

# **Physique du Bâtiment I**

## **Phénoménologie**

**Chapitre 1**      **Course solaire**  
                        **Ombre portées**

**Chapitre 2**      **L'air humide**  
                        **Diagrammes**  
                        **psychrométriques**  
                        **Chaleur sensible / latente**

**Chapitre 7**      **Confort thermique**

**Chapitre 3**      **Hydrostatique**  
                        **Hydrodynamique**

**Chapitre 4**      **Conduction**  
                        **Convection**  
                        **Rayonnement**

## Résumé

### Tension superficielle

- Force de tension

Présence à l'*interface* de deux milieux différents

$$F = \sigma d$$

$\sigma$  [mN/m] Coefficient de tension superficielle  
 $d$  [m] Périmètre libre

- Surpression dans une goutte d'eau

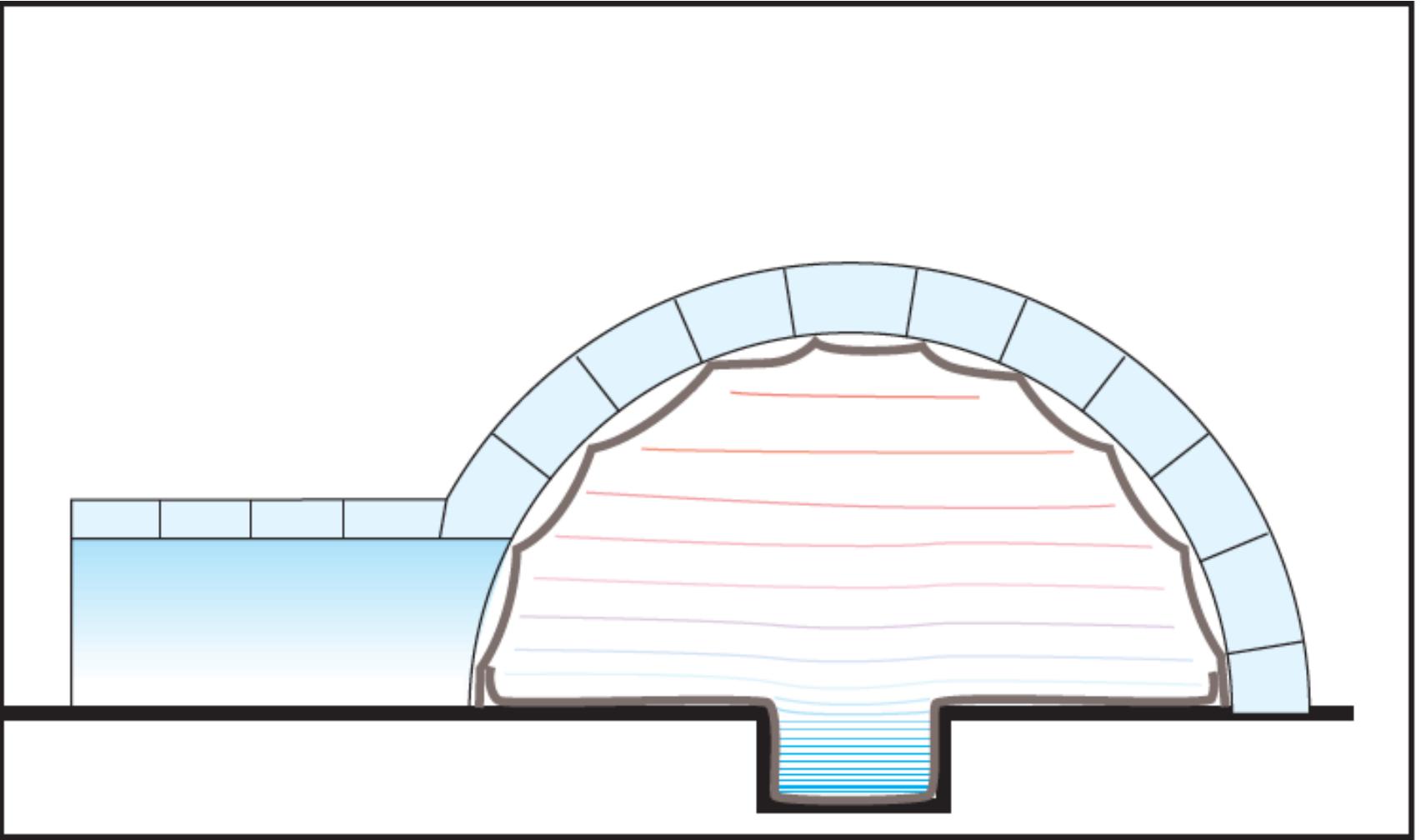
$$\Delta p = 2\sigma/r$$

$r$  [m] Rayon de la goutte d'eau

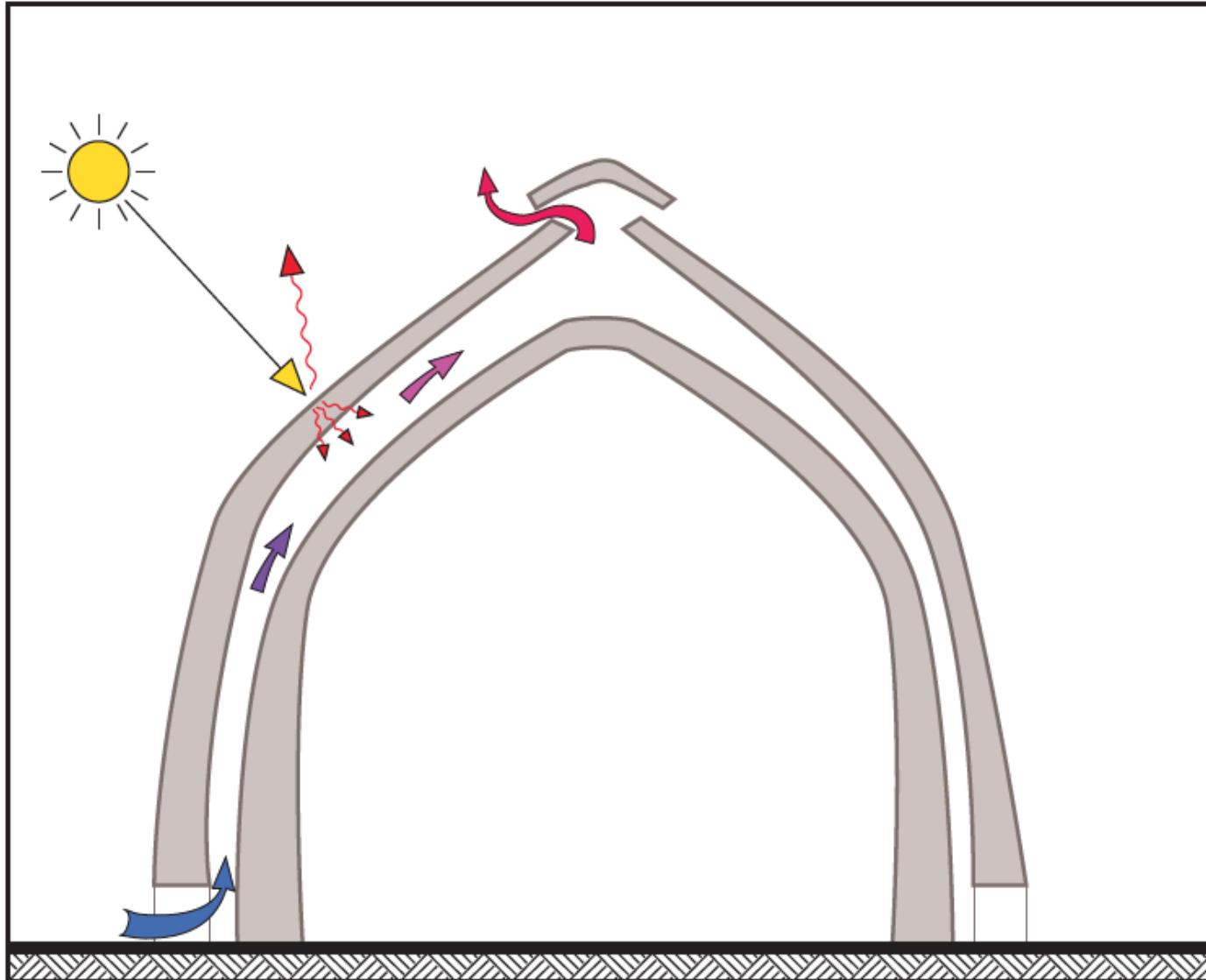
- Ascension capillaire

$$\Delta h = 2\sigma/\rho gr \cos\alpha$$

$\alpha$  [rad] Angle de raccordement



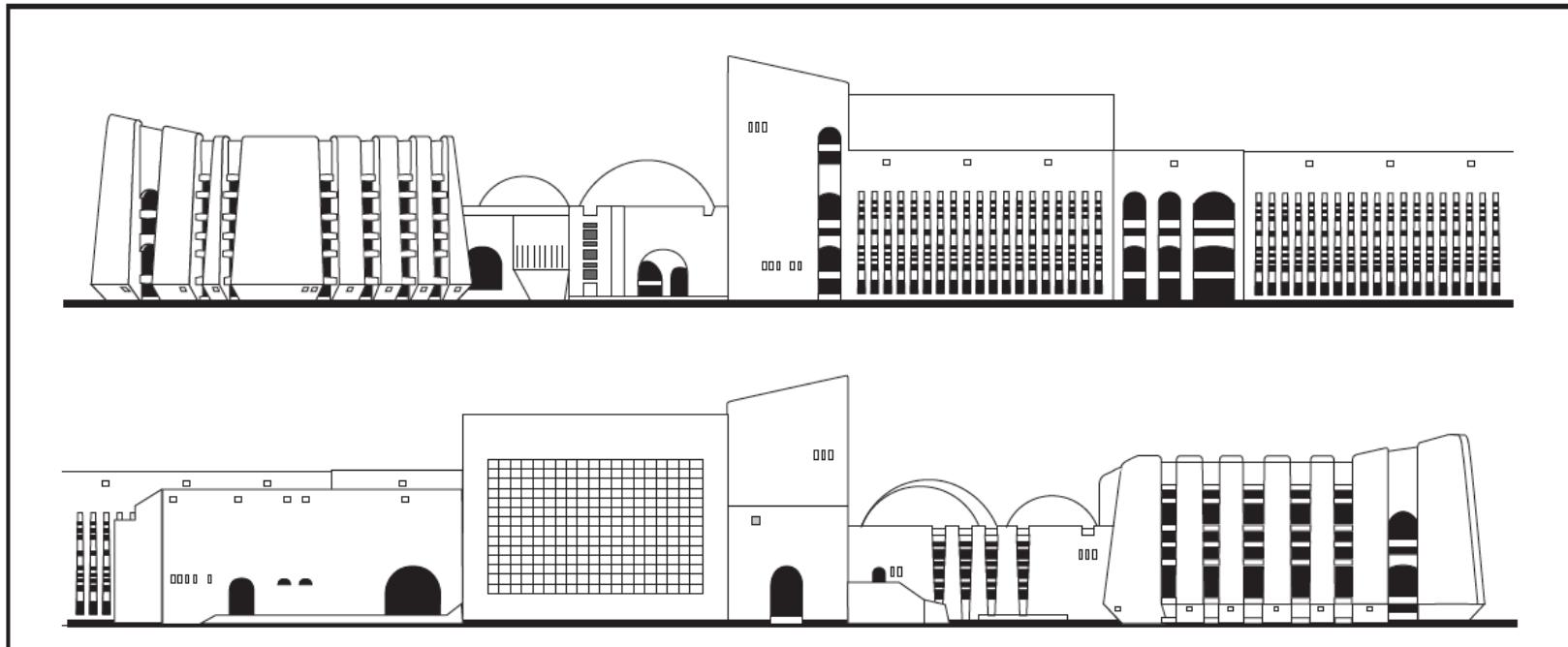
Coupe transversale, igloo, Laponie  
(architecture vernaculaire)



