



## Laten we het over evolutie hebben!

### Niveau

---

3LO-6SO

### Workshop doelstellingen

---

Door te spelen, ervaar en begrijp je de belangrijkste mechanismen van evolutie, namelijk:

- Het willekeurig verschijnen van nieuwe varianten bij elke generatie in een populatie (3LO-6SO)
- Evolutie van populaties zonder enige beperking (3LO-2SO)
- Genetische drift en mutaties (3SO-6SO)
- Evolutie door natuurlijke selectie van een populatie (3LO – 6SO)

Begrijp op basis van spelletjes en voorbeelden dat het fenomeen evolutie heel anders is dan een wedloop naar perfectie.



Document voor begeleider

**Materiaal in de speldoos**

---

- 6x6 zakjes à 60 drakenpucks (1 kleur per zakje)
- 6 "Drakeneilanden" kaarten
- 12 dobbelstenen
- 7 koffiedozen
- 6 A3 fokkersgeneratiekaarten (voor/achter)
- 6x4 zakken van 30 "dragon origins" pucks (24 van 1 kleur + 6 mutant pucks)
- 6x4 "mutant dragon" sachets (30 gemuteerde draken in elk)
- 6 A5-bladen met de spelregels
- 6 zakken generatie "0" vinken (24 originele pucks + 4x4 verschillende mutanten)
- 6x4 gemuteerde vinkenzakken met 40 pucks
- 6 A4 Galapagos archipel indexkaarten
- 6 plastic kaarten evolutie van de "vinken"

**Materiaal voor de begeleider**

- Blad A2 Galapagos-archipel
- Geplastificeerd blad A4 continentale zangvogels
- Geplastificeerd blad A3 evolutie van de vinken in de archipel
- 1 koffiedoos



## Document voor begeleider

### Inhoud van de workshop

---

Voor klassen van lager onderwijs tot 2<sup>de</sup> secundair onderwijs bestaat de workshop uit oefeningen 1, 2 en 4

Voor de klassen van 3<sup>de</sup> secundair tot 6<sup>de</sup> secundair bestaat de workshop uit oefeningen 1, 3 en 5 waarin de noties van genetische mutaties zijn opgenomen.

### Oefening 1: Variaties verschijnen willekeurig in elke generatie in een populatie (P-6S)

Duur: 20 min.

Dit spel helpt te begrijpen dat wanneer levende wezens zich voortplanten, hun genetisch materiaal wordt gekopieerd MAAR deze kopie is niet perfect! de machinerie van onze cellen maakt fouten, fouten die mutaties worden genoemd. Deze willekeurig gemaakte fouten kunnen de informatie die aan de nakomelingen wordt doorgegeven min of meer “sterk” wijzigen. Het zijn dan ook deze mutaties die door puur toeval het ontstaan van nieuwigheden, nieuwe varianten bij elke generatie, mogelijk maken.

#### ***Praktische informatie voor een soepel verloop van het spel:***

Het protocol en de bijbehorende uitleg van deze oefening verschillen enigszins, afhankelijk van het niveau van de leerlingen en hun kennis (LO VS SO met een gemiddeld niveau voor secundair 1 & 2).

### Oefening 2: Genetische drift - populaties van levende wezens veranderen op natuurlijke wijze en door puur toeval (LO-2SO)

Duur 20 min.

Dit spel maakt het mogelijk om het feit te observeren en te benaderen dat op een natuurlijke en min of meer snelle manier, binnen een populatie van individuen die zich onderling kunnen voortplanten, karakters de meerderheid worden en zich door puur toeval opdringen. Dit is wat wetenschappers genetische drift noemen.

Het gebruik van denkbeeldige dieren zoals de draak maakt het mogelijk om over het mechanisme te praten zonder zich op een bepaalde levende soort te richten. Het zou voor

**Document voor begeleider**

ons inderdaad onmogelijk zijn om in een paar minuten precies te herscheppen wat er door de eeuwen heen voor een bepaalde soort is gebeurd.

***Praktische informatie voor een soepel verloop van het spel:***

Dit spel wordt samen gespeeld, zodat de leerlingen alle fasen van het spel integreren voor de rest van de workshop.

Omdat het aantal draken in elke zak beperkt is tot 18, aarzel dan niet om tijdens het spel een leerling te vragen de pucks die niet meer worden gebruikt terug te geven aan de verschillende teams, zodat geen van hen tekort schiet!

**Oefening 3: genetische drift in aanwezigheid van mutatie (3S-6S)**

Duur 20 min.

Deze oefening omvat het begrip van genetische mutatie. Het behandelt heel snel waarom mutaties in een populatie voorkomen. Het maakt het mogelijk om waar te nemen dat zonder de invloed van externe elementen (omgeving, enz.), op een natuurlijke en min of meer snelle manier, binnen een populatie van individuen die zich onderling kunnen reproduceren, inheemse of mutanten allelen de meerderheid worden door puur toeval opgelegd. Dit is wat wetenschappers genetische drift noemen.

***Praktische informatie voor een soepel verloop van het spel:***

Omdat het aantal draken in elke zak beperkt is, moet de koffiedoos elke keer worden geleegd na de selectie van fokkers.

**Oefening 4: "Dragon Island!" evolutie van een populatie door natuurlijke selectie (LO-2SO)**

Duur 20 min.

Met dit spel kun je op kleine schaal de effecten van de "omgeving" op een populatie van levende wezens observeren en begrijpen dat evolutie daarom een mechanisme is dat populaties en soorten varieert / transformeert. Dit mechanisme wordt beïnvloed door een reeks elementen die zowel natuurlijke selectie als toeval vormen.

Document voor begeleider**Oefening 5: Welkom in de Galapagos-archipel! Evolutie van een populatie door natuurlijke selectie (3SO-6SO)**

Duur 20min.

