

# Wet van hydrostatische druk<sup>1</sup>

Godts Philippe

## Context van het experiment

De meeste experimentele opstellingen voor hydrostatische drukwetten zijn gebaseerd op het gebruik van een membraansonde die door middel van een flexibele slang is aangesloten op een U-buismanometer.

Deze manier van werken levert een logisch probleem op dat de meeste studenten kan storen: het aflezen van de druk door het interpreteren van het verschil in de vloeistofniveaus die in de twee takken van de U-vormige buis worden bereikt, is gebaseerd op de hydrostatische drukwet die het opbouw naar voren zou moeten tonen. We willen daarom dat de studenten deze wet verifiëren... in de veronderstelling dat deze al bekend is.

Bovendien is de vervorming van het gebruikte membraan van de sonde zelden evenredig met de uitgeoefende druk, en dit is hoogstens alleen het geval bij een kleiner meetbereik.

Het samenstel dat in dit experiment wordt voorgesteld, is gebaseerd op de druk die wordt uitgeoefend door een sluiters die het ene uiteinde van een in een vloeistof ondergedompelde holle cilinder sluit. Deze aanpak heeft verschillende voordelen:

- De student herinvesteert reeds bekende wetten in een nieuwe context (evenwichtswet van een voorwerp onderworpen aan twee krachten, drukwet  $p = F/S$ , gewicht-massarelatie  $G = mg$ ).
- De student kan de waarden van de druk berekenen door enkele eenvoudige berekeningen.
- De student voelt zelf het effect van de druk wanneer hij de cilinder in de vloeistof duwt.
- De student moet voorzichtig zijn bij het uitvoeren van het experiment en krijgt inzicht in de meetfouten.

Deze experiment vraagt dus om verschillende handigheden, maakt pedagogische differentiatie mogelijk en zorgt voor duurzamer leren. Omgekeerd is het iets moeilijker uit te voeren dan het klassieke experiment en is het niet geschikt om de niet-invloed van de oriëntatie van het oppervlak te benadrukken.

## Leerdoelen

Bepaal de parameters die de waarde van de hydrostatische druk beïnvloeden in het geval van een onbepaalde vloeistof, kwantificeer deze invloed indien nodig.

## Voorgesteld materiaal:

Holle cilinders met verschillende diameters<sup>2</sup> voorzien van een meetstaaf om de diepte van onderdompeling van de cilinders in de vloeistof te meten, sluiters<sup>3</sup> uitgerust met een touwtje, gewichten doorboord met een gat en in de cilinder in passen<sup>4</sup>, huishoudweegschaal, schuifmaat, container, water.

<sup>1</sup>Zie het originele blad: <http://lenseignement.catholique.be/fesec/sectors/sciences/?p=2693>, gebaseerd op een idee van Philippe Godts en Dominique Waterloo.

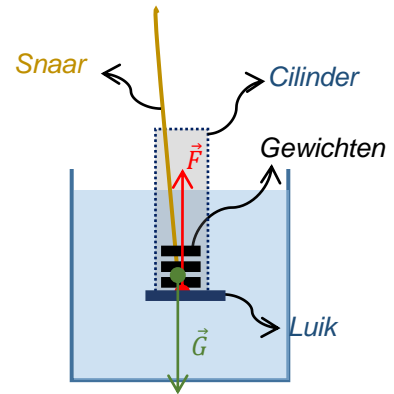
<sup>2</sup>Er kan een stuk pijp met een diameter van 40 mm of meer worden gebruikt waarvan het ene uiteinde een zuivere snede heeft, of een uitgehold blik. U kunt de scherpte van de snede verbeteren door de cilinder te wrijven op schuurpapier dat plat op een tafel is gelegd en steeds fijnere korrels te gebruiken.

<sup>3</sup>Het luik moet idealiter worden ontworpen in een materiaal met een dichtheid vergelijkbaar met die van water (polycarbonaat, plexiglas, PVC, enz.) en zorgen voor een optimale afdichting zonder echter aan een van de basissen van elke cilinder te hechten. Met cd-hoesjes worden redelijk goede resultaten behaald. Maak een gat in het midden van de obturator met een verwarmde spijker, steek het ene uiteinde van de draad er doorheen en sluit het met een lijmpistool.

<sup>4</sup>Dit kunnen gesplitste gewichten zijn die worden geleverd door bedrijven in onderwijsmateriaal, of bouten, ringen, enz.

Procedure

1. Stel de sluiters aan het ene uiteinde van de cilinder zo af dat het touwtje door de cilinder gaat, en dompel dit uiteinde onder in de met water gevulde bak terwijl je aan het touwtje trekt. Laat vervolgens het touwtje los.
2. Haal de cilinder en de sluiters uit het water. Plaats gewichten op de sluiters en bepaal het gewicht  $G$  van de sluitersballastconstructie. Plaats de cilinder terug op de sluiters en dompel het geheel onder tot de maximale diepte terwijl u aan het touwtje trekt. Laat het touwtje los, breng de cilinder langzaam omhoog en noteer de dompeldiepte  $h$  waarop de sluiters wordt losgemaakt van de cilinder.
3. Herhaal het experiment meerdere keren door de ballast aan te passen. Meet vervolgens de buitendiameter van de cilinder en de sectie  $A$  van de buis.
4. Neem cilinders van verschillende secties en zoek de waarde van de ballast om op de sluiters te plaatsen, zodat deze bij een bepaalde onderdompelingsdiepte loskomt.



