



NEUROLAB POUR LES ÉLÈVES

***LE MATÉRIEL ÉDUCATIF DE
L'AGENCE SPATIALE CANADIENNE
SUR LA MISSION STS-90 NEUROLAB***

REMERCIEMENTS

Enseignants – concepteurs :

Ontario :

Colin Butler, Alexander Mackenzie High School
Nancy Clarke, Newmarket High School
Howard Grossinger, Alexander Mackenzie High School
Rick Johnston, Pope John Paul II Secondary
Sue MacGregor, Branksome Hall
Henri van Bommel, Marc Garneau Collegiate Institute

Québec :

Myriam Boffice, Greendale School
Claude Douesnard, Evergreen Elementary School
Ann Granger, École primaire Harwood
Ingrid Karbin, Willington School
Liz Nicholls, Prévile Elementary

Consultants en sciences :

Deanna Comfort, York University, Toronto
Heather Jenkin, CRESTech, Toronto
James Zacher, CRESTech, Toronto

Agence spatiale canadienne :

Gestionnaire du Programme d'éducation et de sensibilisation à l'espace : *Christine Westover*
Consultant en éducation : *Paul Barnes*
Consultant en sciences : *Dr Dave Williams*

Adresse Internet : <http://www.espace.gc.ca>

Édition et création :

First Folio Resource Group Inc. : *Pauline Beggs, Tom Dart, Marlene Elliott, Kathryn Lane*

Cette publication peut être reproduite sans permission à condition d'en mentionner la source.

| <i>Titre</i> | <i>Code de l'ASC</i> | <i>ISBN</i> |
|--|----------------------|---------------|
| Édition pour les élèves du primaire | ST95-4/17/1998-1F | 0-662-82779-1 |
| Édition pour les enseignants et enseignantes du secondaire | ST95-4/17/1998-4F | 0-662-82782-1 |
| Édition pour les élèves du secondaire | ST95-4/17/1998-3F | 0-662-82781-3 |
| Édition pour les enseignants et enseignantes du primaire | ST95-4/17/1998-2F | 0-662-82780-5 |

CHERS ENSEIGNANTES ET ENSEIGNANTS

Voici du matériel didactique sur la mission STS-90 qui saura certainement vous intéresser!

L'objectif éducatif premier de l'Agence spatiale canadienne est d'intéresser les jeunes Canadiens et Canadiennes aux carrières en sciences, en technologies, en aérospatiale et dans d'autres domaines connexes. Ce matériel est destiné à donner aux enseignants de partout au Canada la possibilité de présenter à leurs élèves des expériences intéressantes fondées sur la mission STS-90.

Les activités sont conçues comme des exercices pratiques et amusants pour des élèves d'aptitudes diverses tout en donnant un aperçu précis des expériences scientifiques qui seront menées au cours de la mission.

Bien que le matériel s'intègre surtout à un programme de sciences de la vie, il est suffisamment varié et accessible pour se prêter à une utilisation en classe d'éducation physique, par exemple, où les relations entre les yeux et les muscles peuvent être explorées. Dans le cadre d'un cours de langue, les élèves pourraient faire une recherche sur l'histoire du Canada dans l'espace ou rédiger un texte traitant de la pesanteur et de la microgravité. Enfin, dans un cours de sciences sociales, ils pourraient étudier les répercussions de la migration de l'Homme vers l'espace en fonction des résultats obtenus lors des expériences de la mission STS-90.

N'hésitez pas à distribuer ce matériel et à l'adapter au besoin, car il a été rédigé à votre intention et à celle de vos élèves.

Nous, à l'Agence spatiale canadienne, tenons à vous remercier, en tant que représentants de la première ligne, de nous aider à préparer les jeunes Canadiens et Canadiennes à relever les défis de l'exploration spatiale au prochain millénaire.



Dave Williams à l'entraînement

LE CANADA DANS L'ESPACE

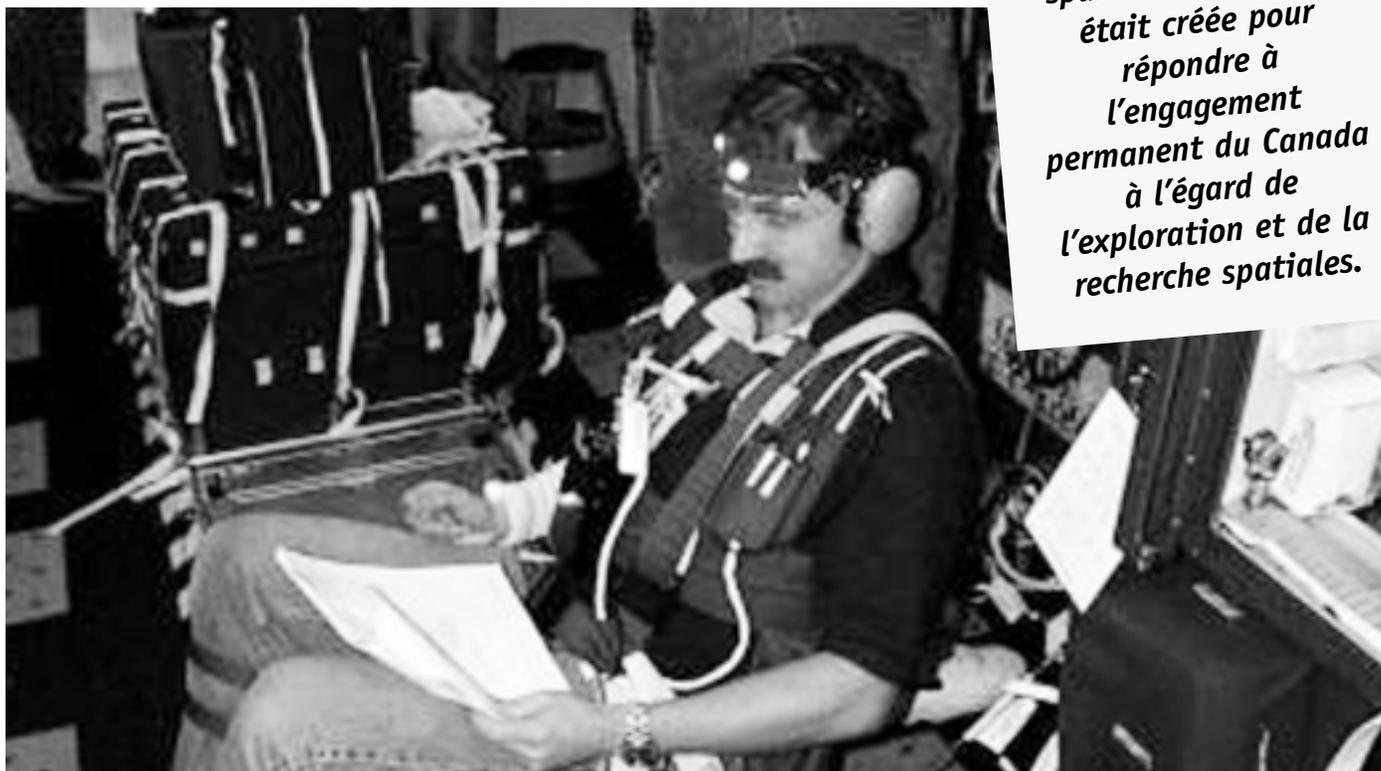
L'homme scrute le firmament depuis la nuit des temps en se demandant ce qu'il peut bien receler. Sans renseignement fiable, il s'est mis à expliquer la raison d'être du Soleil, des planètes, des étoiles et d'autres corps célestes en des termes qu'il pouvait comprendre, dans le contexte de sa propre existence.

Il a imaginé que toutes sortes de créatures – animaux et dieux – étaient maîtres du mouvement qu'il percevait dans le ciel. Peut-être le Soleil était-il tiré par un conducteur de char aux rênes d'un puissant coursier! Peut-être la Terre reposait-elle sur la carapace d'une tortue géante!

Jusqu'à l'invention du télescope, on ne comptait plus le nombre de théories contradictoires qui cherchaient à s'imposer, les nouvelles supplantant les anciennes à mesure que l'on percevait, tant bien que

mal et étape par étape, les mystères de l'univers. Mais l'espace demeure toujours un monde, vaste et sans limite, de merveilles infinies à découvrir.

Ce n'est que dans les années 1950 que l'idée d'envoyer un objet au-delà des frontières de la Terre devint chose plausible. Le Canada se lança alors dans l'aventure de l'exploration du cosmos avec la création du Churchill Rocket Range d'où des fusées ont été lancées vers la haute atmosphère. La chronologie de la page 5 démontre les efforts continus du Canada dans le domaine spatial.



Dave Williams à l'entraînement



En 1989, l'Agence spatiale canadienne était créée pour répondre à l'engagement permanent du Canada à l'égard de l'exploration et de la recherche spatiales.

CHRONOLOGIE

1957

Le Churchill Rocket Range est créé en vue de l'exploration de la haute atmosphère à l'aide de charges utiles placées à bord de fusées.

1959

Le Canada et la NASA signent une entente en vertu de laquelle la NASA fournirait les installations de lancement du premier satellite canadien *Alouette*.

1962

Avec le satellite *Alouette*, le Canada devient le troisième pays à posséder un engin spatial en orbite. On inaugure ainsi une série de lancements de satellites canadiens qui auront lieu à la fin des années 1960 et au cours des années 1970.

1981

Le bras canadien, ou *Canadarm*, est utilisé pour la première fois à bord de la navette *Columbia*.

1984

Marc Garneau devient le premier Canadien à aller dans l'espace lors de sa mission à bord de la navette *Challenger*.

1992

Roberta Bondar participe à la première série de missions de la navette consacrées à la recherche en sciences de la vie et devient la première femme canadienne dans l'espace.

1992

Steve MacLean participe, à bord de la navette *Columbia*, à la mission STS-52 au cours de laquelle d'autres expériences en sciences de la vie sont réalisées.

1995

Chris Hadfield est le premier Canadien à manipuler le *Canadarm* dans l'espace et le premier et seul Canadien à monter à bord de la Station spatiale russe *Mir*.

1996

Marc Garneau célèbre son deuxième vol dans l'espace au cours de la mission STS-77.