Gebaseerd op een geval van concrete en "historische" observaties, die van de vinken van de Galapagos-eilanden, stelt dit spel teams in staat om te experimenteren met de evolutie van een populatie vinken op een van deze eilanden. Het maakt het mogelijk waar te nemen dat evolutie dus een mechanisme is dat populaties en soorten verandert/transformeert. Dit mechanisme wordt beïnvloed door een reeks elementen die zowel natuurlijke selectie als toeval vormen.

**Spreekbriefje voor de begeleider**

Het is tijdens de hele workshop belangrijk om je woorden goed te kiezen om geen verkeerde ideeën over te brengen of de studenten te 'verwarren'.

De term evolutie in de oefeningen kan enkel gebruikt worden om over de theorie te praten!! Zinnen als "hoe verandert de bevolking?" De kleur van de draken evolueert..." kan niet worden gebruikt en vervangen door "hoe transformeert/verandert/wijzigt de populatie? De kleur van de draken verandert/wijzigt...".

Vermijd ook snelkoppelingen zoals "vanwege evolutie...door evolutie...vanwege natuurlijke selectie..." die evolutie of natuurlijke selectie voor studenten personifieert! Evolutie en natuurlijke selectie zijn geen entiteiten, krachten/goden of zelfs maar mensen die iets doen, maar eerder een theorie, een functionerend mechanisme en een reeks elementen die invloed hebben op de transformatie van populaties van levende wezens.



## Verloop van de workshop

---

### **Oefening 1 :verschijnen van nieuwe varianten bij elke generatie binnen een populatie.**

#### **Materiaal per team van 2 of 3 (in een envelop)**

- 1 enkelstrengs DNA-sequentie
- 1 losse DNA-basiset

#### **Materiaal voor de begeleider:**

- 1 bol wol gemaakt van meerdere stukken garen van dezelfde kleur.
- 3D DNA-sequentiemodel
- 1 A4-foto van een menselijke wang cel
- 1 stopwatch

#### **Protocol LO + 1 & 2SO "jong of zwak":**

Zoals een huis van baksteen is gemaakt, zijn alle levende wezens gemaakt van bakstenen die "cellen" worden genoemd. Bij de mens (zie cel afbeelding) bevatten de cellen een kern, een soort "kluis" die alle informatie bevat die nodig is voor het ontstaan en het functioneren van de persoon (huidskleur, haar, ogen,... werking van de organen, ...). Al deze informatie is geschreven in de vorm van een code op een filament genaamd DNA. We kunnen ons DNA voorstellen als een bal bestaande uit meerdere stukjes wollen draad waarop alle informatie in de vorm van een code is geschreven (gebruik de bol wol en het DNA-model).

- Vorm 6 teams van 2 of 3 leerlingen en deel de envelop met materiaal uit aan elk van hen.
- Let op de enkelstrengs DNA-sequentie.

De code die in DNA wordt gebruikt om informatie te schrijven, bestaat uit 4 verschillende structuren die basen worden genoemd en worden weergegeven door 4 letters ATGC (gebruik het model om de 4 verschillende gekleurde basen weer te geven). Wijs er voor Secundair 1 en 2 op dat DNA uit 2 strengen bestaat en dat de basen 2 aan 2 paren (A-T en GC) dankzij hun vorm.

Wanneer een levend wezen zich voortplant, moet het kopieën van zijn DNA maken om deze door te geven aan zijn nakomelingen (1 kopie/afstammeling), vaak door de aanmaak van gameten (eieren en sperma).



## Document voor begeleider

- In de oefening is elk team een cel die heel snel een DNA-sequentie moet kopiëren met behulp van de vrije basen die het tot zijn beschikking heeft.
- Aan het begin van de begeleiding van 1,5 minuut moeten de leerlingen van elk team hun krachten bundelen om de originele DNA-sequentie woordelijk en letter voor letter (zo snel mogelijk) te kopiëren.

**WAARSCHUWING!** Houd geen rekening met het basispaarsysteem voor het basisonderwijs en stel voor om de oefening te doen rekening houdend met het koppelen van A-T, GC aan leerlingen van het 1e en 2e secundair volgens hun niveau!

- Aan het einde van de timing gaat een leerling van elk team naar een ander team en controleert of er fouten in de gemaakte kopie zitten en zo ja, hoeveel. Daarna keren alle leerlingen terug naar hun plaats om samen te vatten.

### Observaties en conclusies:

*Heb je veel fouten gemaakt bij het kopiëren van de reeks?*

Net als jij is het zeer zeldzaam dat een cel de DNA-sequentie kopieert zonder een fout te maken.

*Hebben jullie allemaal dezelfde fouten gemaakt op dezelfde plaatsen?*

Nee, je hebt het niet met opzet gedaan, dus de fouten zijn willekeurig! Soms verwarren we bepaalde letters of vergeten we bepaalde basen te kopiëren, omdat we bepaalde letters van woorden zouden kunnen vergeten wanneer we een tekst op een pagina of op het schoolbord moeten kopiëren.

Het is hetzelfde bij levende wezens, de machinerie die door cellen wordt gebruikt om DNA te kopiëren, kan basen vergeten, ze omkeren, verwarren... en dat allemaal bij toeval!

Deze fouten die we maken wanneer we een tekst kopiëren, kunnen een belangrijke impact hebben omdat ze de betekenis van de tekst veranderen.

Fouten die gemaakt worden bij het kopiëren van DNA hebben ook impact omdat ze de informatie ook in meer of mindere mate zullen veranderen. De fouten die willekeurig worden gemaakt en die de informatie wijzigen die aan de afstammelingen wordt



## Document voor begeleider

doorgegeven, laten de opkomst van nieuwigheden toe, nieuwe varianten met elke generatie binnen een populatie.

### 3SO-6SO-protocol

Wanneer een levend wezen zich seksueel of ongeslachtelijk voortplant, wordt zijn DNA gekopieerd tijdens de replicatiefase (meiose voor seksuele voortplanting of mitose voor ongeslachtelijke voortplanting). Tijdens deze replicatie wordt het dubbelstrengs DNA (gebruik de DNA-model) gescheiden en wordt elke halve streng afzonderlijk gekopieerd door de cellulaire machinerie.

