GUIDE DE L'ENSEIGNANT EN CLASSE

7e – 8e – 9e ANNÉES (ONTARIO)
SECONDAIRE 1 – 2 – 3 (QUÉBEC)

PRÉSENTÉE PAR

TABLE DES MATIÈRES

BIENVENUE À TOUJOURS PLUS HAUT! 1

L'expérience TOUJOURS PLUS HAUT : La sortie éducative 2

Utilisation du guide de l'enseignant 4

ENVOLEZ-VOUS : PLANS DE LEÇON EN CLASSE 6

1. Modeler l'avenir de l'aviation - *Les mathématiques* 6
2. Rapide comme une flèche - *Mathématiques, sciences, études sociales* 11
3. Au-delà de la biologie - *Science, technologie, ingénierie* 19

TOUJOURS PLUS HAUT - L'exposition interactive ultime sur l'aviation est rendue possible par Boeing. L'exposition est produite par Evergreen Exhibitions en association avec Boeing, en collaboration avec la NASA.

Ce guide de l'enseignant a été créé par TurnKey Education, Inc. pour Evergreen Exhibitions.

Les ressources éducationnelles et la programmation de TOUJOURS PLUS HAUT sont rendues possibles par Boeing à l'occasion de son centenaire et par son engagement continu à préparer et à inspirer la nouvelle génération à rêver, concevoir et construire quelque chose de mieux pour le prochain siècle.

© 2015 Evergreen Exhibitions. Tous droits réservés. À l'exception d'une utilisation dans le cadre d'un salon de l'éducation, aucune partie de ce document ne peut être reproduite, archivée ou transmise sous quelque forme ou par quelque moyen que ce soit - électronique, mécanique, photocopie, enregistrement ou tout autre sans autorisation préalable explicite. Des copies multiples peuvent uniquement être faites par ou pour l'enseignant à des fins éducatives.

BIENVENUE À TOUJOURS PLUS HAUT!

L'histoire de l'aviation nous démontre clairement une chose : il n'y a jamais eu de limites. TOUJOURS PLUS HAUT est une exposition multisensorielle sur l'aérospatiale et l'aviation qui vous invite, vous et vos élèves, à vivre et comprendre les éléments requis pour rendre possible l'« impossible » dans le ciel et au-delà.

Cette occasion d'apprentissage unique vous est présentée par la société Boeing et l'exposition a été préparée en collaboration avec de nombreux spécialistes renommés de l'aviation, d'experts de l'aérospatiale, d'historiens, d'archivistes, d'enseignants et de professionnels des programmes éducatifs. Ces partenaires compétents apportent la science, la technologie, l'ingénierie, les arts et l'enseignement des mathématiques à de nouveaux sommets dans votre classe. TOUJOURS PLUS HAUT offre à vos élèves un accès direct à des simulations immersives, des défis de conception interactive, des pierres de touche historiques emblématiques, des concepts visionnaires pour l'avenir et des histoires inspirantes d'innovateurs révolutionnaires d'hier et d'aujourd'hui. Imaginez les moments d'apprentissage!

Dès le moment où les humains ont quitté le sol pour la première fois, la course pour aller toujours plus haut était commencée. Plus vite. . . plus loin. . .plus haut. . . plus intelligemment! Aujourd'hui, ces objectifs poussent les innovateurs de l'aérospatiale à appliquer les principes d'apprentissage de la science et de la technologie pour faire de nouvelles découvertes et repousser les limites de notre univers. TOUJOURS PLUS HAUT intéressera vos élèves et collègues enseignants tout au long du programme d'enseignement grâce à son contenu qui suscite la réflexion. Et si l'on pouvait. . .

- *s'envoler où et quand on veut?*
- *voler plus vite que la vitesse du son grâce à des vols supersoniques qui ne font pas beaucoup de bruit et ne brûlent pas trop de carburant?*
- *concevoir des machines volantes et ultra vertes pour transporter plus de personnes à plus d'endroits, et en même temps, mieux traiter la planète?*
- *inventer des robots volants super intelligents pour nous aider dans notre vie quotidienne, tels que des robots livreurs, des robots écologistes et plus?*
- *construire une nouvelle génération de véhicules spatiaux réutilisables pour rendre les voyages vers l'orbite terrestre aussi communs que le transport aérien?*

TOUJOURS PLUS HAUT, c'est plus qu'une visite au musée. C'est une façon d'inspirer vos élèves à viser plus haut et à poursuivre leurs études. Peut-être que quelqu'un vous connaissez nous mènera tous toujours plus haut dans un proche avenir!

L'EXPÉRIENCE TOUJOURS PLUS HAUT : LA SORTIE ÉDUCATIVE

Pendant votre sortie éducative à TOUJOURS PLUS HAUT, vous pouvez faire l'expérience de cinq galeries interactives dans tout ordre : LÀ-HAUT, PLUS VITE, PLUS HAUT, PLUS LOIN, et PLUS INTELLIGEMMENT. Chacune propose des simulations et des activités de conception reliées à des défis techniques réels dans l'industrie aérospatiale. Voici certains des faits saillants que vos élèves ne voudront pas manquer!

Une sortie éducative à TOUJOURS PLUS HAUT célèbre le pouvoir de l'innovation pour concrétiser les rêves. Une immense ligne du temps multipoint exhaustive où les élèves peuvent explorer les innovations et où les innovateurs qui ont transformé notre monde les initient à l'histoire de l'aviation. Ensuite, un court métrage intitulé Au-delà des limites plonge les élèves dans l'esprit et la puissance de l'innovation en aérospatiale. L'imagerie exaltante et la musique céleste susciteront l'intérêt pour ce qui suit.

LÀ-HAUT

LÀ-HAUT fait participer tout le monde pour découvrir les éléments nécessaires pour s'élever au-dessus du sol. Découvrez les avancées technologiques qui nous ont permis de rejoindre les oiseaux dans le ciel. Regardez ensuite quelques nouveaux véhicules aux concepts audacieux conçus pour nous offrir plus de liberté de mobilité dans l'avenir.

Les notions de portance, traînée, poussée et poids prennent vie grâce à un jeu de vol appelé Déployez vos ailes. Ici, les élèves deviennent des oiseaux et suivent le meneur en direction du sud en formation en V. Ces quatre principes du vol sont explorés par le biais d'une comparaison de la façon dont un ballon, un dirigeable, un planeur, un aéronef à voilure fixe, un aéronef à voilure tournante et une fusée atteignent chacun le ciel. Un coup d'œil à l'incroyable avion du futur montre à vos élèves à quel point des modèles plus rapides et plus écologiques sont déjà en voie de réalisation.

PLUS VITE

En 1947, le pilote d'essai Chuck Yeager a démontré que la vitesse du son n'était pas un véritable obstacle en passant comme l'éclair à 1 126,5 km/h (700 mi/h) dans un avion-fusée Bell X-1. En 2004, l'avion sans pilote X-43A de la NASA a battu le record de vitesse pour un aéronef à réaction aérobie lorsqu'il a volé à 11 265 km/h (7 000 mi/h). Que ce soit pour s'y rendre plus rapidement, pour obtenir un avantage sur un adversaire ou pour la pure poussée d'adrénaline, la quête de la vitesse a toujours inspiré les avancées de l'aviation. PLUS VITE vous plonge dans les sensations enivrantes du vol à haute vitesse.

Pour comprendre ce qu'on entend par « haute vitesse », vos élèves concevront et feront l'essai en vol d'un jet dans une compétition virtuelle appelée Plein régime. Ce défi pour avion de chasse supersonique démontre les effets de diverses formes de fuselage, d'ailes et d'empennage sur la façon dont l'engin vole, la vitesse qu'ils peuvent atteindre et la facilité de manœuvre. Un test en soufflerie simulé révèle la façon dont les autres aspects de la forme d'un aéronef déterminent le moment où sa vitesse maximale sera atteinte dans la gamme des vitesses subsoniques à supersoniques. Les élèves pourront aussi voir de petits modèles d'aéronefs que Boeing et la NASA ont utilisés lors de tests en soufflerie réels.

PLUS HAUT

Cinquante-huit ans seulement après que Wilbur Wright ait « plané » à 3 mètres au-dessus du sol dans le Wright Flyer, le cosmonaute soviétique Youri Gagarine est devenu la première personne à graviter autour de la Terre. Aujourd'hui, les astronautes vivent et travaillent régulièrement à bord de la Station spatiale internationale (SSI). Il est toutefois toujours difficile et coûteux d'atteindre l'espace. Peu de gens peuvent découvrir ses merveilles. . . pour l'instant! PLUS HAUT explore le vol à haute altitude et les innovations qui pourraient bientôt faciliter la mise en orbite.

L'élément principal de cette galerie est l'ascenseur spatial international. Votre classe explorera les couches de l'atmosphère et les possibilités du vol à haute altitude. Cette expérience visuelle époustouflante est une ascension simulée dans un ascenseur spatial librement inspiré par les concepts qui pourraient un jour transporter des marchandises et des personnes dans l'orbite autour de la Terre.