1996

Robert Thirsk participe à la série d'expériences menées au cours d'une mission de 17 jours sur la vie et la science en microgravité.

1997

Bjarni Tryggvason est spécialiste de mission pour la mission STS-85, au cours de laquelle il s'occupe essentiellement d'effectuer des essais sur le Support d'isolation (MIM) ainsi que diverses expériences visant à étudier la sensibilité aux vibrations de l'engin spatial.

1998

Dave Williams est le premier Canadien à titre de médecin d'équipage dans le cadre de la mission STS-90 *Neurolab*. Il participe aux expériences menées sur le système nerveux.

LA MISSION

La mission STS-90, désignée Neurolab, s'insérait dans le cadre d'une série de missions de recherche lancées par la NASA et consacrées à des études en sciences de la vie. Il s'agissait d'une quête captivante qui nous a amenés à explorer les deux dernières frontières du XX^e siècle : l'espace extra-atmosphérique et l'espace intérieur – le vol spatial de *Columbia* jumelé à la recherche sur les rouages du système nerveux humain. C'était en effet les neurosciences qui se trouvaient au centre de la mission Neurolab.

Cette mission internationale de 17 jours a étudié les effets de l'impesanteur sur les systèmes nerveux central et périphérique, la partie de l'anatomie humaine la plus complexe et la moins bien comprise. Composés du cerveau, de la moelle épinière, des nerfs périphériques

et des organes sensoriels, ces systèmes sont mis à rude épreuve pendant un vol spatial. Ils contribuent à la régulation de la pression artérielle, à la coordination des mouvements et à la régulation du sommeil, fonctions qui subissent les effets d'un vol spatial comme STS-90.

Pendant la mission Neurolab, les astronautes ont mené diverses expériences en sciences de la vie à bord du module Spacelab de la navette *Columbia*, un laboratoire spatial international doté de tous les équipements nécessaires. Les efforts concertés de milliers de chercheurs, ingénieurs et astronautes canadiens, américains, européens, russes et japonais sont à la base du succès de cette mission.

LES EXPÉRIENCES SCIENTIFIQUES

Deux des vingt-six expériences Neurolab choisies par la NASA parmi les quelque 170 sujets proposés impliquaient des chercheurs canadiens. *L'Expérience sur la coordination visuo-motrice pendant le vol spatial* portait sur l'étude des changements que subit la fonction motrice en conditions d'impesanteur, changements qui ont des répercussions sur certains gestes ordinaires comme pointer ou saisir un objet. Cette expérience pourrait éclaircir certains aspects de l'activité musculaire sur Terre et être mise à profit dans la recherche sur le rétablissement des blessés. Le co-chercheur canadien de l'expérience, M. Barry Fowler, est un scientifique de l'Université York de Toronto.

L'autre expérience canadienne, intitulée *Rôle des repères visuels dans l'orientation spatiale*, visait l'étude du processus selon lequel les organes de l'oreille interne responsables du sens de l'équilibre sur Terre ne fournissent plus aux astronautes en mission spatiale l'information dont ils ont besoin pour s'orienter et obligent ceux-ci à dépendre de repères strictement visuels. La recherche a porté également sur le recours à la « pesanteur artificielle » (application d'une pres-

sion sur la plante des pieds) en vue de déterminer si cette mesure supplante l'utilisation des repères visuels et d'évaluer le temps de réadaptation au retour sur Terre. Les résultats de ces travaux auront une incidence sur l'un des problèmes les plus graves associés aux voyages, que ce soit dans l'espace ou sur Terre, c'est-à-dire le mal des transports. Le co-chercheur canadien de cette expérience, M. Ian Howard, est un scientifique du *Human Performance Laboratory* au *Centre for Research and Space Technology* (CRESTech) de Toronto.



« Neurolab cherche à explorer les deux dernières frontières du XX^e siècle : l'espace et le système nerveux humain. La mission nous donne une occasion unique de capturer l'imagination des élèves et de les amener à mieux comprendre la physiologie humaine et les relations de l'être humain avec le monde où il vit. »
Dr Dave Williams

L'IMPORTANCE DE NEUROLAB

Axée sur la recherche fondamentale en neurosciences, la mission Neurolab a fourni une occasion unique d'étudier les maladies et les troubles neurologiques en conditions de microgravité et de faire avancer la recherche pour le développement de nouveaux traitements. Bien que l'objectif principal de la mission consistait à approfondir nos connaissances sur le développement et le fonctionnement du système nerveux dans l'espace, il n'en demeure pas moins que les résultats trouveront des applications directes dans les études semblables menées sur Terre.

Désignée à juste titre « l'ultime frontière de la biologie humaine », la recherche en neurosciences offre des possibilités infinies de mieux comprendre les rouages du système nerveux et d'en traiter et prévenir les troubles.

Grâce aux données recueillies au fil des ans sur l'adaptation des astronautes aux conditions de microgravité, les chercheurs commencent à comprendre les rudiments de la physiologie spatiale et sont constamment confrontés à de nouvelles questions. Par exemple :

- comment apprenons-nous à fonctionner aussi rapidement dans un environnement sans pesanteur alors que nous avons appris tous nos mouvements de base (comme marcher, attraper, etc.) sous l'effet de la pesanteur?
- Comment les organes sensibles à la pesanteur, comme l'oreille interne, le système cardio-vasculaire et les muscles s'adaptent-ils à l'impesanteur?
- Pourquoi les rythmes du sommeil et les rythmes biologiques subissent-ils un changement dans l'espace?
- Pendant la période de la vie où se font normalement les apprentissages de base, comme apprendre à marcher, la pesanteur est-elle essentielle?

Les diverses mesures auxquelles ont été soumis les membres d'équipage et les animaux de laboratoire avant, pendant et après la mission permettront d'approfondir toutes ces questions. L'équipage s'est prêté à des expériences menées au profit de la recherche sur la tension artérielle, la coordination oeil-main, l'oreille interne et, en particulier, sur l'équilibre et les troubles du sommeil.

L'absence de pesanteur crée un environnement des plus propices à la recherche et offre de fascinantes possibilités d'avancement dans le traitement de certaines maladies :

- Pour plus d'un demi-million de Nord-Américains souffrant d'hypotension orthostatique (p. ex. étourdissements ressentis lorsqu'on se relève trop rapidement), la recherche Neurolab peut signifier une meilleure définition de ce trouble ainsi que des avancements en matière d'intervention thérapeutique.
- Les personnes atteintes de troubles neurologiques, comme la maladie de Parkinson, les affections ganglionnaires basales et les déficiences cérébelleuses, peuvent bénéficier des nouvelles connaissances acquises grâce aux expériences Neurolab sur l'activité sensori-motrice.
- Pour plus de 90 millions de Nord-Américains souffrant de maladies ou de traumatismes affectant l'appareil vestibulaire qui règle le sens de l'équilibre et le mouvement, la recherche Neurolab effectuée à l'aide de casques de réalité virtuelle offre des possibilités de traitement faisant appel à des prothèses visuelles.
- Les personnes souffrant d'insomnie bénéficieront de nouvelles connaissances sur le fonctionnement de la mélatonine, dite hormone du sommeil, ainsi que de la mise au point d'un nouvel équipement portable utilisé à domicile aux fins d'études sur le sommeil.
- L'enrichissement des connaissances sur la plasticité des neurones, c'est-à-dire la capacité qu'ont les cellules nerveuses de se « reconnecter » en cas de maladie ou de blessure, peut faire avancer sur plusieurs fronts le traitement des troubles du système nerveux.
- Des études ont été menées sur le rôle de la pesanteur dans le développement du système nerveux des mammifères pour tenter de mieux comprendre l'interaction de la génétique et de l'environnement durant ce processus crucial.
- Un système aquatique embarqué pourrait faire la lumière sur les diverses formes du mal des transports et de la désorientation.

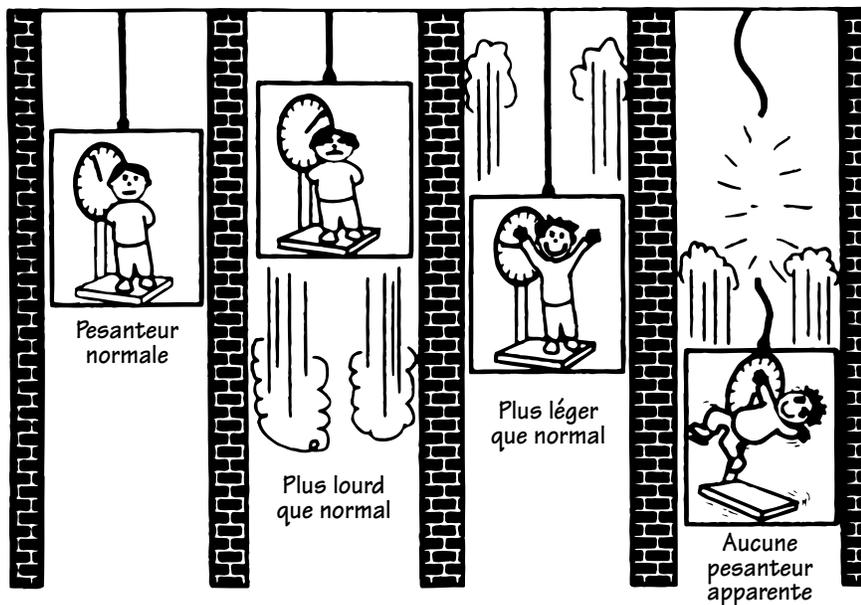
L'IMPORTANCE DE NEUROLAB

La pesanteur et la microgravité

La *pesanteur* est une force exercée sur un corps, généralement comme une poussée vers le bas. Cette force est associée à la masse et peut agir sans contact. Les forces de résistance contrent l'attraction de la pesanteur de telle sorte qu'il en résulte une force nette nulle.

La *microgravité*, parfois désignée comme état de *chute libre*, constitue un environnement où les effets de la pesanteur sont infimes. La mesure dans laquelle la pesanteur semble disparaître – la qualité de microgravité obtenue – correspond à la mesure dans laquelle les forces de résistance sont éliminées.