- Vorm maximaal 6 teams van 2 tot 3 leerlingen en deel de envelop met materiaal uit.
- Bekijk eerst de DNA-sequentie in de envelop (gebruik het DNA-model).

De informatie in DNA (deoxyribonucleïnezuur) is gecodeerd in de vorm van een code die bestaat uit 4 moleculen die "nucleïnebase" worden genoemd en die elk worden weergegeven door een letter A, T, G, C (adenine, thymine, guanine, cytosine). In dubbelstrengs DNA paren / associëren deze basen met elkaar, afhankelijk van hun structuur en het aantal bindingen dat ze kunnen maken (2 bindingen of 3 bindingen), dus we kunnen een A-T- en GC-paarsysteem waarnemen. Tijdens DNA-replicatie kopieert de cellulaire machinerie niet letterlijk de streng die ervoor staat, maar moet deze paring opnieuw samenstellen en daarom voor een A, de basis T (en omgekeerd) en tegenover C, basis G (en omgekeerd) plaatsen.

- In deze oefening is elk team een cel die zijn DNA moet repliceren.
- Aan het begin van de begeleider signaal, hebben de studenten van een team 1,5 minuut om de vrije basen in de envelop te associëren en correct te koppelen en zo de originele enkelstrengs DNA-sequentie te repliceren.
- Aan het einde van de timing gaat een leerling van elk team naar een ander team om te controleren of de koppeling correct is en om de fouten aan te wijzen (basisomissie, inversie, "spiegelsysteem", enz.)

### Observaties en conclusies

- *Kon je de reeks tot het einde herhalen zonder een fout te maken?*

Neen

- *Heb je het met opzet gedaan?*





Document voor begeleider

Neen

- *Kwamen de fouten in alle groepen op exact dezelfde plaatsen voor?*

Neen. omdat niemand het met opzet heeft gedaan; het is toeval.

Tijdens DNA-replicatie maakt de cellulaire machine ook toevallig fouten.

- *Wat voor soort fout heb je gemaakt?*

Een of meer basen vergeten (= schrappen), substitutie (bv. matchen met een verkeerde base), insertie (een base wordt toegevoegd).

De cellulaire machinerie maakt dezelfde soort fout. Elke fout wordt een mutatie genoemd. Er is natuurlijk een mutatiecorrectiesysteem maar ook deze is niet perfect en mutaties kunnen na correcties aanwezig blijven

- *Wat kan deze mutaties veroorzaken?*

Deze mutaties kunnen de informatie die aan de nakomelingen wordt doorgegeven op een min of meer belangrijke manier wijzigen. Ze laten dan ook het verschijnen bij elke generatie nieuwigheden, nieuwe varianten en dit door puur toeval.

In een populatie kunnen genen dus in meerdere vormen aanwezig zijn (door mutaties). De verschillende versies van een gen (coderend voor informatie) worden allelen genoemd.

Document voor begeleider**Oefening 2: Genetische drift - populaties van levende wezens veranderen op natuurlijke wijze en door puur toeval (P-2S)****Materialen voor de hele klas**

- 6 zakjes van 18 “draken” pucks (1 drakenkleur per zakje)
- 1 lege koffiedoosjes
- 6 dobbelstenen
- 1 Blad A3 generaties fokkers

**Protocol**

- Verdeel de leerlingen in 6 teams en deel aan elk team een zak draken en een dobbelsteen uit.
- Wijs de kinderen erop dat het enige verschil tussen de draken in de verschillende zakjes de kleur is.
- Plaats het koffiedoosje op de tafel van de begeleider en de A3-kaart " generatie fokkers "

***Fase 1: Creëer een originele drakenpopulatie (generatie 0)***

Elk team gooit de dobbelsteen en geeft de begeleider het aantal draken van zijn kleur (getal = aantal verkregen op de dobbelsteen).

De animator plaatst alle draken van verschillende kleuren in een koffiedoos. Deze draken vormen dus een geheel, een populatie, die allemaal op een bepaald moment in dezelfde regio leven. Het is mogelijk om een analogie te maken met een stad (het is dus de verzameling draken die op een bepaald moment in een bepaalde stad wonen)

Wijs erop dat in alle populaties niet alle individuen even oud zijn, sommige zijn jonger, andere zijn ouder. Ze kunnen zich dus niet allemaal voortplanten!

We zullen daarom willekeurig 6 draken trekken uit deze populatie die oud genoeg zijn om zich voort te planten. Zij zullen onze fokkers zijn. Elk team kan daarom om de beurt willekeurig een puck uit de koffiedoos plukken om een fokker-draak te kiezen. Plaats de fokkers van generatie 0 op de eerste lijn van het blad “generaties fokkers”.

Voor elke fokker wordt het aantal nakomelingen (kinderen) dat het genereert willekeurig bepaald door 1 dobbelsteen te gooien. De teams, waarvan een of meer draken van hun kleur als fokkers zijn getrokken, gooien daarom hun dobbelstenen en geven de begeleider het overeenkomstige aantal nakomelingen. 1 dobbelsteenworp per kweekdraak.



## Document voor begeleider

Plaats deze nakomelingen in een nieuwe koffiebuis OF leeg en verdeel de draken van generatie "0" en plaats alle draken van de nieuwe generatie in de koffiebuis. Zij vormen nu de nieuwe populatie, generatie 1 uit de oorspronkelijke populatie.

### ***Fase 2: selectie van fokkers en creatie van volgende generaties***

Zoals voor generatie 0, selecteer de 6 fokkers van generatie 1 door elk team 1 draak uit de tweede koffiedoos te laten trekken.

Plaats deze fokkers op de 2e lijn van het blad "generaties fokkers". De teams, waarvan een of meer draken van hun kleur als fokker zijn getekend, gooien hun dobbelstenen (1 worp van de dobbelstenen per fokker-draak) en geven de begeleider het overeenkomstige aantal nakomelingen.

Plaats deze nakomelingen in een nieuw koffieblik om Generatie 2 te vormen.