Coupe transversale, silo à grains, Mali  
(architecture vernaculaire)



Office Nigérien de l'Energie Solaire  
Niamey, Niger (Laszlo Mester de Parad, 1978-1981)



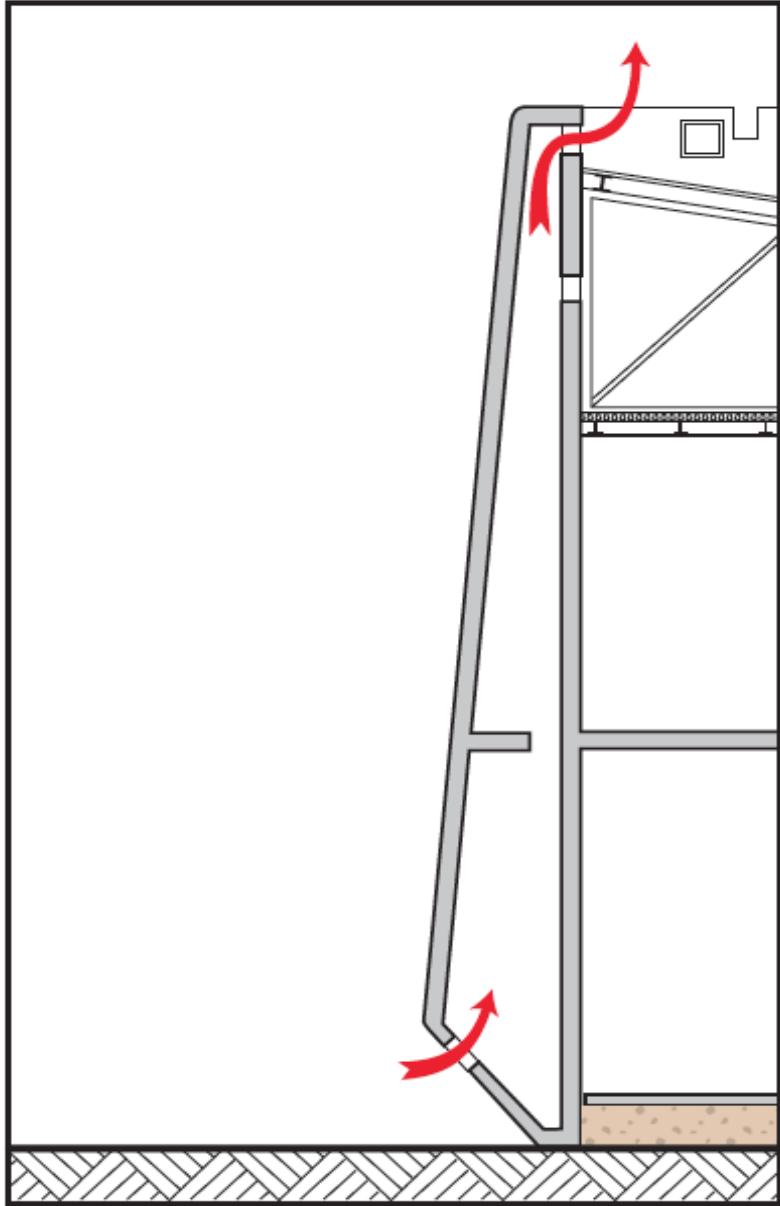
Elévations du bâtiment de logement des chercheurs  
Office Nigérien de l'Energie Solaire  
Nyamey, Niger (Laszlo Mester de Parad, 1978-1981)





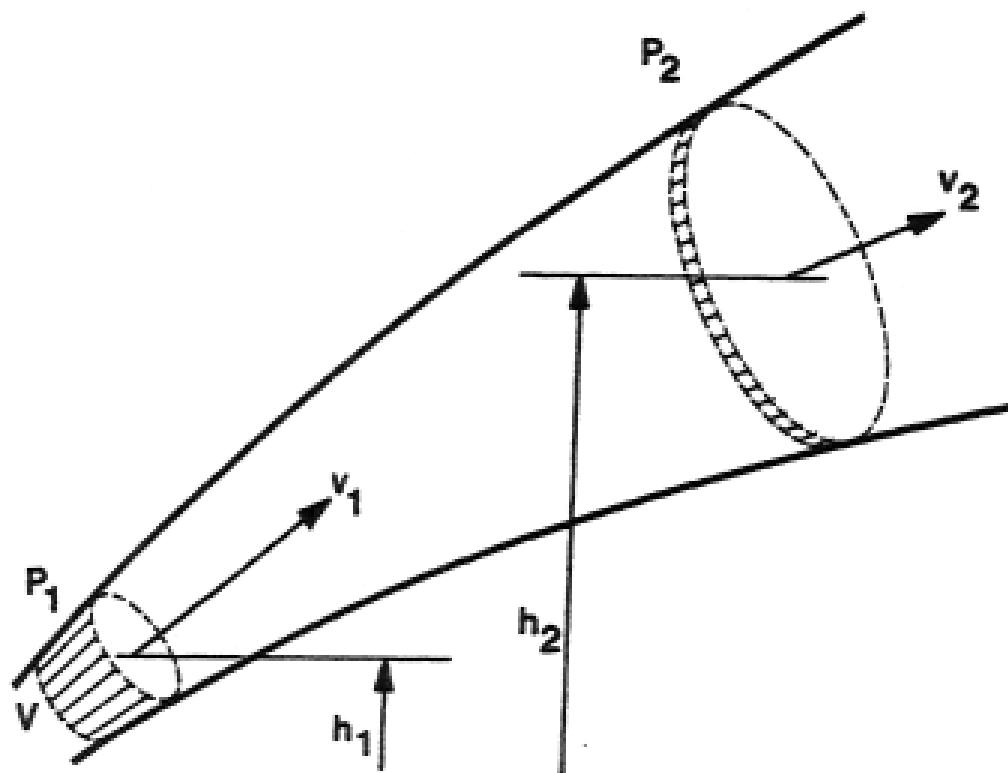


Office Nigérien de l'Energie Solaire  
Niamey, Niger (Laszlo Mester de Parad, 1978-1981)



