IEEE Lesson Plan:

Ingénierie des systèmes de trafic aérien

Présenté par TryEngineering – www.tryengineering.org

Objet de la leçon

Cette leçon explique les principes d'ingénierie sur lesquels reposent les systèmes de contrôle du trafic aérien (ACT, de l'anglais Air Control Trafic). Les élèves explorent par équipes les principes du radar et la manière dont les équipements techniques sont compilés afin de fournir aux contrôleurs aériens les données dont ils ont besoin pour les aider à garantir le maintien d'une distance de sécurité entre les avions, tout en assurant efficacement le respect des horaires d'atterrissage et de décollage. Les élèves travaillent en équipes à l'évaluation de données générées pour un système de trafic aérien virtuel et à la définition d'un plan visant à guider en toute sécurité trois avions à l'intérieur d'un espace aérien défini. Ils recommandent ensuite des améliorations techniques au système actuel.

Sommaire de la leçon

La leçon Ingénierie des systèmes de trafic aérien explore l'ingénierie et les principes sur lesquels reposent les radars et les systèmes de contrôle du trafic aérien. Les élèves étudient comment les radars et l'informatique sont un moyen efficace de fournir des données critiques aux contrôleurs aériens. Les élèves travaillent en équipes « d'ingénieurs » chargés d'évaluer un système ATC actuel, de jouer le rôle de contrôleurs aériens et de formuler des recommandations pour améliorer l'interface technique entre le radar et le contrôleur humain.

Niveaux d'âge

11-18.

Objectifs

- Etudier les radars.
- Etudier les technologies de contrôle du trafic aérien.
- Etudier l'ingénierie des systèmes.
- Apprendre le travail d'équipe et la résolution des problèmes en groupes.

Résultats escomptés à la fin de la leçon

Au terme de cette activité, les élèves devraient acquérir une compréhension des sujets suivants :

- la technologie des radars et de contrôle du trafic aérien
- la résolution des problèmes
- le travail d'équipe

© 2018 IEEE – All rights reserved.
Use of this material signifies your agreement to the IEEE Terms and Conditions.

Activités de la leçon

Les élèves apprennent comment l'ingénierie et les principes sur lesquels reposent les radars et les systèmes de contrôle du trafic aérien ont changé notre façon de voyager.
Les élèves travaillent en équipes pour explorer et utiliser la technologie des radars et l'informatique afin d'évaluer un système ATC actuel, prendre virtuellement la place de contrôleurs aériens et formuler des recommandations destinées à améliorer l'interface technique entre le radar et le contrôleur humain.

Ressources/Matériaux

- Documents de ressource aux enseignants (en pièces jointes)
- Feuilles de travail des élèves (en pièces jointes)
- Fiches de ressource aux élèves (en pièces jointes)

Alignement sur les structures des programmes scolaires

Voir la fiche ci-jointe décrivant l'alignement des programmes scolaires.

Liens Internet

- TryEngineering (www.tryengineering.org)
- Air Traffic Simulator (www.atcsim.nasa.gov/)
- NASA Future Flight Design (https://www.nasa.gov/audience/foreducators/5-8/features/F_Future_Flight_Design.html)
- Air Traffic Control System Command Center (www.fly.faa.gov/flyfaa/usmap.jsp)
- Listen to live air traffic controllers (www.liveatc.net/topfeeds.php)
- International Civil Aviation Organization (www.icao.int)

Lecture recommandée

- Fundamentals of Air Traffic Control (ISBN: 0534393888)
- Organizational Simulation (Wiley Series in Systems Engineering and Management) (ISBN: 0471681636)

Activités complémentaires

Les lycéens de niveau avancé peuvent éventuellement s'initier au logiciel Flight Simulator de Microsoft (www.microsoft.com/games/pc/flightsimulatorx.aspx).

Activités d'écriture facultatives

- Rédigez une dissertation ou un paragraphe décrivant quel impact ont eu, selon vous, les progrès techniques en matière de contrôle du trafic aérien sur l'économie mondiale. Réfléchissez en particulier à la possibilité de transporter plus efficacement un plus grand nombre de passagers et de marchandises.

© 2018 IEEE – All rights reserved.
Use of this material signifies your agreement to the IEEE Terms and Conditions.

