



Science et technologie
Comprendre les structures
et les mécanismes

7^e année – Forme et fonction

GUIDE DE L'ENSEIGNANT

Programme éducatif de la Tour CN – 7^e année – Forme et fonction

Découvrez les mystères de la Tour CN, tout en aidant les élèves à se renseigner sur l'importance de la forme, de la fonction, de la solidité et de la stabilité dans la conception d'une structure. Les élèves se lanceront dans une mission pour découvrir les différents facteurs qui ont influencé la conception et la construction de la Tour CN. Ils auront l'occasion d'explorer eux-mêmes la Tour CN pour observer la ville d'en haut et chercher en équipe les réponses aux diverses questions liées au curriculum.

Inclus avec la réservation :

- Guide de l'enseignant avec des activités avant et après la visite pour faire le lien entre la sortie de classe et l'apprentissage en classe
- Visite autoguidée de la Tour CN, y compris les niveaux d'observation et du Plancher de verre
- Feuilles d'exercice liées au curriculum
- Options de repas disponibles

Le programme de 7^e année sur les structures explore les trois grandes idées énoncées dans le curriculum de l'Ontario en lien avec la Tour CN :

Les grandes idées	Contenu du programme de la Tour CN
Les structures ont un but.	<p>Le principal objectif de la construction de la Tour CN était de transmettre des signaux radio au-dessus de tous les autres grands bâtiments de la ville de Toronto.</p> <p>Les architectes voulaient construire une structure qui allait démontrer les grands progrès de la science et de la technologie à Toronto, tout en offrant aux résidents et aux touristes des points de vue spectaculaires sur la ville. Cet objectif est devenu le deuxième but de la Tour CN, soit de fournir des galeries d'observation pour admirer la ville et les alentours.</p>
La forme d'une structure dépend de sa fonction.	<p>La Tour CN devait être une tour de communication transmettant des signaux au-dessus des grands bâtiments de Toronto. Elle se devait donc d'être haute.</p> <p>De grands niveaux d'observation étaient également nécessaires afin de permettre aux visiteurs d'apprécier la vue.</p>
L'interaction entre les structures et les forces est prévisible.	<p>On voulait que la Tour CN soit la plus haute tour au monde et qu'elle soutienne le poids de tous les visiteurs, en plus du poids des divers équipements. Le vent, la pluie, la foudre et le poids sont certaines des forces dont on a tenu compte durant la conception et la construction de la Tour CN.</p>

Programme éducatif de la Tour CN – 7^e année – Forme et fonction

Préparatifs avant la visite

Le programme de 7^e année de la Tour CN a été conçu pour aider les élèves à comprendre la relation entre la forme d'une structure et sa fonction. Ce programme permettra également aux élèves de comprendre les différentes professions impliquées dans toutes les étapes de la construction d'une telle structure et l'importance du travail d'équipe pour assurer la réussite d'un aussi vaste projet.

Avant votre arrivée, demandez à vos élèves de former des équipes de cinq personnes. Une fois sur place, chaque équipe recevra une trousse contenant un ensemble de cinq feuilles d'exercice, chacune étant spécifique à une profession : architecte, constructeur, ingénieur, concepteur industriel et scientifique. Pour préparer les élèves à leur visite, nous vous recommandons de vous assurer qu'ils connaissent les rôles et les responsabilités de chaque profession à l'aide des définitions ci-dessous.

Vous pouvez choisir d'affecter un chef d'équipe à chaque groupe (ou demander au groupe de désigner une personne comme chef d'équipe). Le chef d'équipe peut être chargé de distribuer les tâches assignées (feuilles d'exercice) sur place, de surveiller le temps, de maintenir la cohésion du groupe, etc.

Pendant qu'ils effectuent les exercices sur place, les élèves peuvent consulter les membres de leur équipe et d'autres équipes explorant la même profession.

Profession

Définition

Architecte

Un **architecte** est formé et autorisé à planifier et concevoir des bâtiments, et il participe à la supervision de la construction d'un bâtiment. L'architecture est une activité dans laquelle les connaissances techniques, la gestion et la compréhension des pratiques commerciales sont aussi importantes que la conception.

