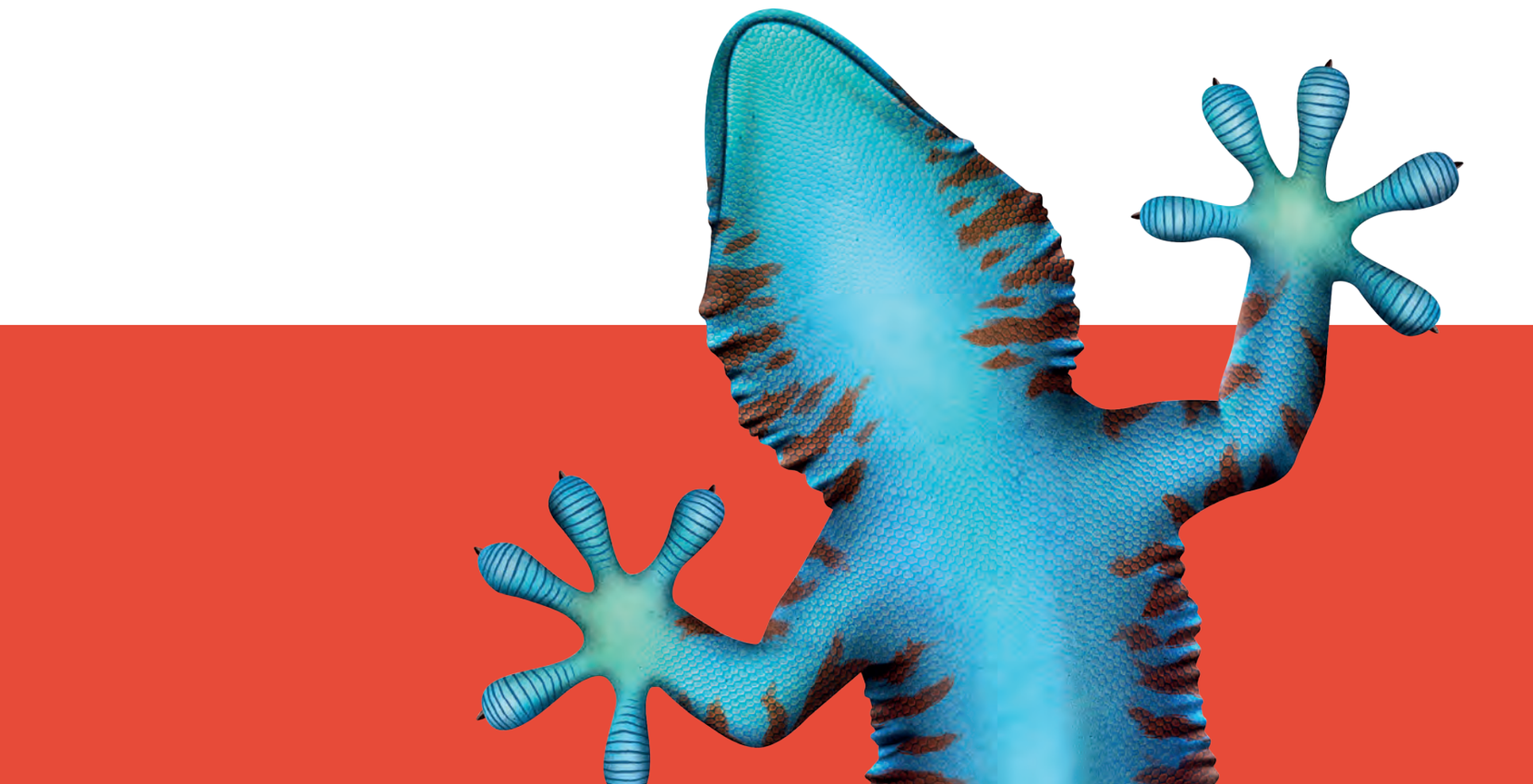
Ep!, i no oblidem un altre gran grup d'éssers vius, els fongs, que ens van donar la idea que calia per construir paraigües: la forma de molts bolets ho feia evident!