La pesanteur et les forces de résistance exercent une action externe sur le corps humain. Sur Terre, la pesanteur agit de manière uniforme sur toutes les parties du corps, mais les forces de résistance n'agissent que sur les surfaces de contact, comme le sol et la plante des pieds. La force totale exercée sur le corps est nulle parce que le corps réagit de manière à répartir la force partout de manière uniforme même si les forces de résistance n'agissent que sur les pieds. En conditions de microgravité, les forces de résistance sont infimes et il n'y a, par conséquent, aucune répartition interne des forces.



L'accélérateur et la pesanteur

La personne dans l'ascenseur stationnaire subit une pesanteur normale. Dans l'ascenseur de droite, la pesanteur apparente augmente en raison de l'accélération montante. La pesanteur apparente diminue légèrement dans l'ascenseur suivant en raison de l'accélération descendante. Aucune pesanteur n'est mesurée dans le dernier ascenseur de droite puisqu'il y a chute libre.

NASA Microgravity – A Teacher's Guide with Activities in Science, Mathematics and Technology, EG-1997-08-110-HQ, Education Standards Grades 5-8

ASTRONAUTE CANADIEN DR DAFYDD (DAVE) RHYS WILLIAMS

Le Dr Dave Williams était le médecin d'équipage de la mission STS-90. Il est né le 16 mai 1954 à Saskatoon et a déménagé alors qu'il était jeune enfant dans la communauté rurale de Beaconsfield, près de Montréal. Il aime l'équitation, la pêche et le canotage.

Il se souvient d'avoir échangé avec ses amis des cartes sur l'espace à l'époque des programmes Mercury et Gemini, et d'avoir envisagé la profession d'astronaute sans toutefois croire vraiment en cette possibilité. Il souhaitait plutôt devenir aquanaute et vivre dans un milieu sous-marin. Dès l'âge de 13 ans, il avait terminé tous les cours de natation et de sauvetage destinés aux enfants de même qu'un cours pour adultes de plongée en scaphandre autonome. Alors qu'il était étudiant de premier cycle à l'université, il a payé ses frais de scolarité en devenant maître-nageur sauveteur et examinateur, moniteur de ski et moniteur de plongée autonome de la NAUI (National Association of Underwater Instructors).

Le Dr Williams détient un baccalauréat ès sciences en biologie, une maîtrise ès sciences en physiologie, un doctorat en médecine et une maîtrise en chirurgie de l'Université McGill; deux résidences, l'une en médecine familiale de l'Université d'Ottawa et l'autre en médecine d'urgence de l'Université de Toronto; et une bourse de recherche en médecine d'urgence du Collège royal des médecins et chirurgiens du Canada. Il est professeur adjoint de médecine à l'Université de Toronto.

Son épouse Cathy est pilote de ligne et instructrice de vol. C'est au cours d'une présentation sur le Programme des astronautes canadiens, faite par Marc Garneau à l'Aéroclub, qu'elle a dit à son mari : « Voilà ce que tu devrais faire ». Neuf ans plus tard, les intérêts et les compétences du Dr Williams l'avaient mené tout juste dans cette direction.

L'Agence spatiale canadienne (ASC) l'a sélectionné en vue de l'entraînement à titre d'astronaute et l'a nommé gestionnaire du groupe Missions et médecine spatiale au Programme des astronautes. En 1994, il a été retenu comme membre d'équipage à titre de médecin de bord pour la simulation d'une mission spatiale de sept jours et il était le chercheur principal d'une étude visant à



évaluer la formation initiale et la capacité d'assimilation des techniques de réanimation des astronautes n'ayant pas de formation médicale. Membre de la classe de 1995 des astronautes de la NASA, il a travaillé à des questions techniques pour le compte de la *Payload/Habitability Branch* du Bureau des astronautes au *Johnson Space Center*. Il est maintenant le directeur du *Space Life Science Directorate* de la NASA.

ÉQUIPAGE DE LA MISSION STS-90



De gauche à droite : spécialiste de charge utile James (Jim) Pawelczyk; spécialiste de mission Richard (Rick) M. Linneham; pilote Scott D. Altman; spécialiste de mission Kathryn (Kay) P. Hire; commandant Richard A. Searfoss; spécialiste de mission Dafydd (Dave) Rhys Williams; spécialiste de charge utile Jay C. Buckey Jr.

Neurolab pour les élèves

L'édition pour les enseignants est conçue de façon à être une ressource facile à utiliser.

- Information surlignée pour clarifier les concepts spécifiques.
- Références aux pages de l'élève pour chaque activité mentionnée dans les pages de l'enseignant.
- Indices pour l'implantation et notes de sécurité.

ACTIVITÉS

Les activités suivantes démontrent l'importance des repères visuels et de la perception visuelle, ainsi que le rôle de nos yeux et de notre cerveau dans le traitement des informations données par ces repères.

S'asseoir au plafond

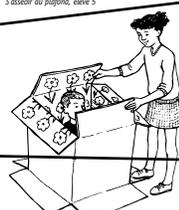
Objet
Démontrer que la perception du HAUT et du BAS peut être altérée lorsqu'un change les repères visuels.

Lorsqu'un corps ne pèse plus rien, le cerveau ne reçoit plus de signaux des muscles et de l'oreille interne pour s'orienter par rapport à la Terre. Dans l'espace, les astronautes n'ont pas les mêmes repères visuels que ceux auxquels ils sont habitués sur Terre et qui leur permettent de comprendre les objets qui les entourent.

Matériel

Par équipe :

- une grande boîte ouverte aux deux extrémités et ayant les parois intérieures décorées
- un grand carton devant servir de couvercle à la boîte (si celle-ci ne comporte pas de rabats)
- S'asseoir au plafond, élève 5



Commentaire!

- Décorer l'intérieur de la boîte avec du papier peint, des formes de couleur ou des photographies de rêves.
- Placer les boîtes et les exemplaires de S'asseoir au plafond, élève 5, à un endroit où les élèves peuvent faire cette activité avec un partenaire.

20 Neurolab pour les élèves • Édition pour les enseignants et enseignantes • Niveaux 4^e - sec. II ST95-4/17/1998-2F

EXPÉRIENCE SUR LA COORDINATION VISUO-MOTRICE

Introduction

L'Expérience sur la coordination visuo-motrice menée à bord de la navette a été conçue pour mesurer la légère perte de coordination oeil-main observée chez les astronautes lorsqu'ils sont en impesanteur.

Étant donné que le développement des êtres humains sur Terre est soumis à l'action de la pesanteur, nos facultés motrices et nos organes des sens sont pré-programmés de manière à en tenir compte dans nos mouvements. Les conditions de quasi-impesanteur qui règnent dans l'espace font que notre cerveau reçoit des messages déroutants et que les instructions qu'il transmet aux muscles ne donnent pas toujours lieu à une bonne coordination oeil-main.

La piètre coordination que l'on constate dans l'espace s'explique par le changement de perception qui se produit en l'absence de pesanteur. L'évaluation de distances, même très courtes, devient aisément source d'erreurs. Dans l'espace, la pesanteur est quasi nulle et le cerveau reçoit des messages pouvant prêter à confusion. Par conséquent, les muscles de l'astronaute ne réagissent pas toujours correctement aux repères visuels ou aux sensa-

tions de toucher, et la coordination oeil-main s'en trouve compromise.

L'expérience a été réalisée par quatre astronautes avant, pendant et après le vol. Au cours de séances de trente minutes, la coordination oeil-main des astronautes a été mesurée pendant qu'ils pointaient en direction de petits cercles de couleur clignotants et tentaient de suivre et de saisir les objets simulés, générés en réalité virtuelle.

Les résultats de l'expérience serviront à trouver la meilleure façon d'aider les astronautes à s'adapter à la microgravité et à développer des systèmes qui permettront d'améliorer la sécurité des pilotes et des passagers en cours de vol. Les ingénieurs, par exemple, pourront utiliser ces résultats pour concevoir des instruments de bord plus sûrs pour les navettes spatiales et les avions à grande vitesse. Si l'on peut prévoir les réactions d'un pilote au cours de périodes continues ou intermittentes d'impesanteur, il sera possible de repenser l'organisation des instruments de bord en fonction de la capacité de coordination réduite du pilote.



Vocabulaire

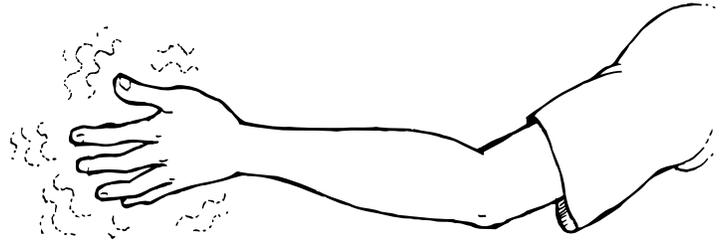
Microgravité - niveau de pesanteur
BEAUCOUP moins élevé que la
pesanteur terrestre

Impesanteur - absence de sensation
de poids

MISE EN CONTEXTE

Discussion en classe

- Pour introduire la notion de perte de coordination, invitez les élèves à répondre aux questions suivantes :
- Avez-vous déjà eu une jambe, un bras ou un pied engourdi?
- Qu'avez-vous ressenti lorsque vous avez tenté de marcher ou d'atteindre quelque chose?
- Avez-vous senti une perte soudaine de maîtrise sur cette partie du corps?
- Que pourrait-il se produire si la jambe d'une personne au volant s'engourdissait?
- Cette personne serait-elle en mesure de réagir avec autant de rapidité et de précision?



Qu'est-ce que la pesanteur?

- Revoyez ce qu'est la pesanteur avec les élèves.
- Introduisez la notion de microgravité. Vous pourriez par exemple comparer un mouvement effectué dans l'eau à un mouvement effectué à terre, en faisant remarquer que, dans l'eau, certains mouvements sont plus lents (courir). Dans des conditions de microgravité, les élèves se déplaceraient beaucoup plus rapidement, avec moins d'effort contrôlé.

ACTIVITÉS

Les activités suivantes illustrent certaines situations auxquelles les astronautes doivent s'adapter.

Sortie dans l'espace

Objet

Comprendre ce qui se passe quand on perd l'usage d'un de nos sens.

