

Castor-Informatique

Support pédagogique pour la formation informatique au secondaire I

Commentaire à l'intention du personnel enseignant



Sommaire

Emporter 10x plus de musique grâce à la compression des données!	3
Propositions d'application (jusqu'à 4 leçons)	4
Pertinence éducative du thème selon le Plan d'études 21	5
<i>Domaines de compétences du domaine «mathématiques»:</i>	5
<i>Connaissances de base sur la compression et le codage</i>	5
Aides à la mise en œuvre	8
Film pédagogique de réflexion / Perspectives des élèves	8
Expérience 1: «Quelle plage de nombres puis-je coder avec une seule main?»	8
Expérience 2: «Méthode de compression sans perte»	8
Expérience 3: «Compression avec perte»	9
Exercices de Castor-Informatique sur le thème du co-dage	12
Approfondissements possibles	13
Solutions	15
Film pédagogique de réflexion / Perspectives des élèves	15
Expérience 1: «Système numérique d'un ordinateur»	15
Expérience 2: «code par plages et code de Huffman»	
Expérience 3: «Expérience sur l'ouïe humaine»	
Expérience 2: «code par plages et code de Huffman»	16
Expérience 3: «Expérience sur l'ouïe humaine»	16

Emporter 10x plus de musique grâce à la compression des données!

Compétences de départ

Les élèves connaissent les différents domaines d'application de la compression des données.


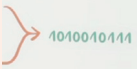

Les élèves peuvent compresser des chaînes de nombres sans perte.

Les élèves connaissent la différence entre une méthode de compression avec perte et une méthode de compression sans perte.

A l'aide du modèle psycho acoustique, les élèves peuvent expliquer de manière sommaire pour quelles raisons une compression avec perte peut être utilisée pour la musique.

TODO: Clarifier les compétences avec les enseignants et d'autres spécialistes en informatique.

Propositions d'application (jusqu'à 4 leçons)

Perspectives des élèves	Visionnage du film Compresser – emporter 10x plus de musique Terminologie: compression, codage et décodage Utilisation de la compression de données
Expérience 1	Codage de nombres Quelle plage de nombres puis-je coder avec une seule main? Film pédagogique de référence:  02:35
Expérience 2	Compression sans perte de textes et d'images Comment puis-je le faire? Exemples avec textes et images. Film pédagogique de référence:  02:40
Expérience 3	Compression avec perte Modèle psycho acoustique: Comment fonctionne l'oreille humaine?  Film pédagogique de référence: 02:25
Exercices Castor	Résoudre de manière autonome différents exercices sur le thème de la compression et du codage.
Approfondissements possibles	Matériel d'enseignement pour les cours d'informatique http://www.swisseduc.ch/informatik/ Matériel de cours pour l'informatique de l'EPFZ http://www.educ.ethz.ch/unt/um/inf Institut Fraunhofer SCAI Mathématiques pour la pratique http://www.scai.fraunhofer.de/ueber-uns/mathematik-fuer-die-praxis.html

Pertinence éducative du thème selon le Plan d'études 21

Manquent encore les compétences de base au niveau national pour les thèmes liés à l'informatique.

Domaines de compétences du domaine «mathématiques»:

Les élèves apprennent à faire des recherches et à argumenter. Ils peuvent se lancer dans des suites de nombres et des modèles inconnus, rechercher des exemples de règles qui expliquent les résultats obtenus, vérifier, remettre en question, interpréter et justifier.

Domaines de compétences du domaine «nature, homme, société »:

Connaissances de base sur la compression et le codage

Sur les appareils électroniques (par exemple, téléphones mobiles, iPod, iPad ou ordinateurs), les contenus numériques comme la musique, les images, les textes et aussi les films sont représentés et sauvegardés sous forme de 0 et de 1. Ces appareils utilisent un système qui travaille uniquement avec les signes 0 et 1. En informatique, ce système est qualifié de binaire. A partir de longues chaînes constituées de 0 et de 1, les programmes – ou ce que l'on appelle les «Apps» – permettent de rendre différentes sortes de contenus visibles, audibles ou lisibles par l'homme. La transformation de textes, d'images ou de musique en un système de 0 et de 1 s'appelle codage. Lors de l'opération inverse, qui consiste à transformer les 0 et les 1 (données binaires) en textes lisibles, en musique audible ou en images visibles, on parle alors de décodage.

