Sim'Évolution
12131 - 12132

NOTICE

Retrouvez l'ensemble de nos gammes sur : www.pierron.fr

PIERRON
ÉQUIPEMENT PÉDAGOGIQUE SCIENTIFIQUE

PIERRON - ASCO & CELDA • CS 80609 • 57206 SARREGUEMINES Cedex • France
Tél. : 03 87 95 14 77 • **Fax :** 03 87 98 45 91
E-mail : education-france@pierron.fr

Présentation

1 - Introduction

Associant aspect ludique et réflexion SIM'EVOLUTION offre aux élèves la possibilité d'appréhender de manière conviviale et intuitive des concepts abstraits tels que dérive génétique et sélection naturelle.
Adaptable aux collégiens comme aux lycéens, cette modélisation leur fera vivre en direct et en accéléré des processus habituellement imperceptibles à l'échelle de temps humaine.

2 - Contenu de l'emballage

- 180 jetons en plastique Ø 15 mm de 6 couleurs différentes
(30 rouges – 30 bleus – 30 verts – 30 jaunes – 30 blancs – 30 noirs) ;
- 1 dé à jouer ;
- 1 tapis en mousse bicolore (1 face noire, 1 face blanche) ;
- 1 bandeau pour les yeux ;
- Une notice pédagogique détaillée.

Compétences travaillées

Être capable de :

- Formuler des hypothèses pour résoudre un problème scientifique.
- Mettre en œuvre des stratégies de résolution ; analyser et interpréter les résultats obtenus.
- Apprendre à organiser son travail.
- Appréhender différentes échelles de temps géologique et biologique.

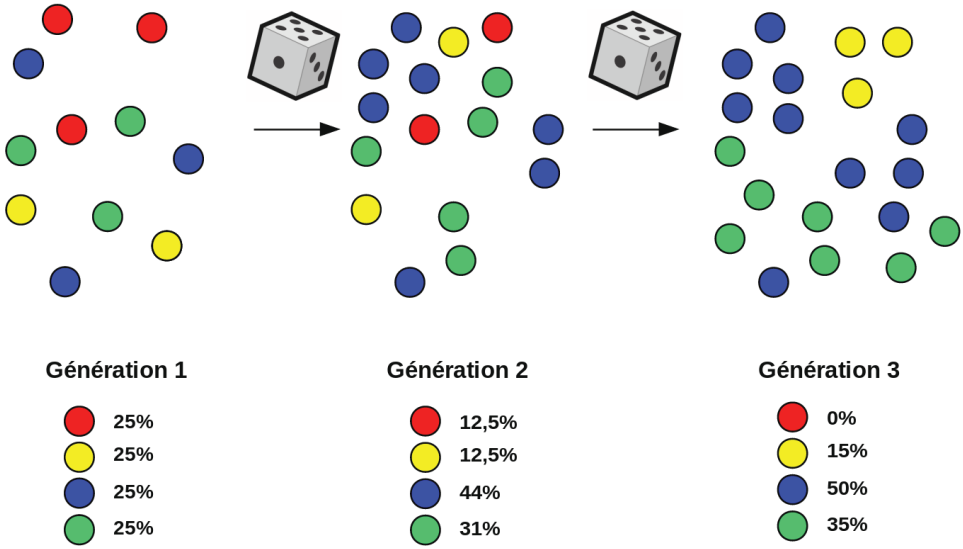
Rappels théoriques

L'évolution de la biodiversité au cours du temps s'explique par des forces évolutives s'exerçant au niveau des populations.

1 - La dérive génétique

La dérive génétique correspond à la variation aléatoire de la fréquence d'un caractère* / d'un allèle dans une population, à cause du hasard lié à la transmission de ce caractère / de cet allèle lors de la reproduction sexuée. La dérive agit sur tous les types de caractères / d'allèles, qu'ils soient avantageux, désavantageux, ou neutres.

* caractère déterminé génétiquement



À cause du hasard lié à la reproduction, des caractères peuvent se répandre dans une population ou au contraire disparaître. Dans cet exemple, le caractère rouge disparaît mais cela aurait pu être n'importe quel autre caractère.

Source : Pascal Combemorel. Licence CC-BY-SA. Image du dé par Ocal, depuis Clker.com, domaine public.