PLUS LOIN

Au-delà de l'Atlantique, à travers le monde, vers la lune et au-delà! Depuis la toute première fois où nous avons quitté le sol, nous avons toujours voulu voler encore plus loin. Pour les aéronefs, la priorité actuelle consiste à aller plus loin avec moins, soit en utilisant moins de carburant et en polluant moins. Dans l'espace, nous visons Mars et les étoiles! Que faudra-t-il pour envoyer des humains sur Mars? Peut-on « naviguer » vers les étoiles ? PLUS LOIN révèle également la puissance de l'innovation pour nous aider à aller jusqu'au bout, sur la Terre et dans l'espace.

Le Marathon vers Mars pose à vos élèves les mêmes questions que celles auxquelles les ingénieurs en aéronautique réfléchissent au sujet des défis inhérents à un voyage de plusieurs mois vers Mars. Combien de temps faudra-t-il? Qu'allez-vous emporter? Qu'allez-vous porter? Des modèles de vaisseau spatial de l'avenir pourraient un jour nous amener sur Mars, et au-delà, sont aussi exposés. Les élèves peuvent ensuite expérimenter avec des matériaux composites légers très résistants qui aident déjà les aéronefs et les vaisseaux spatiaux à voler plus loin en utilisant moins de carburant.

PLUS INTELLIGEMMENT

Dans l'aérospatiale, il n'y a pas de bataille entre « cerveau et force ». Il vous faut les deux! PLUS INTELLIGEMMENT invite vos élèves à découvrir ce qui se produit lorsque l'aviation et les technologies intelligentes s'unissent. Voyez comment les innovateurs de l'aérospatiale appliquent les avancées en informatique, électronique et robotique pour inventer des aéronefs et des vaisseaux spatiaux plus performants. Découvrez comment les technologies intelligentes transforment la façon dont nous construisons et utilisons ces incroyables machines volantes intelligentes.

Des objets réels et des présentations multimédias racontent l'histoire des débris spatiaux, ses dangers et les solutions possibles. Vos élèves verront la façon dont des aéronefs plus intelligents rendront les vols spatiaux plus sécuritaires pour tous dans Débris spatiaux. Ce défi présente trois solutions fantastiques pour le nettoyage des débris orbitaux.

PLUS INTELLIGEMMENT présente également un assortiment de véhicules aériens sans pilote réel. Les élèves auront la possibilité de programmer leur propre véhicule aérien sans pilote pour effectuer une mission particulière. Dans cette activité de RobotVolants, ils compareront plusieurs modèles possibles pour évaluer la meilleure solution en fonction des paramètres de leur mission. Les options de la mission : voler dans l'œil d'une tempête, polliniser une serre sur Mars ou suivre une espèce en voie de disparition. Les élèves pourront aussi regarder la vidéo Ciel intelligent pour découvrir la façon dont des technologies intelligentes transformeront notre espace aérien en améliorant l'efficacité, en réduisant la pollution, en diminuant les retards par des conditions météorologiques et en réduisant les coûts.

RÊVES EN ALTITUDE

À la fin de la sortie éducative, vous « rencontrez » virtuellement de jeunes employés de Boeing qui partageront avec vous certains des projets passionnants sur lesquels ils travaillent en ce moment, leurs inspirations personnelles et leur parcours de la salle de classe jusqu'à l'espace. Les élèves peuvent ensuite apporter leur propre vision de l'avenir de l'aviation à un mur collectif de rêves. Génial!

L'expérience TOUJOURS PLUS HAUT est conçue pour susciter une passion pour la plus grande aventure de toutes : notre voyage dans les airs et dans l'espace. Ce faisant, elle rend hommage aux innovations passées qui ont transformé le monde tout en regardant vers l'avenir et en démontrant l'impact des avancées de l'aérospatiale dans notre vie quotidienne. Cette exposition inspire les élèves à imaginer de futures carrières en aéronautique et vous aide à sensibiliser votre classe à la science et à la technologie. Simplement dit, votre sortie éducative à TOUJOURS PLUS HAUT est extraordinaire!

UTILISATION DU GUIDE DE L'ENSEIGNANT

Pour accompagner l'expérience TOUJOURS PLUS HAUT, nous avons créé ce guide pédagogique destiné aux enseignants du secondaire afin de compléter l'enseignement en classe et pour que vous profitiez au maximum de votre sortie éducative. Ce guide de l'enseignant contient des plans de leçon originaux et accessibles, reliés à la science et à la technologie que vous pouvez utiliser en classe et partager.

Le guide de l'enseignant pour l'école secondaire contient des activités dynamiques et des devoirs pour les élèves de secondaire 1, 2 et 3. Un guide de l'enseignant pour l'école primaire est aussi disponible. Ces deux guides ont été créés pour être flexibles; utilisez-les de la façon qui répond le mieux aux besoins et aux capacités de votre classe. Vous connaissez vos élèves mieux que quiconque!

Faisant suite à cette introduction, vous trouverez la section contenant quatre plans de leçon en classe interdisciplinaires conçus pour correspondre aux normes de votre programme. Les plans de leçon commencent par les pages de directives à l'enseignant et comprennent le corrigé des activités. En haut de la page Directives à l'enseignant, vous trouverez les zones de contenu appropriées et les compétences visées par les activités de la leçon. Chaque leçon est accompagnée de fiches d'activité de l'élève complètes et prêtes à photocopier qui sont axées sur les principaux sujets abordés dans l'exposition.

Le premier plan de leçon est « Modeler l'avenir de l'aviation ». Les élèves exploreront les dimensions de plusieurs aéronefs expérimentaux en cours de mise au point par la NASA et Boeing, comme l'aile volante avec fuselage intégré X-48C. Les élèves pratiqueront ensuite le calcul des ratios, des proportions et de la modélisation à l'échelle en utilisant les mesures des modèles d'essai et leurs contreparties réelles.

« Rapide comme une flèche », le deuxième plan de leçon, combine l'histoire, la géométrie et les sciences physiques en une activité fascinante sur le développement de la technologie des ailes en flèche au milieu du vingtième siècle. Les élèves commenceront avec un compte-rendu de première main d'une recherche secrète découverte en Allemagne à la fin de la Seconde Guerre mondiale et finiront par le calcul des angles d'aile des avions supersoniques et subsoniques d'aujourd'hui.

Dans le plan de leçon suivant, « Au-delà de la biologie », les chemins des ingénieurs et des biologistes se croisent pour créer des innovations en aérospatiale inspirées par le biomimétisme. À partir des compartiments moteurs amortissant le bruit des moteurs à réaction basé sur le vol silencieux de la chouette jusqu'aux idées inspirées par le règne

animal sur la façon d'amener des êtres humains sur Mars, les élèves verront la façon dont le biomimétisme a déjà fait progresser les possibilités du vol humain.

Le quatrième plan de leçon est « Carrières logiques ». En général, les étudiants peuvent penser aux mécaniciens aéronautiques et aux astrophysiciens lorsqu'ils imaginent une carrière dans l'industrie aérospatiale. Toutefois, cette main-d'œuvre dynamique, présente dans le monde entier, fait également des progrès avec l'appui de physiciens, de comptables et d'architectes d'intérieur, pour n'en nommer que quelques-uns. Le casse-tête logique de ce plan de leçon fait découvrir à vos élèves la diversité des carrières disponibles dans une entreprise comme Boeing, tandis qu'ils pratiquent les déductions et l'établissement d'égalités sans utiliser de chiffres!

Toutes ces ressources éducationnelles peuvent être utilisées avant ou après votre sortie éducative. Elles vous aideront à préparer les élèves aux moments d'apprentissage tout au long de l'expérience TOUJOURS PLUS HAUT et, une fois de retour à l'école, à explorer davantage les liens entre les thèmes de l'exposition et votre enseignement en classe de la science et de la technologie. Préparons-nous au décollage!

PLAN DE LEÇON 1 : MODELER L'AVENIR DE L'AVIATION

Directives à l'enseignant

MATHÉMATIQUES

RAPPORTS PROPORTIONNELS, MAQUETTES

Au-delà de l'Atlantique, à travers le monde, vers la lune et au-delà! Depuis que l'humanité a pris son envol, nous avons travaillé à voler plus vite, plus haut, plus loin et plus intelligemment. Pour les aéronefs, la priorité actuelle est d'aller plus loin avec moins, moins de carburant et moins de pollution. Il y a trois aéronefs expérimentaux d'avant-garde, plusieurs présentés dans TOUJOURS PLUS HAUT, qui sont passés du stade d'idée inspirée à celui de modèle fonctionnel : le X-48, le SUGAR Volt et le Phantom Swift.

À partir du Wright Flyer de 1903 jusqu'aux avions spatiaux les plus expérimentaux d'aujourd'hui, chaque aéronef que vos élèves croisent au cours de leur sortie éducative à TOUJOURS PLUS HAUT a d'abord été une idée et une maquette. Les maquettes économisent les ressources et sauvent des vies. Les ingénieurs recueillent de précieux renseignements en essayant leurs idées sur des modèles plus petits qui utilisent moins de matériaux et n'ont pas besoin d'un pilote humain. S'ils découvrent qu'une partie de leur conception, comme l'angle d'une aile ou la position d'un moteur, rend l'avion moins efficace ou dangereux, des modifications peuvent alors être apportées.

