

QUÉBEC SCIENCE AU SECONDAIRE

DOCUMENT PÉDAGOGIQUE



LA VICTOIRE, UNE AVANCÉE TECHNOLOGIQUE À LA FOIS

GUIDE DE L'ENSEIGNANT

Durée	Clientèle visée	Article lié
75 minutes	Les élèves de deuxième année du deuxième cycle. Science et technologie (ST) et Science, Technologie et environnement (STE)	« La victoire, une avancée technologique à la fois », sections « Ils chassent les secondes » et « Un chandail, mille enjeux » (Magazine Québec Science, volume 57, numéro 4, décembre 2018, encart « Il va y avoir du sport ! », p.9-10), rédigé par le journaliste Maxime Bilodeau.

OBJECTIFS

Québec Science au secondaire propose des documents pédagogiques afin d'arrimer le programme de formation de l'école québécoise (PFEQ) à l'actualité scientifique. Vous pourrez discuter en classe d'enjeux de société et de nouvelles découvertes, tout en suivant la progression des apprentissages.

L'équipe de Québec Science espère de tout cœur que ces documents vous seront utiles.

CONCEPTS ABORDES

Selon la progression des apprentissages

Univers matériel

- A. Propriétés
 - 5. Propriétés des solutions
 - d. Concentration
 - i. Déterminer la concentration d'une solution aqueuse (g/L, pourcentage, ppm, mol/L)
- B. Transformations
 - 3. Transformations chimiques
 - l. Stœchiométrie
 - i. Déterminer des quantités de réactifs ou de produits à l'aide de calculs stœchiométriques (gramme ou mole)
 - 5. Transformations de l'énergie
 - f. Force efficace
 - i. Définir la force efficace comme étant la composante de la force appliquée qui est exercée parallèlement au déplacement
 - ii. Déterminer graphiquement la grandeur de la force efficace dans une situation donnée
 - g. Relation entre le travail, la force et le déplacement
 - i. Décrire qualitativement la relation entre le travail, la force appliquée sur un corps et son déplacement
 - ii. Appliquer la relation mathématique entre le travail, la force efficace et le déplacement ($W = F\Delta s$)
 - h. Relation entre la masse et le poids
 - i. Décrire qualitativement la relation entre la masse et le poids
 - ii. Appliquer la relation mathématique entre la masse et le poids ($F_g = mg$)
 - i. Relation entre l'énergie potentielle, la masse, l'accélération et le déplacement
 - i. Décrire qualitativement la relation entre l'énergie potentielle d'un corps, sa masse, l'accélération gravitationnelle et son déplacement
 - ii. Appliquer la relation mathématique entre l'énergie potentielle, la masse, l'accélération gravitationnelle et le déplacement ($E_p = mgh$)
 - j. Relation entre l'énergie cinétique, la masse et la vitesse
 - i. Décrire qualitativement la relation entre l'énergie cinétique d'un corps, sa masse et sa vitesse
 - ii. Appliquer la relation mathématique entre l'énergie cinétique, la masse et la vitesse ($E_k = \frac{1}{2}mv^2$)
 - k. Relation entre le travail et l'énergie

- i. Décrire qualitativement la relation entre le travail effectué sur un corps et sa variation d'énergie
- ii. Appliquer la relation mathématique entre le travail et l'énergie ($W = \Delta E$)

RÉSUMÉ DE L'ARTICLE

Le monde du sport évolue et les technologies sont de plus en plus au service du sport. Frédéric Domingue et Claude Lajoie, de l'UQTR, travaillent présentement sur une soufflerie virtuelle afin de permettre aux cyclistes professionnels de disposer de plus de données afin d'améliorer leur performance.

Neila Mezghani et l'entreprise québécoise Carré Technologies utilisent le chandail intelligent Hexoskin, un chandail bourré de capteurs et d'accéléromètres. En mettant au point plusieurs modèles informatiques qui utilisent les données recueillies par ce chandail, l'équipe souhaite venir en aide aux athlètes et aux personnes en réadaptation physique.

FONCTIONNEMENT

Commencez par une lecture individuelle du texte. Distribuez à chaque élève une copie du Cahier de l'élève. Récupérez les cahiers et évaluez les élèves en fonction du barème proposé ou corrigez en classe et invitez les élèves à s'autoévaluer. À la suite de cette SAÉ ou à un autre moment de l'année, réalisez les activités complémentaires suggérées.

