

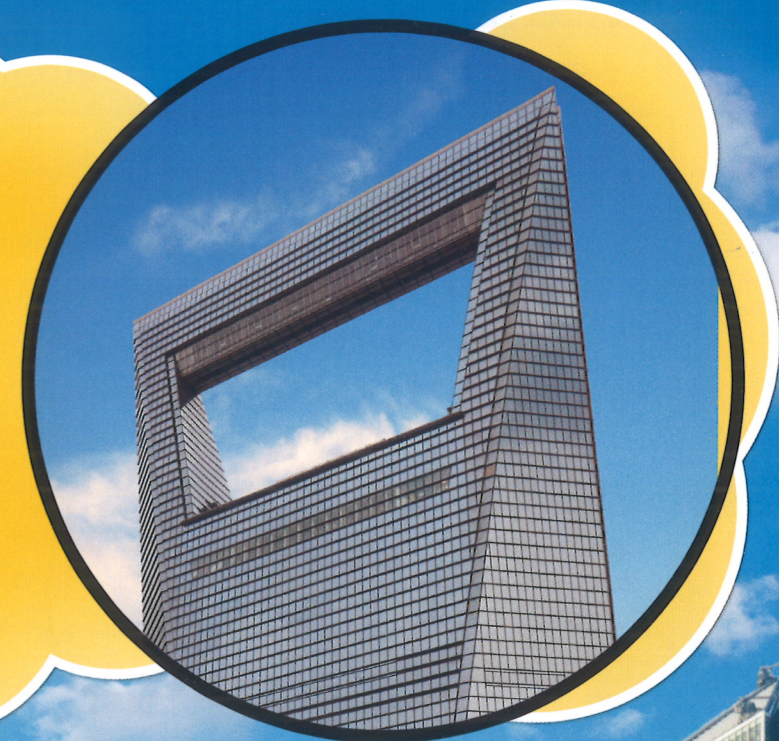
## LATERALE SYSTEMEN

Sommige mensen worden zeeziek in heel hoge wolkenkrabbers. Deze gebouwen wiegen bij krachtige wind enkele meters heen en weer. Bouwkundigen houden bij het ontwerp van gebouwen rekening met de windkracht. En ook met aardbevingen. Beide natuurkrachten kunnen een gebouw heen en weer laten wiegen of schudden. Deze belastingen van opzij noemen we laterale belastingen. Elk bouwwerk moet een systeem hebben om laterale belastingen te weerstaan.

De vorm en grootte van een gebouw zijn van invloed op de windbelasting. Grote, brede gebouwen hebben meer last van de wind dan korte, smalle.

