



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.

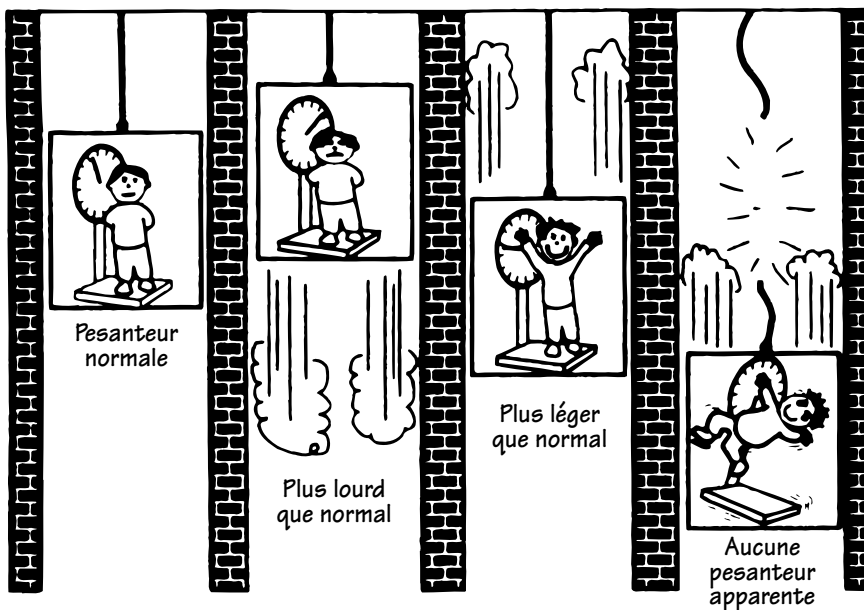
L'IMPORTANCE DE NEUROLAB

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 leur lien avec les fonctions de l'oreille interne.

Images pièges

Objet
Découvrir pourquoi certains repères visuels faussent la perception et comment il est possible de les compenser.

Matériel

- rétroprojecteur
- Images pièges 1 à 4

Images pièges 1

- Montrez une à une les illustrations de la pièce. Demandez aux élèves ce qu'ils voient dans chaque cas. Servez-vous des commentaires des élèves pour lancer une discussion sur les repères visuels que nous pouvons utiliser dans la vie de tous les jours pour établir l'orientation de ce qui nous entoure.

.....

Notre sens de l'orientation dépend de facteurs tels que la vision, l'équilibre et la proprioception.

Images pièges 2

- Montrez l'image dans chaque orientation pendant environ 10 secondes. Posez les questions suivantes :
 - Dans quelle orientation avez-vous reconnu un visage?
 - De quel visage s'agit-il?
- Demandez aux élèves de pencher la tête vers la gauche ou vers la droite lorsque vous montrez l'image avec la flèche pointée vers le bas.
- Demandez-leur ce qu'ils voient à chaque fois.

Ce transparent fait appel à un visage où les traits qui ont une polarité (les yeux et le nez) ne sont pas dessinés de manière à faire ressortir un « haut » et un « bas ». Le fait de pencher la tête vous aide à vous concentrer sur l'image.

ST95-4/17/1998-4F Neurolab pour les élèves • Édition pour les enseignants et enseignantes • Niveau sec. III - V 19

EXPÉRIENCE SUR LA COORDINATION VISUO-MOTRICE

Introduction

L'Expérience sur la coordination visuo-motrice a été conçue pour étudier la piètre coordination des astronautes dans l'espace en vue de découvrir comment le corps humain réagit quand la pesanteur est soudainement réduite. L'étude portait sur les changements qui, en impesanteur, influent sur des mouvements aussi simples que pointer ou saisir des objets. Les résultats de cette recherche pourraient contribuer à améliorer la sécurité des pilotes et des passagers à bord des avions et des navettes, et donner aux astronautes des moyens de s'entraîner à la « coordination spatiale ».

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.

Dans l'espace, les oreilles internes, 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 différents signaux que lui transmettent ces systèmes sensoriels. Le corps a donc besoin d'un certain temps pour s'adapter à ce réta-

blissement. Avant cela, les astronautes peuvent avoir l'impression que leur corps ou leur environnement sont en mouvement alors qu'en fait ils sont fixes. Au retour sur Terre, les mêmes problèmes peuvent se poser, le corps devant se réadapter à la pesanteur. Le temps nécessaire à la réadaptation est fonction de la durée de la mission.

Les études Neurolab sont importantes non seulement pour la santé et le bien-être des équipages, mais elles offrent aussi des perspectives prometteuses pour le développement de nouvelles techniques sûres et efficaces débouchant sur des applications sur Terre. La microgravité fournit un contexte unique pour les études de cette nature. Les expériences Neurolab peuvent permettre de trouver des réponses dans les domaines suivants :

- l'insomnie, troubles du sommeil fort répandus chez les travailleurs par poste et les personnes âgées;
- les troubles de l'équilibre ou de l'oreille interne qui touchent de nombreuses personnes entraînant étourdissements et désorientation;
- l'incidence des blessures et des maladies sur les gens souffrant d'hypotension ou de dérèglements cardio-vasculaires.

L'expérience sur la coordination pourrait aussi éclaircir certains aspects de l'activité musculaire sur Terre et sera mise à profit dans la recherche sur le rétablissement des blessés.

ACTIVITÉS



Entraînement sous l'eau à la NASA



Vocabulaire

S'adapter - S'ajuster à un nouvel environnement

Environnement – Circonstances, objets ou conditions physiques entourant un organisme.