LA X-48/BWB-450

L'avion à fuselage classique produit une traînée, car ses ailes dépassent son corps. La NASA et Boeing tentent d'amalgamer les ailes et le corps d'un avion en une seule surface lisse afin de réduire la traînée et d'améliorer l'efficacité du carburant. La X-48 est un corps à ailes combinées (BWB). Elle s'appelle BWB-450 parce qu'un jour, elle pourrait accueillir jusqu'à 450 passagers! Les prototypes ont démontré que cette nouvelle forme est aérodynamique, écoénergétique et peut réduire le bruit; ce qui en fait un bon candidat pour devenir une machine volante ultra verte de l'avenir. Au cours de 2012 et 2013, des modèles de taille différente ont effectué des vols à plusieurs reprises. Vous verrez l'un des modèles d'essai dans TOUJOURS PLUS HAUT.

LE SUGAR VOLT

Un autre avion vert expérimental en cours de mise au point par Boeing est le SUGAR Volt. C'est un avion hybride électrique et à carburéacteur, semblable aux voitures hybrides que nous conduisons aujourd'hui qui utilisent de l'électricité et l'essence. SUGAR est l'acronyme de Subsonic Ultra-Green Aircraft Research, un groupe qui participe à la conception de technologies de l'aviation dont nous aurons besoin dans 20 ans pour répondre aux exigences de l'aviation verte, y compris l'efficience énergétique.

LE PHANTOM SWIFT

Les hélicoptères peuvent décoller et atterrir à peu près n'importe où, mais ils ne volent pas très rapidement. Les aéronefs à voilure fixe, comme les avions, peuvent voler rapidement, mais ils ont besoin de pistes pour décoller et atterrir. Un aéronef à décollage et atterrissage verticaux (ADAV) combine le meilleur des deux mondes! L'aéronef expérimental Phantom Swift a d'abord été présenté lors de la participation de Boeing à un concours organisé par la Defense Advanced Research Projects Agency (DARPA) de la Défense des États-Unis pour mettre au point un nouvel aéronef à décollage et atterrissage verticaux. En fait, les compétitions de la DARPA sont à l'origine du développement de plusieurs technologies de pointe présentées dans TOUJOURS PLUS HAUT. Cela ressemble à l'expo-sciences ultime!

Dans cette leçon, les élèves en apprendront plus au sujet de ces trois vols de l'avenir conçus pour nous transporter plus vite, plus haut, plus loin et plus intelligemment que jamais auparavant. Tout d'abord, ils calculeront les dimensions réelles et celles d'une maquette du X-48C, du SUGAR Volt et du Phantom Swift. Puis, pour les aider à obtenir une perspective de la dimension des maquettes utilisées dans les essais et de leurs contreparties de dimensions réelles, ils compareront ces proportions à plusieurs endroits dans votre école et aux alentours.

PLAN DE LEÇON 1 : MODELER L'AVENIR DE L'AVIATION

Clé de correction

PARTIE 1

1.

	Pleine grandeur	Maquette 8,5 %	Maquette 5 %
Largeur	**73,2 m**	6,3 m	3,7 m
Poids	2 668,2 kg	**226,8 kg**	133,4 kg

2.

	Pleine grandeur	Maquette 15 %
Largeur	52,8 m	**7,9 m**
Poids	40,5 kg	**6,1 kg**

3.

	Pleine grandeur	Maquette 17 %
Largeur	**15,2 m**	2,6 m
Longueur	**13,4 m**	2,3 m
Poids	**5 443,1 kg**	925,3 kg

PARTIE 2

1. **(a.)** Pupitre d'écolier du secondaire typique : 120 cm sur 60 m;
   (b.) Les réponses varient en fonction de la taille des pupitres de votre salle de classe.
2. **(a.)** Salle de classe typique du secondaire : entre 43 m^2 et 60 m^2;
   (b.) et
   (c.) Les réponses varient en fonction de la taille de votre salle de classe.
3. **(a.)** Un gymnase de l'école secondaire typique varie de 18 m sur 28 m à 20 m sur 34,5 m;
   (b.) Les réponses varient en fonction des dimensions du gymnase de votre école.
4. Les réponses varient en fonction de la taille du plus grand parc de stationnement de votre école.
5. Le SUGAR Volt
6. X-48
7. Le Phantom Swift
8. Maquette du X-48 à l'échelle de 5 %
9. Le Phantom Swift
10. Les réponses varient en fonction du point de vue de chaque élève sur le véhicule qui doit être mis au point.

ALLER AU-DELÀ!

Pour explorer plus en profondeur le travail des constructeurs de maquettes de Boeing, faites voir aux élèves le vidéoclip Model Citizens : Inside **Boeing's Wind Tunnel Model Shop (Des citoyens modèles : à l'intérieur de l'atelier de maquettes de soufflerie de Boeing), www.youtube.com/watch?v=9MFWnHkG6YU.html. Qui pouvait prédire que jouer avec des maquettes d'avions pouvait conduire à une carrière aussi géniale?**

NOM_____ CLASSE _____ DATE_____

MODELER L'AVENIR DE L'AVIATION

Activité de l'élève

TERMES À CONNAÎTRE : **dimension, hybride, prototype, subsonique, sans pilote, envergure**

Au-delà de l'Atlantique, à travers le monde, vers la lune et au-delà! Depuis que l'humanité a pris son envol, nous avons travaillé à voler plus vite, plus haut, plus loin et plus intelligemment. Pour les aéronefs, la priorité actuelle est maintenant d'aller plus loin avec moins - moins de carburant et moins de pollution. Il y a trois aéronefs expérimentaux d'avant-garde, plusieurs présentés dans TOUJOURS PLUS HAUT, qui sont passés du stade d'idée inspirée à celui de modèle fonctionnel.

À partir du Wright Flyer de 1903 jusqu'aux avions spatiaux les plus expérimentaux d'aujourd'hui, chaque aéronef que tu vois à TOUJOURS PLUS HAUT a d'abord été une idée et une maquette. Les maquettes économisent les ressources et sauvent des vies. Les ingénieurs recueillent de précieux renseignements en essayant leurs idées sur des modèles plus petits qui utilisent moins de matériaux et n'ont pas besoin d'un pilote humain. S'ils découvrent qu'une partie de leur conception, comme l'angle d'une aile ou la position de moteurs, rend l'avion moins efficace ou dangereux, des modifications peuvent alors être apportées.

X-48/BWB-450

L'avion à fuselage classique produit une traînée, car ses ailes dépassent son corps. La NASA et Boeing tentent d'amalgamer les ailes et le corps d'un avion en une seule surface lisse afin de réduire la traînée et d'améliorer l'efficacité du carburant. La X-48 est un corps à ailes combinées (BWB). Elle s'appelle BWB-450 parce qu'un jour, elle pourrait accueillir jusqu'à 450 passagers! Les prototypes ont démontré que cette nouvelle forme est aérodynamique, écoénergétique et peut réduire le bruit; ce qui en fait un bon candidat pour devenir une machine volante ultra verte de l'avenir. Au cours de 2012 et 2013, des modèles de taille différente ont effectué des vols à plusieurs reprises. Tu verras l'un des modèles d'essai dans TOUJOURS PLUS HAUT.

LE SUGAR VOLT

Un autre avion vert expérimental en cours de mise au point par Boeing est le SUGARD Volt. C'est un avion hybride électrique et à carburéacteur, semblable aux voitures hybrides que nous conduisons aujourd'hui qui utilisent de l'électricité et l'essence. SUGAR est l'acronyme de Subsonic Ultra-Green Aircraft Research, un groupe qui participe à la conception de technologies de l'aviation dont nous aurons besoin dans 20 ans pour répondre aux exigences de l'aviation verte, y compris l'efficience énergétique.

LE PHANTOM SWIFT

Les hélicoptères peuvent décoller et atterrir à peu près n'importe où, mais ils ne volent pas très rapidement. Les aéronefs à voilure fixe, comme les avions, peuvent voler rapidement, mais ils ont besoin de pistes pour décoller et atterrir. Un aéronef à décollage et atterrissage verticaux (ADAV) combine le meilleur des deux mondes! L'aéronef expérimental Phantom Swift a d'abord été présenté lors de la participation de Boeing à un concours organisé par la Defense Advanced Research Projects Agency (DARPA) de la Défense des États-Unis pour mettre au point un nouvel aéronef à décollage et atterrissage verticaux. En fait, les compétitions de la DARPA sont à l'origine du développement de plusieurs technologies de pointe présentées dans TOUJOURS PLUS HAUT. Cela ressemble à l'expo-sciences ultime!

Apprends-en plus au sujet de ces trois vols de l'avenir conçus pour nous transporter plus vite, plus haut, plus loin et plus intelligemment que jamais auparavant. Tout d'abord, calcule les dimensions réelles et celles d'une maquette du X-48, du SUGAR Volt et du Phantom Swift. Puis, pour t'aider à obtenir une perspective de la dimension des maquettes utilisées dans les essais et de leurs contreparties de dimensions réelles, compare ces proportions à plusieurs endroits dans ton école et aux alentours.