Pour les enseignants : Alignement sur les structures des programmes scolaires

Remarque : Tous les plans de leçons de cette série sont alignés sur les normes nationales pour l'enseignement des sciences (*National Science Education Standards*), établies par le Conseil national de recherche des Etats-Unis (National Research Council) et approuvées par l'Association nationale des enseignants des sciences des Etats-Unis (National Science Teachers Association), et le cas échéant, sur les normes internationales d'enseignement de la technologie pour l'alphabétisation technologique (International Technology Education Association's Standards for Technological Literacy) ou sur les principes et normes en matière de mathématiques scolaires établis par le Conseil national américain des enseignants en mathématiques (National Council of Teachers of Mathematics' Principals and Standards for School Mathematics).

◆Principes et normes en matière de mathématiques scolaires

Normes relatives aux nombres et opérations
Au terme de leurs activités, tous les élèves doivent pouvoir :

- Comprendre les nombres, les modes de représentation des nombres, les relations entre les nombres et les systèmes de nombres.
- Calculer facilement et effectuer des estimations raisonnables.

Normes relatives aux liens
Au terme de leurs activités, tous les élèves doivent pouvoir :

- Comprendre comment les principes mathématiques sont interconnectés et interdépendants pour produire un ensemble cohérent.
- Reconnaître et appliquer les mathématiques dans des contextes extérieurs aux mathématiques.

◆Normes nationales pour l'enseignement des sciences de la CM2 à la quatrième (10 à 14 ans)

NORME DE CONTENU A : Enquête scientifique
Au terme de leurs activités, tous les élèves devraient acquérir :

- Les aptitudes nécessaires pour réaliser des enquêtes scientifiques
- Une compréhension de l'enquête scientifique

NORME DE CONTENU B : Sciences physiques
Au terme de leurs activités, tous les élèves devraient acquérir une compréhension :

- Des mouvements et des forces

NORME DE CONTENU E : Science et technologie
Au terme des activités effectuées de la CM2 à la quatrième, tous les élèves devraient acquérir :

- Des aptitudes de conception technologique
- Une compréhension de la science et de la technologie

Elaboré par IEEE dans le cadre de TryEngineering www.tryengineering.org
© 2018 IEEE – All rights reserved.
Use of this material signifies your agreement to the IEEE Terms and Conditions.

Pour les enseignants :
Alignement sur les structures des programmes scolaires (suite)

NORME DE CONTENU F : La science d'un point de vue personnel et social
Au terme de leurs activités, tous les élèves devraient acquérir une compréhension de :

- La science et de la technologie dans la société

◆Normes nationales pour l'enseignement des sciences de la troisième à la terminale (14 à 18 ans)

NORME DE CONTENU A : Enquête scientifique
Au terme de leurs activités, tous les élèves devraient acquérir :

- Les aptitudes nécessaires pour réaliser des enquêtes scientifiques
- Une compréhension de l'enquête scientifique

NORME DE CONTENU E : Science et technologie
Au terme de leurs activités, tous les élèves devraient acquérir :

- Des aptitudes de conception technologique
- Une compréhension de la science et de la technologie

NORME DE CONTENU F : La science d'un point de vue personnel et social
Au terme de leurs activités, tous les élèves devraient acquérir une compréhension de :

- La science et de la technologie dans les enjeux locaux, nationaux et mondiaux

◆Normes pour l'alphabétisation technologique – Tous âges

La nature de la technologie

- Norme 1 : Les élèves acquerront une compréhension des caractéristiques et de la portée de la technologie.
- Norme 2 : Les élèves acquerront une compréhension des concepts fondamentaux de la technologie.
- Norme 3 : Les élèves acquerront une compréhension des relations entre les technologies et des liens entre la technologie et d'autres champs d'étude.

Technologie et société

- Norme 4 : Les élèves acquerront une compréhension des effets culturels, sociaux, économiques et politiques de la technologie.
- Norme 6 : Les élèves acquerront une compréhension du rôle de la société dans le développement et l'utilisation de la technologie.

Conception

- Norme 9 : Les élèves acquerront une compréhension de la conception technique.
- Norme 10 : Les élèves acquerront une compréhension du rôle de la recherche des défaillances, de la recherche et du développement, de l'invention et de l'innovation, et de l'expérimentation dans la résolution des problèmes.

Elaboré par IEEE dans le cadre de TryEngineering www.tryengineering.org
© 2018 IEEE – All rights reserved.
Use of this material signifies your agreement to the IEEE Terms and Conditions.

Pour les enseignants : Alignement sur les structures des programmes scolaires (suite)

Aptitudes pour un monde technologique

- Norme 12 : Les élèves acquerront des aptitudes d'utilisation et de maintenance des produits et systèmes technologiques.
- Norme 13 : Les élèves acquerront des aptitudes d'évaluation de l'impact des produits et systèmes.

