



Educatief pakket

Leerlingen-
fiches

1
2
3
4
5
6

SO

BOUW EEN AQUADUCT



Breng **TECHNIEK** naar je klas en bouw een Romeins aquaduct



Colofon

Dit educatief pakket werd gerealiseerd door Technopolis, het Vlaamse doe-centrum voor wetenschap en technologie in Mechelen.

Technopolis brengt in opdracht van de Vlaamse regering wetenschap en technologie dichterbij de mens.

Wees altijd voorzichtig!

Technopolis kan niet verantwoordelijk gesteld worden voor gebeurlijke schade of ongevallen tijdens het uitvoeren van de experimenten. Minderjarigen dienen de experimenten steeds uit te voeren onder toezicht van een volwassene.

Check ook www.experimenteer.be en ontdek verrassende experimenten om zelf in de klas te doen.

Voor meer informatie over het volledige aanbod: www.technopolis.be.

Het Technopolis-team

Technopolis - 2013

Alle rechten voorbehouden. Het educatief pakket mag enkel gebruikt worden voor educatieve doeleinden en mits correcte bronvermelding (©Technopolis). Het pakket mag onder geen beding gebruikt worden voor commerciële doeleinden.

1. Inleiding: Vers water voor de Romeinen

Tegenwoordig is het gemiddelde waterverbruik van een Belg 110 liter per persoon en per dag. Daarmee verschillen we niet zoveel van de doorsnee Romein die in zijn tijd al ongeveer 100 liter water per man en per dag gebruikte. Wanneer je het waterverbruik van fonteinen en badhuizen erbij telt, stijgt de teller tot maar liefst 500 liter per dag. Daarbovenop komt nog het water dat de Romeinen nodig hadden om zeeslagen na te spelen in hun amfiteaters.

Al dat water was niet zomaar rechtstreeks beschikbaar in de steden. Het water dat in de rivieren stroomde, was ruimschoots onvoldoende om de hoge levensstandaard van de Romeinen te behouden. Ze voerden dan ook water aan van verafgelegen bronnen, via lange waterleidingen of aquaducten. Die kan je vergelijken met ons huidige waterleidingnetwerk.

De aquaducten van de Romeinen zijn echte technologische hoogstandjes. Niet alleen zien ze er (nog steeds) indrukwekkend uit, ze zorgden er ongeveer 2000 jaar geleden al voor dat Romeinse steden voortdurend vers water ter beschikking hadden voor badhuizen, fonteinen en privaat gebruik.

2. Aquaduct: Wat moet je weten?

Om water van een waterbron (bijvoorbeeld een rivier) naar een stad te transporteren, moet het lichtjes bergaf vloeien. Omdat landschappen grillig kunnen zijn, moest het water dus afwisselend bovengronds, gelijk met het aardoppervlak of ondergronds stromen. Daarbij werd er door Romeinse ingenieurs over gewaakt dat de hellingsgraad van het aquaduct steeds ongeveer gelijk bleef. Zo ontstonden er geen stroomversnellingen of opstoppingen, maar stroomde het water aan een constante snelheid richting stad.

Opdracht 1

Een typisch Romeins aquaduct bestond uit verschillende onderdelen. Bij elk onderdeel staat een omschrijving. Lees die omschrijving aandachtig en bedenk in welke omstandigheden de Romeinen best voor deze oplossing kozen. Verbind vervolgens de onderdelen in de linkerkolom met de juiste toepassingen rechts.