Matériel

Par équipe :

- *Sortie dans l'espace, élève 1*

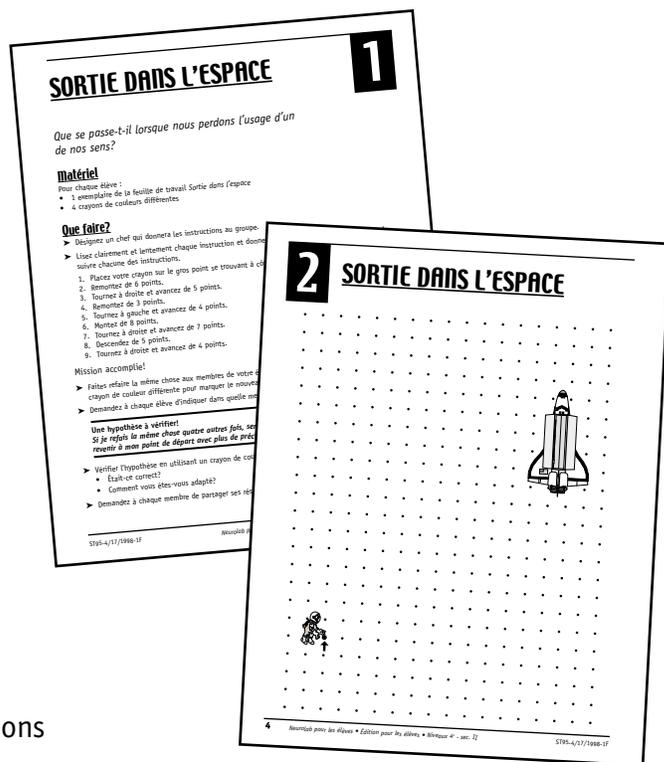
Par élève :

- *Sortie dans l'espace, élève 2*
- 4 crayons de couleurs différentes

- Faites travailler les élèves en petites équipes pour cette activité.
- Désignez un chef d'équipe qui donnera les instructions pendant que les autres élèves réalisent les tâches.
- Distribuez le matériel et revoyez la marche à suivre avec eux.

Prolongements

- Faites faire aux élèves une vraie sortie dirigée dans l'espace. Marquez un point de départ sur le plancher de la classe et une destination à atteindre. Indiquez-leur oralement le chemin à suivre pour arriver à destination.
- Au cours des discussions, faites valoir que, bien souvent, les astronautes dans l'espace doivent suivre des instructions orales provenant d'aussi loin que la NASA!



Commentaire!

N'oubliez pas que la grandeur de pas n'est pas nécessairement la même pour tous les élèves!

ACTIVITÉS

Cercles en folie

Objet

Découvrir si les élèves sont en mesure de réajuster naturellement leurs mouvements lorsqu'on exerce une résistance supplémentaire sur le bras qu'ils utilisent pour écrire et lorsqu'on élimine les repères visuels.

.....
On suppose qu'une résistance supplémentaire causée par la présence d'un poids sur leur avant-bras peut entraîner la nécessité de corriger leurs mouvements et que le fait de fermer les yeux illustre dans quelle mesure ils comptent sur des repères visuels pour exécuter leurs tâches.

Matériel

Par équipe :

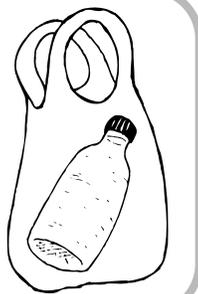
- Cercles en folie, élève 3
- ensemble de 6 marqueurs, crayons ou pastels de couleurs différentes (jaune, orange, rouge, bleu, vert, noir)
- un poids

Par élève :

- Cercles en folie, élève 4
- papier (environ 50 cm x 50 cm)

Pour fabriquer le poids :

- Remplir une bouteille de plastique d'un litre avec de l'eau et fermer le capuchon.
- Mettre la bouteille dans un sac d'épicerie à poignées, en plastique.



3 CERCLES EN FOLIE

Pour chaque essai, faites un trait sur le cercle dix fois, en utilisant la couleur...

| Essai | Yeux | Couleurs | Poids |
|-------|--------|----------|------------|
| 1. | ouvert | jaune | sans poids |
| 2. | ouvert | bleu | avec poids |
| 3. | ouvert | rouge | sans poids |
| 4. | fermé | orange | sans poids |
| 5. | fermé | vert | avec poids |
| 6. | fermé | noir | sans poids |

4 CERCLES EN FOLIE

Consignez les résultats de vos essais dans le tableau.

Utilisez le numéro des parties pour décrire le sens dans lequel vos traits se sont écartés du cercle central (CC).

Si vous avez été capable de faire un trait au bon endroit, cochez la colonne CC.

Si votre trait s'est écarté du cercle central dans une ou plusieurs parties, cochez la colonne de la partie en question.

| Essai | Yeux | Couleurs | Poids | CC | R1 | R2 | R3 | R4 |
|-------|--------|----------|------------|----|----|----|----|----|
| 1. | ouvert | jaune | sans poids | | | | | |
| 2. | ouvert | bleu | avec poids | | | | | |
| 3. | ouvert | rouge | sans poids | | | | | |
| 4. | fermé | orange | sans poids | | | | | |
| 5. | fermé | vert | avec poids | | | | | |
| 6. | fermé | noir | sans poids | | | | | |
| 7. | | | | | | | | |
| 8. | | | | | | | | |
| 9. | | | | | | | | |

Verifiez si les écarts se reproduisent selon un même schéma.

Expliquez pourquoi, à votre avis, vous vous êtes écartés du cercle dans certains essais.

Vérifiez votre hypothèse!

Votre hypothèse était-elle correcte?
 Le fait de vous exercer a-t-il aidé à ne plus vous écarter du cercle central?

- Faites travailler les élèves par deux ou par petits groupes de trois ou quatre pour réaliser cette activité.
- Fournissez le matériel pour chaque groupe.
- Discutez de la marche à suivre et demandez aux élèves de poser une hypothèse pour chaque essai. Inscrivez ces hypothèses au tableau.
- Encouragez-les à passer immédiatement d'un essai à l'autre parce que leurs réflexes reviendront vite à la normale une fois le poids enlevé.

Dans le cas de jeunes élèves, vous pouvez préparer les affiches à l'avance.

ACTIVITÉS

Cercles en folie

- Après que les élèves aient terminé les essais, demandez-leur de présenter leurs conclusions :
 - Ont-ils été en mesure de faire les ajustements nécessaires pour compenser le poids ajouté sur leur bras?
 - Que s'est-il passé lorsqu'on a retiré le poids? (Ils peuvent indiquer que leurs bras paraissent « lourds » et qu'ils ne pouvaient diriger leurs mouvements).

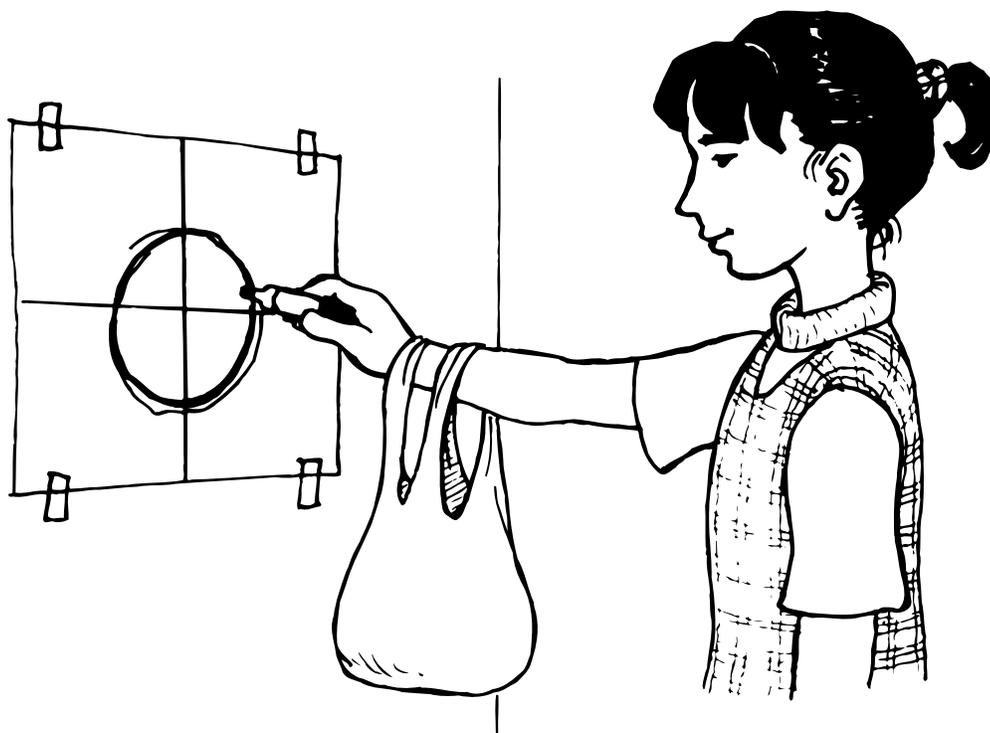
.....
Au cours de cette expérience, les élèves ne simulent pas véritablement l'absence de pesanteur, mais le fait d'ajouter le poids et puis de le retirer leur montre dans quelle mesure la microgravité pourrait avoir une influence sur leurs mouvements.
.....

- Expliquez que les astronautes subissent une perte similaire de coordination oeil-main en microgravité.

Demandez-leur d'indiquer comment les astronautes pourraient améliorer leur aptitude à réaliser leurs tâches en microgravité et d'expliquer leur idée.

Prolongement

- Proposez aux élèves de renouveler l'expérience et de chronométrer chaque essai. Faites-les mesurer le temps qu'il leur a fallu pour retrouver leur niveau d'aptitude initial lorsque le poids a été ajouté et après qu'on l'ait retiré, tant avec les yeux ouverts qu'avec les yeux fermés.



EXPÉRIENCE SUR LE RÔLE DES REPÈRES VISUELS DANS L'ORIENTATION SPATIALE

Introduction

L'expérience sur le *Rôle des repères visuels dans l'orientation spatiale* a été conçue pour déterminer comment les astronautes s'orientent en microgravité.