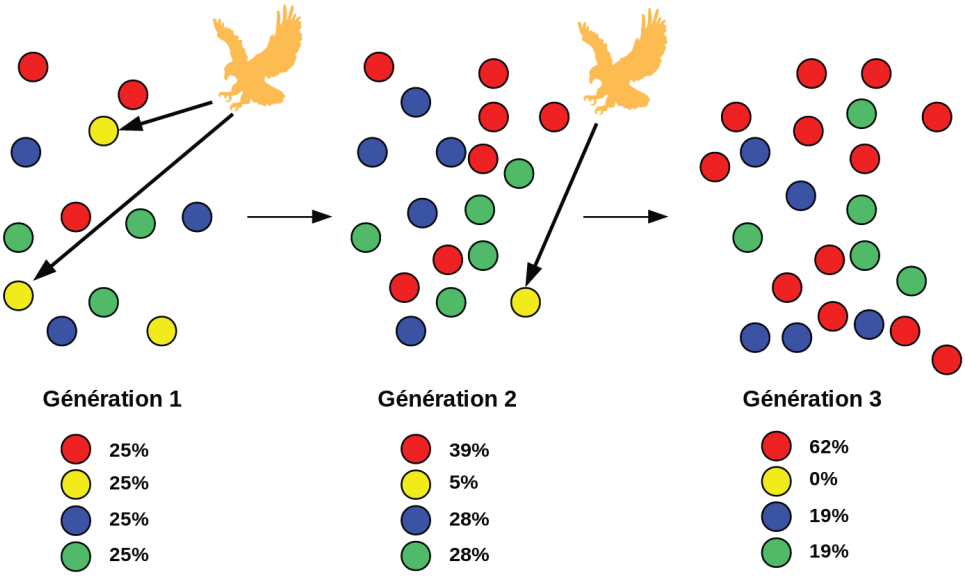
Les effets de la dérive génétique sont d'autant plus marqués que l'effectif de la population est faible (les caractères se fixent ou disparaissent d'autant plus rapidement que la population est de petite taille).

2 - La sélection naturelle

Dans une population d'individus variés, certains possèdent des caractères avantageux qui leur permettent de donner plus de descendants que les autres, car ils vivent plus longtemps et/ou se reproduisent plus souvent.

Un caractère est dit « avantageux » s'il permet aux individus concernés de résister à une pression de sélection. Celle-ci peut être liée à une condition physico-chimique du milieu (température, hygrométrie…), à une autre espèce (prédateurs, parasites…) et/ou à des individus de la même espèce (compétition pour des ressources alimentaires ou pour des partenaires sexuels par exemple).

Les caractères avantageux, appelés « adaptations », tendent à se répandre dans la population : on nomme « sélection naturelle » ce mécanisme évolutif.
Si les adaptations sont déterminées génétiquement, sous la pression de la sélection naturelle, les allèles avantageux qui sont à leur origine deviennent de plus en plus fréquents au fil des générations.



Dans cet exemple, le prédateur, représenté par l'oiseau, mange spécifiquement les individus jaunes. La fréquence de ce caractère diminue donc dans la population. Le caractère jaune est ici désavantageux.

Source : Pascal Combemorel. Licence CC-BY-SA. Image d'oiseau par Zachary, depuis Clker.com, domaine public.

Dans le module simplifié proposé ci-après :

• Les jetons représentent des organismes haploïdes. Ces derniers se reproduisent seuls (reproduction asexuée) et sont donc identiques à l'individu qui leur a donné naissance – sauf en cas de mutation.

• Les couleurs des jetons correspondent soit aux variations d'un caractère héréditaire donné [cycle 4], soit aux différents allèles du gène déterminant ce caractère [classe de seconde]. Cela ne change rien au protocole des activités proposées : les individus étant haploïdes, la correspondance allèle possédé / caractère exprimé est automatique.

Il n'est pas indispensable d'évoquer les termes haploïde / diploïde avec les élèves. Il suffit de présenter la modélisation en expliquant qu'il s'agit d'une approche simplifiée de la réalité, transposable à des organismes plus complexes.

• La taille de la population reste constante au cours du temps.

• Les générations ne se chevauchent pas : à chaque instant K, les individus de la K-ième génération meurent aussitôt après avoir donné naissance aux individus de la (K+1)-ième génération.

1 - Pré-requis

• Les organismes vivants peuvent se reproduire.