Continuant amb aquesta introducció us explicarem que científics de la Universitat de Cambridge van publicar fa molt pocs anys a la revista *Science* els resultats de l'observació d'una transmissió mecànica en una estructura biològica. Aquest sistema consisteix en uns engranatges formats per tires de deu o dotze dents en unes estructures corbes a les potes posteriors de l'*Issus* sp., un gènere d'insecte hemípter molt comú a Europa. S'ha observat que les formes juvenils d'aquests insectes sincronitzen els seus salts gràcies a aquesta mena d'engranatge de dents asimètriques, el qual assegura que els salts sempre siguin endavant i no hi hagi la possibilitat de descoordinar la direcció del salt a partir de l'impuls de les dues potes.

Aquesta estructura anatòmica, que funciona d'una manera molt semblant a com ho fan molts engranatges de rodes dentades en la transmissió d'una bicicleta, una moto o un cotxe, es perd quan els individus juvenils muden —desfent-se de l'exosquelet quitinós— per créixer. Per tant, quan són adults ja no tenen aquest mecanisme natural, i se sospita que això es deu al fet que els insectes adults no són capaços de regenerar les dents si es trenquessin o es fessin malbé, cosa que sí que són capaços de fer els individus joves.

Per acabar, només dos exemples més, un de molt antic i un altre rabiosament modern. Comencem per l'antic: l'any 1719, el francès François Réaumur va començar a fabricar paper (sí, paper!) a partir de l'observació de les vespes, de com les vespes fabriquen els seus nius a partir de la fusta. Si mai heu pogut agafar un niu de vespes abandonat (altrament us enduríeu una bona colla de picades molt doloroses...), haureu vist que està format per unes làmines d'autèntic paper finíssim. En François Réaumur va tenir la paciència d'observar com el fabricaven i..., *voilà*!, va tenir la gran idea de copiar les vespes i d'aquí van sorgir els primers papers fabricats a partir de pasta de fusta. Encara avui dia la principal matèria primera de la pasta que s'usa per fer paper és la fusta de diferents espècies d'arbres. I el segon exemple: actualment hi ha biòlegs i enginyers estudiant de quina manera es pot incorporar anticongelant entre les capes de metall més externes de les ales dels avions tot copiant la disposició del verí que contenen molts amfibis entre les capes de pell. Molts gripaus en tenen per evitar ser depredats... I l'anticongelant ajudaria a evitar la congelació de l'aigua que es condensa en les ales dels avions quan volen a molta altura on les temperatures són baixíssimes. Meravellós, oi?

L'observació i l'estudi de la natura ens dona molt bones idees per inventar objectes i mecanismes que ens faciliten la vida. Ja ho heu vist: d'una llavor, de la forma d'un insecte o dels peus d'un ànec, per triar tres exemples, n'hem tret idees de gran profit!