OMSCHRIJVING		TOEPASSING		
<p>Overdekte gracht</p> 	<p>Voor een gracht zijn geen ondersteunende bogen of diepe tunnels nodig. De grachten werden overdekt om het stromende water te beschermen tegen winderosie en tegen vijanden.</p>	○	○	<p>Bij kleine hoogteverschillen in het landschap was het handig om deze eenvoudige bouwwerken te gebruiken. De weg werd dan wel versperd voor toevallige passanten.</p>
<p>Tunnel</p> 	<p>Om op meerdere plaatsen tegelijk aan de tunnel te kunnen werken, werden verticale schachten voorzien. De schachten dienden achteraf als dienstingang, waarlangs slaven onderhoud aan de ondergrondse watergang konden uitvoeren.</p>	○	○	<p>De Romeinen gebruikten dit type van overbrugging vanaf hoogteverschillen van 1,5 meter. Deze constructie zorgde ervoor dat de onderliggende weg voor oppervlaktewater en transportmiddelen niet versperd werd.</p>
<p>Leidingen onder druk</p> 	<p>Deze techniek maakt gebruik van de 'wet van de communicerende vaten', een natuurkundige wet die al gekend was bij de Oude Grieken. De wet van de communicerende vaten zegt dat het waterniveau in twee verbonden vaten steeds even hoog is, ongeacht wat het laagste punt van de verbinding is.</p> <p>Het water werd dan via een inloopbassin verdeeld over een aantal gesloten (loden) buizen, die de heuvel afgeleid werden. Onderaan de vallei, liepen de buizen over een kleinere brug om de onderliggende rivier niet te verstoren. Aan de andere zijde werd het water weer omhoog geleid en kwam het terecht in een open vergaarbak. Van daaruit kon het water weer de normale weg over land volgen.</p>	○	○	<p>Wanneer een vallei te breed of te diep was om het water er omheen of overheen te leiden, maakten de Romeinen gebruik van de deze techniek. Op die manier konden ze valleien overbruggen zonder een metershoge brug te bouwen. Op sommige plaatsen gebruikten de Romeinen deze techniek zelfs om het water onder een rivier door te laten stromen!</p>
<p>Muren</p> 	<p>Het water liep aan de bovenzijde van de muren door een open waterleiding.</p>	○	○	<p>Wanneer een heuvel of berg de waterweg blokkeerde, werd er voor deze optie gekozen.</p>
<p>Bogen</p> 	<p>De meest gekende en meest spectaculaire onderdelen van Romeinse aquaducten, zijn ongetwijfeld de grote bruggen met bogen.</p>	○	○	<p>Tachtig procent van de Romeinse aquaducten bestond uit dit onderdeel. Dit was de gemakkelijkste oplossing wanneer het aquaduct gewoon het aardoppervlak volgde.</p>

INFO: STERKE BOGEN



Bogen zijn erg sterke constructies die tegelijk eenvoudig te bouwen zijn. Een boog verwerkt haar belasting naar opzij, via drukkrachten. Zo'n boog is opgebouwd uit wiggen. De drukkrachten van de bovenste wig worden gelijkmatig naar rechts en links uitgeoefend. De aanliggende wiggen zetten deze drukkrachten gelijkmatig verder naar de volgende wiggen links en rechts. Uiteindelijk vangen de steunpunten de krachten op. De oudste bogen werden al zo'n 4 000 jaar geleden in Mesopotamië gebouwd. De Romeinen ontwikkelden het boogontwerp verder en bouwden spectaculaire aquaducten van meerdere bogen boven elkaar.

Wist je dat ...?

Het woord 'aquaduct' is afgeleid van de Latijnse woorden 'aqua' (water) en 'ducere' (leiden). De Romeinen hebben het aquaduct echter niet zelf uitgevonden. De Griekse historicus-filosoof Strabo schreef over deze bouwwerken in zijn werk Geographika uit het 7de jaar voor onze jaartelling. De Grieken deden dus de uitvinding, maar de Romeinen verfijnden de waterlopen en vergrootten de schaal om zo ganse steden van water te voorzien.

3. Vooraf: Op zoek naar waterleidingen

Steek alvast de handen uit de mouwen en ga op zoek naar materialen die water kunnen bevatten of transporteren. Verzamel met de hele klas (thuis of op school) zoveel mogelijk flexibele buizen, leidingbuizen, regenpijpen, trechters, flessen, jerrycans, emmers enzovoort. Kijk goed rond en evalueer of je voorwerpen uit je omgeving kan gebruiken om een aquaduct op kleine schaal na te bouwen. Zoek ook wat blokken of boeken om constructies in de hoogte te maken.