NOM_____ CLASSE _____ DATE_____

PARTIE 1 MAQUETTE

Activité de l'élève

1. Des maquettes de la X-48, ou BWB-450, ont été créées dans plus d'une taille. Une maquette utilisée pour les essais en vol est de 8,5 % de la taille réelle. Une version antérieure était une maquette de tests en soufflerie construite à 5 % de la taille réelle. Remplis le tableau des mesures de l'aéronef de dimensions réelles et de deux de ses maquettes. Arrondis tes calculs au dixième près.

	Pleine grandeur	Maquette 8,5 %	Maquette 5 %
Largeur	**73,15m**		
Poids		**226,80 kg**	

2. Le prototype du SUGAR Volt utilisé dans les tests en soufflerie était une maquette à l'échelle de 15 %. Dans les tests en soufflerie, seulement une demi-envergure de l'aile, ou la moitié de l'aéronef, a été utilisée. La demi-maquette avait une largeur de 3,96 m, ce qui signifie qu'une maquette complète de 15 % a une largeur de 7,92 m. Remplis le tableau des mesures de l'aéronef de dimensions réelles et de sa maquette. Arrondis tes calculs au dixième près.

	Pleine grandeur	Maquette 15 %
Largeur		**7,92 m**
Poids		**6,08 kg**

3. Le Phantom Swift n'existe qu'en tant que maquette, construite à l'échelle de 17 % de ce que sera sa taille réelle. Grâce à la technologie de prototypage avancée, les ingénieurs de la société Boeing ont conçu et créé le modèle commandé à distance en moins d'un mois. Cherchez d'autres prototypes rapides dans la galerie PLUS INTELLIGEMMENT de TOUJOURS PLUS HAUT. Remplis le tableau des mesures de l'aéronef de dimensions réelles et de sa maquette. Arrondis tes calculs au dixième près.

	Pleine grandeur	Maquette 17 %
Largeur	**15,24 m**	
Longueur	**13,41 m**	
Poids	**5 443,10 kg**	

NOM_____ CLASSE _____ DATE_____

PARTIE 2 DIMENSION RELATIVE

Activité de l'élève

Pour bien comprendre les dimensions des deux modèles utilisés pour les aéronefs expérimentaux et leurs contreparties de dimensions réelles, compare leurs dimensions à plusieurs endroits dans ton école et aux alentours.

1. (a.) Mesure ton bureau : _____ m de longueur _____ m de largeur

(b.) Quelles maquettes pourraient être placées sur ton bureau? _____

2. (a.) Mesure de la salle de classe : _____ m de longueur _____ m de largeur

(b.) Quelles maquettes pourraient entrer dans la salle de classe? _____

(c.) Quelles versions de dimensions réelles entreraient dans la salle de classe? _____

3. (a.) Mesure ton gymnase : _____ m de longueur _____ m de largeur

(b.) Quelles versions de dimensions réelles pourraient entrer dans le gymnase? _____

4. (a.) Mesure le plus grand parc de stationnement de l'école: _____ m de longueur _____m de largeur

(b.) Quelles versions de dimensions réelles pourraient entrer dans ce parc de stationnement? _____

5. Quelle maquette d'aéronef expérimental est la plus grande? _____

6. Quel aéronef de dimensions réelles aura l'envergure la plus large? _____

7. Quelle maquette d'aéronef a les dimensions les plus petites, mais la plus près de sa contrepartie de dimensions réelles? _____

8. Quelle maquette est construite à la plus petite échelle? _____

9. Quel aéronef de dimensions réelles pèsera le plus, le Phantom Swift ou la X-48? _____

10. Si tu devais choisir l'un de ces trois modèles pour qu'il soit construit aux dimensions réelles et pleinement fonctionnels, lequel choisirais-tu? Pourquoi?

_____

_____

_____

PLAN DE LEÇON 2 : RAPIDE COMME UNE FLÈCHE

Directives à l'enseignant

MATHÉMATIQUES, SCIENCES, ÉTUDES SOCIALES

GÉOMÉTRIE, SCIENCES PHYSIQUES, HISTOIRE, SOURCE PRINCIPALE

L'un des moments marquants d'une sortie éducative à TOUJOURS PLUS HAUT est le défi de conception d'un chasseur à réaction dans la galerie PLUS VITE. La mission de vos élèves aux installations de conception et d'essai d'avions à réaction Plein régime est de concevoir un avion à réaction maniable capable de réaliser un vol supersonique. Leurs plans se concentreront sur la forme du fuselage, des ailes et de l'empennage de l'avion à réaction.

Comme les ailes d'un avion à réaction procurent la portance, sa forme est la clé pour la création de la vitesse et de la manœuvrabilité nécessaires dans ce défi. Par conséquent, vos concepteurs voudront sélectionner le type d'ailes qui offre ces deux choses à la fois. Quelle forme d'aile est la meilleure pour un chasseur à réaction supersonique?

AILES DROITES

Les ailes droites sont perpendiculaires au fuselage. Elles offrent une portance et une stabilité excellentes à basse vitesse. Cependant, elles causent une importante accumulation d'ondes de choc rendant l'avion instable à des vitesses supersoniques.

AILES EN FLÈCHE

Les ailes en flèche sont en angle pour réduire la traînée. La traînée est la force qui s'oppose à la poussée normale. Les ailes en flèche réduisent l'accumulation d'ondes de choc aux vitesses presque supersoniques et offrent une bonne manœuvrabilité. Toutefois, à basse vitesse, elles produisent moins de portance et elles sont moins stables que les ailes droites.

AILES DELTA

Les ailes delta ont une forme triangulaire, comme la lettre grecque « delta ». L'angle extrême de leur flèche réduit considérablement l'accumulation d'ondes de choc lorsque l'avion à réaction s'approche de la vitesse du son. Elles offrent également une excellente manœuvrabilité. Cependant, comme les ailes en flèche, elles ne fournissent pas beaucoup de portance à basse vitesse.

Alors, qu'est-ce que votre classe d'élèves concepteurs d'avion à réaction pense de ces renseignements? Posez une autre question essentielle : Qu'est-ce que les centres de recherche très secrets abandonnés de l'Allemagne nazie ont à voir avec la forme des ailes des avions à réaction aujourd'hui? Pendant la Seconde Guerre mondiale, des ingénieurs en aérospatiale ont essayé de comprendre la façon d'utiliser de nouveaux et puissants moteurs à réaction avec l'aéronef qu'ils avaient déjà. Les avions de cette époque, avec des ailes droites, avaient tendance à se désagréger quand ils ont atteignaient les grandes vitesses rendues possibles par les nouveaux moteurs à réaction.

Certains scientifiques, comme l'ingénieur de Boeing George Schairer, venaient juste de commencer à expérimenter un concept appelé « aile en flèche ». À la fin de la Seconde Guerre mondiale, Schairer s'est rendu en Allemagne avec un groupe de scientifiques et d'ingénieurs américains. Ils ont été envoyés pour trouver et récupérer toute recherche en aéronautique menée par les nazis pendant la guerre.

Au cours de cette activité, vos élèves commenceront par la lecture et l'analyse d'une source primaire de Schairer. Il s'agit d'une note que ce dernier a envoyée à la hâte à Boeing après que les Américains aient découvert des documents allemands secrets cachés dans un vieux puits. Les rapports démontraient que les ailes en flèche inclinées fonctionnaient vraiment. Boeing a ensuite utilisé ces renseignements pour construire le B-47 pour l'armée et le premier avion à réaction de ligne, le 707. Ensuite, les élèves découvriront ce que signifie géométriquement « inclinées » en mesurant et calculant les angles des ailes en flèche des avions à réaction d'aujourd'hui.

FOURNITURES

- **Rapporteurs d'angles**

PLAN DE LEÇON 2 : RAPIDE COMME UNE FLÈCHE

Clé de correction

PARTIE 1

1. 20 mai 1945
2. 1509, 29e Avenue Seattle, Wash
3. À quelques kilomètres de la ligne de front, au milieu d'une forêt
4. Tranquille; excellents appartements, incluant éclairage,eau chaude, chauffage
5. Les Allemands étaient en avance sur un certain nombre de points.
6. La flèche positive ou négative a un très grand effet sur le nombre de Mach critique
7. ME163
8. Des problèmes de stabilité et de contrôle
9. **(a.)** Les réponses varieront et pourraient mentionner qu'en temps de guerre, le partage de l'information avec d'autres constructeurs d'avions aurait aidé son pays dans son ensemble.
   (b.) Les réponses varieront et pourraient mentionner que cela ne pourrait pas se passer aujourd'hui à cause de la concurrence entre les entreprises.
10. Son rasoir

PARTIE 2

1. 90 degrés, angle droit
2. La ligne de l'aile et la ligne du fuselage doivent être perpendiculaires l'une par rapport à l'autre
3. Les lignes doivent être tracées sur le schéma.
4. 125 degrés, obtus
5. **(b.)** environ 35 degrés
6. Soustraction; soustrayez les 90 degrés de l'aile droite des 125 degrés de l'angle de l'aile en flèche à partir de la ligne de symétrie : 125 - 90 = 35
7. Des lignes décrivant les nouvelles ailes doivent être ajoutées à un angle de 45 degrés.
8. Ils seront plus difficiles à contrôler à des vitesses plus lentes (pendant le décollage et l'atterrissage, par exemple).