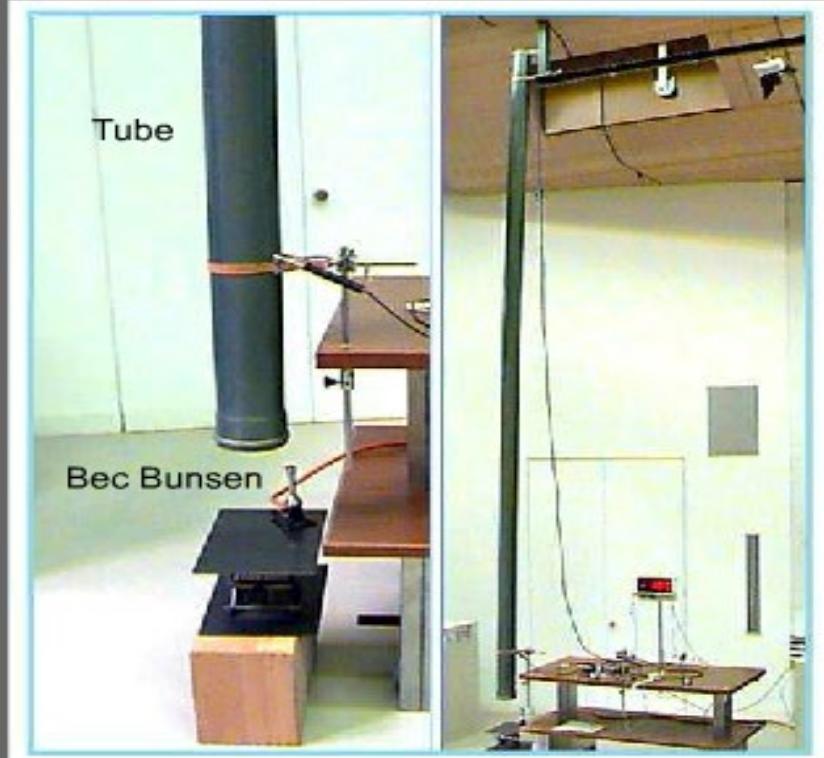
Effet de cheminée  
Office Nigérien de l'Energie Solaire  
Nyamey, Niger  
(Laszlo Mester de Parad, 1978-1981)

# Mécanique des fluides



*Ecoulement d'un fluide.  
L'élément de volume  $V$ , de masse  $m$ , se déplace de la hauteur  $h_1$ , à la hauteur  $h_2$ .*

# Hydrostatique



## Description de l'expérience :

Une fois l'expérience installée, la température est mesurée au bas du tube.

Au sommet sont mesurées la température et la vitesse de l'air.

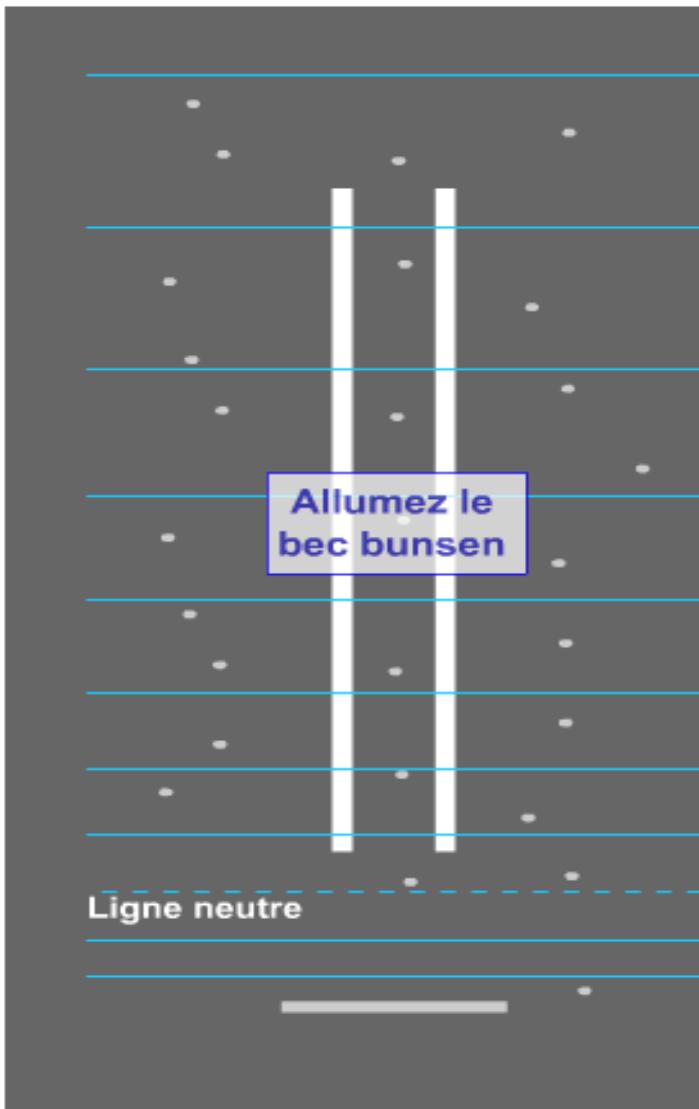
Le bec Bunsen, situé au pied du tube, est allumé ensuite.

On constate que l'augmentation de la température à l'intérieur du tube induit une augmentation de la vitesse de l'air (mesurée au sommet du tube).