Toute activité normale sur Terre, comme marcher, se tenir debout, s'asseoir et travailler avec les mains, oblige le cerveau à interpréter et à assimiler toutes les informations que lui transmettent les organes des sens (toucher, ouïe, vue, etc.). Après avoir traité ces informations, le cerveau analyse la position des membres et l'orientation générale du corps (vers le haut ou le bas, vers la gauche ou la droite pour ensuite commander à certains muscles de bouger dans le but de réorienter le corps. Les êtres humains s'orientent par rapport à leur environnement spatial en utilisant les repères gravitationnels de leur corps ainsi que des repères visuels comme les murs d'une pièce, par exemple.

En microgravité, il n'y a pas de repères gravitationnels et les astronautes perdent souvent la notion du HAUT et du BAS. De fait, ils pourraient très bien travailler la tête en bas dans le Spacelab. L'oreille interne, les muscles, les articulations et la peau ne peuvent plus compter sur la pesanteur comme repère constant de position et d'orientation. Afin de pouvoir produire les réponses appropriées, le cerveau est obligé, lorsqu'il traite l'information, de rétablir les relations entre les signaux que lui transmettent ces systèmes sensoriels. Le corps a donc besoin d'un certain temps pour s'adapter à ce rétablissement. Avant cela, les astronautes peuvent avoir l'impression que leur corps ou leur environnement est en mouvement alors qu'en fait ils sont fixes.



Sur Terre, la pesanteur nous attire vers le sol et cela nous permet de savoir où se trouve le BAS. Le HAUT est à l'opposé du BAS et nous pensons donc que le ciel se trouve en HAUT. Comme nous avons, sur Terre, normalement tendance à nous tenir debout, nous disons que le HAUT se trouve au-dessus de notre tête et que le BAS se trouve là où sont nos pieds.



Jim Pawelczyk, un membre de l'équipage de STS-90

ACTIVITÉS

Les astronautes de la mission STS-90 ont testé leurs capacités d'orientation dans trois salles différentes avant et après la mission :

1. une salle cubique meublée qui leur donne les repères présents dans une pièce normale sur Terre;
2. une salle cubique sans meuble pouvant servir de repères;
3. une salle sphérique sans HAUT ni BAS.

Une fois à bord de la navette, ils se sont servis de versions en réalité virtuelle de ces salles pour les expériences.

Les résultats de ces expériences peuvent servir à en apprendre davantage sur le mal des transports, qui constitue l'un des problèmes les plus graves associés aux voyages, que ce soit dans l'espace ou sur Terre.

Sur Terre, on entend par mal des transports la nausée et les étourdissements causés par les déplacements. Dans l'espace, le mal des transports peut être causé par un conflit entre les repères visuels et les sensations somatiques (pression sur le pied ou le siège) et les sensations au niveau de l'oreille interne, mais l'impression de nausée et d'étourdissement est la même.



Dans les laboratoires de CRESTech, Dave Williams est dans une salle cubique tournée à 180 degrés.

Vocabulaire

S'adapter - S'ajuster à un nouvel environnement

Vision binoculaire – Nos deux yeux nous montrent des images, à partir de positions légèrement différentes de part et d'autre du nez, que le cerveau combine en une seule vue.

Désorienter – Dérouter une personne ou lui faire perdre ses repères.

Pesanteur – Force naturelle qui pousse les objets sur Terre à se déplacer vers le centre de la Terre.

Microgravité – Environnement spatial où la pesanteur est très faible.

Illusion d'optique – Image ou scène qui leurre le cerveau pour lui faire croire qu'une image fautive est correcte.

Perception – Connaissance des objets ou de l'espace donnée par les sens.

ACTIVITÉS

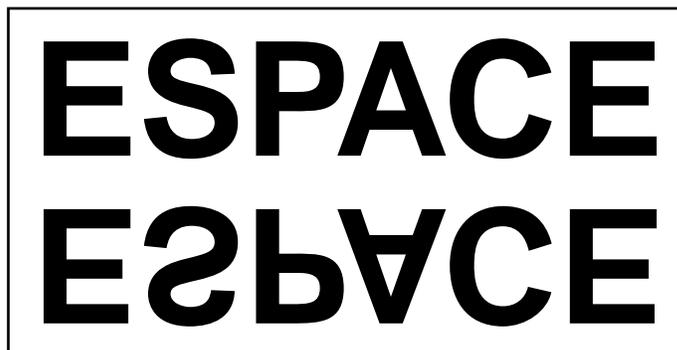
Mise en contexte

Discussion en classe

- Préparer d'avance des repères visuels qui serviront aux expériences, en tournant divers objets de la classe : en accrochant des affiches et des panneaux le haut en bas et en inscrivant la date ou d'autres messages simples à l'envers, par exemple.
- Posez les questions suivantes :
 - Quelle impression avez-vous eue en entrant en classe?
 - Qu'avez-vous remarqué de différent?
 - Quand avez-vous remarqué les objets à l'envers et où ils sont situés?
 - Faut-il plus de temps pour lire un mot ou un énoncé écrit à l'envers?
 - Comment pourriez-vous améliorer votre aptitude à lire à l'envers?
 - Quelle impression pourrait-on avoir en lisant d'importants messages qui sont à l'envers?
 - Quels mots écrits à l'envers un astronaute pourrait-il trouver dans la navette où règnent des conditions de microgravité?

Écriture à l'envers

- Exécutez cette tâche au tableau pendant que les élèves la réalisent individuellement sur une feuille de papier.
- Écrivez le mot ESPACE en gros caractères imprimés. Couvrez-le.
- Écrivez maintenant le mot ESPACE à l'envers en gros caractères imprimés. Comparez les deux mots.
- Posez les questions suivantes :
 - Pourquoi croyez-vous qu'il a été plus facile d'écrire ESPACE à l'endroit?
 - Comment pourriez-vous améliorer vos aptitudes à écrire à l'envers?
 - Pensez-vous que ce serait plus facile si vous vous exerciez?
 - Comment les astronautes pourraient-ils s'y prendre pour améliorer leurs aptitudes à travailler la tête en bas?



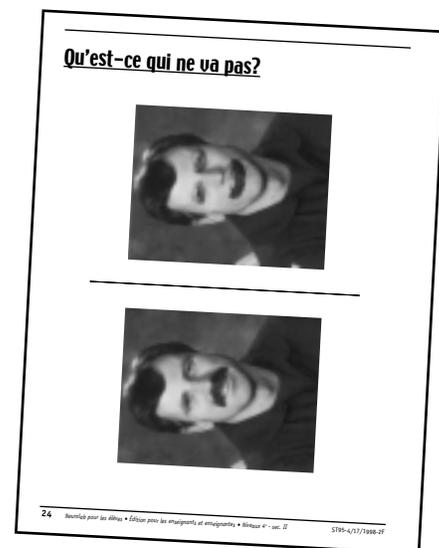
ESPACE
ESPACE

ACTIVITÉS

Qu'est-ce qui ne va pas?

- Pliez la feuille avec les photos du Dr Williams en deux et montrez la première image à l'envers pendant quelques secondes seulement. Invitez-les à dire ce qu'ils voient. Montrez la deuxième image à l'envers pendant quelques secondes et demandez-leur ce qu'ils ont vu. Puis, montrez-leur les deux photos côte à côte, à l'endroit et demandez quels commentaires ils peuvent faire.
- Introduisez le fait que les astronautes, dans l'espace, sont confrontés à des perceptions erronées tous les jours. Demandez aux élèves comment, à leur avis, ce problème peut avoir une influence sur la vitesse et la précision de réalisation des tâches.

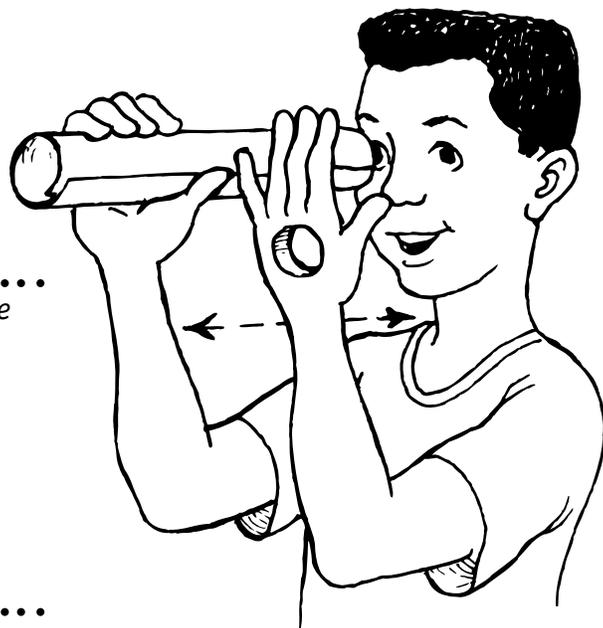
.....
Nos perceptions peuvent être erronées lorsque les choses ne sont pas comme nous nous attendons qu'elles soient. Lorsque nous regardons un visage, nous sommes conditionnés à nous concentrer sur les yeux et sur la bouche, qui nous donnent une indication du haut et du bas, sans prêter vraiment attention aux détails.
.....



Un trou dans la main

- Pour démontrer que chaque oeil perçoit les objets d'une manière différente de l'autre oeil, mais que les deux yeux doivent travailler ensemble pour créer le plein effet d'une image, faites faire aux élèves cette expérience toute simple.

.....
Nos yeux sont conçus pour travailler ensemble de manière à nous donner une vision en relief. Lorsqu'un oeil n'est pas utilisé ou regarde quelque chose de différent, notre cerveau tente de compenser ou de s'ajuster afin de combler le manque. Étant donné qu'un oeil regarde dans le tube et l'autre la main, les deux vues se mêlent pour former une illusion d'optique – un trou dans le centre de la main.
.....



- Demandez-leur de rouler une feuille de papier de manière à former un tube d'environ 2,5 ou 3 cm de diamètre.
- Les deux yeux ouverts, ils amènent le tube face à un oeil et placent la main, la paume face à eux, à côté du tube.
- Proposez-leur de déplacer la main d'avant en arrière le long du tube et d'arrêter le mouvement lorsqu'ils voient une image. Demandez-leur ce qu'ils voient. Indiquez-leur qu'il s'agit d'une illusion d'optique.