Le monde, objet de conception

- Norme 17 : Les élèves acquerront une compréhension et des aptitudes de sélection et d'utilisation des technologies d'information et de communication.
- Norme 18 : Les élèves acquerront une compréhension et des aptitudes de sélection et d'utilisation des technologies des transports.

Elaboré par IEEE dans le cadre de TryEngineering www.tryengineering.org
© 2018 IEEE – All rights reserved.
Use of this material signifies your agreement to the IEEE Terms and Conditions.

Pour les enseignants : Ressource aux enseignants

◆ But de la leçon

La leçon Ingénierie des systèmes de trafic aérien explore l'ingénierie et les principes sur lesquels reposent les radars et les systèmes de contrôle du trafic aérien. Les élèves étudient comment les radars et l'informatique sont un moyen efficace de fournir des données critiques aux contrôleurs aériens. Les élèves travaillent en équipes « d'ingénieurs » chargés d'évaluer un système ATC actuel, de jouer le rôle de contrôleurs aériens et de formuler des recommandations pour améliorer l'interface technique entre le radar et le contrôleur humain.

◆ Objectifs de la leçon

- Etudier les radars.
- Etudier les technologies de contrôle du trafic aérien.
- Etudier l'ingénierie des systèmes.
- Apprendre le travail d'équipe.

◆ Matériaux

- Fiche de ressource aux élèves
- Feuilles de travail des élèves
- Accès Internet ou à des ordinateurs (PC ou MAC équipés de préférence de versions récentes de navigateurs)

◆ Marche à suivre

1. Montrez aux élèves les divers documents de référence à leur disposition. Ces documents peuvent être lus en classe ou donnés à lire à la maison la veille. Répartissez les élèves en groupes de 2 ou 3 « ingénieurs ».
2. Maintenant que les élèves ont acquis une compréhension des systèmes et technologies utilisés par les contrôleurs aériens, ils travailleront en équipe pour prendre virtuellement le contrôle de la circulation aérienne dans le secteur 33 de l'espace aérien des Etats-Unis. A l'aide d'une simulation de la NASA (www.atcsim.nasa.gov), les élèves établiront la trajectoire et/ou les changements de vitesse de trois avions alignés de telle sorte qu'ils naviguent à une distance de 3 milles nautiques l'un de l'autre au moment d'atteindre la ville de Modesto, en Californie (MOD). Par ailleurs, compte tenu des contraintes horaires, ils doivent s'assurer que le dernier avion arrive aussi tôt que possible et que les avions ne s'approchent jamais à moins de 2 milles nautiques l'un de l'autre.
3. Les élèves élaborent ensemble un plan pour déterminer la trajectoire et la vitesse des aéronefs.
4. Puis chaque groupe d'élèves met son plan à exécution et essaie le simulateur. Chaque équipe dispose de 4 tentatives pour résoudre le problème et devra enregistrer son meilleur temps d'exécution de l'exercice.

Elaboré par IEEE dans le cadre de TryEngineering www.tryengineering.org
© 2018 IEEE – All rights reserved.
Use of this material signifies your agreement to the IEEE Terms and Conditions.

Pour les enseignants :
Ressource aux enseignants (suite)

5. Chaque groupe d'élèves évalue les résultats obtenus puis se concerte, tel une équipe d'ingénieurs, pour identifier les améliorations techniques qu'ils apporteraient à l'interface actuelle entre le radar et le contrôleur humain. Ils peuvent, par exemple, réfléchir sur les critères à prendre en compte pour déterminer quel avion il convient de faire atterrir en premier. Recommanderaient-ils l'appareil transportant le plus grand nombre de passagers, celui contenant le moins de carburant ou celui transportant le plus de passagers ayant des correspondances avec d'autres vols ?
6. Chaque équipe remplit ensuite une fiche d'évaluation/de réflexion et présente à la classe son plan d'amélioration du système ATC.