01
Libèl·lula /
helicòpter

02
Peix cofre /
cotxe biònic

03
Ratpenats i cetacis /
sonar

04
Gran rapinyaire /
avió planador

05
Esquirol volador /
vestit ala

06
Termiters africans /
arquitectura biomimètica

07
Tauró /
timó i fulles de serra

08
Ventoses del braç d'un pop /
ventoses de plàstic

09
Bràctees de les plantes del card /
Velcro o veta adherent

10
Potes del talp /
pala excavadora

11
Arbre i bolet /
paraigua

12
Armadillos i coleòpters /
cuirasses i armadures

13
Xarxa neuronal /
XNA

14
Gecònids i musclos /
pega quirúrgica

15
Blauet /
tren bala

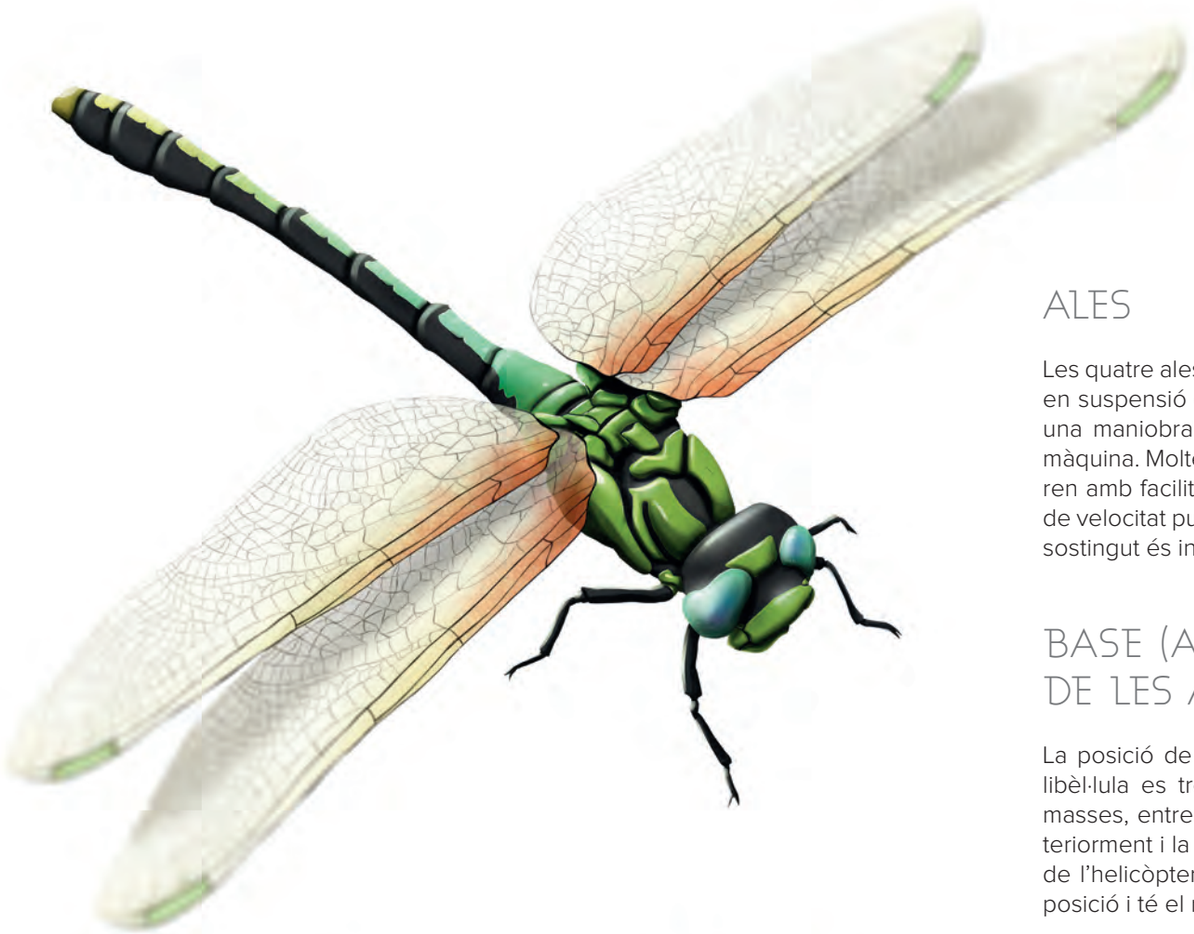
16
Fulles de lotus /
teixits superhidrofòbics

17
Escarabat del desert del Namib /
teixit recol·lector d'aigua de la boira

18
Formació d'ocells migradors /
formació en V dels avions militars

19
Vol de les abelles /
robot a prova de tornados

20
Animal /
robot

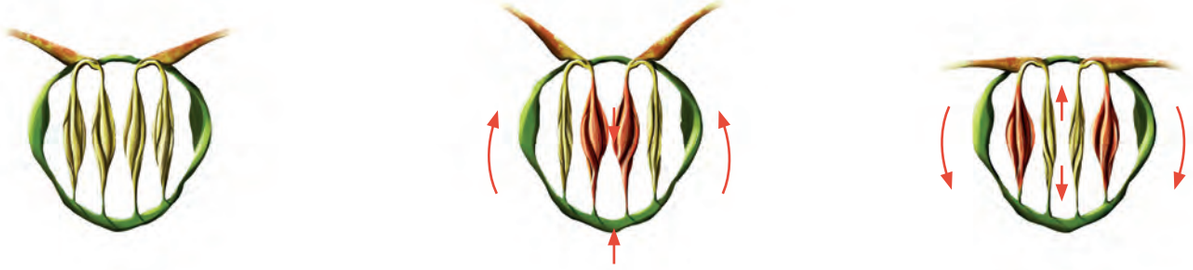


ALES

Les quatre ales de la libèl·lula permeten el vol en suspensió en l'aire, com els helicòpters, i una maniobrabilitat molt superior a la de la màquina. Moltes espècies de libèl·lules superen amb facilitat els 50 quilòmetres per hora de velocitat punta, tot i que la velocitat del vol sostingut és inferior.