ACTIVITÉS

Les activités suivantes démontrent l'importance des repères visuels et de la perception visuelle, ainsi que le rôle de nos yeux et de notre cerveau dans le traitement des informations données par ces repères.

S'asseoir au plafond

Objet

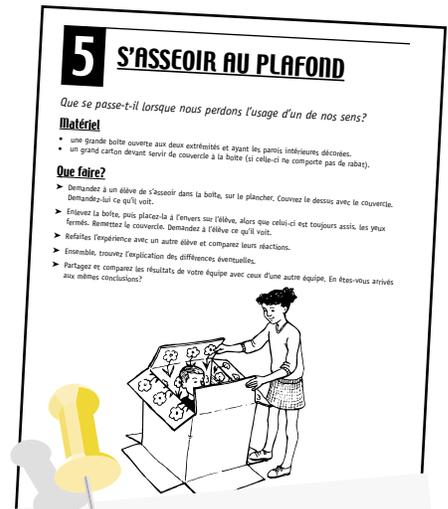
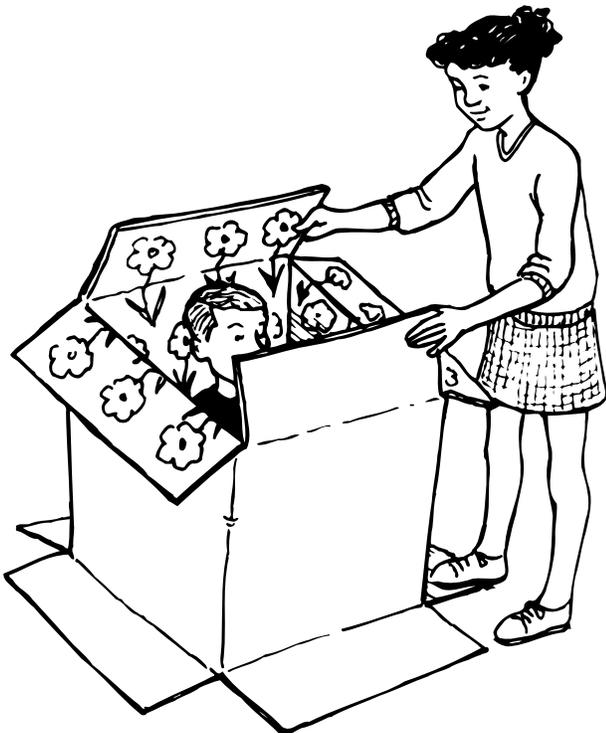
Démontrer que la perception du HAUT et du BAS peut être altérée lorsqu'on change les repères visuels.

Lorsqu'un corps ne pèse plus rien, le cerveau ne reçoit plus de signaux des muscles et de l'oreille interne pour s'orienter par rapport à la Terre. Dans l'espace, les astronautes n'ont pas les mêmes repères visuels que ceux auxquels ils sont habitués sur Terre et qui leur permettent de comprendre les objets qui les entourent.

Matériel

Par équipe :

- une grande boîte ouverte aux deux extrémités et ayant les parois intérieures décorées
- un grand carton devant servir de couvercle à la boîte (si celle-ci ne comporte pas de rabats)
- *S'asseoir au plafond*, élève 5



Commentaire!

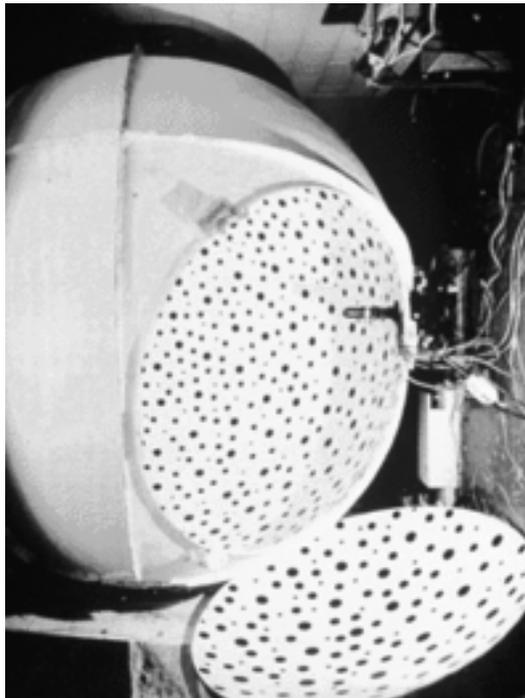
- Décorer l'intérieur de la boîte avec du papier peint, des formes de couleur ou des photographies de revues.
- Placez les boîtes et les exemplaires de *S'asseoir au plafond*, élève 5, à un endroit où les élèves peuvent faire cette activité avec un partenaire.

ACTIVITÉS

- Faites préparer les boîtes d'avance par quelques élèves.
- Lisez les instructions ensemble et répondez aux questions éventuelles des élèves.
- Dans une discussion de suivi, demandez d'expliquer les différences.
- Aidez les élèves à comprendre l'importance qu'ont nos yeux pour distinguer le HAUT du BAS en leur demandant quels sens ils ont utilisé pour décider si la boîte était à l'endroit ou à l'envers.
- Faites-leur remarquer que, même si certains peuvent avoir été un peu désorientés, le plancher était toujours là pour les aider à s'y retrouver. Faites le rapprochement avec les astronautes en conditions de microgravité qui n'ont absolument aucun repère de HAUT ou de BAS.

Prolongements

- Demandez aux élèves d'imaginer l'impression qu'ils auraient dans une salle dont les murs sont sphériques et de rédiger un paragraphe sur ce qui pourrait se produire dans une salle sans HAUT ni BAS. Proposez-leur d'illustrer leur aventure dans un cercle.
- Discutez des répercussions que peut avoir la désorientation sur les astronautes dans le Spacelab.



Vue de la salle sphérique de CRESTech utilisée pour l'entraînement de STS-90.

ACTIVITÉS

Images parfois trompeuses

Objet

Démontrer que les yeux peuvent tromper le cerveau en créant une illusion d'optique.

.....

Généralement, les yeux et le cerveau travaillent ensemble pour vous indiquer que ce que vous voyez est bien la réalité. Parfois, pourtant, un objet ou une forme que vous voyez habituellement d'une certaine façon peut vous paraître complètement différent quand l'environnement dans lequel il se trouve a changé. Lorsque cela se produit, votre œil voit quelque chose que votre cerveau déclare impossible. En d'autres termes, votre œil et votre cerveau ne s'entendent pas sur la réalité!

.....

Matériel

- Images parfois trompeuses, 1 à 3
- Images impossibles, 4 et 5
- rétroprojecteur
- Images parfois trompeuses, élèves 6 à 9

➤ Montrez *Images parfois trompeuses 1* sur le rétroprojecteur. Demandez pourquoi les points paraissent plus grands.

➤ Montrez *Images parfois trompeuses 2* et expliquez pourquoi un cercle paraît plus grand. Introduisez la notion d'illusion d'optique.

➤ Montrez *Images parfois trompeuses 3*. Aidez les élèves à identifier les images des deux dames.

Demandez aux élèves :

- qui a vu la dame plus âgée en premier
- qui a vu la dame plus jeune en premier
- qui a pu voir les deux dames du premier coup d'œil

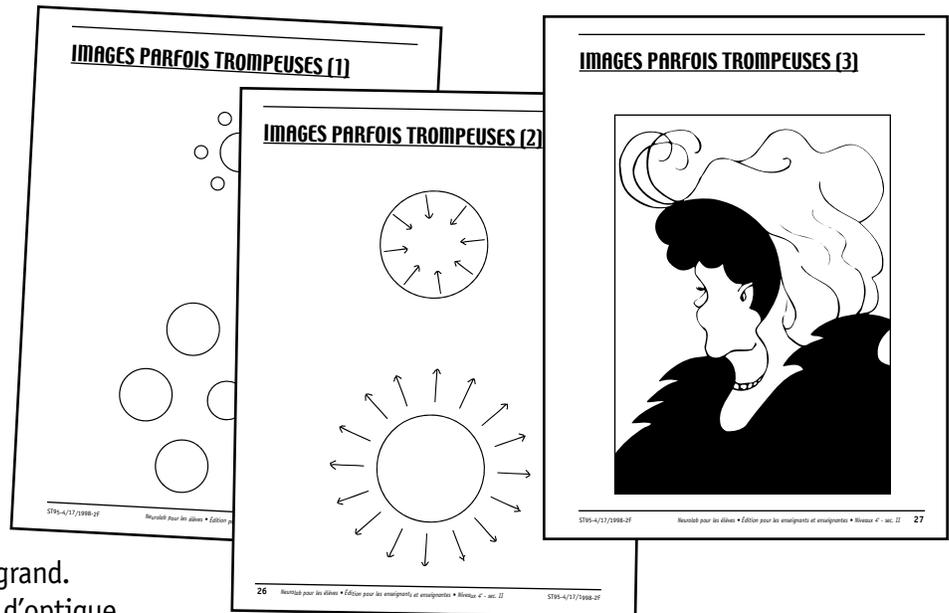
Proposez aux élèves de pencher la tête pour voir l'illusion. Demandez-leur s'ils voient la différence.

➤ Rappelez aux élèves le fonctionnement de la vision et tirez des conclusions sur ce qui a pu causer les illusions.

.....