◆ Temps nécessaire
Deux ou trois sessions de 45 minutes

◆ Stratégies de résolution des problèmes
Dans la leçon Ingénierie des systèmes de trafic aérien, les élèves utilisent un système de radar virtuel qui leur fournit des informations sur la vitesse de l'air, les problèmes météorologiques et les trajectoires disponibles. Les équipes devront s'appuyer sur le principe du raisonnement proportionnel pour prendre leurs décisions et résoudre des problèmes réalistes de contrôle de la circulation aérienne faisant intervenir trois avions. La difficulté de chaque problème est d'« aligner » les avions de manière sécurisée, en définissant la distance appropriée entre chacun, à un point d'intersection donné des trajectoires d'avions, et de trouver une solution dans un laps de temps le plus court possible. A partir de leurs connaissances du système ACT tel qu'il est actuellement conçu, les équipes d'ingénieurs proposeront ensuite des solutions pour améliorer la sécurité et l'efficacité. Ils devront formuler ces améliorations en tenant compte des enjeux économiques et de la sécurité.

Elaboré par IEEE dans le cadre de TryEngineering www.tryengineering.org
© 2018 IEEE – All rights reserved.
Use of this material signifies your agreement to the IEEE Terms and Conditions.

Ressource aux élèves : Technologies des systèmes de contrôle du trafic aérien

◆ Explication du contrôle du trafic aérien (ATC)

Le contrôle du trafic aérien (ATC) est un service fourni par les contrôleurs au sol qui guident les aéronefs au sol et en vol. La tâche principale des contrôleurs consiste à séparer les aéronefs, pour s'assurer qu'ils ne s'approchent pas trop près les uns des autres, en se servant de la séparation latérale, verticale et longitudinale. Ils ont pour tâches secondaires de garantir le flux ordonné et rapide du trafic et de fournir des renseignements aux pilotes, tels que les conditions météo, les informations de navigation et les avis aux navigants (NOTAM).

◆ La technologie fait la différence

Si une partie de la circulation aérienne est gérée visuellement, de nombreuses technologies sont utilisées dans les systèmes de contrôle de ce trafic. Un radar primaire et un radar secondaire sont utilisés afin d'améliorer la « conscience de la situation » par le contrôleur au sein de l'espace aérien dont il est responsable. En effet, tous les types d'aéronefs renvoient des échos primaires de différentes tailles sur les écrans de visualisation des contrôleurs lorsque l'énergie émise par les radars rebondit sur le revêtement des appareils, et les aéronefs équipés de transpondeurs répondent aux interrogations du radar secondaire en fournissant un code d'identification, leur altitude et/ou un indicatif radio unique. Certaines conditions météo sont également visibles sur l'écran radar. Ces données, combinées aux renseignements fournis par d'autres radars, sont mises en corrélation afin d'établir la situation aérienne. Certains traitements élémentaires sont réalisés sur les pistes radar, tels que le calcul de la vitesse au sol et des caps magnétiques. Grâce aux systèmes modernes d'affichage des renseignements opérationnels, les contrôleurs disposent d'autres corrélations avec les plans de vol électroniques.

◆ Principes de fonctionnement du radar

Le radar est un système qui utilise les ondes électromagnétiques pour identifier la portée, l'altitude, la direction ou la vitesse d'objets immobiles ou en mouvement, tels que les aéronefs, les navires, les véhicules motorisés, l'évolution des conditions météo et le terrain.

Elaboré par IEEE dans le cadre de TryEngineering www.tryengineering.org
© 2018 IEEE – All rights reserved.
Use of this material signifies your agreement to the IEEE Terms and Conditions.

Ressource aux élèves : Technologies des systèmes de contrôle du trafic aérien (suite)

Un émetteur émet des ondes radio qui sont réfléchies par la cible et captées par un récepteur, généralement placé au même endroit que l'émetteur. Même si le signal radio renvoyé est habituellement très faible, il peut être facilement amplifié. Le radar est utilisé dans de nombreux contextes, notamment en météorologie pour détecter les précipitations, pour le contrôle du trafic aérien, par la police pour surveiller la circulation routière, et par l'armée. Acronyme de l'anglais « Radio Detection and Ranging » (détection et télémétrie par radioélectricité), le terme RADAR a été inventé en 1941. Cet acronyme d'origine américaine a remplacé le sigle anglais RDF (« Radio Direction Finding », en français Radiogoniométrie) précédemment utilisé.