Exemple:

L'expression sud-africaine «l'herbe ne pousse pas plus vite si on tire dessus» peut être codée par la chaîne suivante de 0 et de 1 .

```
01000100 01100001 01110011 00100000 01000111 01110010 01100001 01110011
00100000 01110111 11100100 01100011 01101000 01110011 01110100 00100000
01101110 01101001 01100011 01101000 01110100 00100000 01110011 01100011
01101000 01101110 01100101 01101100 01101100 01100101 01110010 00101100
01110111 01100101 01101110 01101110 00100000 01101101 01100001 01101110
00100000 01100100 01100001 01110010 01100001 01101110 00100000 01111010
01101001 01100101 01101000 01110100 00101110
```

Dans leur vie quotidienne, les élèves connaissent éventuellement déjà le code Morse, le code-barres, voire différents codes secrets. En général, le codage répond à trois tâches principales:

- Sauvegarder l'information de manière aussi compacte que possible
- Transmettre l'information de manière aussi sûre (tolérance aux erreurs) que possible
- Stocker l'information de manière confidentielle

Ces trois tâches principales du codage sont brièvement examinées dans le texte d'exemple suivant. Il s'agit du sixième article de la Constitution de Cologne, qui représente une spécificité de la ville.

Kenne mer nit, bruche mer nit, fott domet!
(Sois critique lorsque les innovations abondent!)

Selon le but que l'on poursuit avec ce texte, ce dernier peut

- ... être écrit de manière aussi compacte que possible. Ce faisant, on doit consommer un mini-mum de place de stockage, sans toutefois modifier le contenu. (compression)
- ... être dans tous les cas transmis de manière non altérée et stocké sur l'appareil récepteur. (tolérance aux erreurs)
- ... être considéré comme secret et par conséquent codé. (cryptologie)

Dans cette unité de cours, nous nous concentrerons sur le domaine de la compression. Pouvoir stocker des contenus de manière plus compacte présente deux avantages capitaux:

1. Cela nécessite moins de place. Cela signifie que l'on peut stocker davantage de contenu, par exemple des chansons.
2. Cela demande moins de temps lors du transfert sur un réseau mobile ou sur Internet.

Il existe deux catégories fondamentales de méthodes de compression: la compression sans perte et la compression avec perte.

Avec la méthode de compression sans perte, aucune information n'est perdue; un texte compressé sans perte est identique à son original (avant la compression). Des textes électroniques ou des dossiers peuvent être compressés à l'aide d'une application (programme) dans une archive ZIP. Nous travaillerons sur la méthode de compression avec perte dans la 2e expérience et dans l'exercice de Castor-Informatique intitulé Images en noir et blanc.

Dans certains cas, par exemple pour de la musique ou des images, il est acceptable de renoncer à des parties bien déterminées de l'information lors de la compression. Nous abordons ici les propriétés des sens de l'ouïe et de la vision. A partir des informations originales, seront stockées uniquement les «données brutes» que l'être humain peut percevoir.

La méthode avec perte de données permet d'atteindre une compression beaucoup plus élevée. Dans le cas de morceaux de musique MP3, c'est un facteur de 1 à 10. Cela signifie qu'on peut stocker environ 150 morceaux au format MP3 sur un CD. La méthode avec perte de données se base sur des méthodes adaptatives complexes qui requièrent une puissance de calcul élevée. Ce n'est que grâce à l'augmentation phénoménale de la puissance de calcul des ordinateurs actuels qu'elles peuvent être utilisées.