• Ce faisant, ils transmettent à leurs descendants un certain nombre de caractères.

• Ces caractères sont sujets à des variations que l'on appelle « mutations ».

2 - Résumé du module pédagogique

Il s'agira dans ce module pédagogique de simuler le devenir au cours du temps d'une population fictive soumise à différents mécanismes évolutifs puis, à partir des résultats expérimentaux obtenus, de montrer comment ces processus peuvent être à l'origine d'une modification de la biodiversité au cours du temps.

Avertissement :

Pour tirer pleinement partie du module pédagogique il faudra soit utiliser plusieurs kits simultanément (6 ou plus dans l'idéal) soit si on n'a qu'un seul kit dérouler l'intégralité du protocole à plusieurs reprises.

3 - Activité 1 : les hasards de la reproduction (modélisation de la dérive génétique)

Matériel (par groupe)

- des jetons rouges – bleus – verts – jaunes – noirs (30 de chaque)
- 1 dé à jouer
- 1 tapis bicolore tourné côté noir
- 1 bandeau

Déroulement

- Exposé de la problématique aux élèves et signification du matériel utilisé

Soit une population d'individus appartenant à une même espèce, mais différant par leur couleur, ces couleurs correspondant aux différents allèles d'un même gène (1 allèle par couleur). Chaque organisme est symbolisé par un jeton.
Ces individus imaginaires se reproduisent très simplement : chacun donne naissance à un ou plusieurs descendants qui lui sont strictement identiques et meurent aussitôt après s'être reproduits.
On part d'une population initiale de 5 individus (1 rouge, 1 bleu, 1 vert, 1 jaune et 1 noir). On considère que les 5 individus se reproduisent. Le nombre de descendants de chacun d'eux, aléatoire, est tiré au dé, les parents éliminés aussitôt après s'être reproduits.
L'habitat de ces individus est représenté par un tapis de table. Cet habitat, limité, ne permet pas la survie de plus de 5 organismes.

Cette limitation n'est pas nécessaire en soi, mais facilite la réalisation de la simulation. Elle correspond d'ailleurs à une certaine réalité biologique que Darwin a appelée « limitation des ressources ». Si l'on prend une île tropicale de surface donnée et que l'on y sème un grand nombre de graines de baobab, le nombre d'arbres adultes que pourra accueillir cette île sera limité par sa surface. De même la quantité d'herbivores qui pourront vivre sur cette île dépendra de la quantité de végétaux pouvant y pousser. Si on prend des graines strictement identiques, celles qui seront tombées dans un coin humide et chaud germeront plus vite que d'autres tombées dans un coin plus aride. Celles qui pousseront les premières occuperont donc le terrain et empêcheront de pousser les graines tombées dans un endroit moins favorable. En d'autres termes, les graines étant « identiques », le fait que l'une plutôt que l'autre poussera sur l'île ne peut être prédit a priori.

Les descendants ne parvenant pas à mener leur reproduction à son terme sont piochés « en aveugle » (au hasard) et retirés du tapis. Les 5 descendants restants constituent la nouvelle génération de reproducteurs.
On réitère l'ensemble de la procédure à 4 reprises (ce qui fera 5 générations au total).

• Élaboration des hypothèses sur l'évolution de la population étudiée
Demander aux élèves de formuler une hypothèse sur la distribution des couleurs (caractères / allèles), au terme d'une série de cycles de reproduction - mortalité aléatoire.

• Formation des équipes et distribution des rôles
Constituer des équipes de 4 élèves : un élève chargé de répartir les jetons sur le tapis plastifié, un élève (yeux bandés) chargé de prélever les jetons au hasard, un élève muni d'un dé chargé de la « reproduction » des jetons, un élève chargé de reporter les résultats obtenus dans les tableaux prévus à cet effet.

• Protocole

Afin que les résultats obtenus par les différentes équipes soient comparables, une gestion rigoureuse du matériel est indispensable, ainsi qu'un suivi identique du protocole par tous les groupes.

Disposer 5 jetons sur le tapis : un jeton rouge, un bleu, un vert, un jaune et un noir (génération G0).
Lancer le dé pour déterminer le nombre de descendants de chaque jeton (de 1 à 6).
Retirer du tapis les 5 géniteurs et les remplacer par leurs descendants, en répartissant ces derniers au hasard et en veillant à ce qu'aucun jeton n'en chevauche un autre.