SUGGESTION D'AMORCE

Pratiquez-vous des sports ? Qu'est-ce qui différencie un athlète amateur d'un athlète professionnel ?

Comment les athlètes font-ils pour réaliser des exploits qui peuvent sembler inhumains ? Plus forts, endurants et rapides que jamais, les athlètes ont maintenant, en plus des méthodes d'entraînement qui ne cessent d'évoluer, accès à un éventail d'innovations technologiques. Ces innovations permettent notamment de fournir aux athlètes de l'équipement hautement spécialisé et des analyses extrêmement précises de leur performance.

CORRIGÉ DU CAHIER DE L'ÉLÈVE

La science et les technologies révolutionnent le monde du sport. Dans certains sports, la forme physique des athlètes plafonne et la technologie de leur équipement peut faire la différence. C'est le cas du cyclisme, où une simple modification de l'équipement peut entraîner d'importants gains.

Frédéric Domingue et Claude Lajoie, deux professeurs de l'UQTR, se sont questionnés à savoir comment ils pourraient améliorer les performances de cyclistes de haut niveau :

« Nous travaillons avec des cyclistes de haut niveau dont la forme physique est plafonnée. Leur puissance aérobie maximale ne monte plus, leur seuil lactique est stable... Chez eux, de simples corrections de position et d'équipement peuvent procurer des gains énormes. »

Claude Lajoie

1. Le seuil lactique définit l'intensité (l'effort) d'un athlète à partir de laquelle l'acide lactique commence à s'accumuler dans le sang. L'acide lactique est, entre autres, responsable des crampes et peut amener de la douleur musculaire pendant plusieurs jours après un effort physique trop intense.

a. Quelle est la masse molaire de l'acide lactique ($C_3H_6O_3$) ?

90.08 g/mol

1

b. Les valeurs normales d'acide lactique dans le sang ne devraient pas excéder 1.98 mg/L. Passé ce seuil, cela peut indiquer que les tissus ne reçoivent pas assez d'oxygène.

i. Exprime la concentration de ce seuil en g/L ?

1.98 mg/L = 0.00198 g/L ou 1.98×10^{-3} g/L

1 point pour le calcul, 1 point pour l'unité

1 2

ii. Quelle est la concentration en pourcentage masse/volume (%m/v) ?

On cherche combien de g par 100ml de solution.

$$\frac{0.00198g}{1000 ml} = \frac{0.0198g}{100 ml}$$

$$\frac{0.0198g}{100 ml} = 0.0198 \%$$

1 point pour le calcul, 1 point pour l'unité

1 2

- iii. Quelle est la concentration molaire de l'acide lactique (mol/L) ? Arrondis ton résultat à trois chiffres significatifs.

On cherche combien de mol par litre de solution.

$$\frac{0.00198\text{g}}{90.08 \frac{\text{g}}{\text{mol}}} = 2.20 \times 10^{-5} \text{ mol}$$

$$2.20 \times 10^{-5} \text{ mol/L ou } 0.000\ 022\ 0 \text{ mol/L}$$

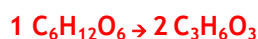
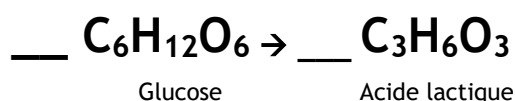
2 points pour le calcul, 1 point pour l'unité

1 2 3

- c. La formation d'acide lactique a lieu en situation anaérobique (absence d'oxygène). Dans les muscles, en temps normal, la respiration cellulaire transforme le glucose et l'oxygène en gaz carbonique, en eau et en énergie.

En absence d'oxygène, le glucose se transforme en acide lactique et en énergie (mais beaucoup moins). C'est ce qu'on appelle de la fermentation lactique.

- i. Équilibre l'équation simplifiée de fermentation lactique.



2 points pour la bonne réponse ; 1 point si l'élève a les bonnes proportions mais n'a pas simplifié (exemple : 2→4 ou 3 →6)

1 2

- ii. Si on utilise 10g de glucose pour produire de la fermentation lactique, quelle masse d'acide lactique devrait-on retrouver à la suite de la réaction ?

On devrait retrouver 10g d'acide lactique

1

- iii. Si on utilise 10 mol de glucose, combien de mol d'acide lactique devrait-on recueillir ?