## SHANGHAI WORLD FINANCIAL CENTER

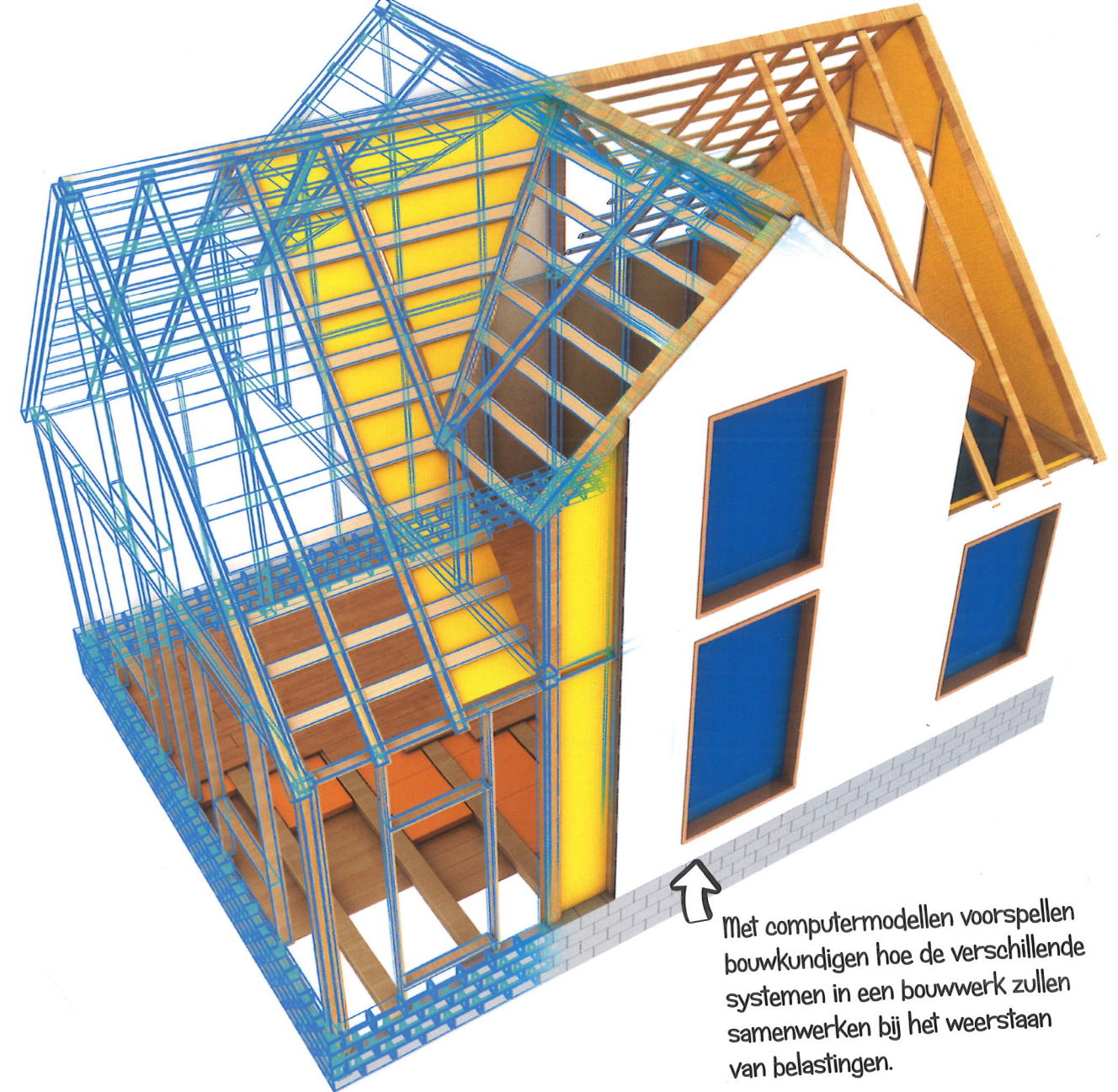
Het Shanghai World Financial Center in China is een van de hoogste wolkenkrabbers ter wereld. Het heeft een groot gat bovenin. Dat gat laat de wind door, zodat de windkrachten minder vat hebben op het gebouw.



Wind die tegen hoge gebouwen blaast is ook van invloed op lagere gebouwen in de buurt. En ook op de mensen in de straten eromheen. Als een reusachtig zeil verandert een wolkenkrabber de richting van de wind. Wanneer een windvlaag een hoog gebouw raakt, wervelt de wind omlaag tot op straatniveau. Bouwkundigen moeten daar rekening mee houden bij het ontwerpen van nieuwe wolkenkrabbers.

## DWARSVERBINDINGEN EN VERSTIJVINGSWANDEN

Bepaalde onderdelen van een bouwwerk vangen laterale belastingen op. Ze geven die krachten door aan de fundering. Het makkelijkst te herkennen laterale systeem is de dwarsverbinding. Dwarsverbindingen zijn kleine, kruislings aangebrachte stukken metaal. Ze hebben de vorm van een X of K tussen kolommen. Sommige hoge gebouwen lijken wel van glas gemaakt, maar de versterking zit verborgen achter de glaspanelen. De muren, daken of vloeren van een gebouw kunnen ook deel uitmaken van het laterale systeem. Een muur die onderdeel is van een lateraal systeem heet een verstijwingswand. Verstijwingswanden hebben speciale verbindingen om zijdelingse belastingen te weerstaan.



Met computermodellen voorspellen bouwkundigen hoe de verschillende systemen in een bouwwerk zullen samenwerken bij het weerstaan van belastingen.

Bouwkundigen denken bij het ontwerpen van bouwwerken altijd aan **efficiëntie**. Soms worden muren, daken of vloeren ontworpen als onderdeel van meer dan één systeem. Bouwkundigen gebruiken computermodellen om een heel bouwwerk te ontwerpen. Ze passen de dode last en de mogelijke tijdelijke belastingen op een gebouw toe op het model. Zo kunnen ze de krachten bepalen op elk deel van het gebouw. Vervolgens kunnen ze het juiste materiaal en de juiste grootte kiezen voor elk onderdeel van het bouwwerk.