G – Force d'attraction de la pesanteur au niveau de la mer sur Terre.

Pesanteur – Force attirant les corps les uns vers les autres. L'attraction de la pesanteur est liée à la masse des corps.

Microgravité – Environnement dans lequel l'attraction de la pesanteur est quasi nulle.

Proprioception – Sens physique de l'orientation du corps et de la position des membres.

Temps de réaction – Intervalle entre l'apparition d'un stimulus et le recommencement d'une réponse manifeste.

Poids – Mesure de la force exercée vers le bas par la pesanteur sur un corps.

Impesanteur – Absence de sensation de poids.

MISE EN CONTEXTE

Discussion en classe

- Demandez aux élèves de décrire leurs expériences dans les montagnes russes, réelles ou simulées en réalité virtuelle.

.....
Lorsque vous êtes en chute libre, les objets semblent ne rien peser parce qu'ils tombent à la même vitesse que vous.
.....

OU

- Présenter un scénario comme celui qui suit.
- Demander aux élèves ce qu'ils pensent qui pourrait arriver.



Vous êtes le seul conducteur à bord du train qui file à folle allure sur une grande courbe de la montagne russe la plus haute du monde. Lorsque vous arrivez au sommet, les bras des passagers battent l'air pendant un bref instant d'impesanteur. Voulant atteindre rapidement le panneau de commande, vous visez trop haut et vous enfoncez le mauvais bouton.

Simuler l'impesanteur

- Les élèves tiennent un petit objet lourd en main et en notent le poids. Demandez-leur ensuite de sauter d'une chaise et de noter le poids à nouveau. (L'objet devrait leur paraître moins lourd lorsqu'ils tombent que lorsqu'ils se tiennent debout sur le sol). Ils pourraient également tenter de courir avec l'objet en main ou de sauter sur une trampoline. Ont-ils ressenti une différence?
- Demandez aux élèves de s'imaginer en train de réaliser une tâche particulière pendant qu'ils sont en impesanteur et faites le rapprochement avec les tâches quotidiennes des astronautes.

ACTIVITÉS

Ces activités aideront les élèves à comprendre dans quelle mesure les astronautes doivent s'adapter aux conditions de microgravité.

Expérience sur la préhension

Objet

Simuler la difficulté qu'éprouvent les astronautes à saisir des objets en microgravité. Mesurer le temps de réaction dans différentes conditions ainsi que le temps nécessaire à une réadaptation aux conditions initiales.

.....
Au cours de cette activité, les élèves ne mesurent pas le temps de réaction directement, mais plutôt la distance de chute de la règle qui est liée au temps de réaction.
.....

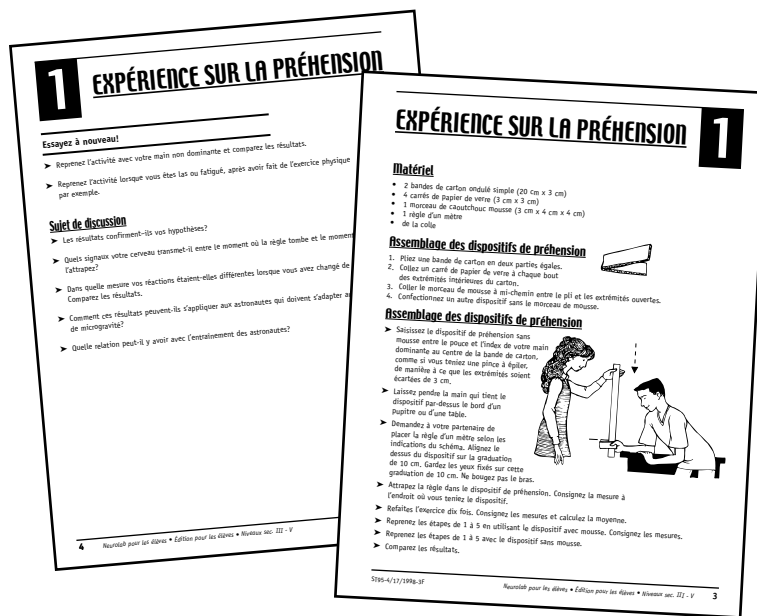
Matériel

Par groupe :

- Expérience sur la préhension, élève 1
 - Deux dispositifs de préhension – l'un avec mousse, l'autre sans mousse
 - 1 règle d'un mètre
- Demandez aux élèves de lire les instructions sur la feuille *Expérience sur la préhension* de l'élève et de répondre ensemble aux questions.
- Dans chaque groupe, élaborez une hypothèse pour chaque essai.
- Invitez les groupes à présenter les résultats de leurs essais.
- Demandez aux élèves de faire le lien entre ces résultats et les difficultés qu'éprouvent les astronautes à réaliser leurs tâches quotidiennes dans le Spacelab.

Prolongements

- Utilisez cette activité comme exercice de laboratoire complet. Demandez aux étudiants de rédiger une hypothèse pour chaque essai, de décrire la méthode, de noter leurs observations et leurs conclusions et de proposer une explication des résultats.
- Indiquez aux élèves de porter leurs résultats sur un graphique.
- Créez une base de données avec les résultats obtenus par la classe.
- Demandez aux élèves d'explorer le site Web de l'Agence spatiale canadienne pour obtenir des renseignements pendant et après la mission STS-90 (site Web de l'Agence: <http://www.espace.gc.ca>).