Attention : l'élève chargé d'éliminer les individus surnuméraires (cf. étape suivante) ne doit en aucun cas participer à la répartition des jetons sur le tapis ; il tourne le dos pendant cette opération et en profite pour placer un bandeau sur ses yeux.
Une fois son bandeau en place, il se retourne au signal de ses camarades et prélève au hasard des jetons du tapis jusqu'à ce qu'il n'en reste plus que 5 [nouveau signal de ses camarades].
Les 5 jetons restants sur le tapis constituent la génération G1.
Noter la composition de la génération G1 (nombre de jetons de chaque couleur) dans le tableau des résultats de l'équipe.
Réitérer 4 fois l'ensemble de la procédure (sauf si tous les jetons sont de la même couleur, il est alors inutile de continuer…).
Noter la composition de la dernière génération obtenue dans le tableau commun au groupe classe (sur PC).

Le tableau récapitulatif commun à l'ensemble de la classe pourra être réalisé sur Excel (ou tout autre logiciel tableur) et projeté aux élèves pendant toute la séance, afin que chacun prenne connaissance des résultats obtenus par les autres équipes. L'enseignant se charge de faire la synthèse des résultats obtenus lorsque tous les groupes ont terminé leur simulation.

• Lancement des simulations et compilation des données
L'ensemble de la procédure devrait durer environ 30 minutes.

• Analyse et interprétation des résultats obtenus
Mettre en commun les observations des élèves, en les faisant réfléchir à ce que représentent les jetons de couleur et au mécanisme à l'origine des variations observées : à partir d'une même proportion de phénotypes dans la population de départ, on a utilisé un dé à jouer et pioché sans regarder pour constituer de nouvelles générations. Tout semble relever d'un processus aléatoire. Faire remarquer que dans chaque équipe une ou deux couleurs (allèles) finissent souvent par l'emporter sur les autres, mais que ce ne sont pas toujours les mêmes d'une équipe à l'autre. Considérer l'ensemble des résultats obtenus et faire constater que lorsqu'on part d'une population de 6 x 5 = 30 individus la quasi-totalité voire la totalité des couleurs sont présentes à la cinquième génération.

Conclure :

Pour une population à petit effectif

Sous l'effet du hasard et à cause du faible effectif, la diversité des allèles est instable et imprévisible d'une génération à l'autre ; un allèle peut même disparaître en une seule génération. On parle de dérive génétique, processus conduisant à une perte de la biodiversité initiale.

Pour une population à grand effectif

Grâce à l'importance de l'effectif et malgré l'effet du hasard, la diversité des allèles reste relativement stable d'une génération à l'autre. À court terme les allèles sont peu menacés d'extinction.

Prolongements envisageables

Projeter un document montrant les résultats de simulations informatiques réalisées à grande échelle sur plusieurs dizaines de générations pour des populations de taille variée (cf. annexe).

4 - Activité 2 : mutations et sélection naturelle

Matériel (par groupe)

- des jetons rouges – bleus – verts – jaunes – noirs (30 de chaque)
- 1 dé à jouer
- 1 tapis bicolore tourné côté noir

Déroulement

- Rappels théoriques et discussion sur les modifications à apporter au protocole précédent

Rappeler que certains caractères / allèles procurent à ceux qui les possèdent un avantage ou un désavantage pour la survie et la reproduction. Ces caractères / allèles sont transmis de génération en génération en fonction des conditions du milieu. Ce processus est appelé « sélection naturelle ». Selon les conditions environnementales, un même caractère peut se retrouver favorable, défavorable ou neutre.

Discuter avec les élèves : « Comment faire pour modéliser ce mécanisme évolutif à partir du matériel précédemment utilisé ? »

• Élaboration des hypothèses sur l'évolution de la population étudiée

Demander aux élèves de formuler une hypothèse sur la distribution des couleurs (caractères / allèles), au terme d'une série de cycles de reproduction – prédation.

• Formation des équipes et distribution des rôles

L'élève chargé de prélever les jetons au hasard dans l'activité précédente jouera cette fois-ci le rôle de « prédateur » (cf. protocole ci-dessous).

• Protocole

Afin que les résultats obtenus par les différentes équipes soient comparables, une gestion rigoureuse du matériel est indispensable, ainsi qu'un suivi identique du protocole par tous les groupes.