## Explication

Effet de cheminée (expérimentation)

# Hydrostatique



**Avant de commencer :**

(I)

La température de l'air est identique à l'intérieur et à l'extérieur du tube:

$$\theta_i = \theta_e$$

Il en est de même pour la masse volumique de l'air ( Loi des gaz parfaits):

$$\rho_i = \rho_e$$

(II)

Il y a une différence de pression d'air en fonction de la hauteur :

$$\Delta p = -\Delta h \cdot g \cdot \rho$$

(Equation de l'hydrostatique)

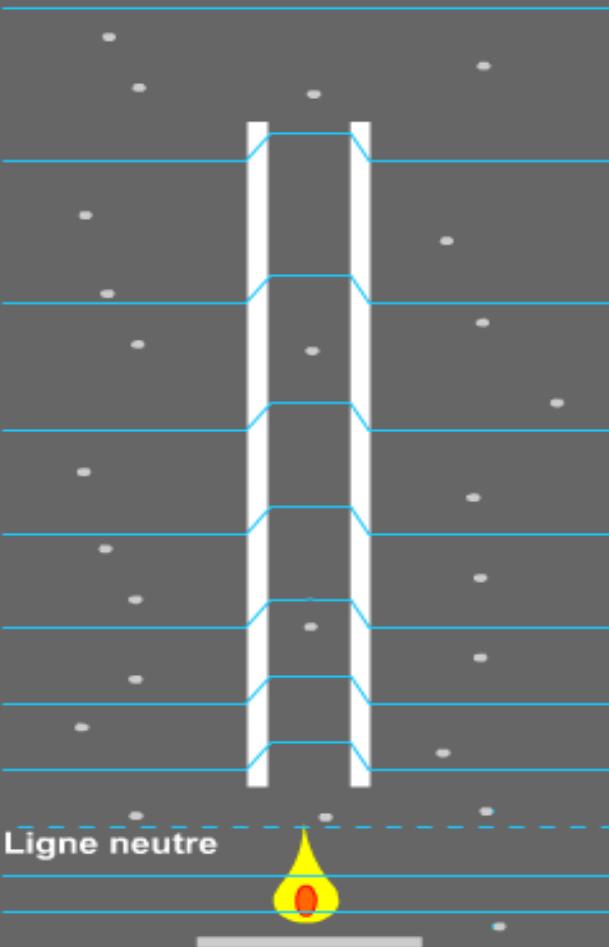
Cette différence de pression est la même à l'intérieur et à l'extérieur du tube :

$$\Delta p_i(h) = \Delta p_e(h)$$

L'air est donc immobile à l'intérieur du tube.

Effet de cheminée (sans flamme)

# Hydrostatique



Après réchauffement de l'air à l'intérieur du tube:

(I)  $\theta_i > \theta_e \Rightarrow \rho_i < \rho_e$

(Loi des gaz parfaits)

(II)

Il y a une différence de pression d'air en fonction de la hauteur :

$$\Delta p = -\Delta h \cdot g \cdot \rho$$

(Equation de l'hydrostatique)

Car la pression à l'extérieur du tube diminue plus vite que la pression à l'intérieur, lorsque  $h$  augmente:

$$p_e(h) = p_e(h=0) - \rho_e gh$$

$$p_i(h) = p_i(h=0) - \rho_i gh$$

L'air se met en mouvement à l'intérieur du tube:

La cheminée "tire".

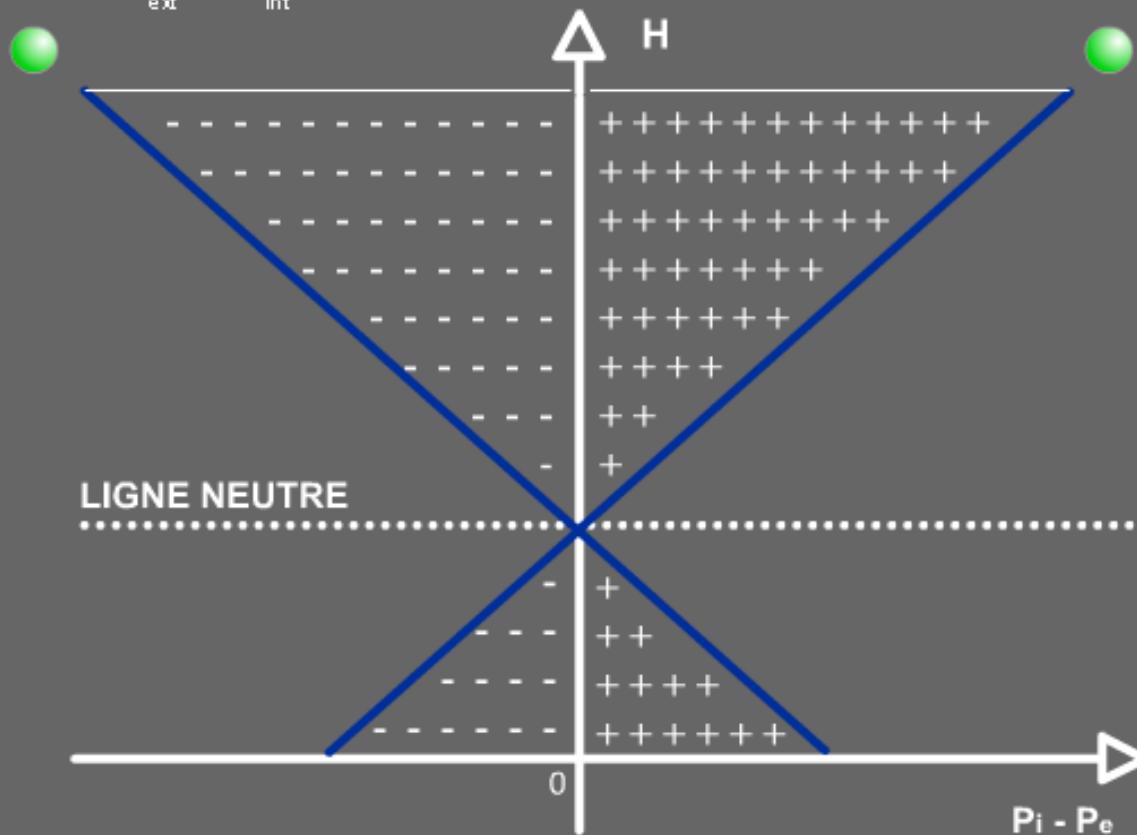
Effet de cheminée (avec flamme)