ACTIVITÉS

Exercice de pointage

Objet

Observer comment l'aptitude des élèves à pointer vers un objet familier est compromise dans un environnement simulé de 2 g (deux fois la pesanteur normale) et comment ils se réadaptent ensuite à un environnement de 1 g (pesanteur normale).

Matériel

Par équipe :

- Exercice de pointage, élève 2
 - Cible pour l'exercice de pointage, élève 3
 - Fiche de consignation – Exercice de pointage, élève 4
 - 1 marqueur
 - simulateur 2 g
 - chronomètre ou minuterie
- Formez des groupes de 3 à 5 élèves. Dans chaque groupe, désignez un élève chargé de lire les chiffres à voix haute. Groupez les autres élèves par deux : l'un pointe vers la cible et l'autre consigne les résultats.
- Lisez les instructions ensemble et répondez aux questions éventuelles.
- Encouragez les élèves à pointer le plus rapidement possible étant donné qu'il s'agit d'un exercice chronométré.

Prolongements

- Demandez aux élèves d'élaborer une hypothèse et de documenter l'expérience comme un rapport de laboratoire.
- Demandez aux élèves de reporter les résultats des trois essais sur un graphique. Ils pourraient noter la précision en fonction du temps, par exemple, le tout sur un même graphique.

EXERCICE DE POINTAGE 2

Matériel

- Cible, élève 3
- des marqueurs
- un simulateur 2 g
- un chronomètre ou une minuterie
- Fiche de consignation – Exercice de pointage, élève 4

Que faire?

➤ Travaillez par équipe de quatre : un lecteur, un chronométrateur, un rapporteur et les pointeurs. Le chronométrateur commence quand le lecteur donne le premier nombre de la série et se termine quand la main du pointeur revient à la position de départ après avoir touché le dernier nombre.

➤ Le rapporteur consigne les nombres qui ont été touchés.

3 CIBLE

FICHE DE CONSIGNATION - EXERCICE DE POINTAGE 4

Le rapporteur indique au tableau les nombres que le pointeur a touchés à chaque essai.

Essai 1 - Sans le simulateur 2 g

Nombres annoncés	Nombre touchés
125	
82	
142	
115	
96	
160	
128	
172	
145	
160	
72	

Essai 2 - Avec le simulateur 2 g

Nombres annoncés	Nombre touchés
145	
160	
128	
172	
142	
160	
72	

Essai 3 - Sans le simulateur 2 g

Nombres annoncés	Nombre touchés
160	
145	
96	
128	
160	
72	

ST95-4/17/1998-4F



Des poids pour poignets ou chevilles, vendus dans de nombreux magasins, peuvent être utilisés comme appareil de masse (simulateur 2 g).

ACTIVITÉS

Tracer de cercles

Objet

Vérifier si les élèves peuvent réajuster naturellement leurs mouvements lorsqu'on exerce une résistance supplémentaire sur le bras avec lequel ils écrivent ou lorsqu'on élimine les repères visuels.

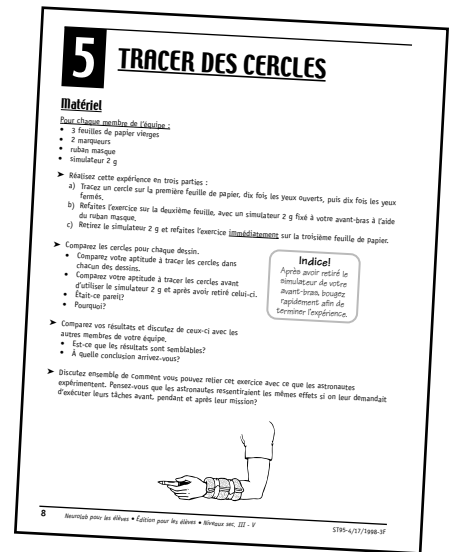
Matériel

Par équipe :

- feuilles de papier vierges – 2 par élève
 - 2 marqueurs
 - ruban masqué
 - simulateur 2 g
- Par équipe de 3 ou 4, demandez aux élèves de suivre les instructions de *Tracer des cercles*, élève 5.
- Rappelez-leur qu'il y a trois parties à cette expérience.

Discussion

- Comme suite au travail de groupe, discutez des résultats avec les élèves.
- Comparez leur aptitude à retracer les cercles pour chaque dessin.
 - Comparez leur aptitude à tracer les cercles avant d'utiliser le simulateur 2 g et après l'avoir retiré.
 - Était-ce pareil?
 - Pourquoi?
- Pensez-vous que les astronautes ressentiraient les mêmes effets si on leur demandait d'exécuter leurs tâches avant, pendant et après leur mission?



Commentaire :

Les élèves devraient procéder rapidement pour faire l'expérience après avoir retiré le simulateur, car leurs réflexes reviendront assez rapidement à la normale une fois le poids enlevé de leur avant-bras.

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

Introduction

Ce que notre corps a appris à faire sur Terre, il ne pourra pas nécessairement le refaire dans l'espace. Cette expérience, parfois désignée expérience « en réalité virtuelle », a été conçue pour déterminer la façon dont les astronautes s'y prennent pour s'orienter en conditions d'impesanteur. Sur Terre, la pesanteur constitue un point d'ancrage constant qui nous sert de repère pour nous orienter. Dans l'espace, les astronautes ne peuvent plus s'y fier, car ce repère disparaît. Ils ne peuvent plus dès lors distinguer le HAUT du BAS et risquent, pour bon nombre d'entre eux, de souffrir du mal des transports.