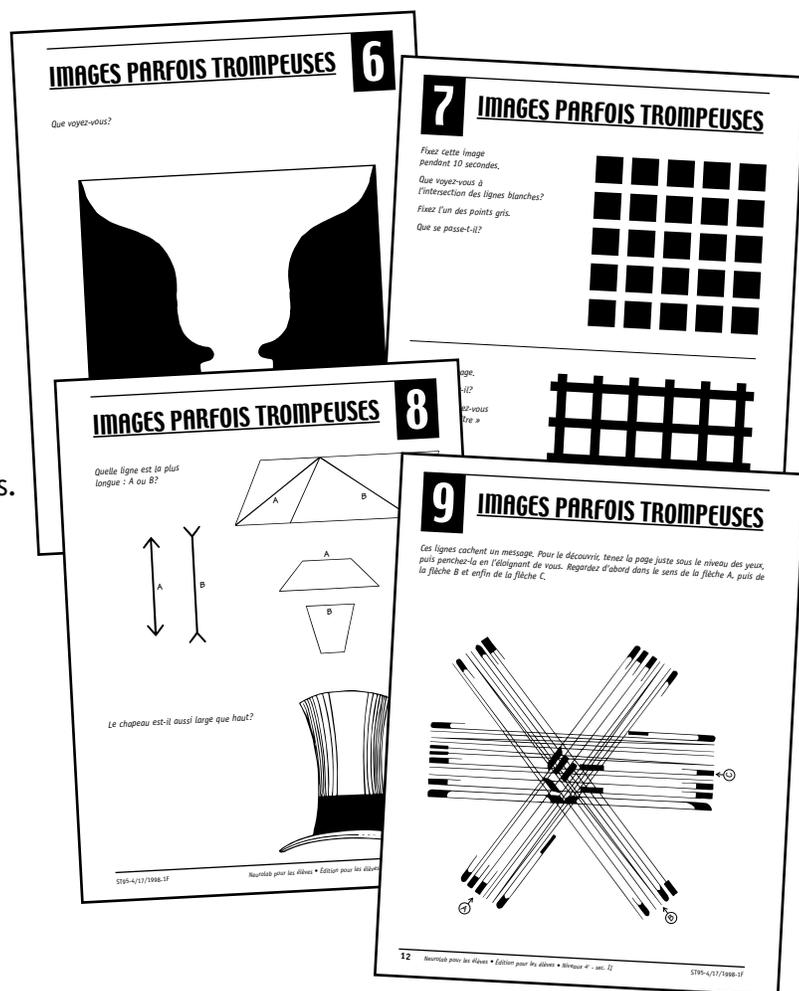
Nous ne rencontrons pas d'illusions aussi marquées que celles-ci dans notre vie quotidienne parce qu'il y a généralement de nombreux repères visuels dans notre entourage pour aider notre cerveau à interpréter ce qu'il voit. Les illusions illustrées dans les échantillons sont déroutantes parce que les images ont été simplifiées – le cerveau ne reçoit pas les repères contextuels habituels et il doit donc deviner ce qu'il « voit ».

.....



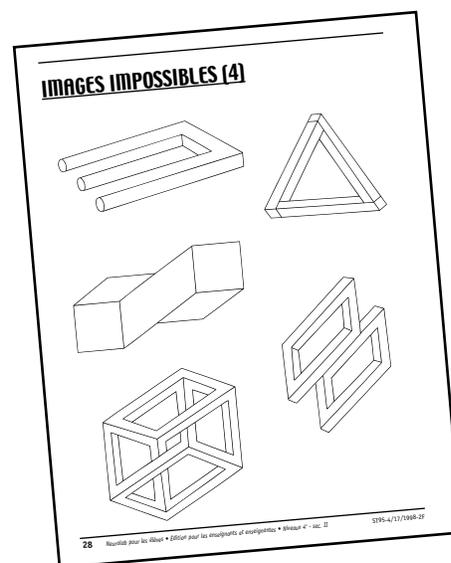
ACTIVITÉS

- Subdivisez la classe en groupes et demandez à un élève de chaque groupe de consigner les réactions de chaque membre de son équipe.
- Proposez à chaque élève de regarder les illustrations figurant sur leur feuille de travail et ensuite d'en discuter en groupe.
- Demandez aux élèves de discuter d'une méthode qui permettrait aux astronautes de s'habituer aux distorsions de la vision et de défendre et d'étayer leurs suggestions.
- Faites remarquer qu'une fois qu'on se familiarise avec l'une de ces illusions, celles-ci deviennent plus faciles à reconnaître parce que notre cerveau s'est habitué aux nouvelles informations.

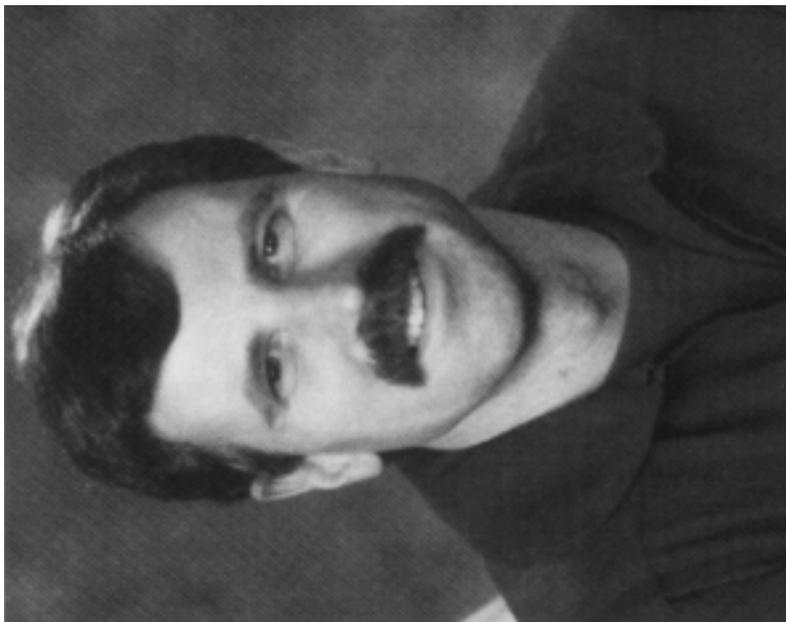


Prolongements

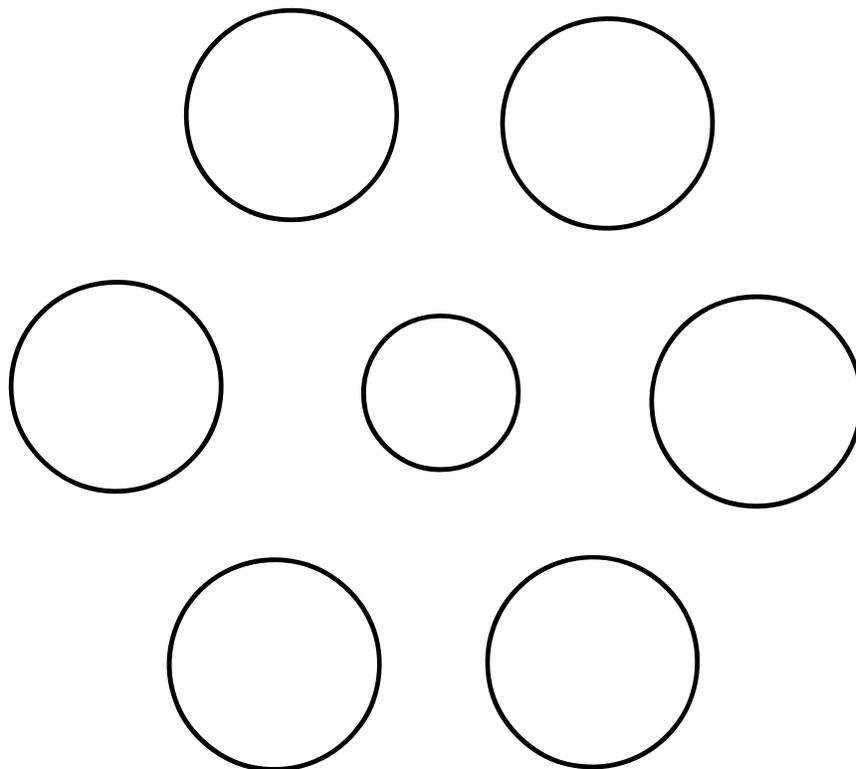
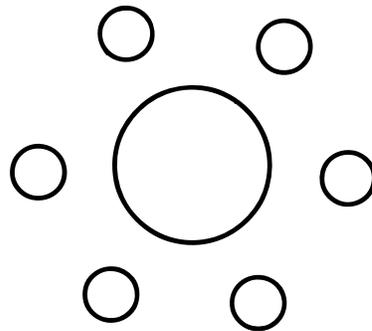
- Discutez de la manière dont un « cinémographe à feuilles » peut servir à montrer des « images mobiles ».
- Voyez pourquoi et comment les lumières et les miroirs sont utilisés dans les supermarchés. (Pour faire ressortir les produits et faire paraître le magasin plus grand).
- Montrez les Images impossibles 4 qui sont des dessins plans en deux dimensions. Faites remarquer aux élèves que leurs yeux veulent les voir comme des objets en trois dimensions même s'il est impossible de les construire.



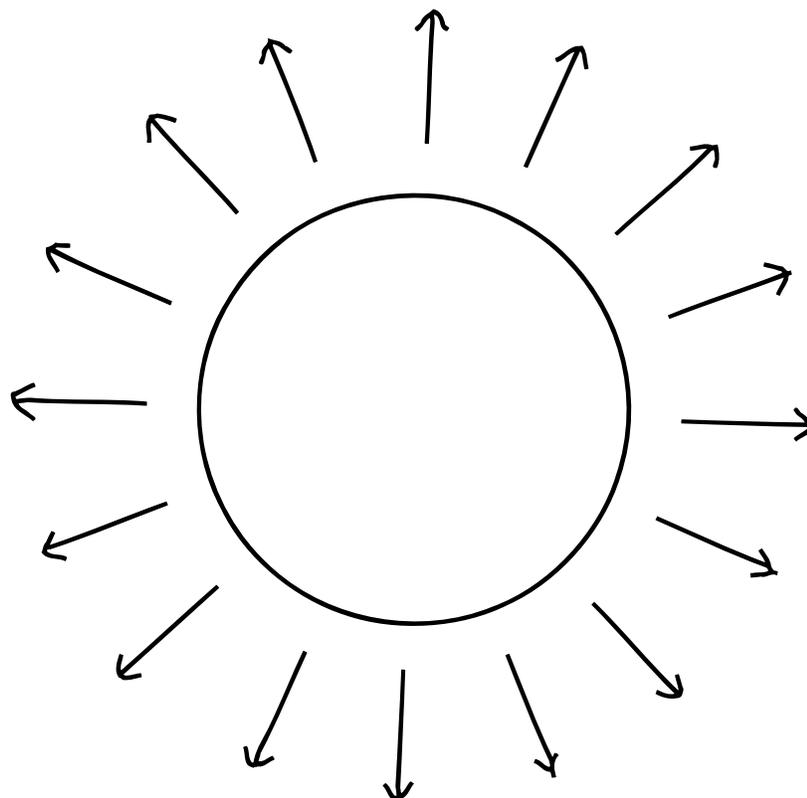
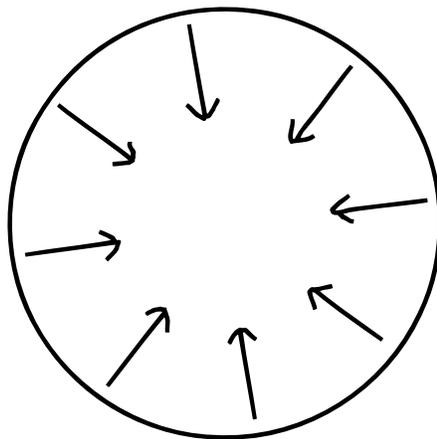
Qu'est-ce qui ne va pas?