Disposer 5 jetons sur le côté noir du tapis : un jeton rouge, un bleu, un vert, un jaune et un noir (génération G0).

Lancer le dé pour déterminer le nombre de descendants de chaque jeton (de 1 à 6).

Retirer du tapis les 5 géniteurs et les remplacer par leurs descendants, en répartissant ces derniers au hasard et en veillant à ce qu'aucun jeton n'en chevauche un autre.

Attention : l'élève prédateur ne doit en aucun cas participer à la répartition des jetons sur le tapis ; il tourne le dos pendant toute l'opération.

Au signal de ses camarades, il se retourne, regarde le tapis dans sa globalité (sans fixer une zone particulière), ramasse le premier jeton qu'il aperçoit et le place dans une boîte placée derrière lui en détournant les yeux du tapis entre chaque prise. Répéter l'opération aussi vite que possible (mais sans précipitation), jusqu'à ce qu'il ne reste plus que 5 jetons sur le tapis.

Si possible penser à tamiser la lumière de la salle avant de lancer l'expérimentation.

Les 5 jetons restants constituent la génération G1.

Noter la composition de la génération G1 (nombre de jetons de chaque couleur) dans le tableau de résultats de l'équipe.

Réitérer 4 fois l'ensemble de la procédure (sauf si tous les jetons sont de la même couleur : il est alors inutile de continuer…).

Noter la composition de la dernière génération obtenue dans le tableau commun au groupe classe (sur PC).

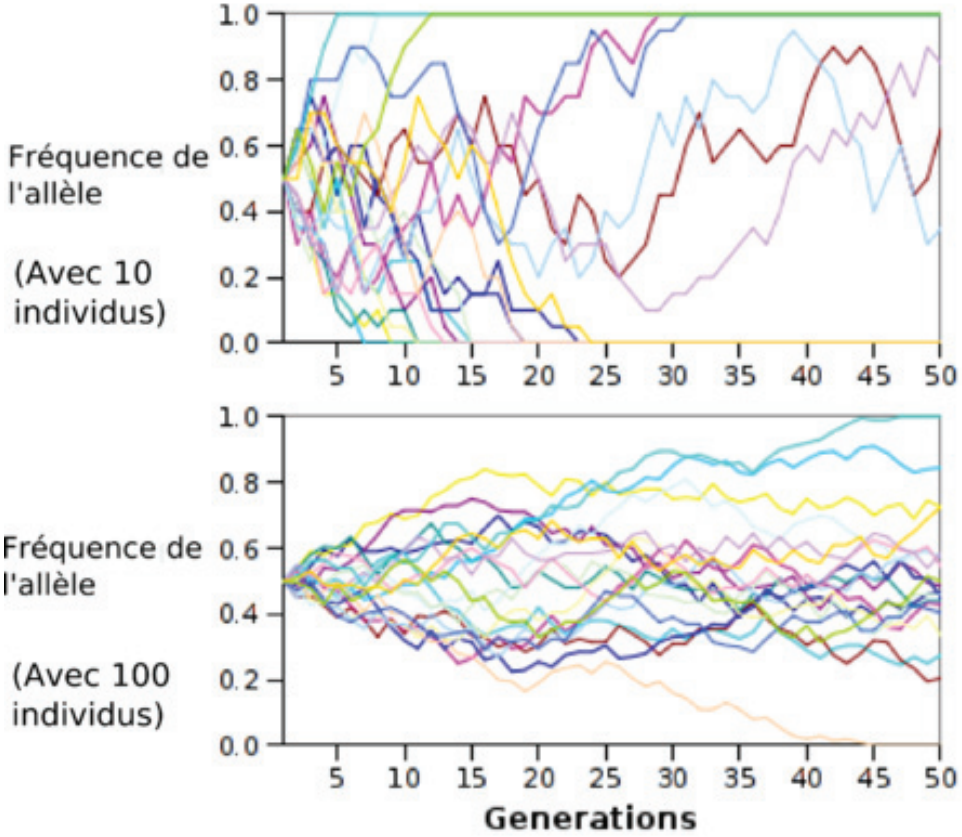
• Lancement des simulations et compilation des données
L'ensemble de la procédure devrait durer environ 30 minutes.

• Variantes envisageables
On pourra simuler l'apparition d'individus mutants en introduisant un ou deux jetons blancs dans la population des descendants des individus G0 et/ou simuler une modification du milieu de vie, en tournant le tapis côté blanc.