Opdracht 2

Stel jezelf voor elk voorwerp de vraag voor welk onderdeel je dit kan gebruiken: (overdekte) gracht, tunnel, boogbrug, leiding onder druk, verzamelbassin enzovoort. Schrijf in de tabel hieronder in de linkerkolom de namen van de voorwerpen die je gevonden hebt en in de rechtertabel het onderdeel van het aquaduct waarvoor deze voorwerpen kunnen dienen.

Gebbruiksvoorwerp	Onderdeel van het aquaduct

Wist je dat ...?

Het langste Romeinse aquaduct was het aquaduct van Valens dat vers water naar Constantinopel (het huidige Istanboel) vervoerde. Het oorspronkelijke aquaduct was meer dan 100 km lang!

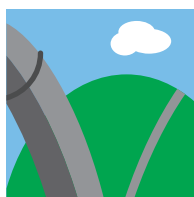
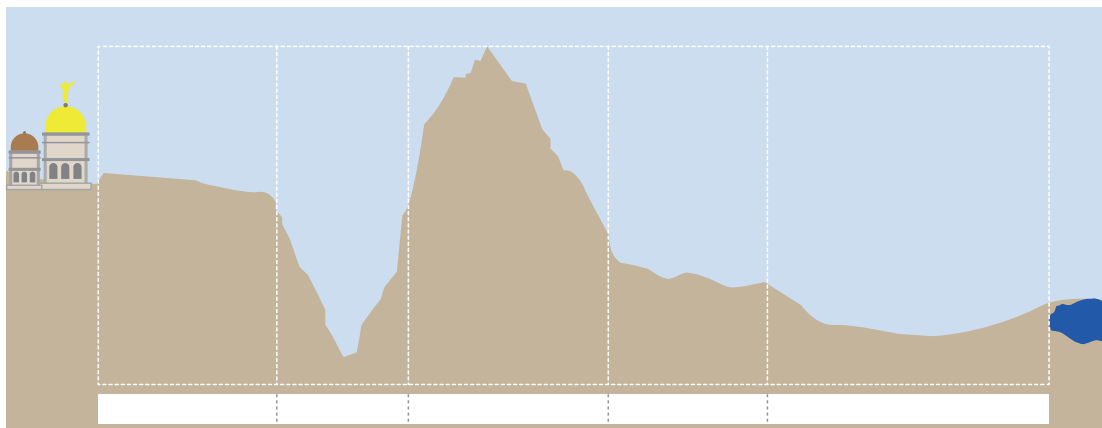
4. Experiment: Bouw een aquaduct!

Je weet nu welke onderdelen de Romeinen gebruikten voor de bouw van hun aquaducten. Ook heb je voorwerpen verzameld die je kan inzetten om zelf een aquaduct te bouwen. Ga nu zelf aan de slag en bouw een functioneel aquaduct!

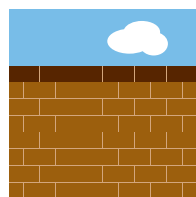
4.1 Virtueel aquaduct

Om op te warmen, kan je eerst onderstaande virtuele stad van water voorzien. De weg van de bron naar de stad verloopt grillig.

Kies voor elk vak op de tekening het juiste aquaduct-onderdeel. Schrijf de naam van het onderdeel onderaan het vak en teken het onderdeel op de tekening. Zorg voor een zachte helling, zodat de zwaartekracht zijn werk kan doen en het water van de bron naar de stad kan voeren.



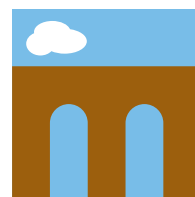
leiding onder druk



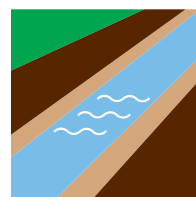
muur



tunnel



bogen



gracht

Vergelijk jouw oplossing met die van je medeleerlingen. Wat is goed? Wat kan beter?

4.2 Aquaduct in de klas

Tijd voor het echte werk! Je leerkracht maakte in de klas een parcours met een bron en een stad. Leid het water met behulp van een aquaduct van de bron naar de stad en gebruik daarbij zo weinig mogelijk materialen. Overwin de obstakels onderweg, probeer het water aan een continue snelheid bij de stad te laten aankomen en vermijd waterverspilling!