Constructeur

Un **constructeur** est une personne dont l'activité consiste à construire des bâtiments. Il peut s'agir d'un entrepreneur général, d'un ouvrier du bâtiment ou d'un charpentier.

Ingénieur

Un **ingénieur** est une personne qualifiée qui se consacre

- a. à la mise en pratique des connaissances scientifiques. Cette profession se divise en différentes branches, comme le génie civil, électrique, mécanique et chimique
- b. Les responsabilités d'un ingénieur peuvent comprendre la planification, la conception, la construction et la gestion de machines, de routes, de ponts, de bâtiments, etc.

Les ingénieurs travaillent à l'élaboration de solutions économiques et sécuritaires à des problèmes pratiques, en appliquant les mathématiques, les connaissances scientifiques et l'ingéniosité, tout en tenant compte des contraintes techniques. Le travail des ingénieurs fait le lien entre les besoins perçus de la société et les applications commerciales.

Concepteur industriel

Les concepteurs industriels sont essentiellement des ingénieurs conceptuels. Ils étudient à la fois la fonction et la forme, ainsi que le lien entre le produit et l'utilisateur. Ils ne conçoivent pas les engrenages ou les moteurs qui font bouger les machines, ni les circuits qui contrôlent le mouvement, mais ils peuvent influencer sur les aspects techniques en se penchant sur la convivialité de la conception et sur les relations entre les formes. Ils travaillent

Programme éducatif de la Tour CN – 7^e année – Forme et fonction

généralement en partenariat avec des ingénieurs et des spécialistes du marketing pour déterminer les besoins, les exigences et les attentes, et y répondre.

Scientifique

Un **scientifique**, au sens large, désigne toute personne qui s'engage dans une recherche systématique pour acquérir des connaissances, ou toute personne dont le travail s'appuie sur des pratiques et des traditions liées à une école de pensée ou à une philosophie. Dans un sens plus restreint, un scientifique est une personne qui utilise la méthode scientifique. Il peut s'agir d'un expert dans un ou plusieurs domaines de la science.

Vocabulaire

Le vocabulaire ci-dessous aidera les élèves dans leur étude des structures. Il est recommandé de passer en revue cette liste avant votre visite à la Tour CN afin d'aider les élèves à comprendre la présentation et à remplir les feuilles d'exercice.

Mot	Définition
Attrait esthétique	Qui a trait à la beauté; qui se rapporte aux belles apparences. Relatif à la jouissance ou à l'étude de la beauté.
Centre de gravité	Point autour duquel la masse d'un objet est équilibrée dans toutes les directions. La masse totale d'un objet est concentrée au centre de gravité.
Ergonomie	La science de la conception d'équipements que les gens peuvent utiliser plus efficacement et en toute sécurité.
Charge	La masse ou le poids d'un objet qui est déplacé par une machine, ou la résistance au mouvement qu'une machine doit surmonter.
Stabilité	La capacité d'un mécanisme à maintenir l'équilibre ou d'une structure à reprendre sa position initiale et verticale après avoir été déplacée par une force.
Solidité	La capacité de résister à des forces, telles que la tension, la compression, la torsion et le cisaillement, qui tendent à briser un objet ou à modifier sa forme; la capacité d'un objet à conserver sa forme sans s'effondrer.
Structure	Élément composé de parties qui sont assemblées d'une manière particulière dans un ou plusieurs buts précis.
Symétrie	Correspondance de la taille, de la forme et de la position relative de pièces situées de part et d'autre d'une ligne de démarcation ou d'un plan médian ou autour d'un centre ou d'un axe.
Tension	Force qui agit pour étendre ou allonger l'objet sur lequel elle agit. La tension implique un étirement ou un effort.
Torsion	Force qui agit sur un objet pour faire tourner son axe.
Ferme	Structure rigide, généralement en bois ou en métal, conçue pour soutenir une structure. Une ferme peut tirer sa force de la rigidité du triangle et être composée de droites qui ne sont soumises qu'à la compression longitudinale, à la tension ou aux deux, ou elle peut tirer sa force d'autres facteurs tels que la rigidité des joints, l'appui de la maçonnerie ou la rigidité des poutres.

Maintenant que vos élèves ont été assignés à une équipe et qu'ils sont armés des connaissances nécessaires pour accomplir leurs tâches à la Tour CN, vous êtes prêts pour votre visite!