Pour un CD de musique, on utilise des échantillons de 16 bits pour le canal gauche et droit. La fréquence d'échantillonnage atteint fréquemment 44,1 kHz. Ce faisant, cela engendre chaque seconde un volume de données de $2 \times 44\,100 \times 16 \text{ bits} = 1\,411\,200 \text{ bits} = 176 \text{ KByte}$. Ce volume de données est stocké sans modification sur un CD. Le format «WAV» ne stocke lui non plus pas les données audio sous une forme compressée, de sorte que ces données atteignent souvent une taille considérable.

La méthode de compression MP3 utilise deux particularités de l'ouïe humaine:

1. L'une réside dans le fait que, dans un signal acoustique, les composantes de fréquence «cou-vrent» les composantes immédiatement voisines, lorsque celles-ci sont nettement plus faibles. Dans ce cas, elles ne doivent donc pas être recopiées, puisque l'auditeur ne peut de toute façon pas les percevoir.

Voir film pédagogique: 00: 93, Le jet recouvre le bourdonnement des abeilles

2. L'autre particularité découle du fait qu'après avoir entendu un son bruyant, l'ouïe doit encore «récupérer» pendant un court instant avant d'être à nouveau en mesure de percevoir un autre événement sonore. Etant donné que l'on entend moins pendant ce court laps de temps, on n'a pas non plus besoin de recopier les sons qui s'y réfèrent.

Voir film pédagogique: 00: 99, L'espace d'un moment, les quatre n'entendent pas encore le bourdonnement des abeilles

Liées au codage de Huffman, ces deux particularités présentent un potentiel de compression de plus de 90%.

On trouvera sur le site de l'Institut Fraunhofer une description détaillée de ces méthodes inventées en 1982 sous la direction de Hans-Georg Musmann: <http://www.mp3-geschichte.de/>

Aides à la mise en œuvre

Film pédagogique de réflexion / Perspectives des élèves

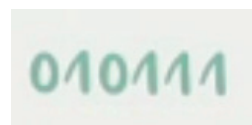
Le visionnage en classe du film pédagogique «Compresser – Emporter 10x plus de musique» sert d'entrée en matière du cours. L'enseignant demande aux élèves ce qui les a étonnés.

Les questions suivantes peuvent aussi être posées en classe pour alimenter la réflexion autour du film pédagogique:

- Combien faut-il de place pour stocker 10 chansons sur un CD audio?
- De combien de place a-t-on besoin pour 10 chansons stockées au format MP3?
- Combien peut-on stocker de chansons MP3 sur un CD?
- Combien de bits (0 et 1) nécessite une chanson sur un CD audio?

Expérience 1: «Quelle plage de nombres puis-je coder avec une seule main?»

Afin que les élèves puissent traiter du thème de la compression des informations, il faudrait expliquer comment différentes informations (textes, images ou musique) peuvent être stockées sur des appareils électroniques.

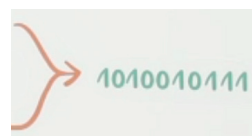


Les appareils électroniques, comme les ordinateurs, stockent les informations sous la forme d'une suite de 1 et de 0. C'est le cas parce que les appareils électroniques travaillent avec deux états: soit ils sont alimentés en électricité (1), soit ils ne le sont pas (0). Les appareils qui font uniquement la différence entre ces deux états sont qualifiés de binaires. La forme sous laquelle des 1 et les 0 sont représentés est nommée code binaire. La feuille de travail 1 explore le système des nombres binaires. Les élèves reçoivent des instructions sur la manière dont ils peuvent coder de 0 à 63 avec cinq doigts.

L'expérience permet de comprendre que les nombres décimaux peuvent être représentés par des chiffres binaires permettant de stocker toutes les informations.

Expérience 2: «Méthode de compression sans perte»

- Comment des textes sont-ils codés avec des 0 et des 1?
- Existe-t-il des méthodes permettant de stocker des textes de manière plus compacte?
- Comment les images sont-elles stockées sous une forme compacte?



Les feuilles de travail 1, 2 et 3 sont consacrées à ces trois questions ainsi qu'au thème de la compression sans perte.

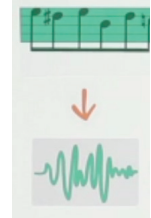
Le décodage d'un texte et le codage d'une image sont entraînés dans des exemples.