Wist je dat ...?

Het oude Rome was voorzien van maar liefst 11 aquaducten die elk water van een andere bron naar de stad vervoerden. In totaal stroomde er dagelijks meer dan 1,1 miljoen kubieke meter water naar Rome. Het waterleidingnetwerk dat naar Rome leidde, was in totaal ongeveer 470 km lang. Slechts 47 km daarvan was bovengronds. Door het water onder de grond te houden, bleef het fris en schoon.

a Maak een werktekening

Een echte ingenieur zet eerst zijn gedachten op papier. Teken het parcours na en duid aan op je tekening hoe het water moet stromen. Welke hoogteverschillen dienen overwonnen te worden? Welke onderdelen ga je gebruiken?

Leg hier uit waarom je welke onderdelen gebruikt:

Wist je dat ...?

Op onze biljetten van 5 euro staat ook een Romeins aquaduct. Het doet denken aan de Pont du Gard, maar dat is het niet. Op de eurobiljetten staan immers nooit bestaande bouwwerken, omdat de ontwerpers niet naar een specifiek land willen verwijzen.

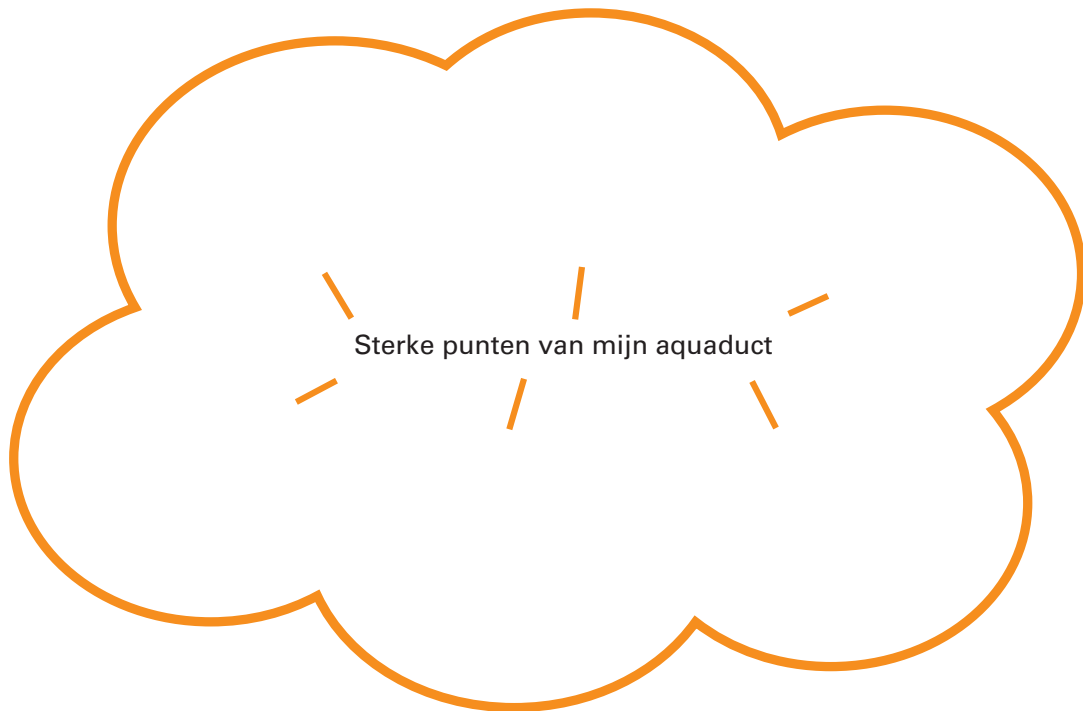
De afgebeelde, fictieve bouwwerken staan wel symbool voor een typische stijl in de geschiedenis van de architectuur, in dit geval de Grieks-Romeinse stijl. Het aquaduct op het 5 eurobiljet is wat ongelukkig aangepast. De helft van de pilaren van de tweede rij bogen staat immers op het zwakste punt van de eerste rij bogen. Deze constructie zie je nergens terug in werkelijkheid omdat ze niet stabiel is.



b Bouw een aquaduct

Zet nu nauwgezet je tekening om in de praktijk. Kies de onderdelen van je tekening uit en bevestig ze aan elkaar. Zet het aquaduct in werking door de bron te laten stromen. Wat zijn je bemerkingen? Geraakt al het water in de stad? Heb je verliezen (waterverspilling)?