BASE (ANCORATGE) DE LES ALES

La posició de l'ancoratge de les ales d'una libèl·lula es troba en la zona d'equilibri de masses, entre la part que queda situada anteriorment i la posterior. El rotor de les aspes de l'helicòpter també se situa en la mateixa posició i té el mateix objectiu.



MOVIMENT DE LES ALES

Sota l'ancoratge de les ales de la libèl·lula hi ha uns músculs que les fan bellugar de manera que en canvia l'orientació respecte al pla horitzontal. Aquestes variacions en la posició de les ales permet a les libèl·lules aturar-se gairebé de cop, avançar i retrocedir, i altres maniobres que unes ales amb ancoratges fixes no permeten. Els moviments de les ales de les libèl·lules estan controlats per dos tipus de músculs: uns de directes, fixats directament a la base de les ales, i uns altres d'indirectes, músculs longitudinals i dorsiventrals del tòrax, fixats a les seves parets. Els directes controlen la inclinació i l'angle d'atac de l'ala. Els indirectes controlen un moviment d'ascens i descens de les ales mitjançant la variació de la convexitat del dors de l'insecte.

En els helicòpters, el rotor principal mou l'orientació de les aspes respecte al pla horitzontal precisament també per avançar i retrocedir. Hi trobem un joc de palanques que permet la variació de l'angle del rotor respecte de la vertical per variar l'angle d'atac de les aspes.

01 LIBÈL·LULA / HELICÒPTER



ASPES

Quan cau, la llavor dels aurons es mou de la mateixa manera que una hèlix. O potser hauríem d'invertir l'ordre de l'explicació: el moviment d'aspes i hèlixs és el mateix que el de les llavors d'alguns arbres, com els aurons o els tells o til·lers. Aquest moviment va inspirar la construcció de les hèlixs d'avions i vaixells i les aspes dels helicòpters.

ULLS / CABINA

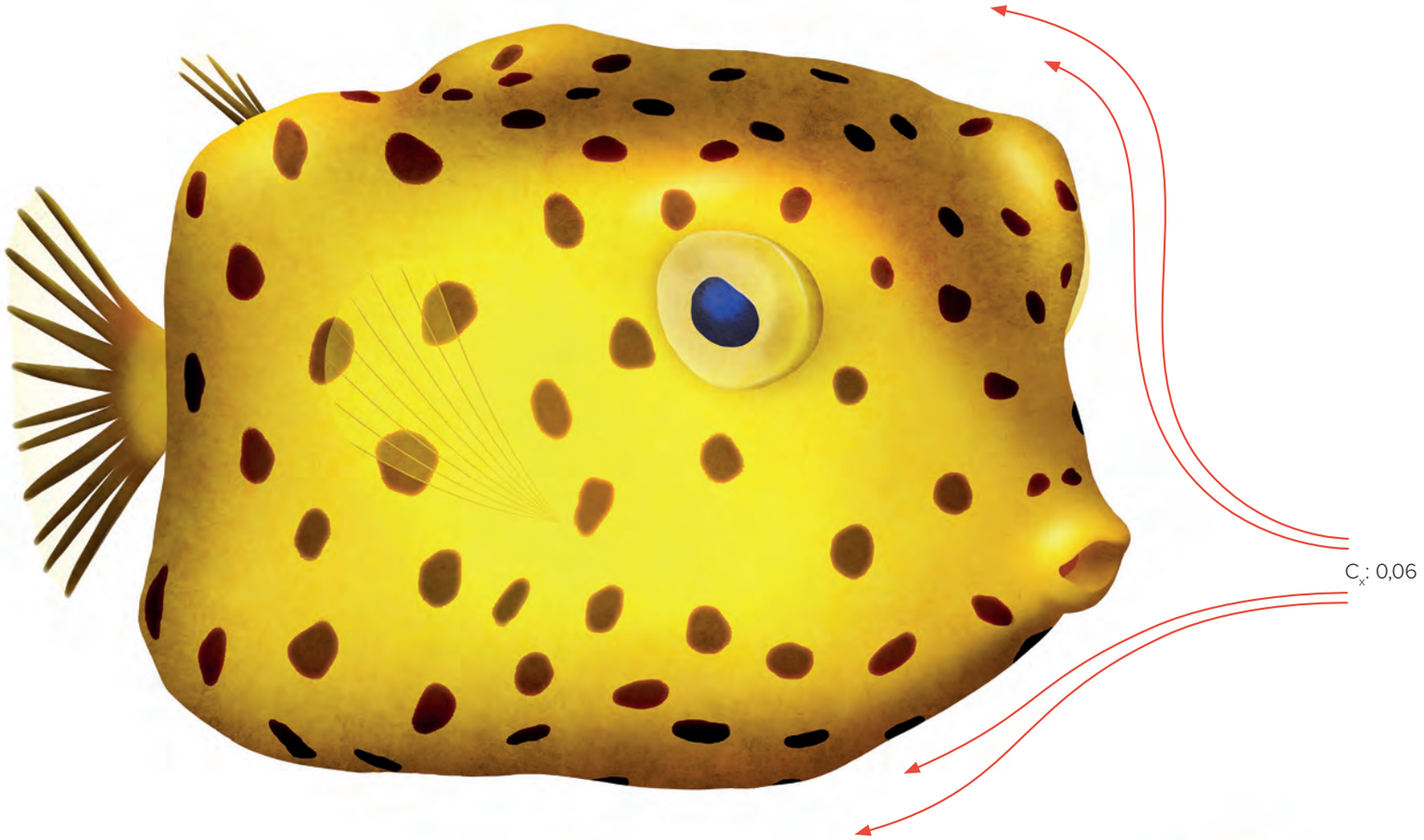
Els ulls de les libèl·lules permeten un camp de visió de més de 350 graus, gairebé completa. Els helicòpters tenen una cabina amb molt vidre transparent que permet també un camp de visió de gran amplitud. Posats a copiar la forma anatòmica de l'insecte, aprofitem el camp de visió que ens en permet el disseny!