Les textes peuvent être stockés de manière très compacte grâce à la compression de Huffman. Pour les images, on peut utiliser le codage par plages (aussi appelé codage à longueur variable). Avec cette méthode, les pixels de même couleur sont traités les uns derrière les autres.

Expérience 3: «Compression avec perte»

Modèle psycho acoustique: comment fonctionne l'oreille humaine?

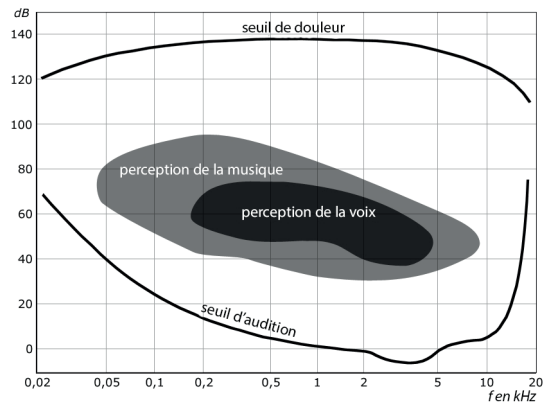
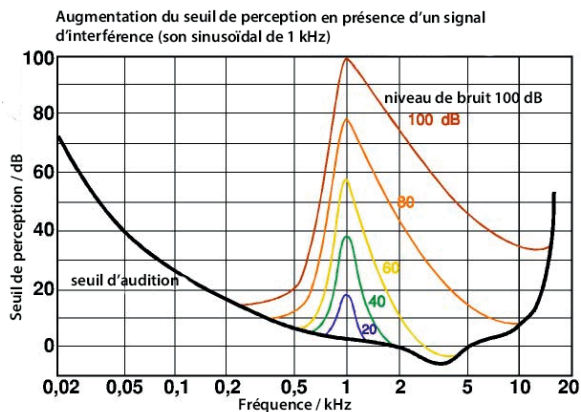
Pour les morceaux de musique, un taux élevé de compression ne peut être atteint que si une grosse partie des informations sonores peut être laissée de côté. Tout l'art de la compression avec perte consiste à laisser de côté tout ce que l'être humain ne peut pas percevoir. Les inventeurs du MP3, des collaborateurs du Fraunhofer-Institut für Integrierte Schaltungen IIS (Allemagne), ont créé un petit film de démonstration à ce sujet.



Ce film (audio_video_kompression.avi/.mp4) présente à la fois la compression d'images et de son. Dans les premiers exemples de compression, la qualité reste suffisante pour la perception humaine. Mais déjà dans ces exemples, une grosse quantité de stockage est économisée. Mais si la compression est encore plus poussée, la qualité se détériore alors de manière dramatique.

Astuce: Cette vidéo peut être utilisée comme entrée en matière du thème de la compression avec perte et discutée en classe.

Pour déterminer quelles parties des informations musicales sont perceptibles par l'oreille humaine, on utilise un modèle spécial, le modèle psycho acoustique. Celui-ci définit notamment si un son est ou non perceptible après un autre.



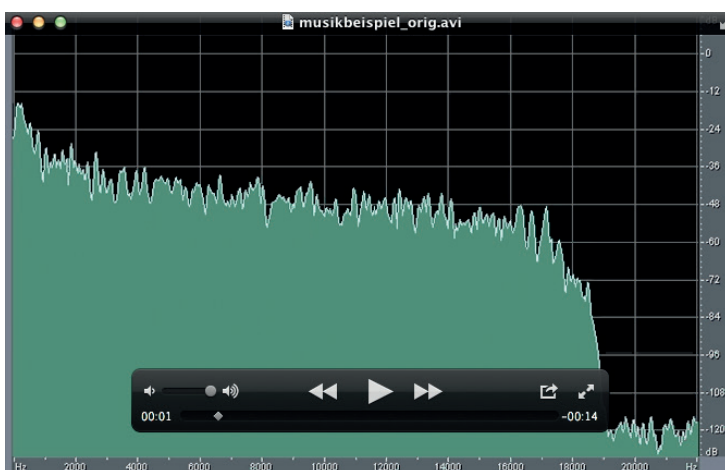
Images: seuil de repos de l'oreille (à gauche), seuil d'écoute (à droite)

Les images ruhehoerschwelle.jpg et mithoerschwelle.jpg montrent les propriétés du modèle psycho acoustique (voir annexes).