Maak een 'wolk' van sterktes en zwaktes van jouw aquaduct in onderstaande kaders.



Hoe kan je de zwakke punten verbeteren? Op welke manier maak je je aquaduct sterker, nuttiger en minder verspillend? Motiveer!

Probeer de voorgestelde wijzigingen nu uit te voeren en verbeter je aquaduct. Is het gelukt? Evalueer!



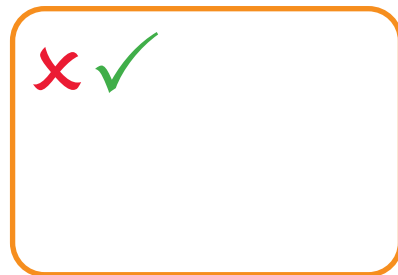
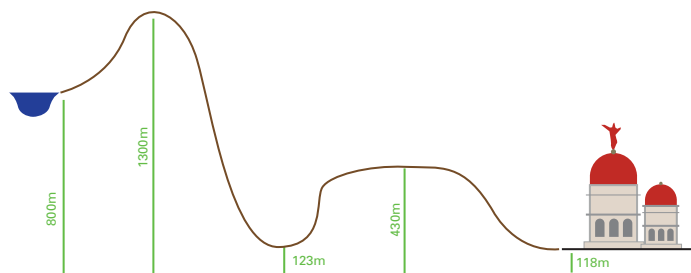
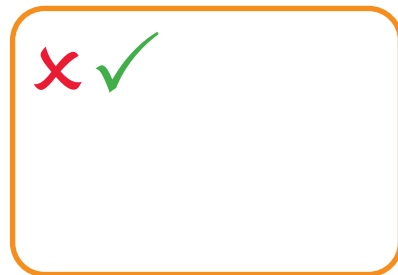
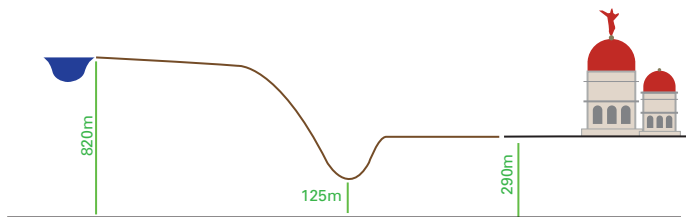
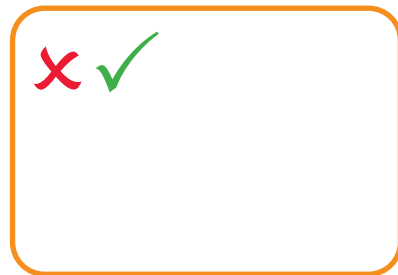
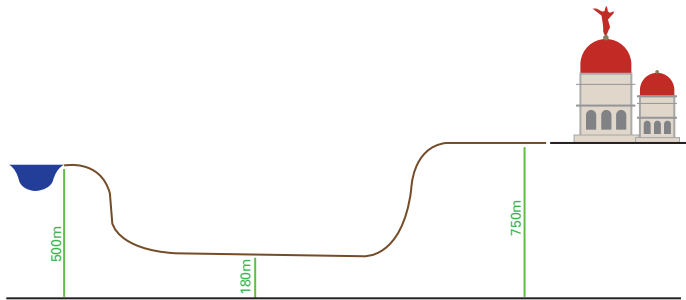
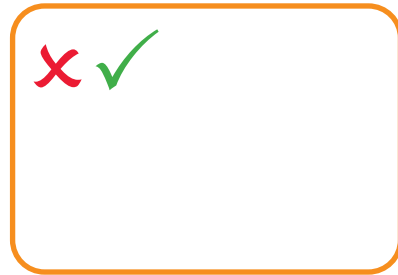
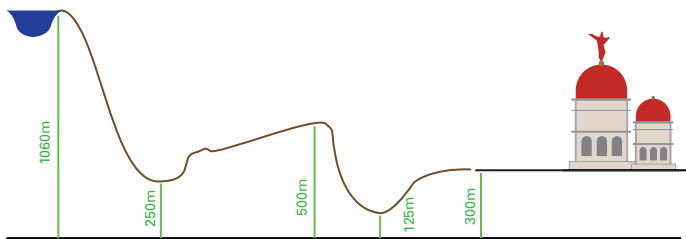
Wist je dat ...?