Ga op dezelfde manier te werk als bij generatie 0 en 1 om de fokkers te selecteren, het aantal nakomelingen te bepalen en de volgende generaties op te leiden.

Afhankelijk van de resterende tijd stop je na de selectie van 4e of 5e generatie fokdieren.

### **Observaties en conclusies**

Laat de leerlingen observeren, gebruikmakend van de verschillende generaties fokkers, dat over de generaties heen een drakenkleur essentieel lijkt te zijn. Inderdaad, afhankelijk van het geval van de 4e generatie, hebben alle draken in onze populatie allemaal dezelfde kleur.

Als we hetzelfde spel opnieuw beginnen met dezelfde regels, zullen we dan noodzakelijkerwijs dezelfde kleur draken hebben die essentieel is? zal dit noodzakelijkerwijs in dezelfde generatie worden gedaan?

NEE, het enige dat een kleur doet opvallen, is geluk bij de start en de kans om meerdere keren als fokker geselecteerd te worden over de generaties heen. Het is dus toeval dat de ene kleur in plaats van de andere zich min of meer snel opdringt over de generaties heen.

=> Natuurlijk en min of meer snel, binnen een populatie van individuen die zich onderling kunnen voortplanten, worden karakters de meerderheid en dringen ze zich door puur toeval op. Dit is wat wetenschappers genetische drift noemen.

**Oefening 3: genetische drift in aanwezigheid van mutatie (3SO-6SO)****Materiaal per team van 3:**

- 4 zakjes van 30 "draken" pucks (24 drakenpucks van 1 kleur + 6 gemuteerde draken)
- 4 extra "mutatie" sachets (elk 30 gemuteerde draken)
- 1 leeg koffieblikje
- 1 dobbelsteen
- 1 Blad A3 generaties fokkers
- 1 A5-blad met de spelregels

**Protocol**

- Verdeel de leerlingen in 6 teams en deel de uitrusting aan elk team uit, evenals de A5-regels van het spelblad
- Wijs de leerlingen erop dat ze 2 sets drakenzakjes hebben: 4 zakjes met eenkleurige draken (rood, geel, blauw, groen) en 4 zakjes met gemuteerde draken voor de kleur (draak met stippen, met strepen).
- In de 4 eenkleurige zakjes zijn mutanten aanwezig. De set draken in een zak vertegenwoordigt de potentiële afstammelingen van een eenkleurige draak.

*Waarom zitten er mutanten in deze zakjes?*

Tijdens de aanmaak van voortplantingscellen (meiose) wordt een kopie van het genoom gemaakt, maar deze kopie kan fouten bevatten die mutaties worden genoemd. Deze mutaties kunnen leiden tot genmodificaties die veranderingen in de functie of expressie van bepaalde eiwitten kunnen veroorzaken. In ons geval een verandering in kleurexpressie.

- Bespreek blad A5 van de spelregels met de hele klas voordat de teams beginnen te spelen.

**Regels van het spel :**

Het spel bestaat uit 2 fasen.

***Fase 1: Creatie van een oorspronkelijke drakenpopulatie (generatie 0)***

- Neem de 4 zakjes met eenkleurige draken. Gooi voor elke zak de dobbelsteen en pak willekeurig het aantal draken dat erdoor wordt aangegeven uit de zak. Plaats deze draken in de koffiedoos.
- De willekeurig getrokken set draken uit de 4 zakken vormt een populatie draken die allemaal op een bepaald moment in dezelfde regio leven. Het is mogelijk om een



## Document voor begeleider

analogie te maken met een stad (het is dus de verzameling draken die op een bepaald moment in een bepaalde stad wonen)

- In alle populaties zijn niet alle individuen even oud, sommige zijn jonger, andere zijn ouder. Ze kunnen zich dus niet allemaal voortplanten! Het is daarom noodzakelijk om draken van broedleeftijd te selecteren, dit zijn de fokkers.
- Om de fokkers te selecteren, trek je willekeurig 6 draken uit de koffiedoos. Plaats de fokkers van generatie 0 op de eerste regel van het blad "generaties fokkers". Leeg de koffiedoos van de overgebleven draken en doe ze terug in de bijbehorende zakjes.

### ***Fase 2: creatie van volgende generaties en selectie van fokkers voor elke generatie.***

- Voor elke fokker wordt het aantal nakomelingen (kinderen) dat het genereert willekeurig bepaald door 1 dobbelsteen te gooien. Gooi voor elke fokkende draak een dobbelsteen en trek willekeurig het aantal draken dat door de dobbelsteen wordt aangegeven uit de overeenkomstige zak.
- Als gemuteerde draken zijn geselecteerd als fokkers, trek dan willekeurig het aantal nakomelingen uit de overeenkomstige "mutant"-zak.
- Leeg de koffiedoos en doe terug in de zakken, de overgebleven draken van de vorige generatie.
- Plaats de nieuwe nakomelingen in de koffiedoos. Zij vormen nu de nieuwe populatie, generatie 1 uit de oorspronkelijke populatie.
- Zoals voor generatie 0, selecteer de 6 fokkers van generatie 1 door willekeurig uit de koffiedoos te trekken.
- Plaats deze fokkers op de 2e regel van het blad "generaties fokkers". Gooi voor elke fokker de dobbelstenen en trek willekeurig het aantal draken dat overeenkomt met de dobbelstenen uit de juiste zak. Maak de doos leeg met overgebleven draken van de vorige generatie.
- Plaats de nieuwe nakomelingen in de koffiedoos om de volgende generatie te vormen.
- Ga op dezelfde manier te werk als bij generatie 0 en 1 om de fokkers te selecteren, het aantal nakomelingen te bepalen en de volgende generaties op te leiden.
- Stop het spel na het selecteren van de 5<sup>de</sup> fokkersgeneratie.

### **Observaties en conclusies**

Wijs de leerlingen erop dat voor elk team, over de generaties heen, een drakenkleur essentieel lijkt te zijn. Inderdaad, afhankelijk van het geval vanaf de 4e generatie, hebben alle draken in onze populatie allemaal dezelfde kleur.