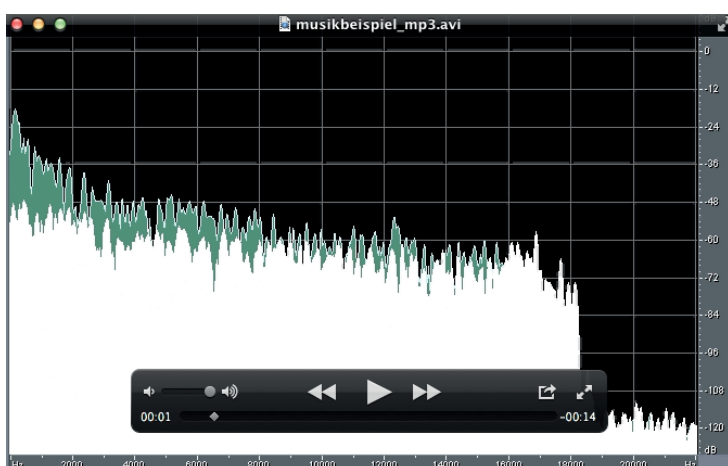
Exercices pour les élèves:

Vous pouvez déterminer si un son de 1800 Hz avec un volume de 40 dB est perceptible à côté d'un son de 1000 Hz avec un volume de 55 Db.

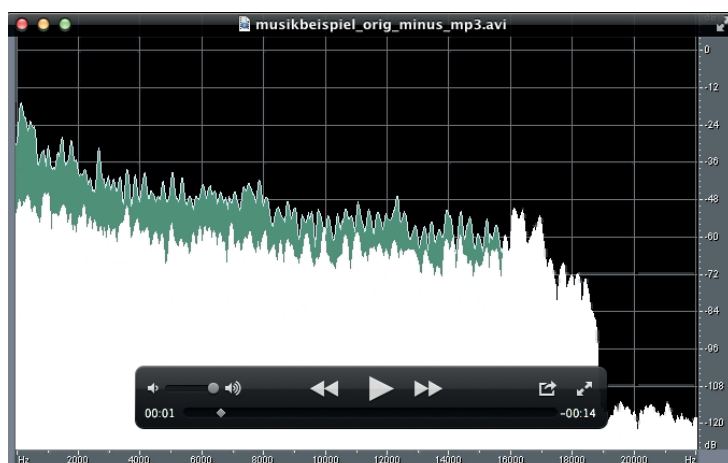
A l'aide de trois clips vidéo tirés de l'excellent module de cours «MP3 – un exemple de mathématiques appliquées dans la vie quotidienne (<http://www.scai.fraunhofer.de/ueber-uns/mathematik-fuer-die-praxis.html>), on peut clairement montrer quelles parties de la compression MP3 peuvent être laissées de côté en tenant compte du modèle psycho acoustique.



Le clip vidéo musikbeispiel_orig.avi contient un court morceau de musique. On peut voir en même temps les différentes fréquences audibles (en vert).



Le clip vidéo musikbeispiel_mp3.avi contient le même morceau de musique, mais cette fois au format MP3. La quantité d'informations stockées au format MP3 est représentée en vert. Le blanc indique la quantité d'informations qui ne sont pas stockées en MP3.



Le clip vidéo musikbeispiel_orig_minus_mp3.avi contient en quelque sorte la différence de ces deux données. Le clip rend la différence entre les deux versions audibles et montre ce qui a été perdu dans la version MP3 ou, en d'autres mots, ce qui est contenu dans la version originale, mais qui n'est pas perceptible pour l'oreille humaine dans le contexte global du morceau.