20 mol d'acide lactique (stoechiométrie, 1 mol de glucose = 2 mol d'acide lactique)

1

- d. Durant un effort intense, un cycliste transforme 0.0027 g/L de glucose ($C_6H_{12}O_6$) en acide lactique. Si la concentration initiale d'acide lactique dans son sang était nulle, est-ce que le taux d'acide lactique surpasse la concentration d'acide lactique normale dans le sang (1.98 mg/L) ?

Laisse des traces de ta démarche. Des points seront accordés pour les concentrations molaires (glucose et acide lactique).

Étape 1 : Transformer la concentration de glucose en mol/L

Masse molaire du glucose : 180.156 g/mol (1)

$$\frac{0.0027 \text{ g/L}}{180.156 \text{ g/mol}} = 0.000015 \text{ mol/L}$$

0.0027g/L = 0.000015 mol/L glucose (1)

Étape 2 : Transformer la concentration molaire de glucose en concentration molaire d'acide lactique

Stœchiométrie : 1 mol glucose = 2 mol acide lactique

0.000015mol/L glucose = 0.000030 mol/L acide lactique (1)

Étape 3 : Transformer la concentration molaire d'acide lactique en g/L (1)

$$0.000030 \text{ mol/L} \times 90.08 \text{ g/mol} = 0.0027 \text{ g/L}$$

Étape 4 : Transformer en mg/L pour comparer avec la valeur normale d'acide lactique (1)

0.0027g/L = 2.7mg/L = supérieur à 1.98mg/L

1 2 3 4 5

2. Les professeurs Domingue et Lajoie « sont en quête de watts [...] qui permettent d'atteindre la plus haute marche du podium ». Le watt est une unité de puissance. On l'utilise notamment en électricité. La puissance correspond à une quantité de travail déployée sur une période de temps.

Parmi les choix suivants, lequel correspond à 1 watt (sachant qu'il s'agit d'une quantité de travail sur une période de temps) ?

- i. 1 Joule / seconde
- ii. 1 Newton / seconde
- iii. 1 Pascal / seconde

i. 1 Joule / seconde

1

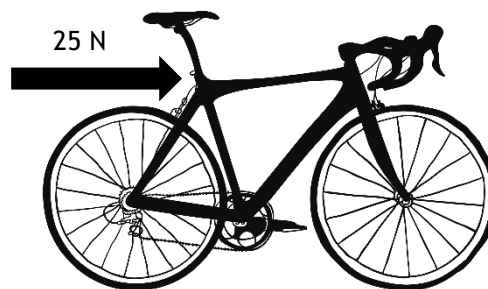
3. Le travail représente un transfert d'énergie. On peut représenter le travail à l'aide de l'équation :

$$W = F \cdot \Delta x$$

Il existe deux conditions pour que le transfert d'énergie se produise ;

- 1. L'objet doit être déplacé
- 2. Il doit y avoir une force appliquée sur l'objet déplacé. De plus, au moins une composante de cette force doit être dans le même sens que le mouvement de l'objet.

- a. Si le cycliste pousse son vélo jusqu'à la ligne de départ avec une force de 25 N sur une distance de 20 mètres, quel travail accomplit-il ?



$$W = Fx$$

$$W = 25 \text{ N} \times 20 \text{ m} = 500 \text{ J}$$

1

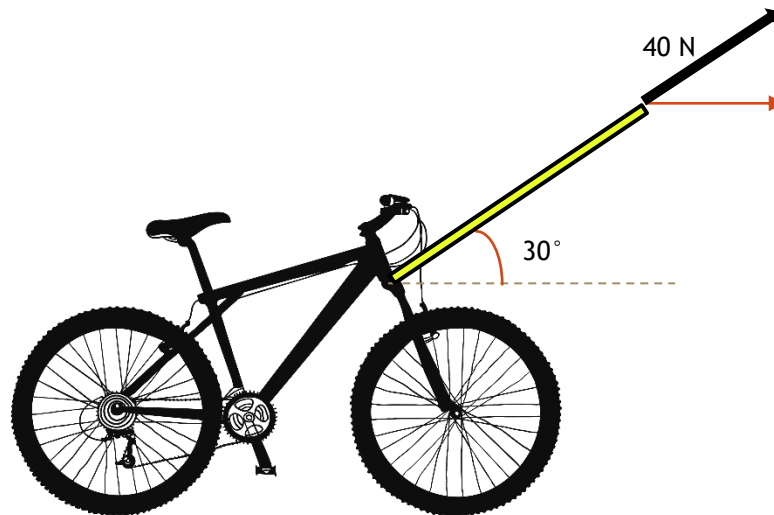
- b. Son compétiteur a aussi poussé son vélo sur la même distance. Il a cependant effectué un travail de 615 joules. Avec quelle force a-t-il poussé son vélo ?

$$W = F x, \text{ donc } F = W/x$$

$$F = 615 \text{ J} / 20 \text{ m} = 30.75 \text{ N}$$

1

- c. Un dernier compétiteur a décidé d'amener son vélo en l'attachant à une corde. Il tire sur la corde avec une force de 40 N.