## AARDBEVINGSBESTENDIG BOUWEN

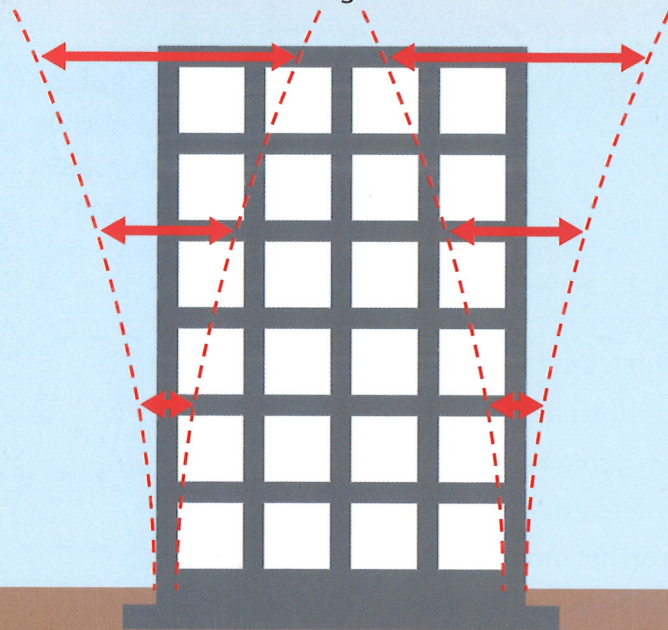
Gebouwen in aardbevingsgebieden zijn gebouwd om de schuddende krachten van een aardbeving te weerstaan. De meeste gebouwen raken beschadigd bij een aardbeving. Maar speciale systemen kunnen voorkomen dat een gebouw instort.

Er wordt bijvoorbeeld trillingsisolatie toegepast. Dat systeem laat een gebouw meebewegen met een aardbeving en voorkomt zo dat het breekt.

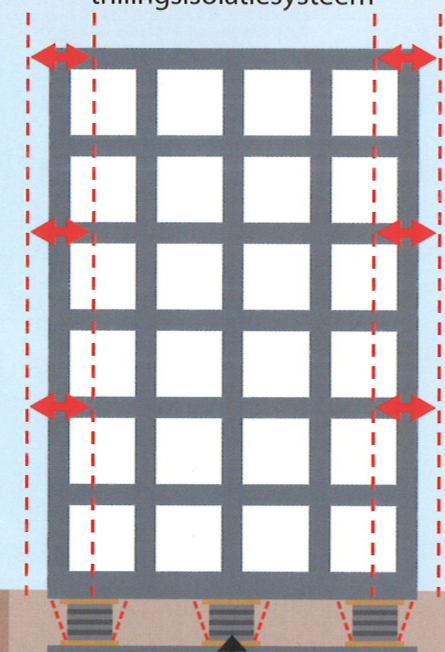
Bij een trillings-isolatiesysteem wordt een gebouw gebouwd op platen: **opleggingen**. Opleggingen zijn van rubber of lood gemaakt. Deze elastische materialen rekken uit en bewegen mee met een aardbeving. Daarna keren ze weer langzaam terug naar hun oorspronkelijke positie.

Een massademper is een ander systeem tegen aardbevingen. Het is een zwaar gewicht dat aan een hoge verdieping in een gebouw hangt. Wanneer aardbevingsgolven door de onderkant van het gebouw trekken, worden de krachten overgebracht op het slingerende gewicht van de massademper. Het slingeren werkt de aardbevingskrachten tegen en houdt zo het gebouw stabiel.