Les élèves peuvent mesurer leur propre perception pour tenter de déterminer quelle est la perception des sons après l'émission d'un son bruyant. On trouvera des informations détaillées à ce sujet dans la feuille de travail 5.

Exercices de Castor-Informatique sur le thème du co-dage

Les exercices de Castor-Informatique posent des questions concrètes dans le domaine du codage. Celles-ci ont été classées par niveau de difficulté (facile, intermédiaire et difficile) et se trouvent dans les dossiers correspondants. Les solutions de tous les exercices se trouvent dans le document M2 Solutions FR.pdf

Vous trouverez de plus amples informations sur le concours de Castor-Informatique sur le site web castor-informatique.ch.

Approfondissements possibles

Différents films et schémas sont utilisés dans l'expérience 3. Ils sont tirés du module de cours «MP3 – un exemple de mathématiques appliquées dans la vie quotidienne». Vous trouverez d'autres excellents modules de cours sur le site Internet de l'Institut Fraunhofer pour les algorithmes et les calculs scientifiques SCAI: <http://www.scai.fraunhofer.de/ueber-uns/mathematik-fuer-die-praxis.html>.

Dans une étude de cas orientée vers les programmes d'études, Urs Meyer décrit 13 mises en œuvre concrètes d'expériences informatiques sans utilisation d'ordinateurs. La feuille de travail 1 utilise des textes, des images et des photocopies tirés de l'étude de cas. La totalité de l'étude de cas peut être demandée électroniquement directement auprès d'Urs Meyer. (contact: urs.meyer@gymlaufen.ch)

Vous trouverez du matériel supplémentaire relatif à la compression basée sur l'algorithme de Huffman à l'adresse: http://www.swisseduc.ch/informatik/daten/huffmann_kompression/index.html

Outre l'objectif consistant à stocker des informations numériques de manière aussi compacte et économe en place que possible, d'autres méthodes de codage essaient de stocker des informations numériques de manière aussi sûre que possible. Vous trouverez parmi les références suivantes des unités d'enseignement relatives aux codes de correction d'erreurs pour les classes de la 10^e à la 12^e année.

- Swissseduc.ch Informatik Fehlerkorrigierende Codierung (http://www.swisseduc.ch/informatik/theoretische_informatik/error_correcting_codes/index.html)
- EducETH: Leitprogramm Codes (<http://www.educ.ethz.ch/unt/um/inf/knk/codes/index>)

Les références suivantes portent sur du matériel pédagogique en anglais traitant du codage et de la compression.

- Image Representation – Computer Science unplugged (<http://csunplugged.org/image-representation>)
- Text Compression - Computer Science unplugged (<http://csunplugged.org/text-compression>)
- The «magic» of MP3 – Computer Science For Fun (<http://www.cs4fn.org/mathemagic/sonic.html>)

Bibliographie:

Dankmeier, Wilfried, Grundkurs Codierung: Verschlüsselung, Kompression, Fehlerbeseitigung. Friedr. Vieweg & Sohn Verlag | GWV Fachverlage GmbH, Wiesbaden: 2006. ISBN 9783834890092

KERSTEN, Sascha: Kompendium der Informationstechnik. Bonn : GALILEO PRESS, 2003
<http://openbook.galileocomputing.de/kit/itkomp02001.htm>

Solutions

Film pédagogique de réflexion / Perspectives des élèves

Combien faut-il de place pour stocker 10 chansons sur un CD audio?

Pour un CD audio, on sauvegarde 44'100 valeurs pour le canal gauche et le canal droit (fréquence d'échantillonnage de 44.1 kHz). Chacune de ces valeurs étant stockée avec 16 bits, il faut donc 2 bytes.

Dans l'hypothèse qu'une chanson dure environ 3 minutes, soit 180 secondes, 10 chansons demandent donc la place suivante:

Nombre de chansons x nombre de secondes x canaux x fréquence d'échantillonnage x nombre de bytes par valeur stockée

$$10 \times 180 \times 2 \times 44100 \times 2 = 317520000 \text{ bytes} = 317520 \text{ kB} = 317.5 \text{ MB}$$

De combien de place a-t-on besoin pour 10 chansons stockées au format MP3?