Het bekendste Romeinse aquaduct is de Pont du Gard in Nîmes (Frankrijk) uit de 1ste eeuw na Christus. De Romeinen bouwden dit 50 km lange bouwwerk, dat op de werelderfgoedlijst van UNESCO staat, om water vanuit een bron in Uzès (hoogte 71,5 m) naar de stad Nemausus (Romeinse naam van Nîmes, hoogte 60 m) te transporteren. Het gemiddelde verval van de waterleiding bedroeg slechts 23 cm per kilometer!



5. Extra opdracht: (On)mogelijk?

Hieronder zie je vier tekeningen. Op elke tekening staat een bron (blauw) en een stad (rood). Duid aan welke steden d.m.v. een aquaduct water kunnen ontvangen van de bron, met behulp van de onderdelen uit deze les. Indien het onmogelijk is om een aquaduct te bouwen, vertel dan waarom.

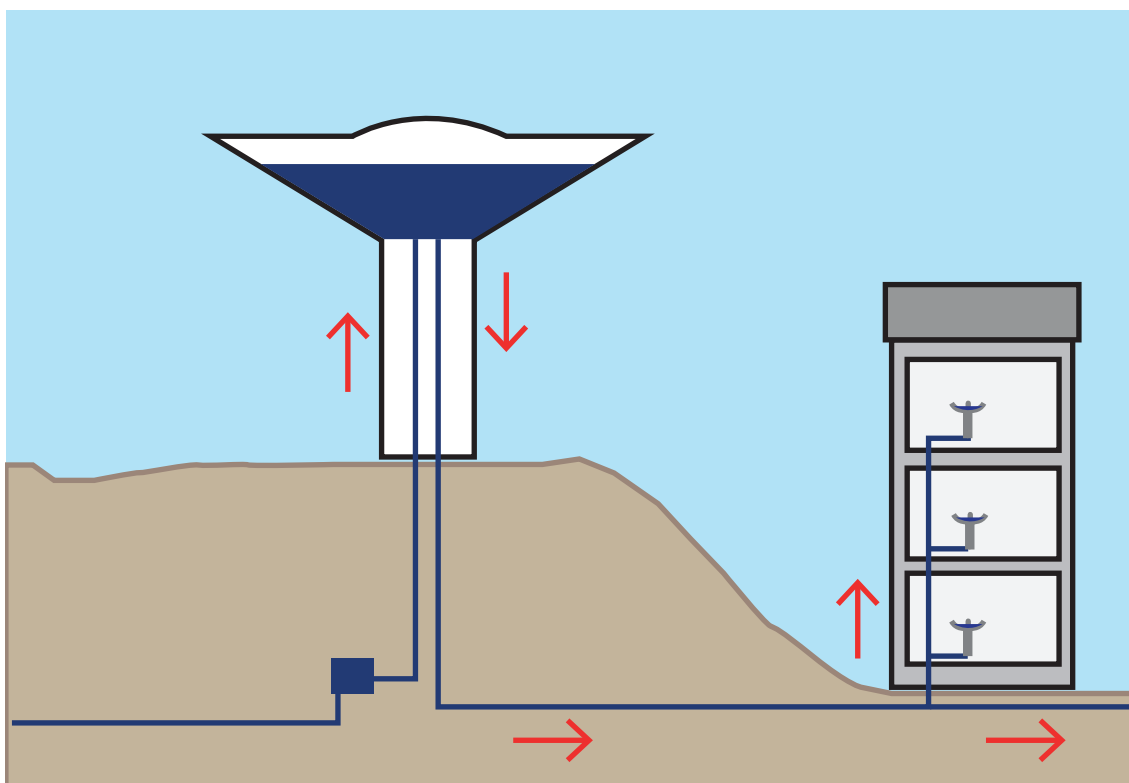


6. Watertorens: Watertransport in onze tijd

Tegenwoordig gebruiken we geen aquaducten meer, maar we maken nog wel steeds gebruik van de wet van de communicerende vaten. Op strategische plaatsen in ons landschap staan watertorens waarin het waterpeil via een pomp quasi continu op hetzelfde peil gehouden wordt. Dat peil is hoger dan de huizen die de watertoren van water voorziet. De waterleidingen in de huizen zijn verbonden met de watertoren via een ondergronds leidingnetwerk.

Wanneer je thuis een kraan opendraait, loopt er water uit de kraan. Dat komt doordat de watertoren en je huis nu 'communicerende vaten' zijn. Het hoge waterpeil in de watertoren wil gelijk komen te staan met het waterpeil van je huis (dat leeg is). Het is dus de kwestie om de kraan op tijd weer dicht te draaien!

Watertorens zijn smal aan de basis en breed aan de top om de schommelingen in het waterniveau zo klein mogelijk te houden. Een watertoren moet steeds hoger zijn dan het hoogste flatgebouw dat hij van water voorziet. Hoe hoger in het flatgebouw, hoe lager de waterdruk en hoe minder krachtig de waterstraal die uit de kraan komt.