Opmerking voor de leraar

Wanneer de ondergedompelde cilinder langzaam wordt opgetild, precies op het moment dat de sluiters wordt losgemaakt, kan worden aangenomen dat deze slechts aan twee krachten wordt onderworpen: het gewicht  $G$  van het stel ballast-sluiters naar beneden gericht en de drukkracht van water op de sluiters naar boven gericht.  $\vec{F}$ <sup>5</sup> Op dit moment houzijden deze twee krachten in evenwicht en  $F = G$ .

Merk op dat we in werkelijkheid rekening moeten houden met de kracht van Archimedes die de sluiters heeft ondergaan. Maar andere foutfactoren zijn veel belangrijker: water kan de cilinder al binnendringen voordat de sluiters wordt losgemaakt, de aflezing van de onderdompelingsdiepte is nogal onnauwkeurig...

Door het quotiënt van de drukkracht door de sectie te berekenen, verkrijgen we de werkelijke waarde van de druk (ten opzichte van atmosferische druk):  $p = \frac{F}{A}$

Om de invloed van de oriëntatie van het oppervlak te bestuderen, kan men proberen de cilinder iets te kantelen.

Presentatie van de resultaten

Studie van de invloed van diepte (bij constante doorsnede).  $A = \dots$

$h_{(m)}$	$F_{(NIET)}$	$p_{(Pa)}$	$p/h_{(Pa/m)}$
...			

Het is handig om deze tabel aan te vullen met een grafiek van de druk als functie van de diepte. (De drukkracht, en dus de druk, is recht evenredig met de diepte)

Studie van de invloed van de doorsnede (bij constante dompeldiepte).  $h = \dots$

$A_{(m^2)}$	$F_{(N)}$	$p_{(Pa)}$

Het is nuttig deze tabel aan te vullen met een grafiek van de drukkracht als functie van de doorsnede. (De drukkracht is bijna recht evenredig met de sectie: de sectie heeft normaal geen invloed op de druk)

<sup>5</sup>Het is eigenlijk de resultante van de drukkrachten die op de onderwand en de bovenwand van de sluiters worden uitgeoefend. Maar deze krachten zijn overal in evenwicht, behalve op het gedeelte van de sluiters dat overeenkomt met het gedeelte van de cilinder. We kunnen dus zeggen dat de drukkracht (resultierend) van het water naar boven wordt uitgeoefend op een oppervlak waarvan de oppervlakte  $A$  overeenkomt met de doorsnede van de cilinder.

*Varianten*

- A. Als je een krachtsensor hebt (aangesloten op een pc), kun je deze gebruiken om de sluiters naar beneden te duwen via een lichtstaaf die door de binnenkant van de cilinder gaat. De maximale waarde van de geregistreerde kracht komt overeen met de drukkracht.
- B. Om de onafhankelijkheid van de oriëntatie van het oppervlak aan te tonen, kan men een klassieke manometrische capsule gebruiken die is verbonden met een U-buis. We observeren de variaties van het waterniveau in de U-buis wanneer men met de vinger op de capsule drukt, dan wanneer het wordt ondergedompeld in verschillende vloeistoffen, op verschillende diepten en in verschillende oriëntaties.
- C. U kunt ook direct een druksensor gebruiken die is aangesloten op een manometer of een pc.
- D. Kwalitatieve waarnemingen kunnen worden gedaan door een cilinder in het water te duwen die aan de uiteinden is afgesloten door stukjes ballon en die een zijopening heeft die is verbonden met een flexibele buis die in verbinding staat met de buitenlucht. Dit experiment maakt het mogelijk om het drijfvermogen van Archimedes te interpreteren in termen van de drukverschillen tussen het onderoppervlak en het bovenoppervlak van een vaste stof ondergedompeld in een vloeistof.
- E. Je kunt ook gewoon een fles met gaten op verschillende hoogtes onderdompelen...

*Om verder te gaan*

- A. Bestudeer de hydrostatische paradox met behulp van het stuk buis uit punt D hierboven: vul geleidelijk de binnenkant van de buis met water door de buis die op een lage hoogte wordt gehouden, en til dan geleidelijk het vrije uiteinde van de buis op terwijl u de vormstukken van de ballon observeert.
- B. Bestudeer communicerende vaten met behulp van twee injectiespuiten die met elkaar zijn verbonden door middel van een vrij lange flexibele buis. Controleer de horizontaliteit van de vloer van de klas of van de bank met behulp van dit systeem.
- C. Gebruik een U-buismanometer om de druk in een opgesloten gas te vergelijken met de atmosferische druk.