En G0, suite au tirage du dé, on pourrait récupérer par exemple 2 jetons rouges, 3 bleus, 1 vert, 6 jaunes 2 noirs et 2 blancs (mutants), population sur laquelle va intervenir l'élève prédateur. Si le tapis est laissé côté noir, le caractère / allèle mutant blanc, défavorable, a de grandes chances de disparaître rapidement. Si le tapis est retourné côté blanc, le caractère / allèle blanc devient favorable et a de grandes chances de se maintenir dans la population (voire sur le long terme de supplanter les autres caractères / allèles…).

• Analyse et interprétation des résultats obtenus
L'ensemble des expérimentations proposées (cf. variantes ci-dessus) devrait amener les élèves à comprendre qu'un caractère / allèle favorable (ex. un jeton noir sur fond noir) peut se fixer dans une population (en particulier lorsque cette dernière est de taille réduite)… mais pas toujours, suite à l'effet cumulé de la dérive génétique et de la sélection naturelle.
De même il peut arriver que sous l'effet du hasard un caractère / allèle défavorable (ex. un jeton blanc sur fond noir) se fixe dans une population. C'est seulement en moyenne que les caractères / allèles avantagés l'emportent.
Les élèves réaliseront aussi que si l'environnement change, un caractère / allèle auparavant neutre ou défavorable peut devenir avantageux (ex. jeton blanc sur fond blanc). L'inverse se vérifie également.
Rien n'est figé : il n'y a pas d'état « optimal » d'adaptation. Fruit de l'évolution passée des êtres vivants en interaction avec leur environnement, la biodiversité évolue constamment au cours du temps.

Prolongements envisageables
Échanger avec les élèves sur l'impact évolutif à long terme des activités humaines.



Vingt simulations par ordinateur de l'évolution de la fréquence d'un allèle , fixée au départ à 0,5. On voit que l'effet de la dérive génétique est plus important dans une petite population.

Source : Wikipedia – GNU Free Documentation License

Tableau des résultats obtenus par équipe

Fréquence de chaque couleur obtenue après 5 générations :

Générations et Couleurs	G1	G2	G3	G4	G5
Rouge					
Bleu					
Vert					
Jaune					
Noir					
Blanc					

Tableau des résultats obtenus par l'ensemble de la classe

Fréquence de chaque couleur obtenue après 5 générations :

Équipes et couleurs	E1	E2	E3	E4	E5	E6	CLASSE
Rouge							
Bleu							
Vert							
Jaune							
Noir							
Blanc							

1 - Entretien

Aucun entretien particulier n'est nécessaire au fonctionnement de votre appareil.
Toutes les opérations de maintenance ou de réparation doivent être réalisées par PIERRON - ASCO & CELDA. En cas de problème, n'hésitez pas à contacter le Service Clients.

2 - Garantie

Les matériels livrés par PIERRON - ASCO & CELDA sont garantis, à compter de leur livraison, contre tous défauts ou vices cachés du matériel vendu. Cette garantie est valable pour une durée de 2 ans après livraison et se limite à la réparation ou au remplacement du matériel défectueux. La garantie ne pourra être accordée en cas d'avarie résultant d'une utilisation incorrecte du matériel.
Sont exclus de cette garantie : la verrerie de laboratoire, les lampes, fusibles, tubes à vide, produits, pièces d'usure, matériel informatique et multimédia.
Certains matériels peuvent avoir une garantie inférieure à 2 ans, dans ce cas, la garantie spécifique est indiquée sur le catalogue ou document publicitaire.
Le retour de matériel sous garantie doit avoir notre accord écrit.
Vices apparents : nous ne pourrons admettre de réclamation qui ne nous serait pas parvenue dans un délai de quinze jours après livraison au maximum. À l'export, ce délai est porté à un mois.
La garantie ne s'appliquera pas lorsqu'une réparation ou intervention par une personne extérieure à notre Société aura été constatée.

Notes

PIERRON
ÉQUIPEMENT PÉDAGOGIQUE SCIENTIFIQUE

PIERRON - ASCO & CELDA
CS 80609 • 57206 SARREGUEMINES Cedex • France
Tél. : 03 87 95 14 77
Fax : 03 87 98 45 91
E-mail : education-france@pierron.fr