Bouwen zonder systeem om de beweging van aardbevingen te weerstaan



Bouwen met een trillingsisolatiesysteem

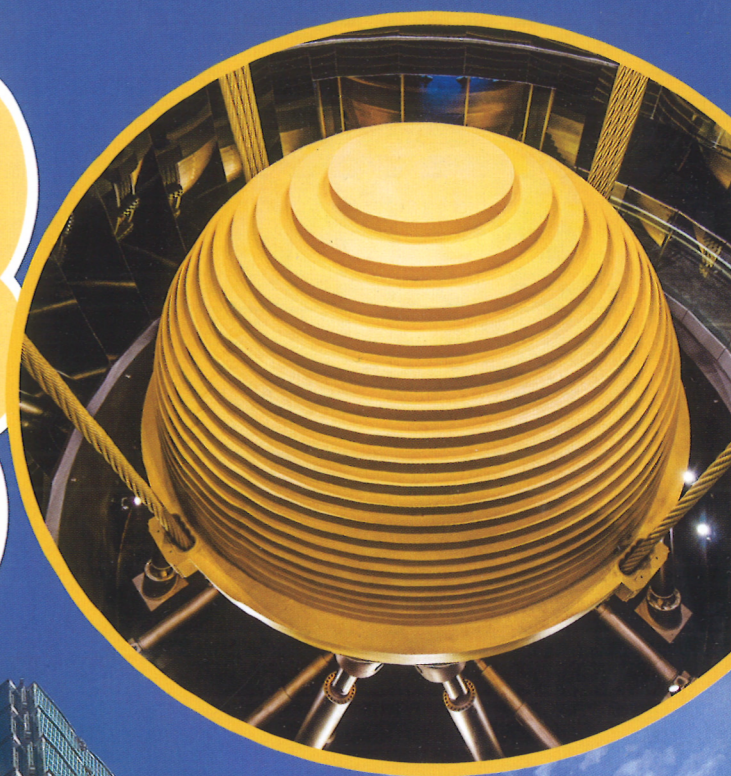


→ beweging

↑ opleggingen

## DE MASSADEMPER VAN TAIPEI 101

Taipei 101 in Taiwan is een van de hoogste gebouwen ter wereld. Tussen de 87e en 92e verdieping hangt een 660 ton zware bol. Deze enorme massademper slingert tot 1 meter heen en weer. Hij stabiliseert het gebouw bij orkaanwinden en aardschokken.



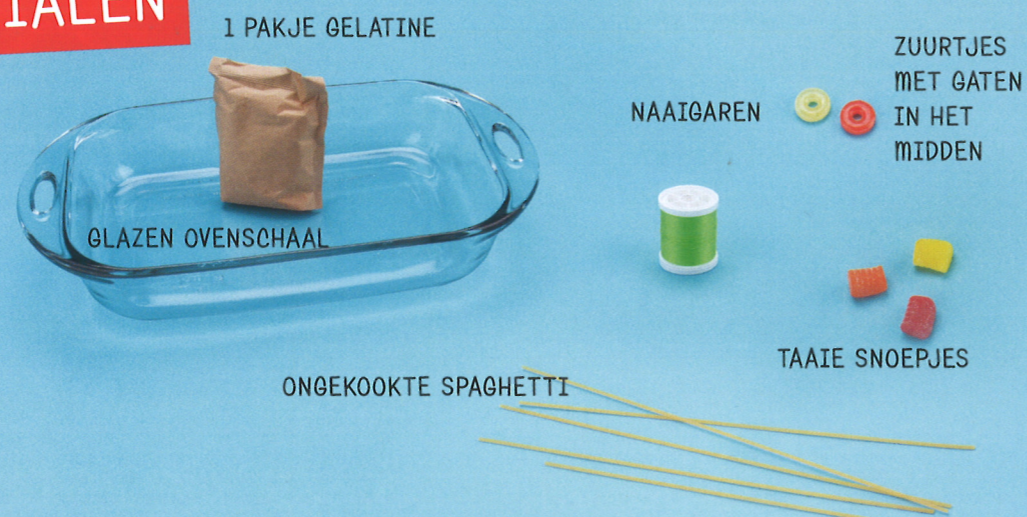
**oplegging** loden of rubberen steunpunt dat onderdeel is van een trillingsisolatiesysteem