Document voor begeleider

*Welke kleur heeft in elk team gewonnen? Is het bij iedereen dezelfde kleur? Zijn het alleen draken in één kleur of alleen gemuteerde draken in alle teams? Als we hetzelfde spel opnieuw beginnen met dezelfde regels, zal elk team dan weer dezelfde kleur draken hebben die zal winnen? Zal dit noodzakelijkerwijs in dezelfde generatie gebeuren?*

NEE, het enige dat een uniforme of gemuteerde kleur plaats vindt, is het is geluk in de dobbelstenen en de kans om over de generaties heen meerdere keren als fokker geselecteerd te worden. Het is dus toeval dat de ene kleur in plaats van de andere zich min of meer snel opdringt over de generaties heen.

Om in genetische termen te spreken, een karakter wordt bepaald door de expressie van een of meer genen (afhankelijk van het geval en de soort). Als er meerdere varianten van dit karakter zijn, komt het omdat er meerdere varianten van hetzelfde gen zijn. Deze varianten worden allelen genoemd. In onze oefening is het waargenomen karakter is de kleur die door een gen wordt gecodeerd waarvan er 4 allelen zijn: rood, blauw, geel, groen. Bij een fokker onverschillig van zijn kleur, kan tijdens de meiose en de aanmaak van gameten (reproductieve cellen), het gen dat voor de kleur codeert, bij het kopiëren fouten (mutaties) bevatten die in sommige gevallen kunnen leiden tot een wijziging van dit gen en de creatie van een gemuteerd allel. Nakomelingen die deze mutatie dragen zullen dus niet dezelfde kleur hebben als hun ouders.

=> Zonder de invloed van externe elementen (omgeving, enz.), op een natuurlijke en min of meer snelle manier, binnen een populatie van individuen die zich onderling kunnen voortplanten, worden inheemse of mutanten allelen de meerderheid en dringen ze zich door puur toeval op. Dit is wat wetenschappers genetische drift noemen.

Het fenomeen van genetische drift wordt duidelijk waargenomen op de eilanden (eilandomgeving) of in bepaalde populaties die in een "gesloten ruimte" leven, dat wil zeggen zonder enige externe bijdrage van een nieuw individu. Bijvoorbeeld het korhoen in België waarvan de populatie gescheiden is van andere Europese populaties of zelfs bepaalde menselijke populaties, met name de kolonisten op het eiland van Saint-Jean meer in Canada of de kolonisten van de familie Fugate bij Troublesome Creek in Kentucky in de VS die een blauwe huid hadden vanwege een recessief gen in hun hemoglobine of zelfs de Amish omdat ze in autarkie leven.



## Document voor begeleider

### **Oefening 4: "Island of Dragons" - Evolutie van een populatie door middel van natuurlijke selectie (P-2S)**

#### **Materiaal per team van 3**

- 6 zakjes van 18 drakenpucks (1 kleur per zakje)
- 1 eilandkaart
- 2 dobbelstenen
- 1 koffiedoos
- 1 Blad A3 generaties fokkers

#### **Inleiding tot het spel**

Dankzij het 2e spel hebben we kunnen zien dat de populaties van individuen op natuurlijke wijze en door puur toeval veranderen en dat sommige karakters worden dominant terwijl andere verdwijnen.

Maar op aarde leven populaties van levende wezens niet in een luchtdichte bubbel zonder interactie met andere levende wezens en hun omgeving! De omgeving waarin ze leven, de overvloed of het gebrek aan voedsel, de aanwezigheid van roofdieren, het feit dat ze hulpbronnen moeten delen met andere soorten, ziekten... kunnen een invloed hebben op de voortplanting of ene karakter eerder bevoordelen dan het andere. Biologen noemen al deze elementen natuurlijke selectie.

#### **Protocol**

- Verdeel de materialen over de groepen. Laat elk team een eilandkaart trekken.
- Geef details op de eilandkaarten met alle groepen. Deze kaarten tonen de kenmerken van het eiland:
  - Eilandnamen
  - Dominante kleuren van de vegetatie -> maakt het mogelijk om de bevoordeelde of benadeelde drakenkleur(en) te kennen.
  - Type en kenmerk van roofdieren -> laat in sommige gevallen toe een kleur te benadelen.
  - Type en kenmerk van prooi -> kan een kleur bevoor- of benadelen.

#### ***Fase 1: Creatie van een oorspronkelijke populatie in elke groep***

Net als bij het vorige spel moet elk team een populatie van herkomst creëren.

ACHTELOOS technische kenmerken van hun eiland, gooi voor elke kleur draak de dobbelsteen en plaats het aantal draken dat overeenkomt met de worp in de urn.

Alle draken die in de urn zijn geplaatst, vertegenwoordigen de bevolking die het eerst op hun eiland aankomt.



## Document voor begeleider

### ***Fase 2: selectie van fokkers en creatie van generatie 1 voor elke groep***

Vanaf dit punt moet elk team rekening houden met de technische kenmerken van zijn eiland, dat bepaalde kleuren bevoordeelt en andere benadeelt.

- Elk team trekt willekeurig 6 draken uit hun urn. Deze 6 draken zijn hun fokker. Plaats deze draken op de eerste regel van het blad "fokgeneraties".
- Voer voor elke fokker, afhankelijk van zijn kleur die bevoordeeld, neutraal of benadeeld kan zijn, de volgende handelingen uit:
  - Voordelige kleur-> gooi 2 dobbelstenen en plaats in de urn (eerder geleegd voor het begin van deze fase) het aantal draken verkregen op de worp.
  - Neutrale kleur-> gooi 1 dobbelsteen en plaats het aantal verkregen draken op de worp in de urn.
  - Benadeelde kleur-> gooi met 1 dobbelsteen en deel het verkregen resultaat door 2. Plaats dat aantal draken in de urn. Als het getal op de dobbelsteen niet deelbaar is door 2, rond af naar de lagere eenheid (bijvoorbeeld:  $5/2=2,5$  dus ik plaats 2 draken in de urn).