# Hydrostatique

Répartition des différences de pression  
en fonction de la hauteur de la cheminée

En été :  $\theta_{\text{ext}} > \theta_{\text{int}}$

En hiver :  $\theta_{\text{ext}} < \theta_{\text{int}}$



Effet de cheminée (répartition des pressions)



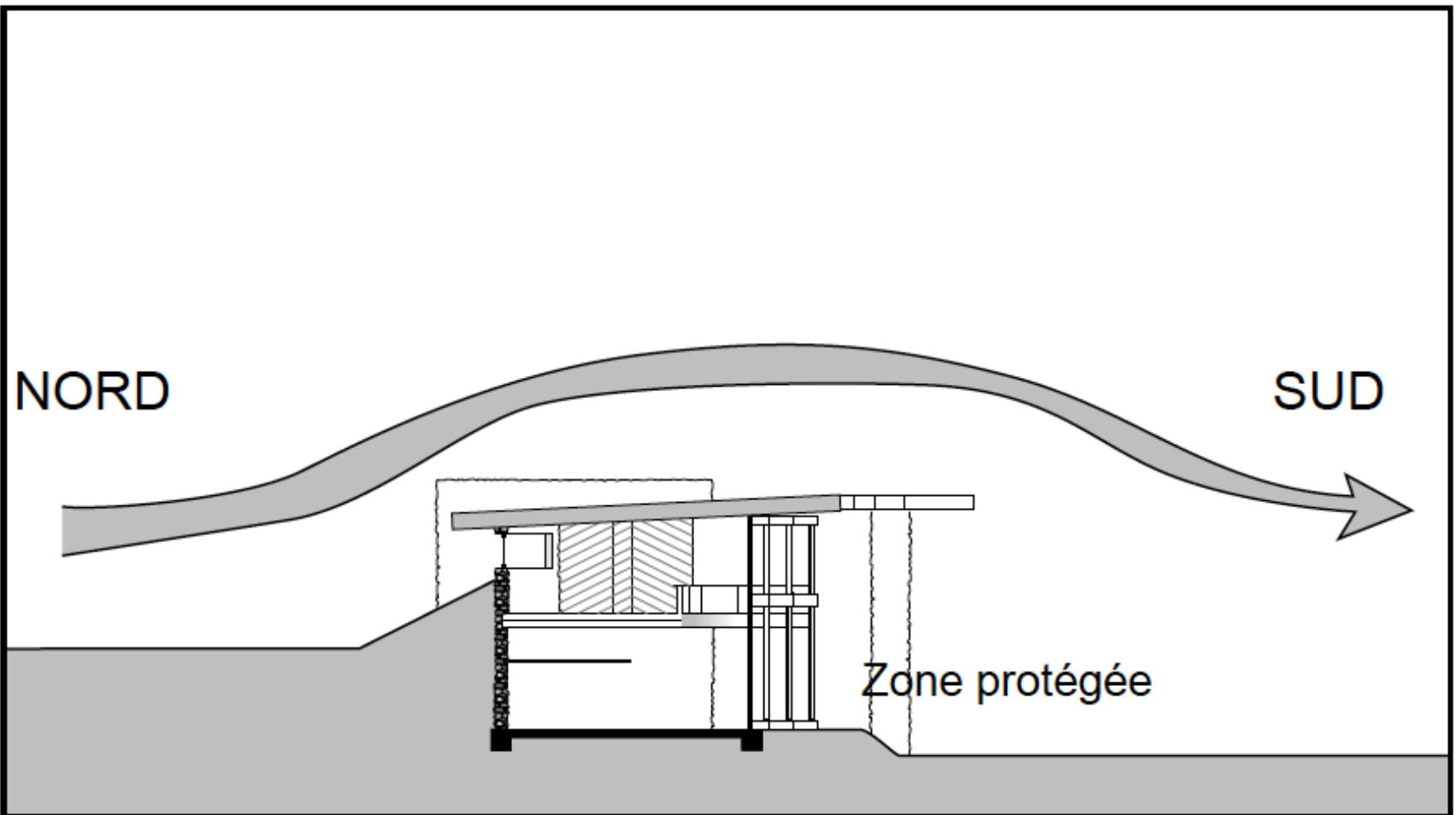
Toiture arrachée par des rafales de vent de plus de 120 km/h  
Quiberon, Bretagne (France)



Maison H. Jacobs II, vue de la façade nord  
Madison, Wisconsin USA (F.L. Wright, 1948-1949)