- i. Quelle est la force efficace pour déplacer le vélo vers l'avant ?

$$F_{eff} = F \cdot \cos\theta$$

$$F_{eff} = 40 \text{ N} \cdot \cos 30^\circ = 34.64 \text{ N}$$

1

- ii. Indique la force efficace sur le schéma à l'aide d'une flèche.

La flèche a le bon sens, la bonne longueur (1) et est placée à la fin de la corde (1)

1 2

- iii. Si le cycliste déplace son vélo de 0.5 km, quel est le travail effectué sur le vélo ?

$$W = F_{eff} \cdot \Delta x$$

$$W = 34.64 \text{ N} \times 500 \text{ m} = 17\,320 \text{ J ou } 17.32 \text{ kJ}$$

1 point pour la bonne force, 1 point pour le bon résultat

1 2

4. Les cyclistes professionnels peuvent atteindre des vitesses phénoménales uniquement grâce à leurs muscles et à leurs vélos, des appareils de haute performance. Ils transmettent à leurs vélos énormément d'énergie cinétique, de l'énergie de mouvement. Voici l'équation qui correspond à l'énergie cinétique d'un objet :

$$E_k = \frac{1}{2}mv^2$$

L'énergie cinétique dépend de deux facteurs ; la masse de l'objet (m , en kg) ainsi que la vitesse de celui-ci (v , en m/s).

- a. Supposons que nous avons un cycliste qui circule à une vitesse constante. Lorsque l'on modifie un des deux facteurs, l'énergie cinétique est aussi modifiée. De combien de fois (quel facteur) l'énergie cinétique est-elle augmentée si...
- i. Notre cycliste amène un ami sur son dos et que la masse totale est deux fois plus grande ?

On double la masse, donc on double l'énergie (facteur 2)

1

- ii. Notre cycliste (seul) roule à une vitesse deux fois plus grande ?

Comme dans l'équation la vitesse est élevée au carré si on double la vitesse, l'énergie cinétique quadruple (2^2 , donc facteur de multiplication de 4)

1

- b. D'incroyables records de vitesses sont enregistrées dans les vélodromes, des pistes spécialement conçues pour le cyclisme. Le cycliste Nicholas Paul a établi en 2019 le record du 200 m lancé. Il a complété les 200m en seulement 9,100 secondes.



- i. Quelle est sa vitesse moyenne en m/s ?

$$v = \frac{\text{distance}}{\text{temps}} = \frac{200 \text{ m}}{9.100 \text{ s}} = 21.98 \text{ m/s}$$

1

- ii. Quelle est la vitesse moyenne de Nicholas Paul en km/h ?

$$\frac{21.98 \text{ mètres}}{1 \text{ seconde}} \times \frac{3600 \text{ secondes}}{1 \text{ heure}} \times \frac{1 \text{ kilomètre}}{1000 \text{ mètres}} = 79.13 \text{ km/h}$$

Ou utiliser l'équivalence 1 m/s = 3.6 km/h

1 2

- iii. Quelle est l'énergie cinétique moyenne de Nicholas Paul lors de son record, sachant que celui-ci et son vélo ont une masse combinée d'environ 80 kg ? Arrondis à l'unité.

$$E_k = \frac{1}{2} m v^2$$

$$E_k = \frac{1}{2} 80 \text{ kg} \times (21.98 \frac{\text{m}}{\text{s}})^2 = 19\,325 \text{ J}$$

1 point pour la bonne vitesse utilisée, 1 point pour le calcul, 1 point pour le résultat

1 2 3

5. L'entreprise québécoise Carré Technologies produit le chandail intelligent Hexoskin. L'une des particularités de ce vêtement est qu'il est rempli d'accéléromètres et de capteurs, ce qui permet d'analyser les mouvements d'athlètes ou de personne en réadaptation physique.