Alle draken die in de urn zijn geplaatst, vormen de draken van generatie 1 die het eiland bevolkt en onderhevig aan de verschillende leefomstandigheden van hun eiland (en dus onderhevig aan natuurlijke selectie)

### ***Fase 3: selectie van fokkers en toekomstige generaties in elke groep***

- Trek willekeurig 6 nieuwe fokkers uit de urn en plaats deze fokkers op de 2e regel van het blad "generaties fokkers".
- Voor elk van deze weergevers, afhankelijk van hun kleur, gooi je een of twee dobbelstenen of deel je het resultaat van de dobbelsteen door 2 en plaats je de nieuwe generatie nakomelingen in de eerder geleegde urn.
- Herhaal fase 3 tot de selectie van de 5<sup>de</sup> generatie fokkers.

### **Observaties en conclusies**

Observeer met alle leerlingen de veranderingen in de verschillende drakenpopulaties op de verschillende eilanden, parallel aan de leefomstandigheden die op elk van hen worden geboden.

*Hebben leefomstandigheden invloed gehad op de kleurverandering van draken over generaties?*

JA, fokkers wiens kleur favoriet is, genereren een groter aantal nakomelingen, wat een invloed heeft op de toekomst. Inderdaad, hoe groter het aantal draken van dezelfde kleur



Document voor begeleider

in de urn, hoe groter de kans om er als fokker willekeurig ten minste één van te trekken. Voordelige kleuren domineren generaties lang.

Achtergestelde kleurdraken brengen minder nakomelingen voort. Hun aantal in de urn is dan ook veel minder belangrijk, de kans dat één van hen als fokker wordt uitgetrokken is dus minder belangrijk. In de volgende generaties neemt hun aantal af en kunnen ze snel verdwijnen.

*Is het op eilanden met vergelijkbare leefomstandigheden dezelfde kleur die domineert?*

Niet noodzakelijkerwijs, er is altijd een element van toeval, wat betekent dat van de favoriete kleuren de ene voorrang kan hebben op de andere.

In sommige gevallen kan het zelfs voorkomen dat de bevoordeelde kleur(en) als ze zeer slecht vertegenwoordigd waren in generatie 0 niet door puur toeval als fokker worden geselecteerd. In dit geval kan een van de neutrale of soms benadeelde kleuren over de generaties dominant worden.

*Kunnen we voorspellen hoe een populatie zal veranderen?*

Als de leefomstandigheden en het milieu in de loop der jaren volledig hetzelfde zouden zijn gebleven, zouden biologen een hypothese kunnen stellen over een reeks kenmerken die kunnen worden bevoordeeld en andere die kunnen worden benadeeld. Omdat het toeval echter altijd een rol speelt, zou het voor hen onmogelijk zijn om met zekerheid te voorspellen welke combinatie van karakters over de generaties dominant zou worden.

Bovendien veranderen de omgeving en de leefomstandigheden...droogte, slecht weer, ziektes binnen de populatie of onder hun roofdieren of hun prooi, nieuwe soorten waarmee moet worden samengeleefd... Deze variaties die verband houden met het toeval maken daarom elke poging tot voorspelling onmogelijk! Een voordelig karakter kan immers nadelig worden als de omstandigheden veranderen.

Evolutie is dus een mechanisme dat populaties en soorten verandert/transformeert. Dit mechanisme wordt beïnvloed door een reeks elementen die zowel natuurlijke selectie als toeval vormen.

Pas op voor gedeeltelijke of tegenstrijdige informatie die op internet te vinden is, zoals:

*Natuurlijke selectie en Darwins evolutietheorie, volgens welke de natuurlijke eliminatie van de minst geschikte individuen in de 'strijd om het leven' de soort in staat stelt van generatie op generatie te verbeteren.*



**Document voor begeleider**

Alleen al deze simpele zin bevat alle "rotte" theoretische snelkoppelingen en andere "vals-goede" ontvangen ideeën over de evolutietheorie door middel van natuurlijke selectie!  
Bedankt Google



## Document voor begeleider

### **Oefening 5: Welkom op de Galapagos-archipel! Evolutie van een populatie door natuurlijke selectie (3SO-6SO)**

#### **Materiaal per team van 2 of 3:**

- 1 zakje generatie "0" (30 originele vinken pucks + 4x4 gemuteerde vinken)
- 4 zakken met gemuteerde vinken met 40 pucks
- 2 dobbelstenen
- 1 koffiedoos
- 1 Blad A3 generaties fokkers
- 1 A4 blad Galápagos Archipel
- 1 gelamineerde plaat evolutie van de vinken

#### **Materiaal voor de begeleider**

- Blad A2 Galapagos-archipel
- gelamineerd blad A4 continentale zangvogels
- Gelamineerd blad A3 evolutie van de vinken in de archipel

#### **Inleiding tot het spel**

Op aarde leven populaties van levende wezens niet in een luchtdichte bubbel zonder interactie met andere levende wezens en hun omgeving! De omgeving waarin ze leven, de overvloed of het gebrek aan voedsel, de aanwezigheid van roofdieren, het feit dat ze hulpbronnen moeten delen met andere soorten, ziekten... kunnen een invloed hebben op de voortplanting en het ene karakter eerder dan het andere begunstigen. Biologen noemen al deze elementen natuurlijke selectie.

Voor deze oefening gaan we aan de slag met Galapagosvinken. Deze vogels zijn eigenlijk zangvogels (finch in het Engels) en maken geen deel uit van de Europese vinkfamilie. Er zijn 15 verschillende soorten die de archipel bewonen en elk eiland wordt bewoond door verschillende soorten (het aantal varieert van 11 tot minder dan 3 verschillende soorten zangvogels per eiland).

#### **Protocol**

- Verdeel de uitrusting over de teams (behalve het evolutieblad van de snavel)
- Geef elk team willekeurig een "archipel" -blad. Dit blad, dat voor elk team anders is, informeert hen over het eiland waar hun kolonie vinken zich zal vestigen, evenals de leefomstandigheden en voedselbronnen die er beschikbaar zijn. Deze informatie maakt het mogelijk om tijdens het spel bepaalde varianten te bevoordelen of te benadelen.