Fietsen op een kabel op vijf meter hoogte? Zelf een vliegtuig veilig aan de grond zetten? Een dutje doen op een spijkerbed? Wandelen op de maan? Je beleeft het allemaal in Technopolis, het Vlaamse doe-centrum voor wetenschap en technologie.

Aankomen móét

Hier voel je, probeer je en ervaar je alles helemaal zélf. Want wat je zélf doet, begrijp je beter! Zo leer je op een toffe, spannende manier iets bij over wetenschap en technologie. Je zal al snel merken dat wetenschap allesbehalve saai is. En dat wordt het ook nooit, want het aanbod van Technopolis verandert voortdurend, waardoor je bezoek telkens anders verloopt.

Wetenschappe-leuk

Technopolis is niet alleen leerrijk, het is ook leuk en spannend. Je wordt er verrast met toffe shows en demo's, waarin de edutainers van Technopolis je de wondere wereld van de wetenschap doen ontdekken. Laat ze bijvoorbeeld je haren rechtop zetten. Neen, niet met gel of haarlak, maar met ... statische elektriciteit!

Nieuwsgierig?

Dat zijn we allemaal!

Technopolis is er voor jonge ontdekkers én oudere onderzoekers. Iedereen maakt er kennis met de technologie en wetenschap die achter dagdagelijkse zaken schuilgaan.

Leren is nooit saai

Basis- en secundaire scholen ruilen hun schoolbanken in voor een educatieve dag vol wetenschap én plezier in Technopolis. Leerlingen gebruiken hun zoekboekje als houvast, of volgen tijdens de e-rally een interactieve themaroute. Ze worden – figuurlijk – van hun sokken geblazen in het Lab met chemische proefjes en in het Atelier vol technologische snufjes. En natuurlijk is er ook een tot de verbeelding sprekende wetenschapsshow. Achteraf zetten leerkrachten de pret gewoon verder met het gratis educatief lesmateriaal van Technopolis, te downloaden via www.technopolis.be. Of je haalt met de spectaculaire scholenshow een lading wetenschappelijke fun en technische kennis gewoon naar jouw klas!

TECHNOPOLIS



TECHNOPOLIS



 Technologielaan
B-2800 Mechelen

 +32 15 34 20 00

 info@technopolis.be

 www.technopolis.be



Volg ons overall!