IMAGES PARFOIS TROMPEUSES (1)



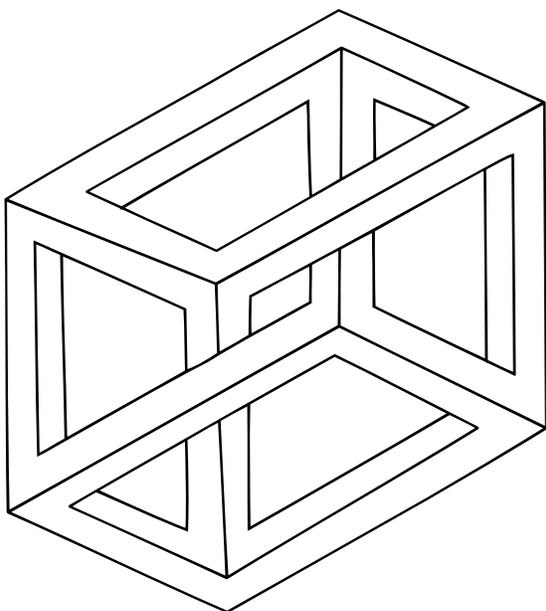
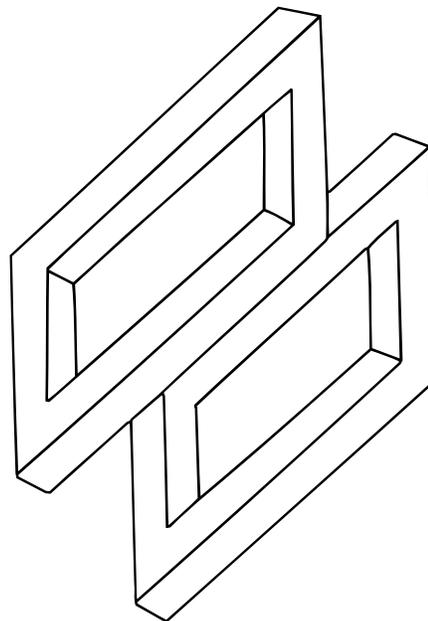
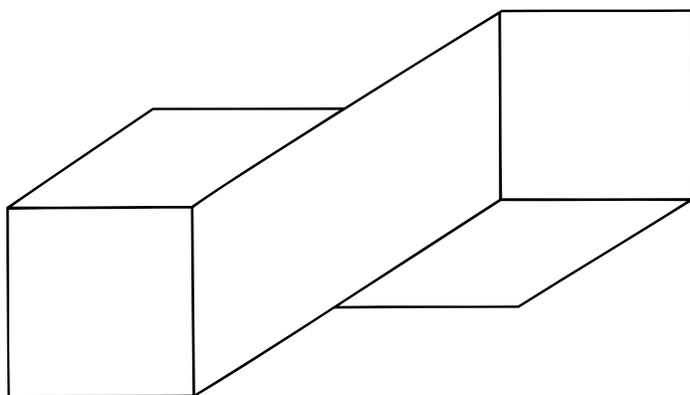
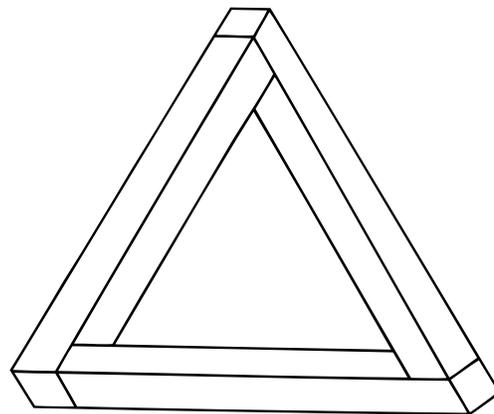
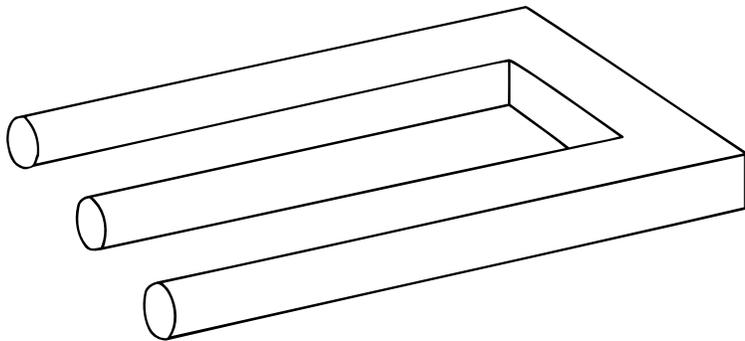
IMAGES PARFOIS TROMPEUSES (2)



IMAGES PARFOIS TROMPEUSES (3)



IMAGES IMPOSSIBLES (4)



BIBLIOGRAPHIE

Références :

La navette spatiale, Dr Robert Thirsk, Agence spatiale canadienne (1997)

L'environnement spatial, Dr Robert Thirsk, Agence spatiale canadienne (1997)

La microgravité – Guide du conférencier, Agence spatiale canadienne (1994)

Microgravity – A Teacher's Guide, NASA (1997)

Ressources en ligne :

Pages web de l'Agence spatiale canadienne :
<http://www.espace.gc.ca>

Espace Jeunesse :
<http://www.espace.gc.ca/espacejeunesse>

Page web de la mission Neurolab :
http://www.space.gc.ca/sectors/human_presence/en/canastronauts/astro/sts90/index.htm
puis cliquez Espace Jeunesse!

Lien vers le site de la NASA :
<http://neurolab.jsc.nasa.gov/>

Neuroscience For Kids :
<http://weber.u.washington.edu/~chudler/neurok.html>

Neurolab en ligne :
<http://quest.arc.nasa.gov/neuron/>

ÉCUSSON DE DAVE WILLIAMS POUR LA MISSION STS-90



La mission STS-90, ou mission Neurolab, se déroule à bord de la navette Columbia qui a été transformée pour l'occasion en laboratoire orbital consacré aux expériences en neurosciences. Les ondes EEG (électroencéphalogrammes) qui émanent de la navette représentent les expériences effectuées pendant la mission. Elles symbolisent chacun des quatre membres de l'équipage spécialistes de charge utile qui effectuent les expériences.

La constellation Ophiucus (la Serpente), associée à Asclépios, dieu grec de la médecine, apparaît dans le coin droit supérieur de l'écusson. Les neuf étoiles de la constellation symbolisent les neuf membres d'équipage qui ont suivi l'entraînement pour la mission STS-90. Le caducée, à gauche, est l'emblème international du corps médical. Les ailes traditionnelles du caducée ont été modifiées en « insigne ailé » de l'aviation pour représenter l'expérience de Dave Williams à titre de médecin, de neurophysiologue et de spécialiste de mission.

La représentation graphique d'un réseau neuronal au-dessus de la Terre symbolise l'application de la recherche effectuée dans le Neurolab aux neurosciences terriennes.

FORMULAIRE DE RÉPONSE – PROGRAMME DE VULGARISATION

Par l'entremise de son programme de vulgarisation, l'Agence spatiale canadienne cherche à obtenir la participation des enseignants et des élèves à ses activités éducatives. À cette fin, nous aimerions obtenir vos commentaires et vos suggestions concernant le matériel de cette trousse.

Votre opinion est importante! Nous apprécierions que vous preniez quelques minutes pour remplir le formulaire d'évaluation ci-dessous et le retourner à :

**Gestionnaire, Sensibilisation de la jeunesse, Direction des communications,
Agence spatiale canadienne, 6767, route de l'Aéroport, Saint-Hubert (Québec) J3Y 8Y9**

| Indiquez l'énoncé avec lequel vous êtes d'accord en encerclant UN chiffre dans la colonne de droite. | Tout à fait en désaccord | En désaccord | Indécis | D'accord | Tout à fait d'accord |
|--|--------------------------|--------------|---------|----------|----------------------|
| À titre d'enseignant, j'ai trouvé le matériel de vulgarisation STS-90 utile. | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 |
| Les élèves ont réagi positivement à l'égard du matériel. | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 |
| J'apprécierais obtenir du matériel de même nature concernant les missions futures. | 1 | 2 | 3 | 3 | 3 |
| Les élèves ont trouvé la présentation du matériel attrayante. | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 |
| Le contenu de la trousse était intéressant. | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 |
| Le contenu scientifique convenait au niveau des élèves. | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 |
| Le support utilisé était celui qui convenait le mieux. | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 |
| Je préférerais obtenir des renseignements plus généraux pour monter mes propres leçons. | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 |

Prov. ou Terr. : _____

Ajoutez mon nom à votre liste de distribution :

Matière enseignée : _____

NOM : _____

Niveau(x) où le matériel a été utilisé : _____

ADRESSE : _____

Quelle catégorie décrit le mieux le contexte dans lequel le matériel a été utilisé :

- A. Renseignements généraux
 B. Discussion de groupe
 C. Intégration à un cours existant
 D. Conférence
 E. Activités de groupes
 F. Démonstration
 G. Activités pratiques
 H. Activités interdisciplinaires
 I. Autre (Veuillez préciser) : _____

Quels éléments du matériel se sont avérés les plus utiles? _____

Quels éléments faut-il améliorer? _____

Autres commentaires : _____