### Document voor begeleider

- De doos met 40 pucks van de "generatie 0" vertegenwoordigt de groep nieuw aangekomen vinken. Het is dan ook deze groep die hun eiland zal koloniseren. Het bestaat uit een enkele soort die afkomstig is van het Zuid-Amerikaanse continent en waarvan de dichtstbijzijnde huidige vertegenwoordiger de donkere zaadeter (*Tiaris obscura*) is.
- Neem het blad 'selectie van fokkers per generatie'. Net als bij het vorige spel, kun je op dit blad de fokkers willekeurig in de koffiedoos voor elke generatie plaatsen. Het geeft ook een overzicht van de transformatie van de vinkenpopulatie over generaties.
- Wijs de leerlingen erop dat op dit blad de fokkers van generatie "0" al vermeld staan. Het is dus niet nodig om 6 pucks uit de "newcomer/G0" zak te trekken!
- In het zakje "G0" zitten 4 mutante varianten voor de vorm van de snavel. Als tijdens de spelfase een of meer mutanten als fokker worden geselecteerd, moeten de nakomelingen worden getrokken uit de bijbehorende mutantzakken.

#### ***Fase 1: creatie van generatie 1 en selectie van "G1" fokdieren***

- Je hoeft alleen maar 1 dobbelsteen te gooien voor elke "G0" fokker - die op het blad wordt weergegeven en willekeurig het aantal pucks uit de zak te trekken dat wordt aangegeven door de dobbelstenen. Alle willekeurig getrokken pucks worden in de koffiedoos geplaatst om de 1e generatie te vormen.
- Trek nu willekeurig 6 pucks uit de koffiedoos en plaats deze op het blad "fokkers", dit zijn de fokkers "G1". Doe de rest van de pucks die nog in de koffiedoos zitten terug in de zak "G0".

#### ***Fase 2: regels voor toekomstige generaties.***

- Vanaf dit punt zullen de levensomstandigheden en de beschikbare middelen van invloed zijn op het aantal nakomelingen dat door elke fokker wordt geproduceerd.
- Als de fokker een vink is die identiek is aan de "G0", hoeft u alleen maar 1 dobbelsteen te gooien en het aantal pucks te trekken dat overeenkomt met de dobbelsteen uit de "G0"-zak.
- Als de fokker een mutant is:
  - En dat hij wordt begunstigd door de omstandigheden op het eiland, gooi 2 dobbelstenen, voeg hun resultaten toe en trek het aantal nakomelingen uit de juiste mutantenzak.
  - En dat hij benadeeld wordt door de omstandigheden van het eiland, gooi 1 dobbelsteen, deel het resultaat door 2 en trek het aantal nakomelingen uit de juiste mutantenzak. Als het resultaat verkregen met de dobbelsteen een oneven getal is,



### Document voor begeleider

rond naar beneden af op de dichtstbijzijnde eenheid (bijv. verkregen resultaat = 3, gedeeld door 2 => 1,5 dus ik trek 1 puck)

- Plaats alle afstammelingen in de koffiedoos om de volgende generatie te vormen en trek willekeurig opnieuw uit deze van de fokker.
- Vergeet niet om na elke fase van "kweekstamselectie" de pucks die nog in de koffiedoos zitten in de "G0" -zak of in de juiste mutantzakken te terug te plaatsen. De "mutant" pucks uit het "G0" zak zijn te herkennen aan een kruis op de achterkant van de puck, ze moeten dus ook in het "G0" zakje worden gedaan.

#### **Observaties en conclusies**

Observeer met alle leerlingen de veranderingen in de verschillende populaties vinken op de verschillende eilanden, parallel aan de leefomstandigheden die op elk van hen worden geboden.

*Hebben de leefomstandigheden invloed gehad op de vorm van de snavel over de generaties heen?*

JA, fokkers met een bevoorrechte snavel genereren een groter aantal nakomelingen, wat een invloed heeft op de toekomst. Immers, hoe groter het aantal vinken met een bepaalde snavel in de urn, hoe groter de kans om er als fokker willekeurig tenminste één van te trekken. Bevoordeelde snavels domineren over de generaties.

Vinken met een benadeelde snavel produceren minder nakomelingen. Hun aantal in de urn is dan ook veel minder belangrijk, de kans dat één van hen als fokker wordt getrokken is dus minder belangrijk. In de volgende generaties neemt hun aantal af en kunnen ze snel verdwijnen.

*Domineren op eilanden met vergelijkbare leefomstandigheden hetzelfde type vinken?*

Niet noodzakelijkerwijs, er is altijd een element van toeval, wat betekent dat onder de favoriete snavelstukken een van hen voorrang kan hebben op de andere.

In sommige gevallen kan het zelfs voorkomen dat een of meer bevoordeelde snavels, als ze zeer slecht vertegenwoordigd waren, niet door puur toeval als fokker worden geselecteerd. In dit geval kan een "originele" of soms benadeelde snavel over generaties dominant worden.

*Kunnen we voorspellen hoe een populatie zal veranderen?*

Als de leefomstandigheden en het milieu in de loop der jaren volledig hetzelfde zouden zijn gebleven, zouden biologen een hypothese kunnen stellen over een reeks kenmerken die kunnen worden bevoordeeld en andere die kunnen worden benadeeld. Omdat het toeval



### Document voor begeleider

echter altijd een rol speelt, zou het voor hen onmogelijk zijn om met zekerheid te voorspellen welke combinatie van karakters over de generaties dominant zou worden. Daarnaast veranderen de omgeving en de leefomstandigheden...droogte, slecht weer, ziekten binnen de populatie of onder hun predatoren of hun prooi/voedselbronnen, nieuwe soorten waarmee moet worden samengeleefd... Deze variaties geassocieerd met toeval maak daarom elke poging tot voorspelling onmogelijk! Een voordelig karakter kan immers nadelig worden als de omstandigheden veranderen.