Programme éducatif de la Tour CN – 7^e année – Forme et fonction

Instructions pour votre arrivée

Les groupes arrivent à la Tour CN par le boulevard Bremner, un bloc au sud de la rue Front Ouest, entre la rue York et l'avenue Spadina. Le point de débarquement et d'embarquement pour les autobus est situé sur le côté nord, dans les voies en direction de l'ouest sur le boulevard Bremner. De la bordure du trottoir, il y a une courte marche jusqu'à l'entrée principale.

Tous les visiteurs doivent passer par le contrôle de sécurité, qui inclut des détecteurs d'objets métalliques et une inspection des sacs.

À votre arrivée à la Tour CN, votre groupe devra attendre à l'extérieur pendant que l'enseignant ou le superviseur de la visite s'inscrit au comptoir des groupes (horaire saisonnier – si le comptoir des groupes est fermé, veuillez vous adresser au comptoir de services aux visiteurs).

Pour vous inscrire, vous devez fournir :

- Nombre actuel d'élèves et d'accompagnateurs
- Paiement final pour votre groupe (sauf si un prépaiement a été convenu à l'avance)

Vous recevrez UN billet pour chaque personne de votre groupe, à distribuer avant de prendre l'ascenseur.

On vous indiquera comment vous rendre à l'ascenseur vers les niveaux du Belvédère et du Plancher de verre.

Ce qu'il faut apporter

Veillez à ce que les élèves apportent un stylo ou un crayon et de quoi écrire (planchette à pince ou cartable). En cas d'oubli, la boutique de la Tour CN propose ce genre d'articles.

Installations sur place

La Tour CN n'offre pas de casiers ou de vestiaires pour les élèves en visite. Ils doivent seulement apporter ce dont ils ont besoin, car ils devront conserver toutes leurs possessions sur eux, en tout temps.

Repas – La Tour CN propose diverses options pour les repas, incluant Le Café au pied de la Tour. Des forfaits de repas ou de collation peuvent être commandés à l'avance, ou les élèves peuvent les acheter sur place.

Exercices à faire

Chaque élève reçoit des feuilles d'exercice à remplir durant sa visite à la Tour CN. Pour répondre aux questions, les élèves peuvent consulter les renseignements fournis sur la Tour CN et les panneaux d'information qu'on peut voir un peu partout durant la visite (dès la mezzanine, avant même d'arriver aux ascenseurs). Ils peuvent également s'inspirer de ce qu'ils verront depuis les niveaux d'observation.

En tout, depuis votre arrivée jusqu'à votre départ, la visite dure environ 1,5 à 2 heures. Prévoyez 45 minutes de plus si vous avez l'intention de prendre le repas à la Tour CN.

Quelques faits intéressants

Construction

- Lancée le 6 février 1973
- Antenne terminée le 2 avril 1975
- Inaugurée le 26 juin 1976
- 1 537 ouvriers ont participé à la construction

Matériaux

- Poids total = 117 910 tonnes métriques ou 130 000 tonnes
- Volume de béton = 40 524 m³ ou 53 000 verges cubes
- 998 km ou 620 miles de câbles d'acier de postcontrainte
- 4 535 tonnes métriques ou 5 000 tonnes d'acier d'armature
- 544,2 tonnes métriques ou 600 tonnes d'acier de construction
- Radôme : membrane de fibre de verre doublée de téflon

La Tour en chiffres

- De 1976 à 2010 : la plus haute tour, le plus haut édifice et la plus haute structure autoportante au monde
- Plus de 1,9 million de visiteurs par an
- 1 776 marches
- 8 ascenseurs publics
- 8 câbles par cabine d'ascenseur
- 58 secondes pour atteindre le niveau d'observation
- 22 km/h : vitesse maximale des ascenseurs
- Le Restaurant 360 effectue une rotation en 72 minutes
- La foudre frappe 75 fois par an!



LE SAVAIS-TU?

La Tour CN détient actuellement deux records mondiaux Guinness!

Programme éducatif de la Tour CN – 7^e année – Forme et fonction

Clé de réponse – Les notes et les questions varient en fonction de chaque rôle. Plusieurs éléments sont fournis en double.