# EXPERIMENTEER MET LATERALE BELASTINGEN

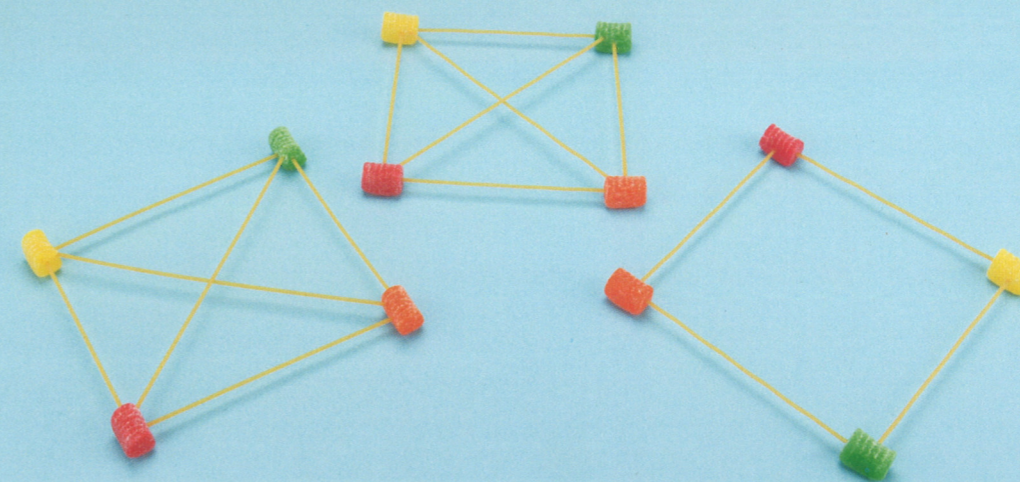
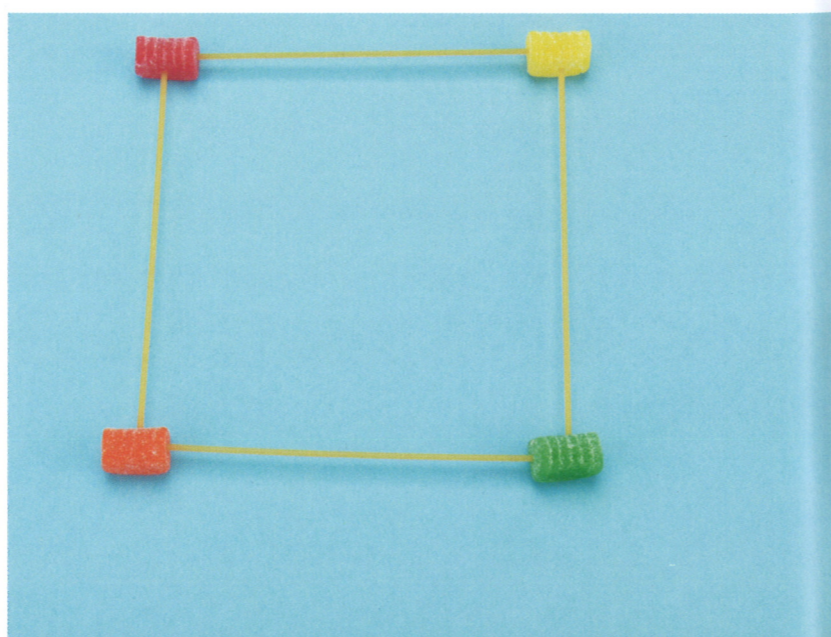
Gebruik spullen uit je keuken om je eigen toren te bouwen.  
Test de toren vervolgens op belastingen door wind en aardbevingen.

## MATERIALEN

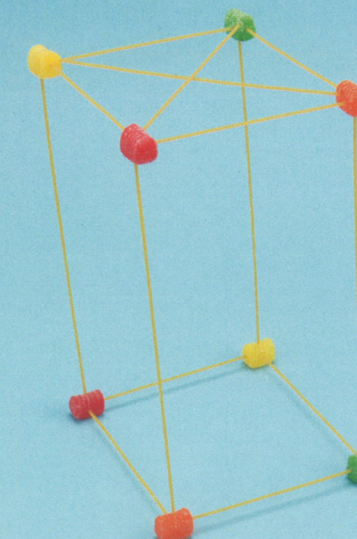


## STAPPEN

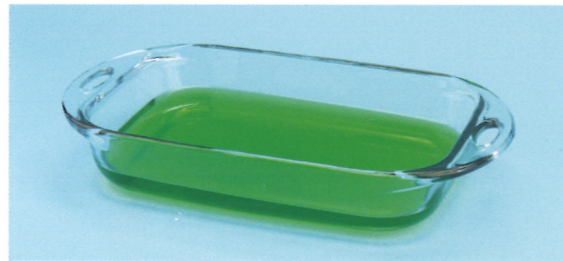
- 1 Breek twee spaghettistengels in twee helften. Leg de stukjes zo neer dat ze een vierkant vormen. Gebruik taaie snoepjes op de hoekpunten om het vierkant bij elkaar te houden.
- 2 Herhaal stap 1 om nog twee vierkanten te maken.