Un accéléromètre mesure l'accélération d'un corps. Parmi ces définitions, laquelle correspond à l'accélération ?

- i. Une mesure d'un changement de position en fonction du temps
ii. Une mesure d'un changement de vitesse en fonction du temps
iii. Une mesure d'un changement de vitesse.

1

6. Les différents capteurs présents dans le textile fournissent plusieurs données à un ordinateur. Neila Mezghani a élaboré plusieurs algorithmes afin d'analyser plusieurs milliers de données :

« Nous enseignerons à une machine à reconnaître et à distinguer entre eux les mouvements. Comme un enfant qui apprend l'alphabet, elle deviendra meilleure au fur et à mesure de son apprentissage. » Neila Mezghani

La compagnie a récemment conçu une application qui permet de détecter les chutes.

- a. Vrai ou faux ? Explique lorsque c'est faux.
- i. Sur Terre, les objets chutent en raison de la force gravitationnelle.
Vrai
 - ii. La force gravitationnelle est toujours la même partout dans l'Univers, soit de 9,8 N/kg.
Faux, elle dépend de la masse des objets (planète) en cause.
 - iii. La masse d'une personne représente la force avec laquelle la Terre l'attire.
Faux, c'est son poids.
 - iv. Le poids se calcule en multipliant la masse par l'intensité du champ gravitationnel.
Vrai
 - v. Poids et force gravitationnelle sont des synonymes.
Vrai
 - vi. L'énergie potentielle gravitationnelle est une forme d'énergie emmagasinée lorsqu'un objet augmente de vitesse.
Faux, c'est lorsque l'objet augmente de hauteur

0.5 points par bonne réponse

0.5 1 1.5 2 2.5 3

- b. On peut calculer l'énergie potentielle gravitationnelle à l'aide de l'équation suivante :

$$E_{pg} = m \cdot g \cdot \Delta h$$

Si une personne de 60kg fait une chute de 2 mètres, quelle est sa variation d'énergie potentielle ?

$$E_{pg} = m \cdot g \cdot \Delta h$$
$$E_{pg} = 60 \text{ kg} \cdot 9,8 \frac{\text{N}}{\text{kg}} \cdot -2 \text{ m}$$

Variation d'énergie potentielle = - 1 176 N/m ou - 1 176 J

1 point pour la démarche, 1 point pour la réponse qui évoque une perte (signe négatif ou on indique que la personne a perdue de l'énergie potentielle)

1 2

Mise en situation

En plus de pouvoir suivre les athlètes de haut niveau de près, les chandails intelligents *Hexoskin* pourraient aider le personnel de la santé à faire un suivi des personnes en réadaptation physique. En effet, un bon nombre des patients « ont tendance à surestimer leur niveau réel d'activité physique ».

Dans le cadre d'un programme d'entraînement à la suite d'une blessure au genou, on demande à un patient d'effectuer plusieurs types d'exercices. On lui fournit un chandail Hexoskin afin de bien suivre sa progression et d'amasser plusieurs données.

- a) On lui demande d'effectuer un travail, c'est-à-dire d'appliquer une force sur un objet afin de le déplacer et de lui transmettre de l'énergie liée à un déplacement. La formule du travail peut aussi être représentée par la formule : $W = \Delta E$.

Quelles formes d'énergie (2) pourraient varier sur l'objet d'entraînement (par exemple un ballon d'entraînement) ?

L'énergie cinétique ou l'énergie potentielle gravitationnelle

1 2

- b) On demande à notre patient de monter des marches avec des charges autour des chevilles, puis de sauter jusqu'en bas. Les accéléromètres permettent de vérifier si le patient a bel et bien sauté puisqu'ils nous permettent de mesurer sa chute. Voici les informations de son entraînement :

Masse du patient : 80 kg

Masse des charges attachées aux chevilles : 20 kg

Nombre de marches : 5

Hauteur d'une marche : 20 cm

La loi de conservation de l'énergie nous indique que l'énergie ne se perd pas, elle se transforme. Ainsi, toute l'énergie potentielle du patient en haut des marches sera transformée en énergie cinétique lorsqu'il atteindra le sol. Les capteurs nous permettront d'analyser la vitesse finale du patient et ainsi de déterminer s'il complète bien son entraînement.

Quelle vitesse maximale, en kilomètre par heure, devrait-on observer ? Laisse des traces de ta démarche.