La taille d'un fichier MP3 dépend de son contenu. Pour l'estimation, on peut utiliser un morceau de musique MP3 d'une durée d'environ 3 minutes. Des morceaux gratuits peuvent être obtenus auprès de la plateforme de musique www.lastfm.de.

Un morceau de musique d'environ 3 minutes demande environ 3 MB

10 chansons d'environ 3 minutes demandent par conséquent 30 MB

Combien peut-on stocker de chansons MP3 sur un CD?

Les CD peuvent stocker jusqu'à 700 MB de données. Un morceau de musique MP3 nécessite environ 3 MB. Par conséquent, jusqu'à $700 : 3 \approx 233$ chansons peuvent prendre place sur un CD.

Combien de bits (0 et 1) nécessite une chanson sur un CD audio?

Une chanson stockée au format MP3 nécessite environ 3 MB. Cela représente 3 millions de bytes. Un byte est constitué de huit 0 ou 1 (bit). Ce faisant, un morceau de musique MP3 peut être codé par $8 \times 3 = 24$ millions de 0 et de 1.

Expérience 1: «Système numérique d'un ordinateur»

Réponses aux questions de la feuille de travail 1

1. Y a-t-il plus d'une façon de représenter un nombre déterminé?

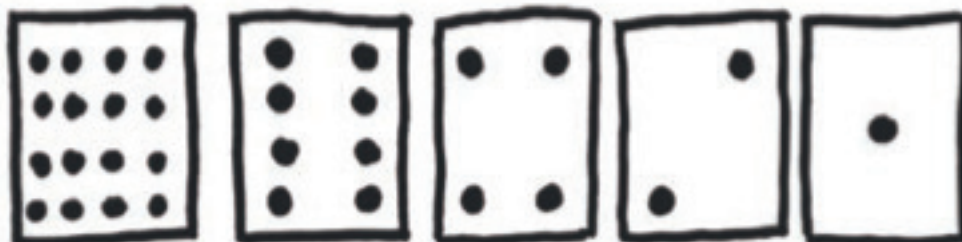
Les cinq cartes permettent de représenter tous les nombres de 0 à 31 d'une manière unique. Pour chaque nombre choisi entre 0 et 31, il existe exactement une façon de représenter ce nombre avec les cartes, car l'ordre des points des cartes est respecté (point 2 des instructions pour l'expérience)

L'exercice de Castor «De la tige à la fleur» traite également du thème du codage unique.

2. Quel est le plus grand nombre qui peut être représenté avec les cartes?

Le plus grand nombre peut être représenté lorsqu'aucune des cartes à points n'est retournée.

Dans ce cas, avec cinq cartes, il s'agit de $16+8+4+2+1 = 31$



3. Existe-t-il, entre 0 et le nombre le plus grand, un nombre qui ne peut pas être représenté avec les cartes?

Non, tous les nombres de 0 à 31 peuvent être représentés de manière unique.

Expérience 2: «code par plages et code de Huffman»

L'annexe électronique permet aux élèves de vérifier de manière interactive leurs réponses aux questions des feuilles de travail 2 à 4. Ils peuvent également produire leurs propres codes de textes ou d'images.

Expérience 3: «Expérience sur l'ouïe humaine»

Un environnement tranquille et un travail de groupe effectué dans le calme et la concentration sont des conditions préalables à une bonne série de mesures.

Le temps nécessaire pour que l'on puisse à nouveau percevoir les sons plus faibles dépend du volume et de la fréquence des deux sons. Ce temps se situe entre environ 0.030 et 0.350 seconde. Il serait judicieux d'utiliser un chronomètre numérique pour que les élèves puissent mesurer ces temps très courts.

Impressum

Editeur	SSIE, Société suisse pour l'informatique dans l'enseignement
Partenaire	Fondation Hasler ICT Formation professionnelle SWITCH
Conception / Mise en page	Lernetz AG
Auteur	Martin Guggisberg, PH FHNW Yvonne Seiler
Traduction	Olivier Pauchard