La forme d'une structure dépend de sa fonction. Explique pourquoi il est important de tenir compte de la fonction d'un objet avant de le créer.

En tenant d'abord compte de la fonction d'un objet, vous pouvez mieux évaluer les matériaux les plus appropriés à utiliser pour sa construction. Cela peut imposer des limites à sa conception. De même, des aspects de la fonction peuvent limiter des éléments de la forme. Dans le cas de la Tour CN, une conception haute et fuselée a permis à la Tour d'avoir un centre de gravité bas, ce qui lui confère une plus grande stabilité.

Pourquoi la Tour CN devait-elle être l'édifice le plus haut de Toronto d'où la vue n'est pas obstruée?

En raison de la construction de nombreux grands immeubles, comme la diffusion de la radio et de la télévision, qui dépend d'une transmission sans obstacles, Toronto commençait à avoir des problèmes sur le plan de la puissance des signaux de diffusion. Un grand immeuble allait être une antenne idéale pour ces transmissions.

Comment ferais-tu pour vérifier la stabilité de la structure de la Tour CN face aux forces du vent?

Un tunnel aérodynamique serait le meilleur outil pour tester une maquette à l'échelle de la Tour CN. En contrôlant les variables comme les matériaux de construction, la température, l'humidité et la vitesse du vent, il serait possible d'obtenir les résultats nécessaires pour évaluer la stabilité du concept.

Le Radôme est constitué d'une membrane en fibre de verre doublée de téflon. Que trouve-t-on à l'intérieur du Radôme? Pourquoi ce matériau a-t-il été utilisé?

Le Radôme abrite divers émetteurs pour la radio et la télévision. La membrane en fibre de verre doublée de téflon a été choisie afin que le Radôme puisse être gonflé, éliminant ainsi les effets du vent sur ces émetteurs. Le Radôme protège également ces équipements de l'accumulation de neige et de glace en hiver.

La courbe des pieds de la Tour CN et la hauteur de son antenne ont posé un défi aux constructeurs d'origine. Comment les construirais-tu?

Ce sera subjectif, mais les constructeurs de la Tour CN ont utilisé un coffrage, qui s'élevait lentement à l'aide de vérins hydrauliques. Les bords extérieurs se sont progressivement inclinés vers l'intérieur, donnant à l'ensemble sa forme fuselée.

Pourquoi était-il important de mesurer les effets des forces naturelles sur la Tour CN avant de la construire? (Vent, foudre, gravité, température) Comment y arriverais-tu?

En testant la conception dans diverses conditions, que ce soit dans des modèles informatiques, en effectuant des essais de matériaux ou avec des maquettes physiques, chaque test fournirait des données permettant aux ingénieurs de déterminer si les éléments de la conception sont utiles ou dangereux pour la conception finale. Les tunnels aérodynamiques ont été très utiles. Certains matériaux ne s'adaptent pas bien à l'échelle, mais en sachant combien de foudroiements se produisent dans la région de Toronto, on pourrait déterminer combien de fois la Tour CN risquait d'être frappée et ce qui serait nécessaire pour atténuer ces foudroiements.

Quelles forces naturelles ont dû être prises en compte avant de construire la Tour CN?

Comme nous l'avons expliqué ci-dessus, le vent, la température, la gravité, l'humidité (conditions météorologiques) sont tous des éléments importants. La géologie des terres sous la

Programme éducatif de la Tour CN – 7^e année – Forme et fonction

Tour et l'hydrologie – la façon dont l'eau s'écoule autour de la Tour et sous elle – étaient des facteurs importants dont il fallait tenir compte.

Comment ferais-tu pour vérifier l'impact de ces forces sur la conception de la Tour CN?

L'essai des matériaux à des échelles et dans des conditions diverses, fournirait des données utiles aux scientifiques et aux ingénieurs. Les maquettes peuvent aider à déterminer comment la forme pourrait être affectée dans certaines conditions, mais certains matériaux ne s'adaptent pas bien à l'échelle, ce qui doit être perçu comme une limitation.

Si tu devais concevoir et construire une structure semblable à celle de la Tour CN à l'aide d'objets de la maison, quels objets utiliserais-tu pour en faire une réplique précise?

Décris les objets que tu utiliserais et explique pourquoi tu choisirais ces matériaux.