ALLER AU-DELÀ!

Pour en savoir plus sur le modèle à ailes en flèche historique de George Schairer et ses tests en soufflerie, regardez Boeing Wind Tunnel Blows Strong for Nearly 70 Years (La soufflerie de Boeing souffle fort depuis près de 70 ans) à www.boeing.com/features/2013/10/bca-wind-tunnel-history-10-28-13.page. Vous en serez époustouflé!

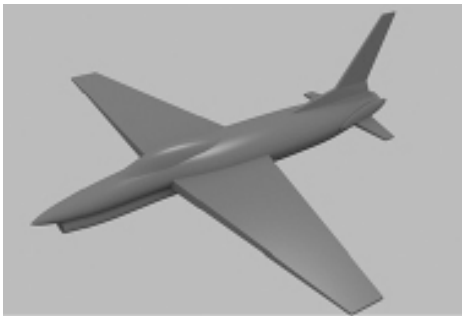
NOM_____ CLASSE _____ DATE_____

RAPIDE COMME UNE FLÈCHE

Activité de l'élève

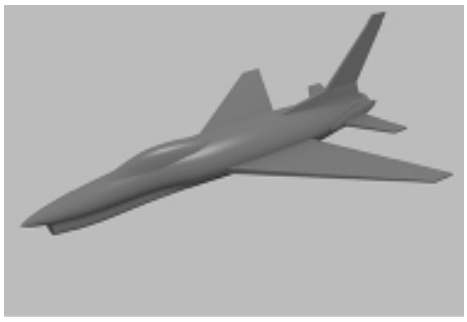
L'un des moments marquants d'une sortie éducative à TOUJOURS PLUS HAUT est le défi de conception d'un chasseur à réaction dans la galerie PLUS VITE. Aux installations de conception et d'essai d'avions à réaction Plein régime, ta mission sera de concevoir un avion à réaction maniable capable de réaliser un vol supersonique. Votre modèle se concentrera sur la forme du fuselage, des ailes et de l'empennage de l'avion à réaction. Puisque les ailes d'un avion à réaction fournissent la portance et que sa forme est la clé pour la vitesse et la manœuvrabilité, tu voudras sélectionner le type d'ailes qui vous donnent les deux. Selon toi, quelle forme d'aile est la meilleure pour un chasseur à réaction supersonique?

AILES DROITES



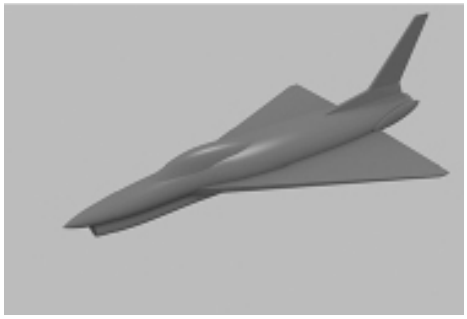
Les ailes droites sont perpendiculaires au fuselage et ont généralement une surface plus grande que d'autres formes d'ailes. Elles offrent une portance et une stabilité excellentes à basse vitesse. Cependant, elles causent une importante accumulation d'ondes de choc rendant l'avion instable à des vitesses supersoniques.

AILES EN FLÈCHE



Les ailes en flèche sont en angle pour réduire la traînée. La traînée est la force qui s'oppose à la poussée normale. Les ailes en flèche réduisent l'accumulation d'ondes de choc aux vitesses presque supersoniques et offrent une bonne manœuvrabilité. Toutefois, à basse vitesse, elles produisent moins de portance et elles sont moins stables que les ailes droites.

AILES DELTA



Les ailes delta ont une forme triangulaire, comme la lettre grecque « delta ». L'angle extrême de leur flèche réduit considérablement l'accumulation d'ondes de choc lorsque l'avion à réaction s'approche de la vitesse du son. Elles offrent également une excellente manœuvrabilité. Cependant, comme les ailes en flèche, elles ne fournissent pas beaucoup de portance à basse vitesse.

Pour commencer votre recherche, pose-toi cette question très importante : Qu'est-ce que les centres de recherche très secrets abandonnés de l'Allemagne nazie ont à voir avec la forme des ailes des avions à réaction aujourd'hui? Pendant la Seconde Guerre mondiale, des ingénieurs en aérospatiale ont essayé de comprendre la façon d'utiliser de nouveaux et puissants moteurs à réaction avec l'aéronef qu'ils avaient déjà. Les avions de cette époque, avec des ailes droites, avaient tendance à se désagréger quand ils ont atteignaient les grandes vitesses rendues possibles par les nouveaux moteurs à réaction.

Certains scientifiques, comme l'ingénieur de Boeing George Schairer, venaient juste de commencer à expérimenter un concept appelé « aile en flèche ». À la fin de la Seconde Guerre mondiale, Schairer s'est rendu en Allemagne avec un groupe de scientifiques et d'ingénieurs américains. Ils ont été envoyés pour trouver et récupérer toute recherche en aéronautique menée par les nazis pendant la guerre.

Au cours de cette activité, tu commenceras par la lecture et l'analyse d'une source primaire de Schairer. Il s'agit d'une note que ce dernier a envoyée à la hâte à Boeing après que les Américains aient découvert des documents allemands secrets cachés dans un vieux puits. Les rapports démontraient que les ailes en flèche inclinées fonctionnaient vraiment. Boeing a ensuite utilisé ces renseignements pour construire le B-47 pour l'armée et le premier avion à réaction de ligne, le 707. Ensuite, tu découvriras ce que signifie géométriquement « inclinées » en mesurant et calculant les angles des ailes en flèche des avions à réaction d'aujourd'hui.

TERMES À CONNAÎTRE :	**aérodynamique, aéronautique, surface portante, traînée, fuselage, portance, Mach, manœuvrable, perpendiculaire, supersonique, symétrie, poussée**

NOM_____ **CLASSE** _____ **DATE**_____

PARTIE 1

Activité de l'élève

Après la découverte des recherches allemandes secrètes sur l'aile en flèche, Schairer a envoyé une lettre de sept pages à son ami et collègue, Benedict Cohn. Lis l'extrait ci-dessous et réponds aux questions qui suivent.

20 mai 1945

À : M. Benedict Cohn
1509, 29e Avenue
Seattle, Wash
USA

Cher Ben,

Il est difficile de croire que je suis en Allemagne à quelques kilomètres de la ligne de front. Tout est tranquille et je vis très normalement au milieu d'une forêt. Nous avons d'excellents appartements, incluant éclairage, eau chaude, chauffage, rasoirs électriques, etc.

Nous voyons beaucoup de l'aérodynamique des Allemands. Ils sont en avance sur nous sur quelques points que je mentionne ici. Ici les Allemands ont fait un travail approfondi sur l'aérodynamique à haute vitesse. Cela a conduit à une très importante découverte. La flèche positive ou négative a un très grand effet sur le nombre de Mach critique[1]. À bien y penser, c'est tout à fait raisonnable. Le flux parallèle à l'aile ne peut pas avoir d'effet sur le nombre de Mach critique et la composante normale de la surface portante est importante. Ainsi, le nombre de Mach critique [M] est déterminé par la surface portante normale de l'aile et par la flèche…

Un certain nombre de preuves expérimentales existent pour cet effet de la flèche. Pour autant que je sache, seul le ME163[2] l'a utilisé. Bien évidemment, de nombreux problèmes de stabilité et de contrôle se poseront lors de l'utilisation d'une flèche très large ici.

Je ne sais pas combien de temps il faudra pour que ces renseignements parviennent aux autres constructeurs, alors voudriez-vous écrire à Ozzie, C.L. Johnson, R. Bayless, E. Horky, E. Sheafer et Darby en citant les pages 2 à 5 pour information.

Je m'amuse bien. J'utilise même mon rasoir électrique partout où je vais. …J'espère que tout va bien pour vous. Meilleures salutations à toute l'équipe. En toutes comparaisons, elle est à coup sûr la meilleure.

Cordialement,
George

Remarque :

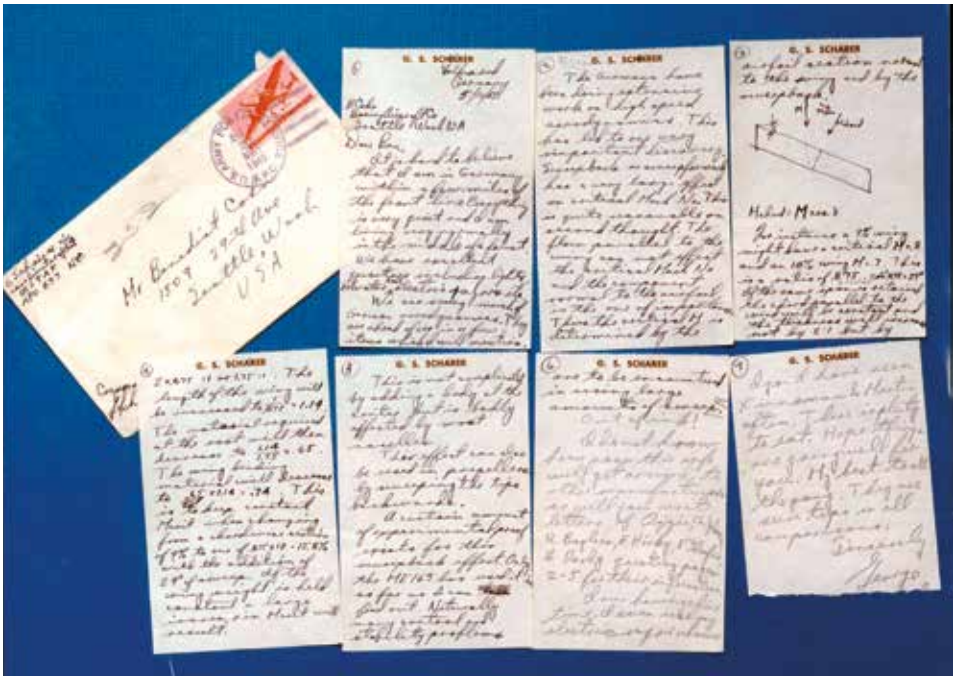
[1] Le « nombre de Mach critique » est la vitesse à laquelle le débit de l'air sur toute partie d'un aéronef approche la vitesse du son, mais sans la dépasser. Vous pourrez voir des exemples de la façon dont le débit de l'air est suivi dans l'exemple du test en soufflerie de TOUJOURS PLUS HAUT.