SEGON ROTOR (CUA) DE L'HELICÒPTER

El moviment de les aspes dels helicòpters és totalment circular (el de les ales de la libèl·lula, no, és ascendent i descendent) i, per tant, necessita d'unes aspes perpendiculars a les principals per estabilitzar el vol i compensar la força de les aspes del rotor principal, que farien girar l'helicòpter en el mateix sentit de moviment circular del rotor. Les libèl·lules no necessiten més que les seves quatre ales...

HELICÒPTER (JUAN DE LA CIERVA CODORNÍU, AERÒDROM DE CUATRO VIENTOS, MADRID, 1924)

La semblança entre una libèl·lula i un helicòpter és indiscutible. No és gens estrany que un dels aparells voladors més maniobrables que s'han inventat s'hagi basat en l'observació d'aquests insectes els quals ja fa més de 400 milions d'anys que volen per la Terra.

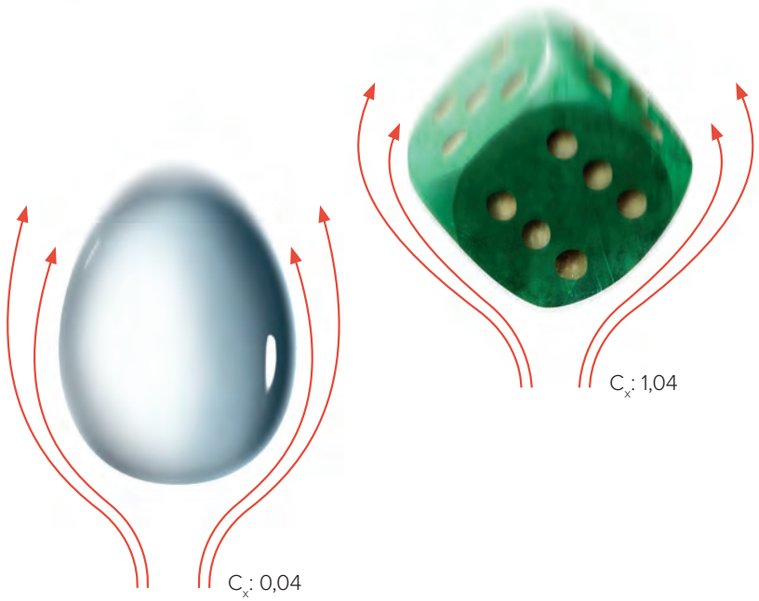


FORMA

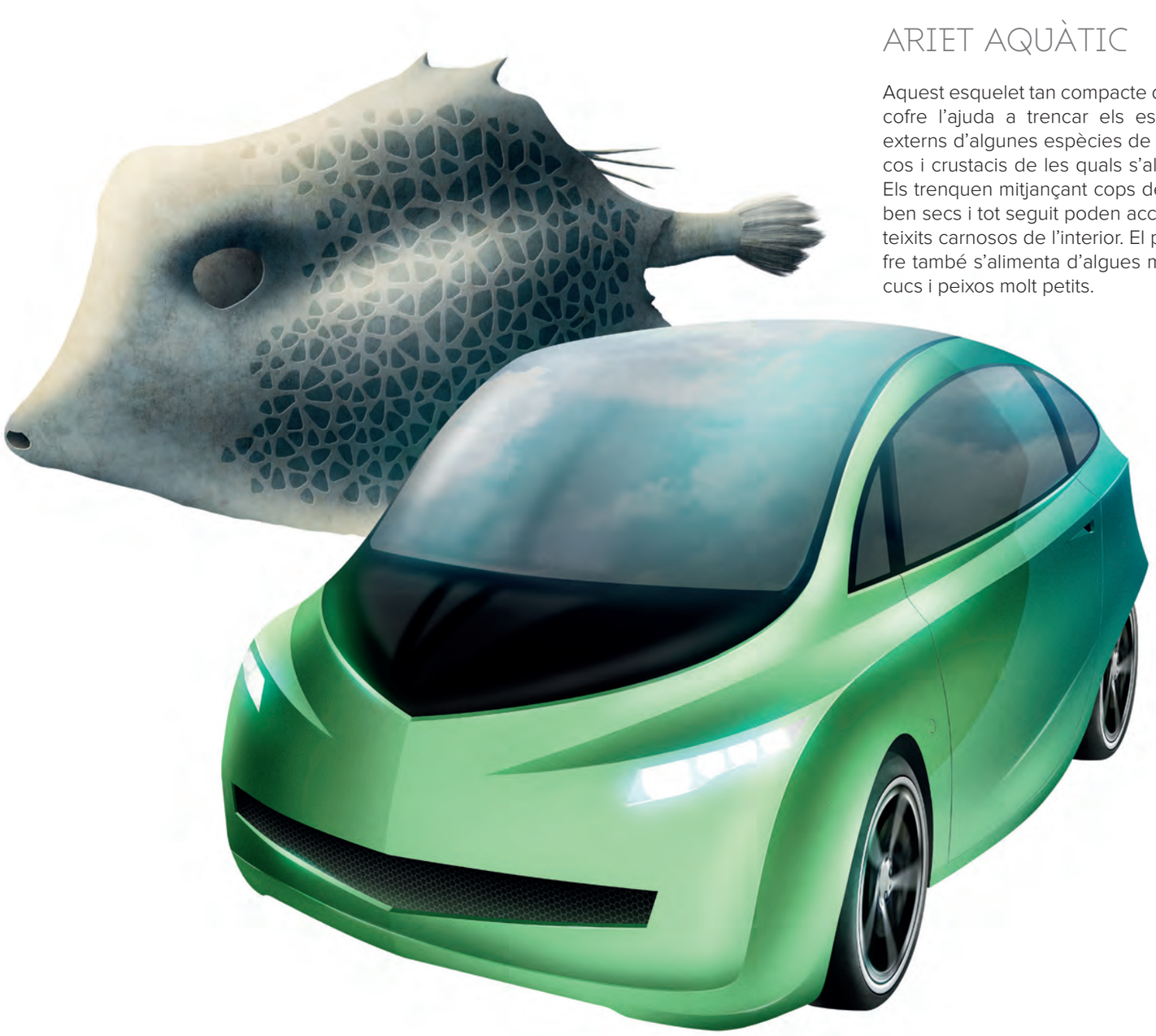
El peix cofre té una forma que confereix un molt bon coeficient aerodinàmic (de 0,06) i alhora és compatible amb la forma que es necessita per a un vehicle que ha de tenir una bona capacitat de càrrega. Hi ha peixos més aerodinàmics, però de formes menys aprofitables per a la construcció d'un automòbil.

COEFICIENT AERODINÀMIC

El coeficient aerodinàmic d'una gota d'aigua és de 0,04. El dels peixos cofre, de 0,06. Observeu aquests dibuixos comparatius dels diferents coeficients.



02 PEIX COFRE / COTXE BIÒNIC



ARIET AQUÀTIC

Aquest esquelet tan compacte del peix cofre l'ajuda a trencar els esquelets externs d'algunes espècies de mol·luscos i crustacis de les quals s'alimenta. Els trenquen mitjançant cops de «bec» ben secs i tot seguit poden accedir als teixits carnosos de l'interior. El peix cofre també s'alimenta d'algues marines, cucs i peixos molt petits.