Ce « mal des transports » touche près de la moitié des astronautes. Un facteur y contribuant peut être un conflit entre les repères visuels de l'astronaute et l'absence de sensations somatiques (pression sur le pied lorsqu'on se tient debout, ou pression sur le siège lorsqu'on est assis) et de sensations au niveau de l'oreille interne. Le mal de l'espace est coûteux en termes de temps d'inactivité des astronautes, de réduction de la qualité du travail et du danger attribuable à une mauvaise coordination.

Avec l'Expérience sur les repères visuels, on a tenté d'évaluer après combien de temps les astronautes cessent de se fier aux organes de l'équilibre de leur oreille interne au profit exclusif des repères visuels. On a cherché également à déterminer si la création d'une « pesanteur artificielle » (simulée par l'application d'une pression sur la plante des pieds, par exemple) leur permet d'éviter de recourir à ces nouveaux et étranges repères visuels dans l'espace, et combien de temps il leur faut pour se réadapter une fois de retour sur Terre. On espère que les résultats de cette expérience permettront aussi de déterminer dans quelle mesure un entraînement prévol en conditions de réalité virtuelle pourrait s'avérer plus profitable que les techniques utilisées actuellement.

Les astronautes ont été appelés à indiquer la perception qu'ils avaient de leur orientation corporelle dans trois milieux différents : une chambre sphérique sans repères permettant de distinguer le HAUT du BAS, une chambre cubique meublée et une autre non meublée. Les astronautes ont été testés dans des pièces réelles avant et après le vol ainsi que dans



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



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

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

la version « réalité virtuelle » de ces pièces, simulées par le Générateur d'environnement virtuel de la NASA à bord de la navette spatiale.

L'expérience peut aider à mieux comprendre les mécanismes de l'orientation corporelle chez les êtres humains, et les nouvelles connaissances acquises trouveront certainement des applications sur Terre.

Cette recherche en réalité virtuelle peut contribuer à faire comprendre et à résoudre le problème du mal des transports qui compte parmi les plus graves associés aux voyages. On sait, par exemple, que les pilotes, en particulier les élèves-pilotes, peuvent éprouver des problèmes de discrimination sensorielle entraînant une désorientation qui peut être fatale.



Vocabulaire

Vection circulaire - perception de l'autorotation induite par stimulation visuelle

Effet de Coriolis - forces d'accélération supplémentaires qui agissent sur un corps en mouvement dans un système rotatif de référence

Polarité - à deux pôles opposés

Effet de mirage - image altérée ou inversée découlant d'un mouvement ou de changements subits

Proprioception - sens physique de l'orientation du corps ou de la position des membres

Système vestibulaire - organes de l'équilibre, surtout l'oreille interne qui contient des cristaux de carbonate de calcium (les otolithes) qui, une fois inclinés, font changer la pression exercée sur les petits cils se trouvant au-dessous. Les yeux et certaines cellules sensorielles de la peau et des tissus internes aident également le corps à rester en équilibre.

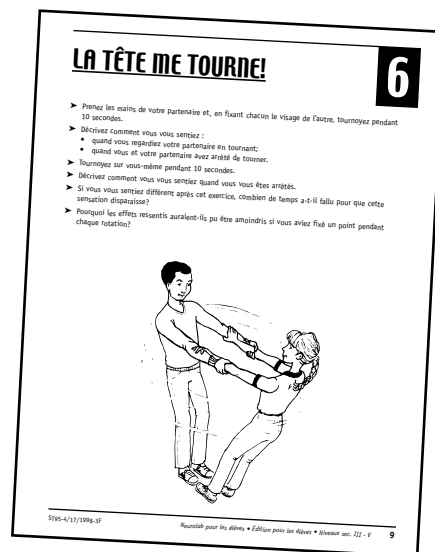
Mise en contexte

Discussion en classe

- Amener les élèves à faire le lien entre les repères de mouvement et les repères visuels :
 - Faites-les réfléchir aux fois où ils croient être en mouvement, alors qu'en fait ils sont immobiles.
 - Demandez-leur s'ils se sont déjà sentis nauséux ou étourdis en voiture ou dans un manège. Pourquoi se sentaient-ils ainsi?

La tête me tourne!

- Pour aider les élèves à prendre conscience de l'importance des « points de référence », faites-leur exécuter les activités décrites dans *La tête me tourne*, élève 6.
- Comme variante, parlez des sensations qu'ils ont éprouvées après avoir tournoyé rapidement avec et sans points de référence.



ACTIVITÉS

Les activités suivantes démontrent l'importance des repères visuels et de la perception visuelle ainsi que leur lien avec les fonctions de l'oreille interne

Images pièges

Objet

Découvrir pourquoi certains repères visuels faussent la perception et comment il est possible de les compenser.

Matériel

- rétroprojecteur
- Images pièges 1 à 4

Images pièges 1

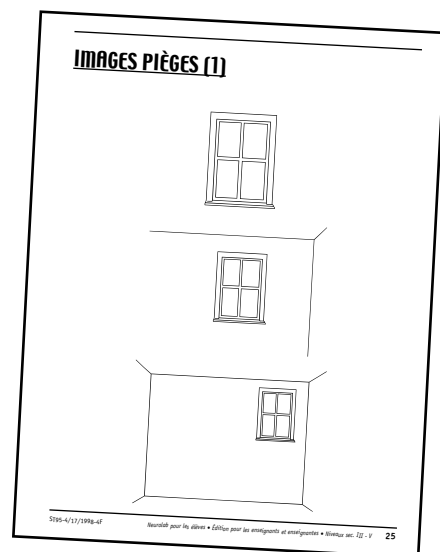
- Montrez une à une les illustrations de la pièce. Demandez aux élèves ce qu'ils voient dans chaque cas. Servez-vous des commentaires des élèves pour lancer une discussion sur les repères visuels que nous pouvons utiliser dans la vie de tous les jours pour établir l'orientation de ce qui nous entoure.