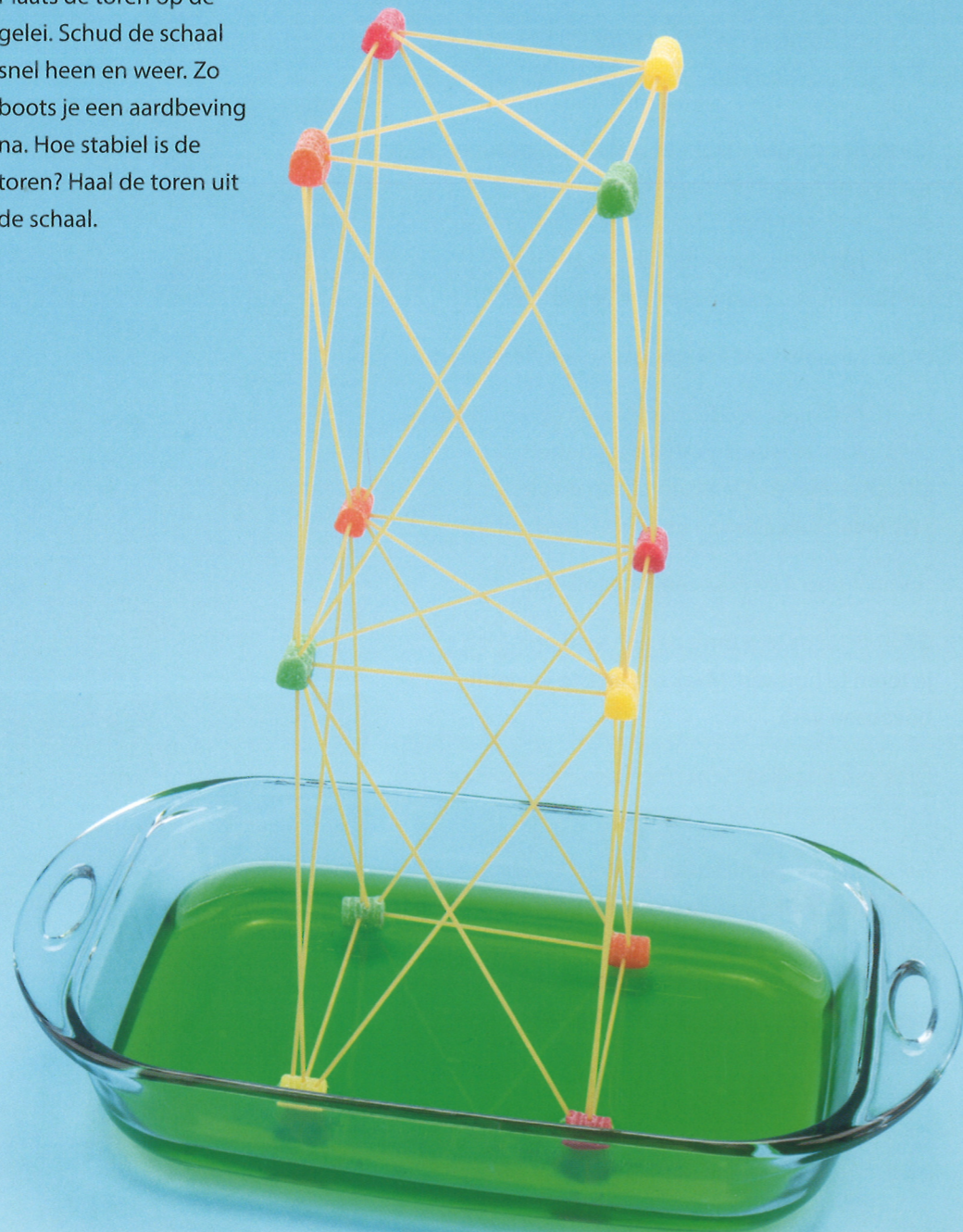
- 3 Breek vier stukjes spaghetti af die lang genoeg zijn om de diagonale hoekpunten van een vierkant te verbinden. Maak er bij twee vierkanten een X-verbinding mee. Je hebt nu twee vierkanten met diagonalen en één zonder.
- 4 Breek 2,5 centimeter af van vier spaghettistengels.
- 5 Leg het vierkant zonder diagonalen op een tafel. Gebruik de afgebroken stukjes spaghetti om pilaren te maken. De pilaren gaan dit vierkant verbinden met een van de andere vierkanten.
- 6 Herhaal stap 4 en maak nog vier pilaren.
- 7 Gebruik de pilaren om nog een verdieping op je toren te bouwen. Maak het laatste vierkant bovenaan vast.
- 8 Duw van de zijkant tegen een bovenste hoekpunt van de toren. Wat gebeurt er?
- 9 Gebruik hele spaghettistengels om X-vormige dwarsverbindingen tussen enkele pilaren te maken. Test de toren door weer tegen de zijkant te duwen. Hoeveel dwarsverbindingen heb je nodig zodat de toren de duwkracht kan weerstaan?