Étape 1 : Déterminer l'énergie potentielle gravitationnelle en haut des marches

$$E_{pg} = m \cdot g \cdot \Delta h$$
$$E_{pg} = (80 + 20)kg \cdot 9.8 \frac{N}{kg} \cdot (5 \times 0.2) m$$

Énergie potentielle en haut des marches : 980 J

1 point pour l'utilisation des bonnes données, 1 point pour le bon calcul, 1 point pour le bon résultat (avec la bonne unité)
Total 3 points

Étape 2 : Déterminer la vitesse à l'aide de la formule de l'énergie cinétique
Selon la loi de la conservation de la matière :

$$E_{pg} = E_k$$
$$E_k = \frac{1}{2}mv^2 = 980 J$$

On doit isoler la vitesse dans notre équation :

$$v = \sqrt{\frac{2E_k}{m}}$$
$$v = \sqrt{\frac{2 \cdot 980 J}{100 kg}}$$

V = 4,4272 m/s

1 point pour la conservation de la matière, 2 points pour le bon calcul, 1 point pour la bonne unité

Étape 3 : Transformer la vitesse en km/h

4,4272 m/s x 3,6 = 15,94 km/h

1 point pour la transformation de la réponse

1 2 3 4 5 6 7 8

- c) Le patient a réalisé une première séance d'entraînement durant laquelle on lui a demandé d'exécuter l'exercice à 15 reprises. À la suite de l'analyse des données, on observe que l'énergie cinétique du patient ne représente que 80% du résultat attendu.

On sait que l'appareil a fonctionné correctement pendant l'entraînement et on doute que le patient n'a pas réalisé son entraînement correctement. Il nous assure qu'il a bel et bien sauté 15 fois, toujours de la même façon.

À l'aide de la formule de l'énergie potentielle, formule 2 hypothèses qui pourraient expliquer pourquoi la valeur de l'énergie cinétique maximale ne représente que 80% du résultat attendu.

Sachant que la formule de l'énergie potentielle gravitationnelle est :

$$E_{pg} = m \cdot g \cdot \Delta h$$

Il existe 3 variables qui peuvent faire changer la valeur de l'énergie potentielle gravitationnelle ; la masse, l'intensité du champ gravitationnel et la hauteur.

On rejette la possibilité que le champ gravitationnel ait été modifié pendant l'exercice, donc il nous reste 2 hypothèses :

Hypothèse 1 : La masse

La baisse de 20% du résultat attendu correspond à la masse des charges autour des chevilles. Avec les charges, le patient devrait avoir une masse de $80+20 \text{ kg} = 100 \text{ kg}$. Sans les charges, sa masse n'est que de 80 kg. Notre première hypothèse est donc que le patient n'a pas placé les charges à ses chevilles lorsqu'il a effectué son entraînement.

Si la masse diminue de 20%, l'énergie potentielle gravitationnelle diminue aussi de 20%.

Hypothèse 2 : La hauteur

On demande à notre patient de sauter de la cinquième marche, soit à une hauteur de $5 \times 20 \text{ cm} = 1 \text{ mètre}$. Si celui-ci saute de la quatrième marche, il saute à une hauteur de $4 \times 20 \text{ cm} = 0.8 \text{ mètre}$, soit 80% de la hauteur attendue.

Si la hauteur diminue de 20%, l'énergie potentielle gravitationnelle diminue aussi de 20%.

2 points par bonne hypothèse bien formulée

1 2 3 4

/53

POUR ALLER PLUS LOIN

Lorsqu'il est question d'améliorer des records de vitesse, la notion de friction est très importante. Que ce soit avec le sol, l'air ou même l'eau dans des compétitions aquatiques, un équipement ou une technique qui diminue la friction peut faire la différence entre une victoire et une défaite.

L'un des cas les plus marquants est celui des maillots de bain « de haute technologie » (high-technology swimwear fabric). Plusieurs athlètes ont fracassé des records de vitesse à la nage en utilisant ces maillots en 2008 et en 2009. Cette domination a forcé la FINA (Fédération Internationale de Natation) à réglementer l'utilisation de ces maillots.

Renseigne-toi sur le cas des maillots qui ont permis aux nageurs d'être plus rapides que jamais. Renseigne-toi aussi sur les différentes technologies qui existent dans le monde du sport pour diminuer la friction.

Conçu et réalisé grâce au soutien financier du Ministère de l'Économie et de l'Innovation du Québec.

Recherche, rédaction, conception : Zapiens Communication Scientifique