Voilà une question subjective, mais un bon départ consisterait à comprendre comment différents matériaux peuvent supporter différents poids en fonction de leur forme.

Utilise l'espace ci-dessous pour commencer à concevoir ta structure. Réfléchis à ce que tu as appris sur la forme et la fonction ainsi qu'à l'endroit où pourrait être située ta structure.

Les réponses peuvent varier.

La Tour CN est symétrique; vue de l'extérieur, peu importe de quel endroit, toutes les faces (quant à la taille, la forme et la disposition des éléments) de la Tour CN sont identiques. Dis-nous pourquoi la symétrie est un élément important de la conception et de la construction de la Tour CN. Explique cela du point de vue de ton rôle dans l'équipe de projet. N'hésite pas à dessiner.

Les réponses peuvent varier.

Réfléchis à la nouvelle structure de ton équipe. Quel serait l'emplacement idéal en fonction de son but? Indique cet emplacement sur la carte et décris l'incidence qu'il aurait sur la zone qui l'entoure.

Les réponses peuvent varier.

Activités après la visite

1. **Conception et construction** Dans le cadre de cette activité, les élèves utiliseront leurs compétences en matière de résolution de problèmes technologiques pour concevoir et construire un modèle physique d'une structure de leur choix en utilisant des matériaux recyclés. Réunissez les équipes qui ont été constituées pour la visite à la Tour CN. Demandez aux élèves de faire ce qui suit en équipe :
 - i. Élaborer le plan d'une structure de leur choix (une tour, un pont, un véhicule, etc.) à construire à l'aide de matériaux recyclés. Le croquis doit inclure les mesures qui seront utilisées pour construire un modèle à l'échelle.
 - ii. Une fois le plan conçu, demandez aux élèves d'apporter les matériaux recyclables de la maison afin qu'ils puissent construire un modèle de leur structure. Le modèle doit être capable de supporter une charge prédéterminée (bloc, balle, poupée, figurine).
 - iii. Une fois la structure construite, utilisez un ventilateur pour en tester la solidité et la stabilité.
 - iv. Demandez aux élèves de préparer un rapport (verbal ou écrit) décrivant :
 - a. Le but de leur structure
 - b. L'incidence du but de la structure sur sa conception
 - c. Le processus de conception et de construction de la structure
 - d. Les forces externes qui peuvent affecter la structure
 - e. Les forces internes qui peuvent affecter la structure
 - f. Les caractéristiques de conception utilisées pour garantir la solidité de la structure
 - g. Le centre de gravité – où il se trouve et son incidence sur la stabilité
 - h. L'impact environnemental de la structure
 - i. Liste des outils nécessaires à la construction de la structure et des mesures de sécurité à prendre en considération
 - j. Les raisons expliquant pourquoi ils ont choisi ce type de structure en particulier
2. **Exercice de cartographie conceptuelle** Demandez aux élèves de dresser la carte de leur expérience et des enseignements tirés de leur visite à l'aide d'un organisateur graphique. Voici quelques exemples de sujets : la Tour CN, les structures célèbres, les structures et l'environnement, la construction d'une structure, etc. Cet exercice peut être réalisé seul ou en complément de l'une des autres activités énumérées ici (les élèves s'en serviront pour formuler leurs idées et structurer leur activité). Vous trouverez ci-joint un exemple d'organisateur graphique à utiliser comme modèle.
3. **Projet de recherche** Demandez à chaque élève de choisir trois tours ou trois merveilles du monde différentes et de préparer un rapport écrit sur les similitudes et les différences entre elles, leur taille et leur emplacement, l'époque de leur construction, leur objectif, les matériaux utilisés pour les construire, leurs principales caractéristiques de conception, la manière dont elles sont renforcées pour les protéger contre les éléments, ainsi que leur impact sur l'environnement.
4. **Concours de conception** Organisez un concours en classe, pour voir qui peut construire la structure la plus élevée. Individuellement ou en équipes de deux – donnez à chaque élève ou équipe 60 pailles, 60 trombones, du ruban adhésif et des ciseaux. Les élèves ont une heure pour construire la plus haute structure, à l'aide des matériaux fournis. Une fois que l'heure est écoulée, mesurez chaque structure pour déterminer la plus haute. Pour rehausser le niveau de difficulté, dites aux élèves que leur structure doit également être capable de supporter le poids d'un morceau d'argile de la taille d'une noix.