◆ Mesure de la distance

L'un des moyens utilisés pour mesurer la distance à un objet consiste à émettre une courte impulsion de signal radio (rayonnement électromagnétique) et à calculer le temps nécessaire à l'impulsion pour effectuer l'aller-retour. La distance équivaut à la moitié du produit du temps de trajet (puisque le signal doit atteindre sa cible puis retourner au récepteur) et de la vitesse du signal. Comme les ondes radio se déplacent à la vitesse de la lumière (environ 300 000 km par seconde), la mesure exacte de la distance exige un matériel électronique de pointe. La modulation de fréquence est une autre méthode de mesure de la distance par radar. La comparaison des fréquences entre deux signaux est nettement plus précise, même avec les anciens systèmes électroniques, que de mesurer le temps de trajet du signal. En changeant la fréquence du signal renvoyé et en le comparant à celle du signal d'origine, il est facile de mesurer la différence. Cette technique peut être employée avec les radars à ondes continues et est souvent intégrée aux altimètres radar des aéronefs.

◆ Couverture radar globale

Etant donné que les centres de contrôle de la circulation aérienne supervisent un vaste espace aérien, ils utilisent en général un radar à longue portée capable de détecter les aéronefs à une distance de 200 milles nautiques (370 km) par rapport à l'antenne radar. Aux Etats-Unis, plus de 90 % de l'espace aérien en haute altitude est contrôlé par radar et souvent par plusieurs systèmes radar. Un centre de contrôle doit parfois faire appel à de nombreux systèmes radar pour assurer la supervision de l'espace aérien dont il est responsable. Les contrôleurs doivent alors gérer une vaste quantité de données. C'est pourquoi des systèmes automatisés ont été conçus pour regrouper les données radar fournies aux contrôleurs. Grâce à ce regroupement, les plots radar redondants sont éliminés, la transmission des données du meilleur radar est garantie pour chaque secteur géographique et les données sont affichées dans un format efficace. Certains fournisseurs de services de navigation aérienne (p. ex., Airservices Australia, Alaska Center, etc.) appliquent, entre autres moyens de surveillance, une surveillance automatique dépendante en mode diffusion (ADS-B). Avec cette nouvelle technologie, le principe du

Elaboré par IEEE dans le cadre de TryEngineering www.tryengineering.org
© 2018 IEEE – All rights reserved.
Use of this material signifies your agreement to the IEEE Terms and Conditions.

radar est inversé. Au lieu de détecter une cible par radar en interrogeant le transpondeur, le système ADS transmet la position de l'aéronef plusieurs fois par seconde. Ce système peut aussi faire appel à d'autres modes, tels que le mode « contrat » par lequel l'aéronef signale sa position selon un laps de temps prédéfini. Il s'agit d'une évolution importante dans la mesure où cette technologie peut être utilisée dans les situations où il est impossible de localiser l'infrastructure d'un système radar (p. ex., au-dessus de l'eau). Des affichages radar informatisés sont actuellement à l'étude afin d'incorporer les données ADS aux informations affichées. A mesure que cette technologie évoluera, les procédures de contrôle de la circulation aérienne sur l'océan seront modernisées en vue de tirer profit des avantages offerts par cette technologie.

◆ Enjeux à l'échelle mondiale

La gestion mondiale du trafic aérien (GATM) est un concept de communication, de navigation, de surveillance et de gestion de la circulation aérienne par satellite. La Federal Aviation Administration (Organisme de réglementation de l'aviation civile aux Etats-Unis) et l'Organisation de l'aviation civile internationale, une agence spécialisée des Nations Unies, ont établi des normes GATM visant à maintenir la sécurité et l'efficacité du trafic aérien dans un espace aérien mondial de plus en plus encombré. Partout dans le monde, des efforts sont mis en œuvre pour implémenter les nouvelles technologies qui permettront de faire de la gestion GATM un outil efficace pour les contrôleurs aériens. L'initiative ADS-B lancée par Airservices Australia est l'un des plus importants programmes d'implémentation de ces technologies.

Elaboré par IEEE dans le cadre de TryEngineering www.tryengineering.org
© 2018 IEEE – All rights reserved.
Use of this material signifies your agreement to the IEEE Terms and Conditions.

Ressource aux élèves :
Feuille de travail des élèves : Utilisation du radar pour l'ATC

Vous êtes une équipe d'ingénieurs à qui a été confiée la mission d'évaluer la technologie actuelle de contrôle du trafic aérien (ATC) – que vous utiliserez vous-mêmes – et de recommander des améliorations techniques afin de rendre la surveillance ATC plus sûre ou plus efficace.