[2] ME163 : Le Messerschmitt ME163 Komet était un chasseur allemand doté d'un moteur-fusée. C'était le seul chasseur à réaction ayant été utilisé durant la guerre.

NOM_____ CLASSE _____ DATE_____

PARTIE 1

Activité de l'élève



Schairer a envoyé cette lettre décrivant les ailes en flèche de l'Allemagne

1. À quelle date George Schairer écrit-il la lettre?

_____

2. Où Benedict Cohn vivait-il?

_____

3. Où en Allemagne Schairer se trouve-t-il quand il écrit la lettre?

_____

4. Comment Schairer décrit-il ses conditions de vie?

_____

_____

_____

NOM_____ CLASSE _____ DATE_____

PARTIE 1

Activité de l'élève

5. Comment l'aérodynamique allemande se compare-t-elle à celle du pays de Schairer?

_____

_____

6. Quelle découverte très importante a été faite par les Allemands?

_____

_____

7. À cette époque, quel est le seul aéronef à avoir utilisé les ailes en flèche?

_____

8. À quels genres de problèmes peut-on s'attendre si l'angle est trop incliné vers l'arrière?

_____

_____

9. Les noms énumérés à la fin de sa lettre sont ceux d'ingénieurs en aéronautique d'autres entreprises que Boeing.

(a.) Pourquoi penses-tu que Schairer a voulu transmettre cette découverte à ses concurrents?

(b.) Penses-tu que les entreprises partageraient encore ces renseignements aujourd'hui? Explique ta réponse.

_____

_____

_____

_____

10. Quel appareil électrique Schairer mentionne-t-il deux fois dans cette lettre?

_____

NOM_____ CLASSE _____ DATE_____

PARTIE 2

Activité de l'élève

Tu auras besoin d'un rapporteur d'angles pour remplir cette section.

1. Parce que les ailes droites sont perpendiculaires au fuselage, quelle est la mesure de l'angle formé par le bord d'attaque, ou avant, d'une aile droite et un axe de symétrie tracé à travers le fuselage? Quel type d'angle est formé : droit, aigu ou obtus?

_____

2. Dessine le schéma d'un aéronef avec des ailes droites dans l'espace ci-dessous.

3. Sur le schéma du 787, trace un axe de symétrie à travers le fuselage. Ensuite, prolonge la ligne depuis le bord d'attaque, ou avant, de l'aile jusqu'à ce qu'elle coupe l'axe de symétrie.

NOM_____ CLASSE _____ DATE_____

PARTIE 2

Activité de l'élève

4. Mesure l'angle formé par les deux lignes que tu as tracées sur le schéma. Quelle est la grandeur de l'angle? Quel type d'angle est-ce : droit, aigu ou obtus?

_____

_____

5. Pour décrire les ailes en flèche d'un l'aéronef, l'angle est mesuré à partir de ce qui serait une aile droite perpendiculaire invisible.

(a.) Trace une ligne sur le schéma du 787 pour indiquer où iraient des ailes droites. Cette ligne est ton nouveau 0 degré!

(b.) Mesure maintenant l'angle de l'aile en flèche de cet avion à réaction. De combien de degrés est-il incliné vers l'arrière par rapport à ton nouvel axe de 0 degré?

_____

6. En fonction de ta réponse aux questions 3 et 4, explique une autre façon de trouver la réponse à la question 5, sans l'aide de ton rapporteur d'angles.

_____

_____

_____

7. Les chasseurs à réaction et autres aéronefs à haute vitesse ont des ailes en flèche inclinées de 10 degrés supplémentaires. Mesure et trace les ailes à ce nouvel angle pour changer le 787 de la page précédente en avion à réaction supersonique.

8. À TOUJOURS PLUS HAUT, vous verrez des idées d'avions de ligne à faible bang sonique de l'avenir, doté d'ailes delta en flèche hautement positive. Ces ailes retardent l'apparition du fort « bang sonique » que l'on entend quand un avion à réaction franchit le mur du son. En te basant sur la lettre de Schairer et sur ce que tu as appris sur les angles de l'aile pendant le défi « Plein régime », indique un inconvénient qui doit être pris en considération lors de la conception d'un avion à réaction à grande vitesse?

_____

_____

_____

PLAN DE LEÇON 3 : AU-DELÀ DE LA BIOLOGIE

Directives à l'enseignant

SCIENCE, TECHNOLOGIE

BIOLOGIE, BIOMIMÉTISME, INGÉNIERIE

Tandis que TOUJOURS PLUS HAUT est une exposition remplie d'ingénierie de haute technologie, d'ordinateurs, super intelligents et de technologie de pointe, elle présente également l'étude des végétaux et des animaux, les sciences de la vie, si vous savez où chercher! Dans la galerie LÀ-HAUT, par exemple, vos élèves peuvent déployer leurs ailes pour rejoindre des oiseaux en vol vers le sud.

Dans PLUS INTELLIGEMMENT, ils peuvent voir des véhicules aériens sans pilote nommés d'après les créatures qui les ont inspirés, comme le corbeau (Raven). Même les petits satellites en vedette dans PLUS INTELLIGEMMENT s'attroupent comme leurs homonymes, les colombes. Ces modèles sont tous des exemples de biomimétisme, où l'imitation est vraiment la forme la plus sincère de flatterie!

Le biomimétisme présente les ingénieurs et les biologistes les uns aux autres afin d'explorer les problèmes d'un domaine dont la solution pourrait se trouver dans l'autre. Les réponses aux questions technologiques difficiles se trouvent souvent à l'extérieur, dans le monde qui nous entoure, perfectionné par des millions d'années d'essais et d'erreurs. L'un des exemples les plus célèbres de biomimétisme est la fermeture autoagrippante, maintenant mieux connue comme le Velcro®. Le Velcro a été inventé par George de Mestral, un ingénieur électricien suisse, après avoir remarqué comment les minuscules crochets de la bardane collaient aux boucles du tissu de ses vêtements et à la fourrure de son chien.

Le fait que les oiseaux ont d'abord inspiré les humains à s'envoler dans le ciel n'est pas nouveau. Les ingénieurs en aérospatiale ont souvent observé Mère Nature en se questionnant sur la façon de s'envoler plus loin, plus haut, plus vite et plus intelligemment. La société Boeing a même des équipes qui étudient des sujets biologiques tels que l'évolution des oiseaux ou les capteurs sonores des insectes de la forêt tropicale au Costa Rica! En fait, le tapis de sol dans de nombreux avions a des racines dans le biomimétisme. Inspiré par les motifs des feuilles tombées sur le sol de la forêt, les dalles de tapis sont conçues pour être retirées, réparées ou remplacées au hasard. De cette façon, on peut les entretenir sans déranger le motif ou perdre du temps, des ressources et de l'argent à enlever tout le tapis.

Le biomimétisme a des applications bien au-delà de l'aérospatiale. Par exemple, des robots qui peuvent se déplacer comme des serpents sont créés pour des missions de recherche et de sauvetage lorsqu'il est trop difficile pour les gens de regarder parmi les décombres d'un bâtiment tombé. En médecine, la façon dont les poissons sont capables de rester en vie dans les eaux glaciales pourrait un jour inspirer une forme d'antigel pour garder viables des organes humains plus longtemps en vue de greffes. Des ingénieurs en architecture étudient des tours de termites en Afrique pour apprendre à concevoir de très hauts immeubles qui restent frais malgré la chaleur.

Au cours de cette activité, vos élèves verront la façon dont certaines des dernières avancées de l'aviation sont basées sur la nature. Ils découvriront dix exemples de biomimétisme en génie aérospatial. Certaines innovations sont déjà en cours d'utilisation ou au stade de mise au point, tandis que d'autres sont des possibilités réalistes pour les générations futures. Si votre classe a accès à Internet, dirigez-la vers le site web www.asknature.org pour en savoir plus sur les applications pratiques de ces exemples de biomimétisme.