Evolutie is dus een mechanisme dat populaties en soorten verandert/transformeert. Dit mechanisme wordt beïnvloed door een reeks elementen die zowel natuurlijke selectie als toeval vormen.

Pas op voor gedeeltelijke of tegenstrijdige informatie die op internet te vinden is, zoals:

*Natuurlijke selectie en Darwins evolutietheorie, volgens welke de natuurlijke eliminatie van de minst geschikte individuen in de 'strijd om het leven' de soort in staat stelt van generatie op generatie te verbeteren.*

Alleen al deze simpele zin bevat alle "rotte" theoretische snelkoppelingen en andere "vals-goede" ontvangen ideeën over de evolutietheorie door middel van natuurlijke selectie!  
Bedankt Google

Darwin door zijn vele observaties en onderzoek is aan de basis van een theorie die de evolutie van soorten onder invloed van natuurlijke selectie probeert te verklaren. Vóór hem stelden andere wetenschappers (Linné, Lamarck...) theorieën voor die de evolutie van soorten verklaren. Tot op heden maakt alleen de theorie van Darwin het mogelijk om op een coherente manier alle feiten, waarnemingen, resultaten van experimenten die zijn uitgevoerd op populaties van levende wezens die tot onze beschikking staan te verklaren (dit maakt het mogelijk om de puzzelstukjes die we tot onze beschikking hebben beter te ordenen). De theorie van Darwin is daarom voorlopig de enige die geldig is. Sinds Darwin is er een groot aantal onderzoeken en observaties uitgevoerd die de verschillende aspecten van Darwins theorie 'bevestigen'. Sommigen hebben ook bepaalde aspecten/punten van deze theorie verduidelijkt.



## Document voor begeleider

### Extra activiteiten/opties

---

#### **Volgens jou is evolutie = perfectie?**

Deze vraag kan ongeacht de klassen, worden beantwoord. Het kan aan het einde van oefening 3 of 5 worden ingevoegd, afhankelijk van het niveau van de leerlingen.

#### **Materiaal voor de begeleider:**

- gelamineerde A4-foto's van een pauw, een mannelijke guppy,...
- foto's en mini-videocapsule op de gevlekte hyena.

#### **Protocol:**

Toon de verschillende foto's op het bord

Vanaf de 2<sup>de</sup> SO kan men ook starten vanaf de gevlekte hyena

*Volgens jou is evolutie = perfectie?*

NEE, de mechanismen van evolutie omdat ze worden beïnvloed door de verschillende elementen die deel uitmaken van wat wetenschappers natuurlijke selectie noemen, wijzigen populaties en begunstigen individuen waarvan de kenmerken het best zijn aangepast aan de omgeving waarin ze leven! Deze eigenschappen maken ze niet beter, superieur of perfecter! Het is geen race voor perfectie waarbij men van generatie op generatie zou overgaan van "grof" individu naar "geperfectioneerd" en perfect individuen! In de meeste gevallen zijn deze aanpassingen een compromis van voor- en nadelen. Inderdaad, alle criteria die deel uitmaken van natuurlijke selectie beïnvloeden niet allemaal het mechanisme van evolutie in dezelfde richting.

Voorbeeld: Net als de pauw is bij een aantal vogels de selectie van mannetjes door vrouwtjes tijdens het broedseizoen gebaseerd op visuele criteria. Hoe meer het mannetje opzichtig, kleurrijk en met bijzondere veren is, hoe meer hij in staat zal zijn om met vrouwtjes te paren. Maar anderszins, hoe kleurrijker het mannetje, hoe zichtbaarder hij wordt voor roofdieren, hoe langer of vreemder zijn veren, hoe minder gemakkelijk zijn vlucht! De kleur en de ceremoniële veren bij deze mannetjes zijn daarom een compromis tussen de noodzaak om de vrouwtjes te plezieren en die om niet te zichtbaar te zijn voor roofdieren!

De gevlekte hyena is ook een heel goed voorbeeld (zie aanvullend bestand PDF)

**Document voor begeleider****voor verder**

---

De extra PDF- bestanden die tot uw beschikking staan, geven informatie over de Galapagos-archipel en de evolutie van Darwinvinken. Informatie over de gevlekte hyena als voorbeeld van het begrip "evolutie  $\neq$  perfectie" is daar ook te vinden.

bron boeken:

Kritische gids voor evolutie, Guillaume Lecointre Ed. belin

Fylogenetische classificatie van het leven deel 1 – 2, Guillaume Lecointre & Hervé Le Guyader Ed. Belin

Website en video's:

<https://www.histoire-pour-tous.fr/dossiers/3972-charles-darwin-et-la-theorie-de-la-selection-naturelle.html>

Natuurlijke selectie, een gewaagd concept - Guillaume Lecointre – (1u51min. video 2017)

<https://www.bing.com/videos/search?q=th%C3%A9orie+de+l%27%C3%A9volution+Guillaume+le+cointre&&view=detail&mid=0CF8EAFD8883D682DCFC0CF8EAFD8883D682DCFC&&FORM=VRDGAR&ru2%2F3Fvideosq%3Dth%25c3%25a9orie%2Bde%2BI%2527%25c3%25a9volution%2BGuillaume%2Ble%2Bcointre%26FORM%3DHDRSC3>

Pingpongspel rond Darwin (5 min. video 2018)

<https://www.bing.com/videos/search?q=th%C3%A9orie+de+l%27%C3%A9volution+Guillaume+le+cointre&&view=detail&mid=B95881DC49B739796F37B95881DC49B739796F37&&FORM=VRDGAR&ru2%2F3Fvideos%3Dth%25c3%25a9orie%2Bde%2BI%2527%25c3%25a9volution%2BGuillaume%2Ble%2Bcointre%26FORM%3DHDRSC3>

Een vreemd gezin met een blauwe huidskleur

<https://www.futura-sciences.com/sciences/actualites/histoire-cabinet-curiosites-etrange-famille-peau-bleue-85927/>