◆ Phase de préparation

1. Lisez les différents documents de référence que vous avez reçus.

◆ Phase d'étude

1. Maintenant que votre équipe possède une compréhension des systèmes et technologies utilisés par les contrôleurs aériens, vous travaillerez ensemble pour prendre virtuellement le contrôle de la circulation aérienne dans le secteur 33 de l'espace aérien des Etats-Unis. A l'aide d'une simulation de la NASA (www.atcsim.nasa.gov), vous établirez la trajectoire et/ou les changements de vitesse de trois avions de manière qu'ils naviguent en position alignée à une distance de 3 milles nautiques l'un de l'autre, au moment d'atteindre la ville de Modesto, en Californie (MOD). Par ailleurs, compte tenu des contraintes horaires, vous devez vous assurer que le dernier avion arrive le plus tôt possible et que les avions ne s'approchent jamais à moins de 2 milles nautiques l'un de l'autre.
2. Elaborez ensemble un plan pour déterminer la trajectoire et la vitesse des aéronefs.

◆ Phase de simulation

1. Mettez à présent votre plan à exécution et essayez le simulateur. Votre équipe dispose de 4 tentatives pour résoudre le problème et enregistrera vos 4 temps d'exécution de l'exercice dans le tableau ci-dessous :

	Temps nécessaire	Stratégie	Observations
Tentative 1			
Tentative 2			
Tentative 3			
Tentative 4			

Elaboré par IEEE dans le cadre de TryEngineering www.tryengineering.org
© 2018 IEEE – All rights reserved.
Use of this material signifies your agreement to the IEEE Terms and Conditions.

Ressource aux élèves :
Feuille de travail des élèves : Utilisation du radar pour l'ATC (suite)

◆ Phase d'évaluation/de recommandation

1. Evaluez ensuite les résultats de votre équipe et expliquez les changements que votre « équipe d'ingénieurs » préconiserait dans l'interface actuelle entre le radar et le contrôleur. Vous pourriez, par exemple, penser que certaines informations supplémentaires auraient pu vous aider à décider quel avion faire ralentir ou accélérer, ou que les ingénieurs logiciels pourraient programmer d'autres outils susceptibles d'accroître la fiabilité et l'efficacité de la fonction ATC. Par exemple, le fait de connaître le niveau de carburant dont dispose un avion vous aurait-il aidé dans votre décision ?
2. Remplissez une fiche d'évaluation/de réflexion et présentez à la classe votre plan d'amélioration du système ATC.

Elaboré par IEEE dans le cadre de TryEngineering www.tryengineering.org
© 2018 IEEE – All rights reserved.
Use of this material signifies your agreement to the IEEE Terms and Conditions.

Feuille de travail des élèves : Evaluation

◆ Utilisez cette feuille de travail pour évaluer les résultats obtenus par votre équipe au terme de la leçon Ingénierie des systèmes de trafic aérien :

1. Quel est le meilleur temps enregistré par votre équipe pour résoudre le problème de contrôle du trafic aérien ? Comment se situe-t-il par rapport au temps enregistré par les autres équipes dans votre classe ?

2. Quelles modifications votre équipe recommanderait-elle aux ingénieurs pour améliorer l'interface radar ? Selon vous, quels problèmes ces améliorations techniques permettraient-elles de résoudre ? Remplissez le tableau suivant :

Problème identifié dans le système actuel	Améliorations techniques préconisées
1.	
2.	
3.	

Elaboré par IEEE dans le cadre de TryEngineering www.tryengineering.org
© 2018 IEEE – All rights reserved.
Use of this material signifies your agreement to the IEEE Terms and Conditions.

Feuille de travail des élèves : Evaluation (suite)

3. Les logiciels et matériels employés dans les systèmes informatiques et de traitement de données sont fréquemment reconfigurés. Donnez quelques exemples d'équipements, dans votre salle de classe ou votre école, qui ont changé au cours de ces dernières années.
A votre avis, quels problèmes les ingénieurs se sont-ils attachés à résoudre en apportant ces modifications ?

4. Imaginez que l'on bannisse toute la technologie et l'ingénierie du secteur des voyages : discutez en équipe de l'impact d'une telle hypothèse. Si vous traversiez votre pays d'un bout à l'autre, expliquez en quoi cela vous affecterait, en termes de temps, de coûts et de confort.

5. Par quels autres moyens pourrait-on contrôler la circulation aérienne ? Examinez l'utilisation de systèmes de localisation mondiaux, de simples commandes visuelles et d'autres méthodes. Quel système ou ensemble de systèmes actuels considérez-vous comme le plus sûr ?

Elaboré par IEEE dans le cadre de TryEngineering www.tryengineering.org
© 2018 IEEE – All rights reserved.
Use of this material signifies your agreement to the IEEE Terms and Conditions.