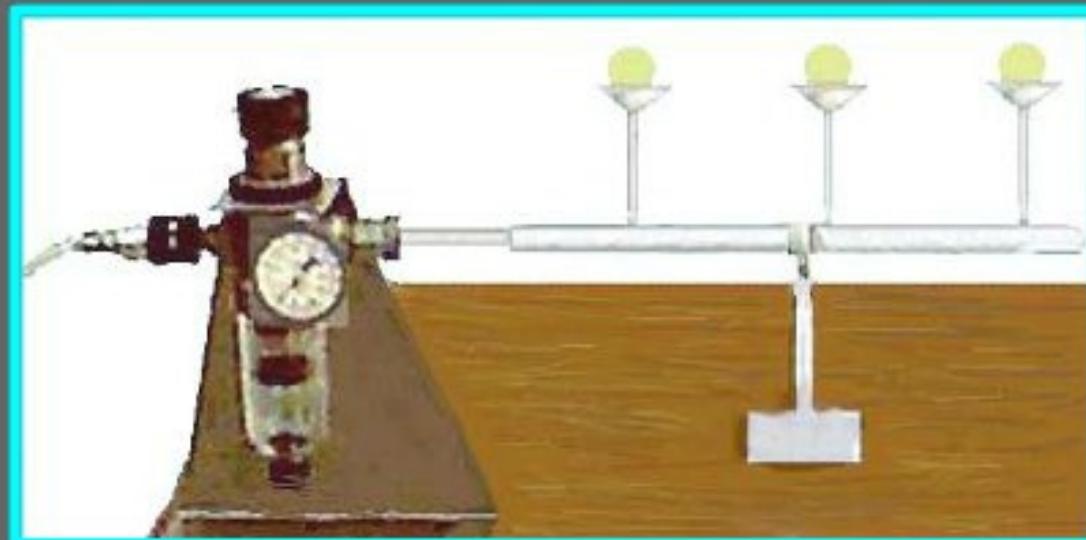


Maison H. Jacobs II, vue de la façade sud  
Madison, Wisconsin USA (F.L. Wright, 1948-1949)



Maison H. Jacobs II, coupe transversale  
Madison, Wisconsin USA (F.L. Wright, 1948-1949)

# Hydrodynamique



## Description de l'expérience :

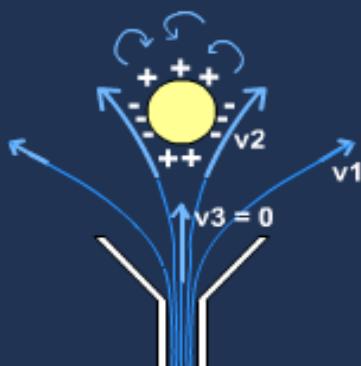
L'air comprimé est ouvert et les balles sont projetées vers le haut.

Si l'on les place de force dans l'entonnoir elles y restent, car elles sont aspirées par effet de dépression.

On peut renverser ce dernier sans que les balles ne tombent.

Balles dans un jet d'air

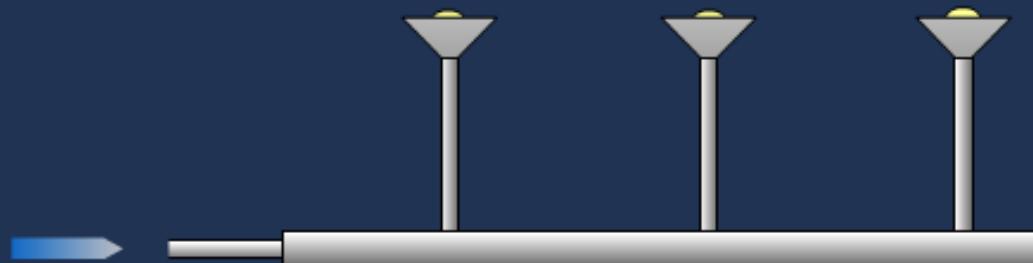
# Hydrodynamique



Balle sur un jet d'air :

La **divergence du jet** assure la stabilité latérale  
( $v_2 > v_1$ ).

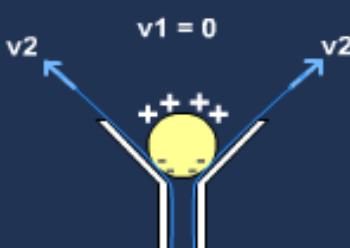
Les **remous** derrière la balle et les **frottements**  
sur la balle assurent la sustentation.



Replacez les balles  
dans les entonnoirs

Balles dans un jet d'air

# Hydrodynamique



Balle sur entonnoir :

$p_1 > p_2$  : La force résultante est dirigée vers le bas.  
La vibration de la balle est accompagnée d'un sifflement (pincement de l'air à hautes fréquences).

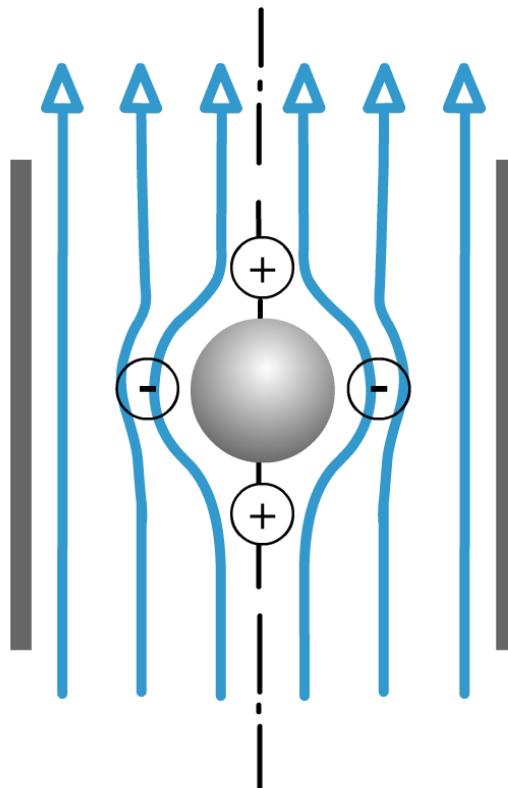


Renverser l'entonnoir

Balles dans un jet d'air

# Mécanique des fluides

## Ecoulement vertical symétrique



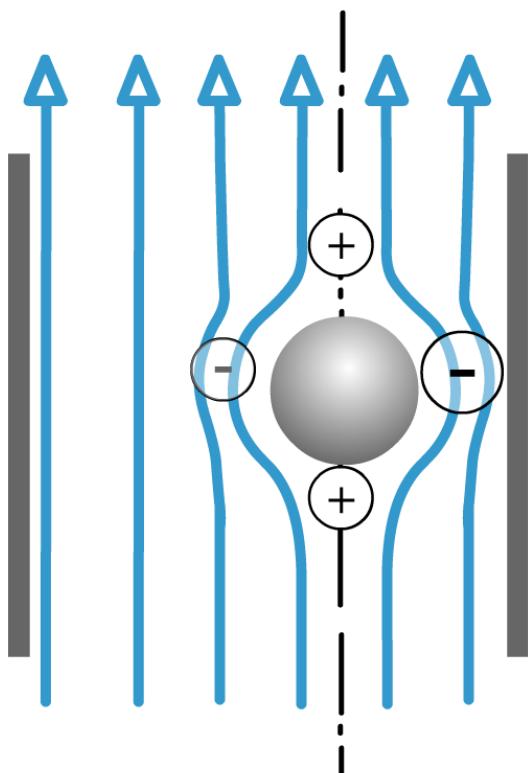
(+) Surpression = (+) Surpression  
en amont en aval