Les élèves doivent comprendre la liste de « termes à connaître » figurant dans l'encadré de la page d'activité de l'élève. Gardez un dictionnaire à proximité pour les aider à utiliser les indices contextuels dans cette activité d'association. Pour un défi supplémentaire, utilisez ces exemples de biomimétisme comme amorce pour des projets de recherche et des défis de conception. Imaginez l'organisation d'une foire scientifique du biomimétisme à votre école ou la création d'une série de livres d'images sur les sciences de la vie dans l'espace pour votre école primaire locale!

PLAN DE LEÇON 3 : AU-DELÀ DE LA BIOLOGIE

Clé de correction

1. e
2. h
3. b
4. g
5. f
6. j
7. a
8. c
9. i
10. d

ALLER AU-DELÀ!

Pour examiner de plus près la façon dont la société Boeing étudie les oiseaux afin d'apprendre à réduire la combustion de carburant de leurs avions, regarde le vidéoclip Saving Energy in Flight (Économiser l'énergie en vol) à www.youtube.com/watch?v=srNTtuTqUBE Le biomimétisme et l'aérospatiale font de la bonne science!

NOM_____ CLASSE _____ DATE_____

AU-DELÀ DE LA BIOLOGIE

Activité de l'élève

Tandis que TOUJOURS PLUS HAUT est une exposition remplie d'ingénierie de haute technologie, d'ordinateurs, super intelligents et de technologie de pointe, elle présente également l'étude des végétaux et des animaux, les sciences de la vie, si vous savez où chercher! Dans la galerie LÀ-HAUT, par exemple, tu peux déployer tes ailes pour rejoindre des oiseaux en vol vers le sud.

Dans PLUS INTELLIGEMMENT, tu verras des véhicules aériens sans pilote nommés d'après les créatures qui les ont inspirés, comme le corbeau (Raven). Même les petits satellites en vedette dans PLUS INTELLIGEMMENT s'attroupent comme leurs homonymes, les colombes. Ces modèles sont tous des exemples de biomimétisme, où l'imitation est vraiment la forme la plus sincère de flatterie!

Le biomimétisme présente les ingénieurs et les biologistes les uns aux autres afin d'explorer les problèmes d'un domaine dont la solution pourrait se trouver dans l'autre. Les réponses aux questions technologiques difficiles se trouvent souvent à l'extérieur, dans le monde qui nous entoure, perfectionné par des millions d'années d'essais et d'erreurs. L'un des exemples les plus célèbres de biomimétisme est la fermeture autoagrippante, maintenant mieux connue sous le nom de Velcro®. Le Velcro a été inventé par George de Mestral, un ingénieur électricien suisse, après avoir remarqué comment les minuscules crochets de la bardane collaient aux boucles du tissu de ses vêtements et à la fourrure de son chien.

Le fait que les oiseaux ont d'abord inspiré les humains à s'envoler dans le ciel n'est pas nouveau. Les ingénieurs en aérospatiale ont souvent observé Mère Nature en se questionnant sur la façon de s'envoler plus loin, plus haut, plus vite et plus intelligemment. La société Boeing a même des équipes qui étudient des sujets biologiques tels que l'évolution des oiseaux ou les capteurs sonores des insectes de la forêt tropicale au Costa Rica! En fait, le tapis de sol dans de nombreux avions a des racines dans le biomimétisme. Inspiré par les motifs des feuilles tombées sur le sol de la forêt, les dalles de tapis sont conçues pour être retirées, réparées ou remplacées au hasard. De cette façon, on peut les entretenir sans déranger le motif ou perdre du temps, des ressources et de l'argent à enlever tout le tapis.

Le biomimétisme a des applications bien au-delà de l'aérospatiale. Par exemple, des robots qui peuvent se déplacer comme des serpents sont créés pour des missions de recherche et de sauvetage lorsqu'il est trop difficile pour les gens de regarder parmi les décombres d'un bâtiment tombé. En médecine, la façon dont les poissons sont capables de rester en vie dans les eaux glaciales pourrait un jour inspirer une forme d'antigel pour garder viables des organes humains plus longtemps en vue de greffes. Des ingénieurs en architecture étudient des tours de termites en Afrique pour apprendre à concevoir de très hauts immeubles qui restent frais malgré la chaleur.

Au cours de cette activité, tu verras la façon dont certaines des dernières avancées de l'aviation sont basées sur la nature. Dix exemples de biomimétisme en génie aérospatial sont présentés. Certaines innovations sont déjà en cours d'utilisation ou au stade de mise au point, tandis que d'autres sont des possibilités réalistes pour les générations futures. Assure-toi de bien comprendre les « Termes à connaître » figurant dans l'encadré ci-dessous. Garde un dictionnaire à portée de main pour t'aider à utiliser les indices contextuels dans cette activité d'association. Prépare-toi à être ébahi!

TERMES À CONNAÎTRE :	**albatros, biomimétisme, chevron, dormance, planer, manœuvrable, nanotubes, primate, cranté, transsonique, viable, déployer**

NOM_____ CLASSE _____ DATE_____

PARTIE 1

Activité de l'élève

Associe l'exemple de la nature de cette page à la photo et la description de la technologie qu'il inspire dans la liste des deux pages suivantes.

a. Le colibri : Les colibris sont petits, légers et manœuvrent très facilement. Ils peuvent changer de direction rapidement, faire du surplace et voler de côté.

b. Les migrations d'oiseaux : Des groupes d'oiseaux volent en V pour aller plus loin avec moins d'énergie. Le courant d'air créé par un oiseau aide à porter l'oiseau derrière lui, de sorte qu'il n'a pas à travailler aussi dur.

c. L'hibernation : L'ours, comme de nombreux animaux, passe l'hiver en hibernation. Récemment, les scientifiques ont découvert que le lémurien nain à grosse queue de Madagascar peut abaisser sa température corporelle, diminuer son rythme cardiaque et nécessite moins d'oxygène dans une forme d'hibernation de primate.

d. Le nid d'abeille : Les cellules hexagonales du nid d'abeille sont connues depuis des siècles comme étant des structures légères et résistantes.

e. Les bourgeons des plantes : Les grandes fleurs et les feuilles se déploient depuis l'intérieur de petits bourgeons.

f. Les plumes de hibou : Les plumes crantées des bords des ailes du hibou lui permettent de voler en silence. Le motif en dents de scie atténue les sons que fait l'oiseau tandis qu'il fond sur sa proie.

g. La toile d'araignée : Les scientifiques savent que la soie d'araignée est l'un des matériaux les plus résistants sur Terre. Elle est cinq fois plus solide que la corde à piano et le Kevlar, le matériel utilisé dans des gilets pare-balles.

h. Les bourdons : De nombreuses plantes sur Terre, y compris nos cultures vivrières, dépendent du pouvoir de pollinisation des abeilles et autres insectes volants.

i. Le bout des ailes de l'aigle : Les plumes de l'extrémité des ailes de l'aigle des steppes se retroussent au bout, jusqu'à ce qu'elles soient presque à la verticale. La forme de l'extrémité des ailes de l'aigle lui permet de maximiser la portance, sans que ces ailes ne soient inutilement longues.

j. L'albatros : Les oiseaux ayant une grande envergure sont capables de planer efficacement sur de très longues distances. L'albatros peut passer des semaines, voire des mois en mer avant de retourner à terre.

NOM_____ CLASSE _____ DATE_____

PARTIE 1

Activité de l'élève

1. _____ Les grands panneaux solaires et les antennes des satellites doivent être pliés et empaquetés dans de très petits espaces afin d'être lancés sur les fusées. Une fois en orbite, cependant, ils doivent être en mesure de se déployer en toute sécurité à leur pleine grandeur.

Les satellites comme ce satellite de poursuite et de retransmission de données ont de grandes antennes et des panneaux solaires qui se déploient une fois qu'ils sont en orbite.
© Boeing. Tous droits réservés.

2. _____ Des essaims de petits RoboBees dotés d'ailes battantes pourraient être expédiés sur Mars. Une fois les RoboBees libérés dans les serres y étant construites, leurs capteurs seraient capables d'identifier les types de fleurs et l'endroit où se poser sur une fleur pour polliniser les cultures vivrières.

3. _____ Les ingénieurs en aérospatiale étudient les avantages des avions militaires ou commerciaux volant ensemble afin d'économiser l'énergie. La NASA a récemment démontré une économie de carburant de 5 à 10 % en faisant voler des aéronefs à jusqu'à un kilomètre de distance, ce qui élimine de nombreuses craintes de voir voler des avions commerciaux trop près les uns des autres.

4. _____ Avant que l'ascenseur spatial ne puisse devenir une réalité, il faut trouver un matériau qui soit assez solide pour que le téléphérique s'étire à près de 100 000 kilomètres au-dessus de la Terre. Jusqu'à présent, les scientifiques et les ingénieurs misent sur les nanotubes de carbone, mais le biomimétisme recèle peut-être la solution cachée dans une toile d'araignée.

5. _____ Les ingénieurs ont mis au point une tuyère à chevrons dentés qui s'adapte à l'arrière des moteurs à réaction. La forme de la tuyère permet de réduire le bruit créé par le jet.

Les essais réalisés sur le 777-300ET d'All Nippon Airways ont montré que la forme de chevron de la tuyère du moteur permet de réduire le bruit.
© Boeing. Tous droits réservés.