Programme éducatif de la Tour CN – 7^e année – Forme et fonction

- 5. Projet de recherche** Demandez aux élèves de rédiger un rapport décrivant les rôles et responsabilités d'un architecte, d'un constructeur, d'un ingénieur, d'un concepteur industriel et d'un scientifique dans la conception et la construction d'une structure. Quels ont été certains des défis rencontrés lors de la construction de la Tour CN? Quel est l'impact de la Tour CN sur les résidents, les touristes et l'économie? Si vous deviez construire une structure, où la construiriez-vous et pourquoi? Quelles sont les mesures à prendre avant de commencer la construction?

Programme éducatif de la Tour CN – 7^e année – Forme et fonction

Ressources en ligne et ouvrages

<http://www.great-towers.com/>

World Federation of Great Towers – fournit des informations sur les tours du monde entier.

<http://www.pbs.org/wgbh/buildingbig/index.html>

Un site Web formidable proposant une variété d'outils pédagogiques et d'activités d'apprentissage amusantes, notamment :

- Des laboratoires interactifs qui permettent aux élèves d'expérimenter les forces, les matériaux, les charges et les formes
- Des défis en ligne qui donnent aux élèves l'occasion de réparer et de construire diverses structures, dont un pont, un dôme, un gratte-ciel, un barrage et un tunnel
- Une banque de données sur les merveilles du monde
- Entretiens avec des ingénieurs
- Un guide pour les éducateurs avec des idées de planification et des activités pratiques (essayez la tour en journaux)

http://www.youtube.com/watch?v=JBpUZH5bZ_E

« Measure the height of any object » (en anglais) – Une vidéo YouTube sur la façon de fabriquer votre propre gadget de mesure de la hauteur en utilisant des matériaux de tous les jours.

<http://www.greatbuildings.com/>

Une excellente ressource présentant différents types de structures, des photos et l'histoire de bâtiments, de ponts et d'autres structures célèbres.

<http://www.pbslearningmedia.org/resource/arct14.sci.dsrise/high-rise/>

Dans le cadre de cette activité amusante, les élèves construisent une tour qui peut soutenir une balle de tennis à au moins 18 pouces du sol tout en résistant au vent d'un ventilateur.

<http://school.discoveryeducation.com/lessonplans/programs/stableandunstable/>

Structures stables et instables – un plan de cours amusant pour la classe dans lequel les élèves déterminent les facteurs à prendre en compte pour construire une structure stable et passent en revue divers matériaux de construction de ponts. La page contient aussi une liste de liens utiles.

<http://www.wonderclub.com/AllWorldWonders.html>

Liste complète des merveilles du monde (notamment les merveilles antiques, médiévales, naturelles, modernes et sous-marines).

<http://online.onetcenter.org/>

Outil en ligne pour explorer les différentes professions et les responsabilités associées.

The Random House Book of How Things Were Built (en anglais)

Brown, David J. New York: Random House, 1992.

Présente des illustrations détaillées, détails de coupe, décrivant les grandes structures de l'histoire, et du monde entier. Des diagrammes illustrent les principes de base de ces réussites d'ingénierie.

Build It!: Activities for Setting Up Super Structures (en anglais)

Keith Good. Lerner Publications, 1999.

Les projets simples et illustrés de ce livre permettent de comprendre comment différents éléments structurels, conceptions et matériaux affectent la stabilité, la résistance et l'équilibre d'une variété de structures lorsqu'elles sont soumises à des forces et charges variables.

Building Big (en anglais)

David Macaulay. Houghton Mifflin, 2000.

Le célèbre auteur et illustrateur de ce livre explore la construction de certains des exemples les plus célèbres de structures que nous voyons ou utilisons tous les jours – ponts, tunnels, gratte-ciel, barrages et dômes. Il examine les problèmes auxquels les constructeurs de chaque structure ont été confrontés et comment ces problèmes ont été surmontés grâce à une conception ingénieuse, à l'utilisation de matériaux et à des méthodes de construction.



L'ensemble du contenu est la propriété de la Tour CN