.....
Notre sens de l'orientation dépend de facteurs tels que la vision, l'équilibre et la proprioception.
.....

Images pièges 2

- Montrez l'image dans chaque orientation pendant environ 10 secondes. Posez les questions suivantes :
 - Dans quelle orientation avez-vous reconnu un visage ?
 - De quel visage s'agit-il ?
- Demandez aux élèves de pencher la tête vers la gauche, puis vers la droite lorsque vous montrez l'image avec la flèche pointée vers le bas.
- Demandez-leur ce qu'ils voient à chaque fois.

.....
Ce transparent fait appel à un visage où les traits qui ont une polarité (les yeux et le nez) ne sont pas dessinés de manière à faire ressortir un « haut » et un « bas ». Le fait de pencher la tête vous aide à vous concentrer sur l'image.
.....

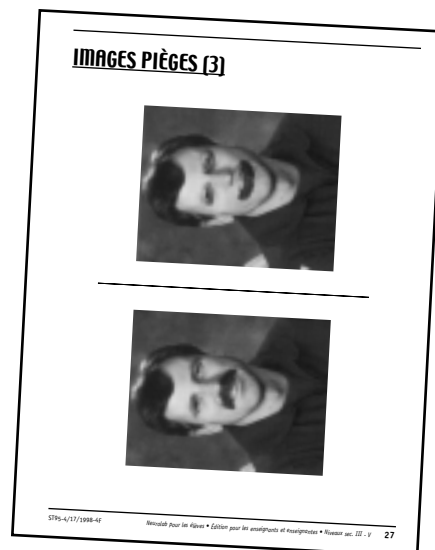


ACTIVITÉS

Images pièges 3

- Montrez aux élèves la première image du Dr Dave Williams à l'envers pendant quelques secondes seulement. Demandez-leur ce qu'ils ont vu. Montrez-leur la deuxième image à l'envers pendant quelques secondes et demandez-leur ce qu'ils voient. Ensuite, montrez les deux images, en position normale, côte à côte et demandez leurs commentaires.

.....
Les photos à l'envers ne semblent pas être un « couper-coller » des yeux et de la bouche parce que l'orientation est normale par rapport au spectateur, mais l'aspect « couper-coller » devient assez apparent lorsque les photos sont présentées à l'endroit. Voilà un exemple illustrant comment on s'habitue au visage et on utilise des traits particuliers pour déceler la polarité.
.....



Images pièges 4

- Montrez le gros plan de l'astronaute travaillant à l'ordinateur et demandez où se trouve le haut. Montrez la photo élargie où l'on voit l'entourage de l'astronaute. Posez les questions suivantes :
 - où se trouve le haut?
 - quels sont les repères qui ont modifié votre perception?
- Discutez du fait que les astronautes travaillent indépendamment les uns des autres dans la navette et orientent leur corps de diverses manières les uns par rapport aux autres. Comment un astronaute pourrait-il atténuer la sensation d'étourdissement qu'il ressent lorsqu'il travaille dans le Spacelab?

.....
Le problème des signaux contradictoires transmis au cerveau ne se produit pas tant que l'astronaute ne regarde pas, au delà de son environnement de travail, où se trouvent ses collègues.
.....



ACTIVITÉS

Pour aider les élèves à comprendre et à éprouver leurs repères visuels ainsi que leur aptitude à orienter et à désorienter leur corps, faites-leur faire l'une ou l'ensemble de ces activités. Proposez aux élèves d'essayer d'en faire le plus possible pendant le temps imparti.

Prolongements

Après que les élèves aient terminé ces activités, proposez-leur quelques-unes des activités suivantes :

- Les élèves peuvent essayer de trouver d'autres expériences entraînant une surcharge et des conflits sensoriels de même que des applications des études sensorielles menées dans l'espace. Lesquelles pourraient avoir une influence sur le voyage spatial?
- Certains élèves peuvent vouloir approfondir les notions suivantes ou leurs applications :
 - vection circulaire
 - vection linéaire
 - modification des positions du corps et temps de réaction
- Demandez aux élèves de créer des activités susceptibles de confondre leurs réactions sensorielles.

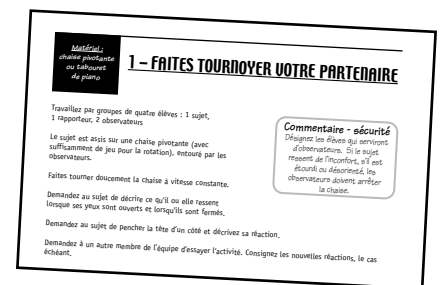
1- FAITES TOURNOYER VOTRE PARTENAIRE

Matériel

Chaise pivotante ou tabouret de piano

Objet

Montrer aux élèves que le fait de tourner en position verticale et assis bien droit (premier plan) alors que la tête est inclinée (deuxième plan) envoie des messages contradictoires au cerveau.



.....
Le mouvement des yeux reflète avec précision ce qui se passe dans l'oreille interne. Pendant que le corps tourne, les yeux bougent naturellement dans un sens égal et opposé à celui du corps.
.....