NOM_____ CLASSE _____ DATE_____

PARTIE 1

Activité de l'élève

6. _____ Le SUGAR Volt est un aéronef expérimental. Son envergure exceptionnellement large associée à des matériaux composites et à un moteur électrique hybride devrait lui permettre de voler pendant de longues périodes sans ravitaillement.

Ce dessin montre de quoi aurait l'air un SUGAR Volt de dimensions réelles en vol.
© Boeing. Tous droits réservés.

7. _____ Ce petit véhicule aérien sans pilote est un aéronef d'infiltration commandé à distance. Il bat des ailes, peut changer rapidement de direction et naviguer dans des espaces restreints. Même s'il transporte une petite caméra, il pèse quand même moins qu'une pile AA.

8. _____ Les scientifiques étudient les mécanismes génétiques de la dormance en tant moyen d'activer une animation suspendue des fonctions vitales chez les humains. On pourrait l'utiliser pour transporter les astronautes en toute sécurité lors des longs voyages vers Mars, ou au-delà.

9. _____ Les avantages des ailettes aux extrémités des ailes d'avion ont été étudiés en premier lieu par la NASA et Boeing en 1977. Les avions volent de manière plus efficace et en générant moins d'émissions lorsque les extrémités de leurs ailes sont recourbées vers le haut.

Ce 737-MAX est équipé de la toute dernière technologie en matière d'ailettes.
© Boeing. Tous droits réservés.

10. _____ On utilise les hexagones depuis des années dans des projets, petits et grands, de recherche et de construction aéronautique. Ils sont présents partout, à partir des panneaux de plancher jusqu'aux souffleries et aux nanotubes.

Cette installation en nid d'abeille est celle d'une soufflerie transsonique de Boeing dans les années 1960.
© Boeing. Tous droits réservés.

MATHÉMATIQUES, ESPRIT CRITIQUE

ALGÈBRE, ÉGALITÉS ET ÉQUATIONS

PLAN DE LEÇON 4 : CARRIÈRES LOGIQUES

Directives à l'enseignant

Dans cette leçon, votre classe devra lire une courte histoire au sujet d'une sortie éducative à TOUJOURS PLUS HAUT, puis résoudre un casse-tête logique qui associe trois étudiants fictifs à des carrières scientifiques et technologiques qu'ils espèrent mener un jour. Les casse-tête logiques sont une façon amusante de pratiquer ses compétences mathématiques sans utiliser de chiffres! Vos élèves feront des déductions et établiront des égalités semblables à celles utilisées en algèbre : Si A = B et B = C, alors A = C.

Pour résoudre le puzzle, lisez attentivement chaque indice. Utilisez le tableau pour vous aider à garder une trace de ce que vous savez et de ce que vous ne savez pas à propos des plans de carrière de chaque étudiant. Comme chaque étudiant du casse-tête ne peut avoir qu'une seule carrière, et chaque carrière ne peut avoir qu'un seul étudiant, vous utiliserez un processus d'élimination pour résoudre le mystère.

Si un indice vous indique qu'une personne n'aime PAS quelque chose, alors placez un X dans la case appropriée pour cette personne et cette carrière ou emplacement. Lorsque vous êtes en mesure de faire correspondre un étudiant et son choix de carrière, cochez alors cette case. Par exemple, le premier indice dit que Cora ne veut pas vivre dans l'hémisphère sud. Par conséquent, l'Australie ne peut pas être l'emplacement de sa future carrière. Ce premier indice a été marqué sur la grille pour vous.

Continuez à lire les indices. Sur la grille de réponse, indiquez par un X ce que vous savez être faux et par un crochet ce que vous savez être vrai jusqu'à ce que vous ayez associé tous les étudiants à leur future carrière en aérospatiale. Peut-être que l'un de vos propres élèves aura envie de les rejoindre un jour!

PLAN DE LEÇON 4 : CARRIÈRES LOGIQUES

Clé de correction

Paul - Australie - Comptable

Cora - États-Unis - Chimiste en biocarburants

Ruby - Arabie Saoudite - Technicien de F-15

ALLER AU-DELÀ!

Pour plus de détails sur les innovations inspirantes imaginées et fabriquées par les employés dévoués de Boeing dans le monde entier, regardez Who We Are: In the Words of Boeing Employees (Qui nous sommes :dans les mots des employés de Boeing) : https://www.youtube.com/watch ?v =gdu05M3LnPY. Il y a peut-être un bénévole de Boeing dans votre région disponible pour parler à votre classe à propos de la science et de la technologie dans la vie réelle!

NOM_____ CLASSE _____ DATE_____

CARRIÈRES LOGIQUES

Activité de l'élève

Dans cette leçon, tu liras une courte histoire au sujet d'un sortie éducative à TOUJOURS PLUS HAUT, puis résoudras un casse-tête logique qui associe trois étudiants fictifs aux carrières scientifiques et technologiques qu'ils espèrent mener un jour. Les casse-tête logiques sont une façon amusante de pratiquer ses compétences mathématiques sans utiliser de chiffres! Tu feras des déductions et établiras des égalités semblables à celles utilisées en algèbre : Si A = B et B = C, alors A = C.

Pour résoudre le puzzle, lis attentivement chaque indice. Utilise le tableau pour t'aider à garder une trace de ce que tu sais et de ce que tu ne sais pas à propos des plans de carrière de chaque étudiant. Comme chaque étudiant du casse-tête ne peut avoir qu'une seule carrière, et chaque carrière ne peut avoir qu'un seul étudiant, tu utiliseras un processus d'élimination pour résoudre le mystère.

Si un indice t'indique qu'une personne n'aime PAS quelque chose, alors place un X dans la case appropriée pour cette personne et cette carrière ou emplacement. Lorsque vous êtes en mesure de faire correspondre un étudiant et son choix de carrière, cochez alors cette case. Par exemple, le premier indice dit que Cora ne veut pas vivre dans l'hémisphère sud. Par conséquent, l'Australie ne peut pas être l'emplacement de sa future carrière. Ce premier indice a été marqué sur la grille pour toi.

Continuez à lire les indices. Sur la grille de réponse, indiquez par un X ce que vous savez être faux et par un crochet ce que vous savez être vrai jusqu'à ce que vous ayez associé tous les étudiants à leur future carrière en aérospatiale. Peut-être que tu auras un jour envie de les rejoindre!

TERMES À CONNAÎTRE :	comptable, déduction, financier, grille, renouvelable

NOM_____ CLASSE _____ DATE_____

CARRIÈRES LOGIQUES

Activité de l'élève

L'histoire

Dans l'autobus qui les ramène à l'école après leur sortie éducative à TOUJOURS PLUS HAUT, trois étudiants parlent des carrières qui leur ont été inspirées après avoir appris tant de choses sur l'industrie aérospatiale. Un étudiant est fasciné par les chasseurs comme le F-15 et espère y travailler en Arabie Saoudite. Un autre étudiant s'inquiète de l'environnement et souhaite devenir un chimiste en biocarburants dans un laboratoire de recherche aux États-Unis. Le troisième étudiant a toujours voulu vivre en Australie et envisagera de poser sa candidature à un emploi en comptabilité à un bureau d'une entreprise aérospatiale de Melbourne après l'université.

Étudiants	**Pays**	**Carrières**
• Cora	• Arabie saoudite	• Technicien en entretien de F-15
• Paul	• Australie	• Comptable
• Ruby	• États-Unis	• Chimiste en biocarburants

Utilise les indices ci-dessous pour associer chaque étudiant à sa future carrière.

Les indices

1. Cora ne veut pas vivre dans l'hémisphère sud.

2. Ruby s'attend à ce que son choix de carrière l'amène en Arabie saoudite un jour.

3. L'étudiant qui veut vivre aux États-Unis espère créer de nouveaux types de carburéacteur à partir de ressources renouvelables, comme les plantes.

4. L'étudiant dont l'emploi de rêve est en Australie aime la finance et l'aéronautique, ce qui est parfait pour devenir comptable dans une entreprise de l'aérospatiale.

		Carrières			Pays		
		Comptable	Technicien de F-15	Chimiste	Australie	États-Unis	Arabie saoudite
Étudiants	Ruby						
	Paul						
	Cora				x		
Pays	Australie						
	États-Unis						
	Arabie saoudite						

NOM_____ CLASSE _____ DATE_____

CARRIÈRES LOGIQUES

Activité de l'élève

Parfois, des entreprises comme Boeing tiennent des salons des carrières à l'intention des étudiants comme celle-ci à Miami où les étudiants ont pu vivre une expérience pratique des outils d'entretien d'aéronefs. © Boeing. Tous droits réservés.

Les F-15 parcourent le ciel dans le monde entier; ce qui signifie que des techniciens qualifiés sont nécessaires pour leur entretien dans bien des endroits à travers le monde.
© Boeing. Tous droits réservés.

Boeing et South African Airways travaillent de concert pour aider les agriculteurs à cultiver des céréales, comme le sorgho, qui peut être utilisé pour produire des biocarburants.
© Boeing. Tous droits réservés.

Écris la solution de l'énigme ici.

Étudiants	Pays	Carrières