ESQUELET MOLT RESISTENT

Els peixos cofre també tenen una estructura externa molt resistent condicionada per un esquelet que facilita el disseny del xassís per a un cotxe, que també ha de ser molt resistent. L'esquelet del peix cofre no té res a veure amb el de la típica espina de la gran majoria de peixos!

Un bon xassís ha de ser lleuger perquè el pes final del cotxe no sigui molt elevat, de manera que garanteixi el màxim aprofitament de la potència i faciliti la conducció del vehicle. Un xassís que imita l'esquelet dels peixos cofre aporta aquestes dues característiques de lleugeresa i solidesa que fan els vehicles biònics més eficients que mai.

COTXE BIOMIMÈTIC (DIFERENTS ENGINYERS, MITJAN SEGLE XX)

La biònica és present arreu, com a mínim allà on arriben les persones. Molts dels vehicles que utilitzem es dissenyen tenint en compte la biònica. Molts dels cotxes que veiem a diari responen a un disseny que s'ha emmirallat en la forma d'animals aerodinàmics, com alguns peixos. Ja fa molts anys, la casa Citroën va comercialitzar amb molt d'èxit el model Tiburón. Ara, moltes altres empreses de fabricació d'automòbils també comercialitzen models que tenen formes aerodinàmiques molt semblants a espècies de peixos, com per exemple els peixos cofre (de la família *Ostraciidae*).



ECOLOCALITZACIÓ DELS RATPENATS

Els ultrasons que emeten els ratpenats, amb moviments de la laringe o de la llengua, segons l'espècie, s'amplifiquen mitjançant els replecs nasals, que són molt evidents en algunes espècies. La precisió amb què capten i interpreten el retorn d'aquests sons és tan gran que els permet caçar en ple vol petites mosques i mosquits de pocs mil·límetres de llargària amb una facilitat sorprenent.

ECOLOCALITZACIÓ DELS CETACIS

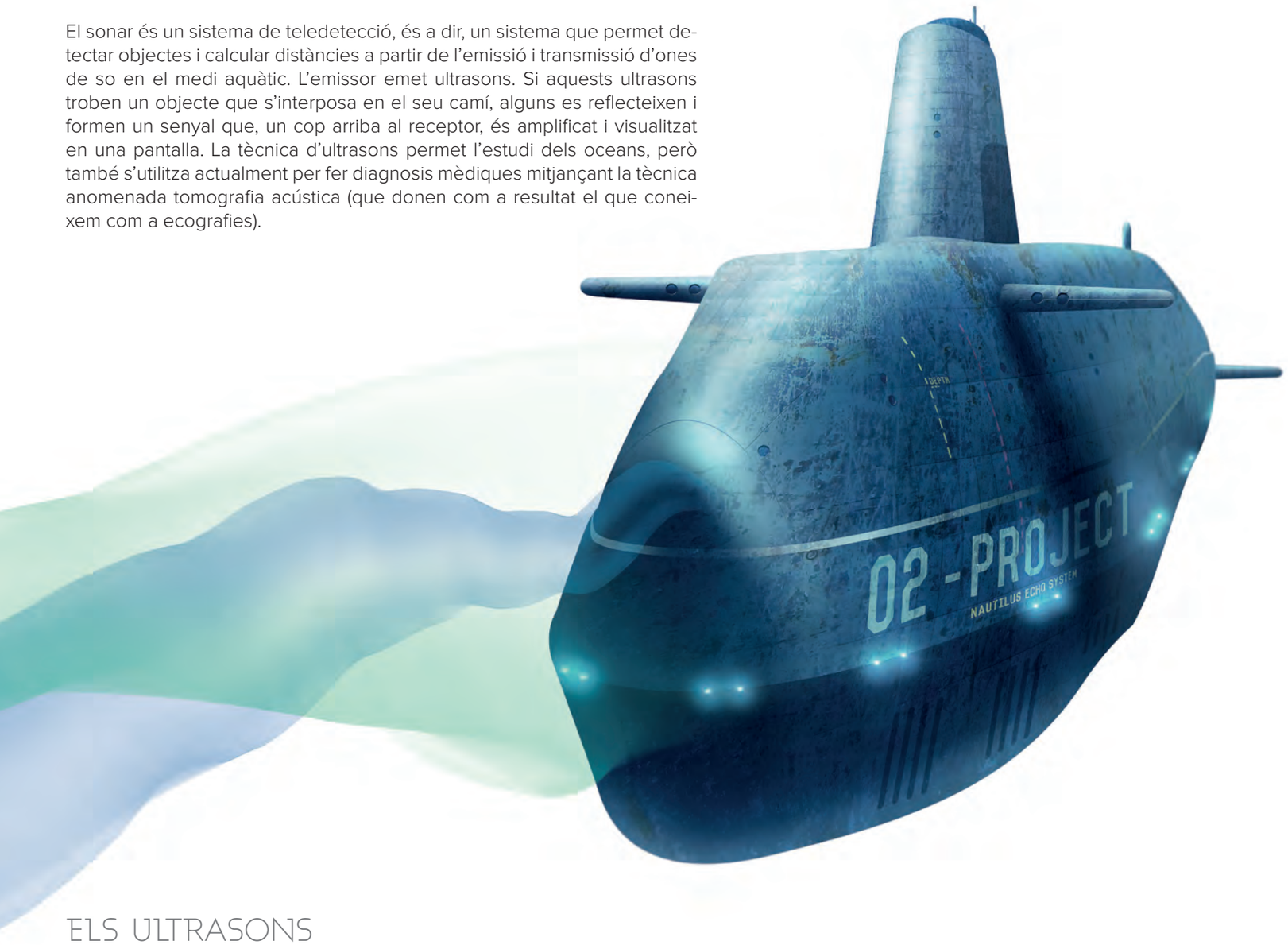
El mecanisme d'ecolocalització de ratpenats i algunes espècies de cetacis, com orques, catxalots, dofins i zífids, consisteix en l'emissió d'ultrasons i en la captació i interpretació de les ones que retornen a l'animal després de patir la reflexió en els objectes que té al voltant. D'aquesta manera es fan una imatge molt clara dels animals i el terreny del seu entorn a cada moment i poden caçar amb eficàcia.