L'oreille interne détecte très bien le début ou la fin d'une rotation. Une rotation constante créera la sensation de rester immobile.

Prolongement

Faites faire à certains élèves une activité de motricité fine juste après avoir tourné et décrivez ce qui se passe. Ils pourraient écrire leur nom, toucher leur nez avec l'index, sauter sur un pied, etc. Les élèves ayant fait la même activité pourraient comparer leurs résultats.

ACTIVITÉS

2- CHUT! JE CROIS APERCEVOIR QUELQUE CHOSE!

Matériel

À l'intérieur de l'oreille et de l'oeil, élève 7, matériel de référence, fiole, eau

Affichez les coupes transversales de l'oeil et de l'oreille, si possible. Encouragez les élèves à utiliser le plus de matériel de référence possible, y compris Internet, pour trouver les renseignements dont ils ont besoin pour faire l'activité.

L'oreille interne détecte la pesanteur, mais lorsque celle-ci disparaît comme c'est le cas dans l'espace, le système nerveux est dérouté et n'est plus en mesure de donner des renseignements significatifs quant au sens du haut ou du bas.

Prolongement

Certains élèves seront peut-être intéressés à faire une recherche sur le rôle des cristaux de calcium dans l'oreille interne et sur la façon dont celle-ci perçoit la pesanteur.

Matériel:
Fiole et de l'eau.
Axe 7, élève 7.
#Ecrire à main levée
après avoir lu

2- CHUT! JE CROIS APERCEVOIR QUELQUE CHOSE!

Travaillez seul ou avec un partenaire.

- Servez-vous des modèles ou du matériel de référence pour rédiger une brève description des fonctions de chaque partie de l'oeil et de l'oreille se trouvant sur le croquis suivant.
- Faites tourner l'eau dans la fiole et placez celle-ci sur la table. Observez le mouvement de l'eau. Laissez-il immédiatement?

Comptez vos observations sur le mouvement de l'eau au mouvement du fluide de l'oreille interne ainsi que vous avez tourné sur vous-même et comparez-les à la cessation du mouvement lorsque vous avez arrêté de tourner. Remarque-tout une similitude?

Décrivez comment les messages provenant de l'oreille interne sont liés à ceux provenant de l'oeil.

10 NeuroLab pour les élèves • Édition pour les élèves • Niveau sec. III - V ST95-4/17/1998-3F

7 À L'INTÉRIEUR DE L'OREILLE ET DE L'OEIL

16 NeuroLab pour les élèves • Édition pour les élèves • Niveau sec. III - V ST95-4/17/1998-3F

3- SAISIR UNE RÈGLE AU VOL

Matériel

Règle de 30 cm, chaise

Objet

Démontrer que l'orientation influe sur notre temps de réaction jusqu'à ce que nous nous soyons adaptés à notre nouvel état.

Matériel:
Règle de 30 cm
chaise

3- SAISIR UNE RÈGLE AU VOL

Travaillez par groupes de trois. Désignez un sujet, un rapporteur et un chef d'équipe.

États 1
Le sujet s'assoit sur une chaise, étend les bras vers l'avant et retient son coude avec l'autre main.

Le chef d'équipe place une règle de 30 cm à la verticale, entre le pouce et l'index du sujet de telle façon que la graduation 0 de la règle soit alignée sur le bord supérieur du pouce du sujet.

Lâchez la règle. Le sujet la attrape. Le rapporteur consigne la mesure au pouce du sujet.

États 2
Le sujet est couché sur le dos, étend les bras dominant à la verticale, étendez l'autre bras en travers du corps et retenez le coude.

États 3
Rapporteur (est-ce alors que le sujet est allongé sur le côté, le côté dominant vers le haut et le bras pile au coude et s'étend vers l'extérieur. Revenez le bras avec l'autre main.

En équipe, comparez les résultats des trois essais.

- Quelle position était la plus confortable?
- Le temps de réaction varie-t-il d'une position à l'autre?
- Comment pouvez-vous expliquer les différences?

Étant donné qu'un astronaute n'est pas toujours en mesure d'écouter son travail dans des positions habituelles, en quoi cela peut-il influencer sa productivité?

Quelles solutions en matière d'entraînement pouvez-vous suggérer?

11 NeuroLab pour les élèves • Édition pour les élèves • Niveau sec. III - V ST95-4/17/1998-3F

ACTIVITÉS

4- POINTS TOURNANTS

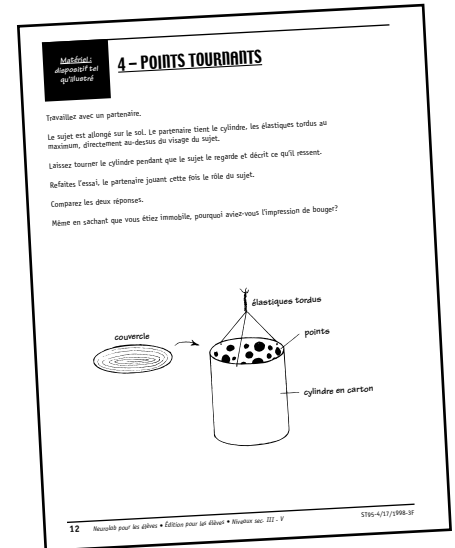
Matériel

4 élastiques, carton bristol blanc, ruban adhésif en toile, marqueur noir

Objet

Faire utiliser aux élèves une présentation stéréoscopique comme exemple de vection circulaire.

Préparer l'appareil à points tournants d'avance ou faites-en construire un par les élèves.