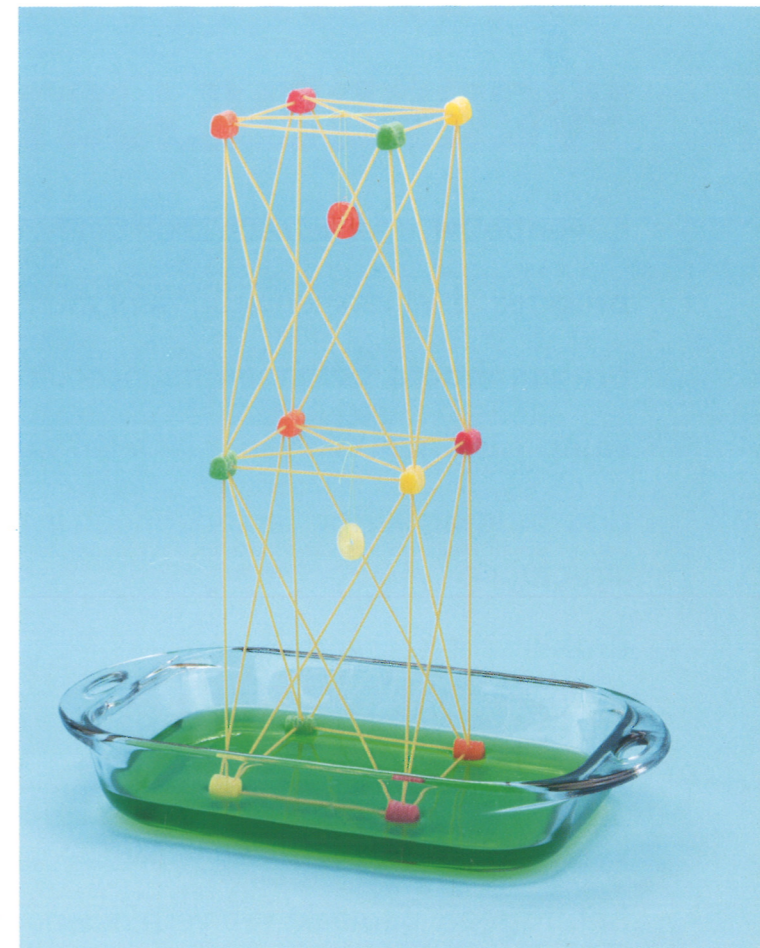
- 10** Voor een aardbevingstest maak je gelei volgens de aanwijzingen op het pakje gelatine. Giet de gelei in de glazen ovenschaal en laat opstijven in de koelkast.



- 11** Plaats de toren op de gelei. Schud de schaal snel heen en weer. Zo boots je een aardbeving na. Hoe stabiel is de toren? Haal de toren uit de schaal.



- 12** Haal een garen draad door het gaatje van een zuurtje en hang het snoepje aan het midden van de bovenste X. Laat het snoepje zo'n 8 centimeter omlaag hangen vanaf de bovenkant van de toren.
- 13** Herhaal stap 12, maar hang het snoepje aan de middelste X. De hangende snoepjes zijn je massadempers.
- 14** Plaats de toren weer op de gelei. Schud de schaal weer heen en weer. Gaan je massadempers de krachten van de 'aardbeving' tegen?



## WAT GEBEURT ER?

In dit project heb je geëxperimenteerd met twee verschillende laterale systemen. De X-dwarsverbindingen ondersteunden het bouwwerk tegen zijdelingse krachten. Toen de toren met golfachtige trillingen te maken kreeg, zorgden de hangende snoepjes voor tegenwicht. Ze hielden de toren overeind, net als de massadempers in wolkenkrabbers.

Het zijn de bouwkundigen die vernieuwingen zoals massadempers bedenken. Blijf experimenteren met bouwkunde. Misschien ga jij wel de gebouwen van de toekomst bouwen!