03 RATPENATS I CETACIS / SONAR

SONAR

El sonar és un sistema de teledetecció, és a dir, un sistema que permet detectar objectes i calcular distàncies a partir de l'emissió i transmissió d'ones de so en el medi aquàtic. L'emissor emet ultrasons. Si aquests ultrasons troben un objecte que s'interposa en el seu camí, alguns es reflecteixen i formen un senyal que, un cop arriba al receptor, és amplificat i visualitzat en una pantalla. La tècnica d'ultrasons permet l'estudi dels oceans, però també s'utilitza actualment per fer diagnosis mèdiques mitjançant la tècnica anomenada tomografia acústica (que donen com a resultat el que coneixem com a ecografies).



ELS ULTRASONS

Els ultrasons són els sons de freqüències superiors als 20.000 Hz. El hertz (Hz) és la unitat de mesura de la freqüència de les ones. La freqüència de les ones és el nombre de vegades que es repeteix o passa una ona per unitat de temps. Una freqüència molt elevada indica que en un determinat període de temps s'emeten moltíssimes ones. Les persones podem sentir sons de freqüències compreses entre els 20 i els 20.000 Hz, per això no podem captar els ultrasons. Els ratpenats i els cetacis, en canvi, en poden emetre per sobre d'aquesta xifra.

ELS INFRASONS

Els infrasons són els sons de freqüències inferiors als 20 Hz. Una freqüència molt baixa correspon a una emissió de molt poques ones en un període de temps també determinat. Se sap que els elefants en poden captar, i mitjançant dos receptors diferents: les orelles i... les potes (la planta i les ungles de les potes són molt sensibles als infrasons que es transmeten per terra i mitjançant els quals també es comuniquen).

SONAR (LEWIS NIXON, EUA, 1906 – PAUL LANGÉVIN, PARÍS, FRANÇA, 1915)

No fa gaires anys que s'ha descobert que moltes espècies de cetacis, com balenes, orques i dofins, posen nom a les seves cries. Inventen un nou so que serà el que identifiqui el nounat. Ha costat molt descobrir aquest fet, entre altres motius, perquè aquests animals es comuniquen mitjançant ultrasons, que no podem sentir sense l'ajut d'aparells sensibles a aquests sons d'alta freqüència.