5- ATTRAPEZ LA BALLE SI VOUS POUVEZ...

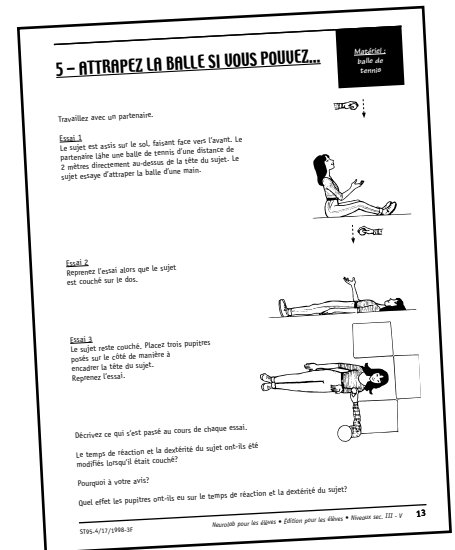
Matériel

Balle de tennis

Objet

Démontrer que, normalement, nous suivons et recevons les objets dans un environnement polaire (sens nord-sud distinct).

.....
Le fait de changer la polarité par rapport à l'environnement modifie la dextérité et le temps de réaction.



6- PAS DE COUP D'OEIL INDISCRET!

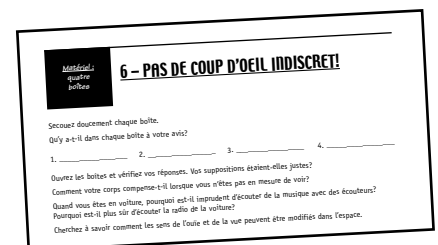
Matériel

4 boîtes, assortiment de matériel

Objet

Démontrer que le corps peut compenser certains sens qui ne sont pas fonctionnels dans une situation donnée.

Préparez quatre petites boîtes contenant chacune un type de matériau différent comme des bouchons de caoutchouc, des billes, des graines d'oiseaux, des guimauves, etc., qui donneront un indice sonore intéressant lorsqu'on les brasse. Fermez les boîtes.



ACTIVITÉS

7- VOUS ALLEZ DE MON CÔTÉ?

Matériel

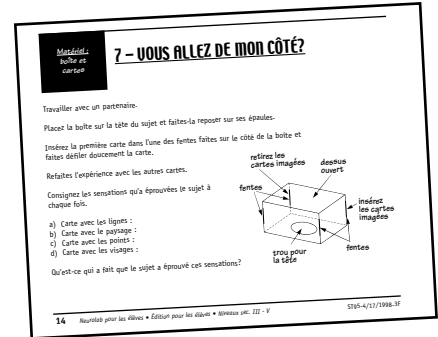
Boîte décorée

Objet

Démontrer l'« effet de mirage ».

Préparez les boîtes ou demandez aux élèves de le faire à l'avance.

La boîte doit pouvoir s'adapter sur la tête d'un élève avec suffisamment de dégagement pour que l'on puisse la faire tourner.



.....
Cette expérience démontre la vection circulaire.
.....

8- JEUX DE MÉNINGES

Matériel

Illusions d'optique, élève 8 et 9

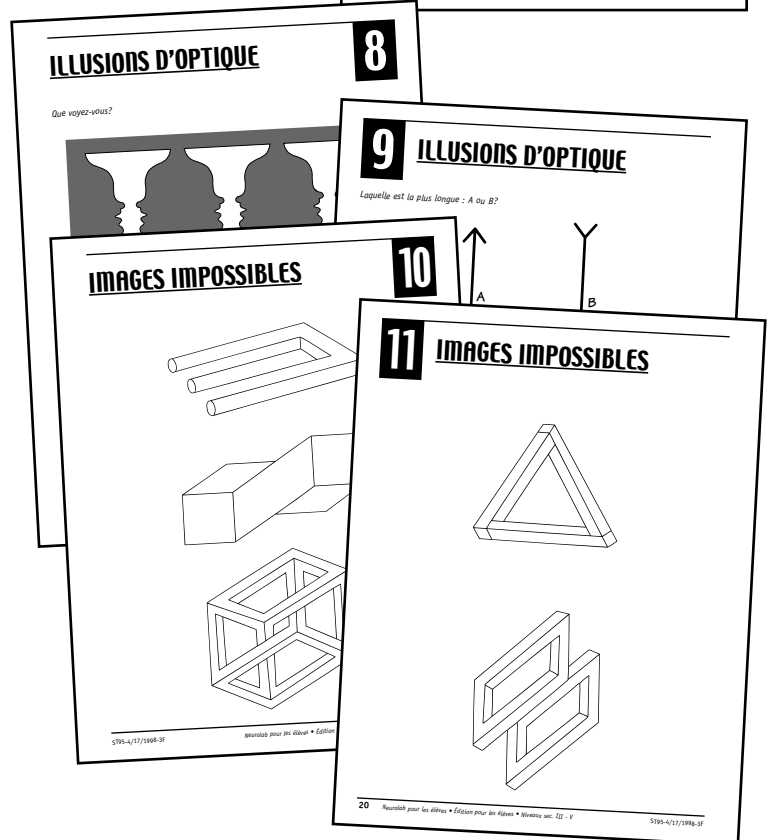
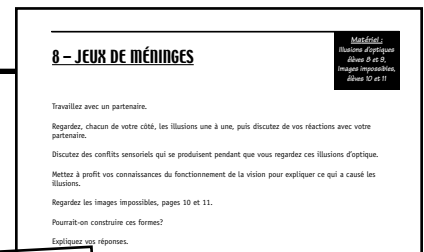
Images impossibles, élève 10 et 11

Objet

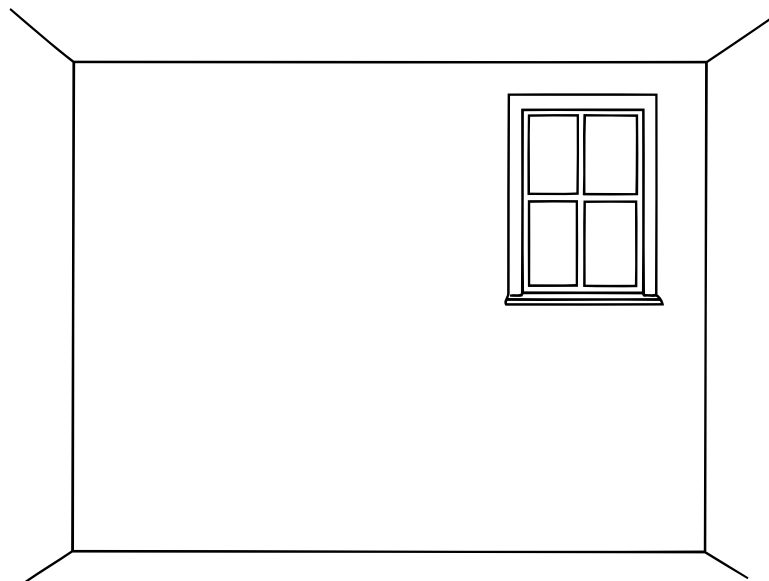
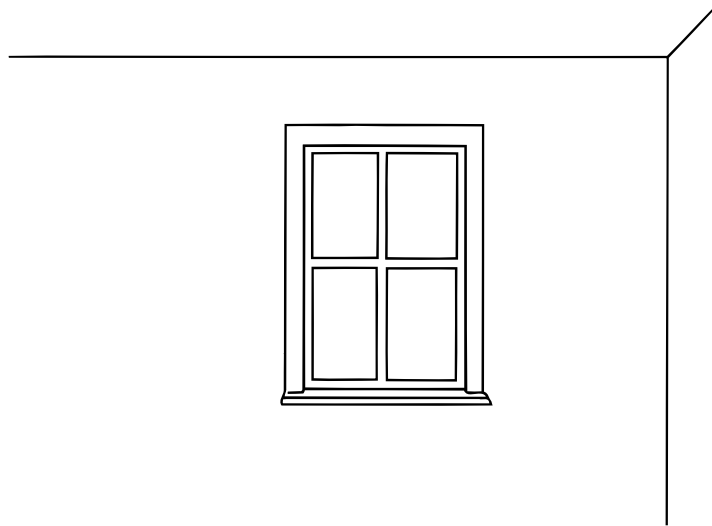
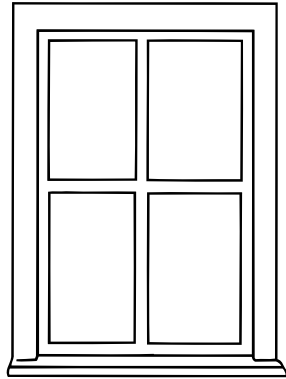
Démontrer que le cerveau n'interprète pas toujours correctement les repères visuels.

Remarques

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 sur ces pages sont déroutantes parce que les images ont été simplifiées : le cerveau ne reçoit pas les repères contextuels dont il a besoin et il doit donc deviner ce qu'il « voit ». Lorsqu'ils regarderont attentivement les Images impossibles, élève 10 et 11, les élèves noteront qu'il est physiquement impossible de construire ces formes.



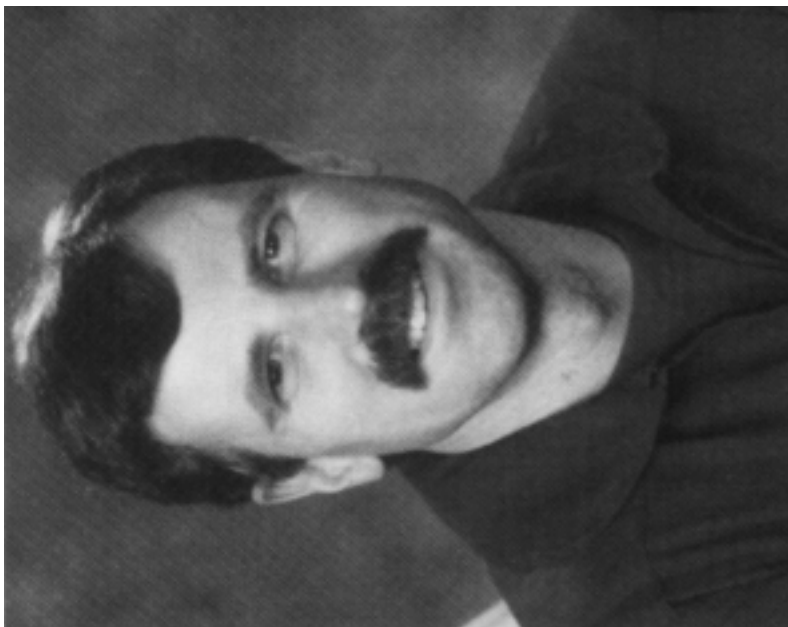
IMAGES PIÈGES (1)



IMAGES PIÈGES (2)



IMAGES PIÈGES (3)



IMAGES PIÈGES (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 : _____