(-) Dépression = (-) Depression  
gauche droite

Ecoulement vertical symétrique

# Mécanique des fluides

## Ecoulement vertical asymétrique



A droite de la sphère, la vitesse d'écoulement relative est plus élevée.

Il se crée ainsi une dépression qui plaque la sphère contre les parois.

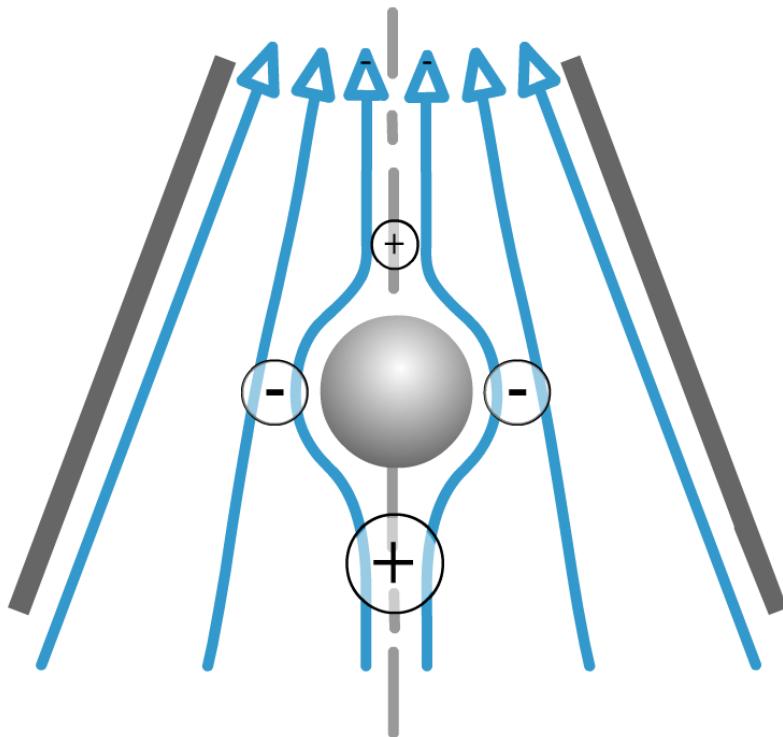
$(+)$  Surpression =  $(+)$  Surpression  
en amont en aval

$(-)$  Depression <  $(-)$  Depression  
gauche droite

Ecoulement vertical asymétrique

# Mécanique des fluides

## Ecoulement vertical convergent



La vitesse d'écoulement du fluide est plus élevée au-dessus qu'au-dessous de la sphère.

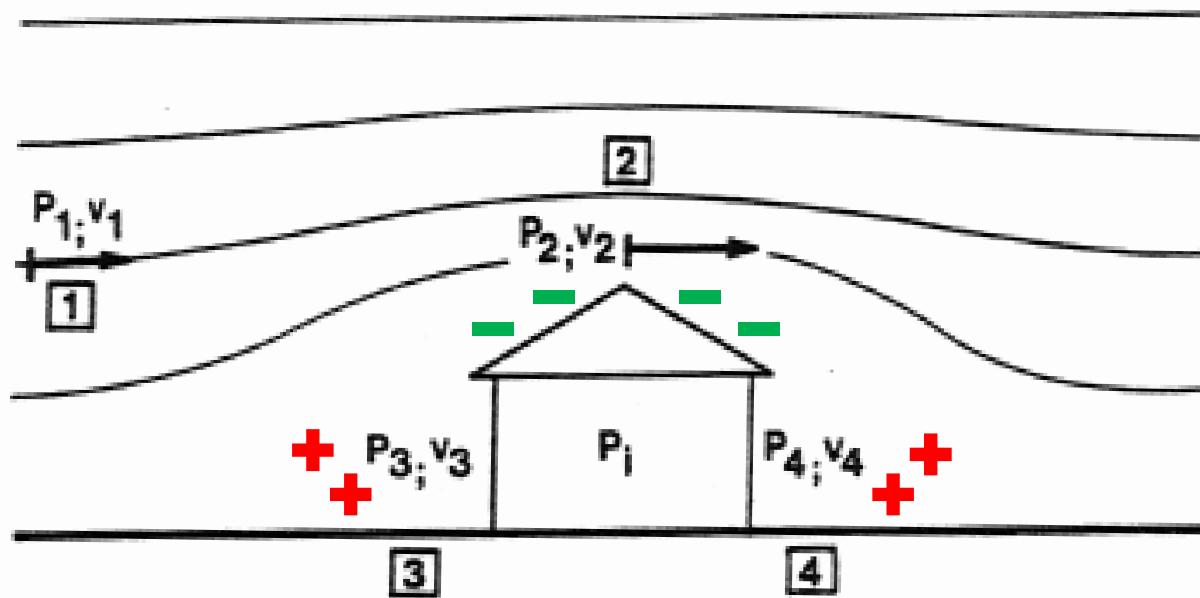
Il y aura donc une dépression qui tend à aspirer la sphère vers le haut.

$(+)$  Surpression <  $(+)$  Surpression  
en amont en aval

$(-)$  Depression =  $(-)$  Depression  
gauche droite

Ecoulement vertical convergent

# Hydrodynamique

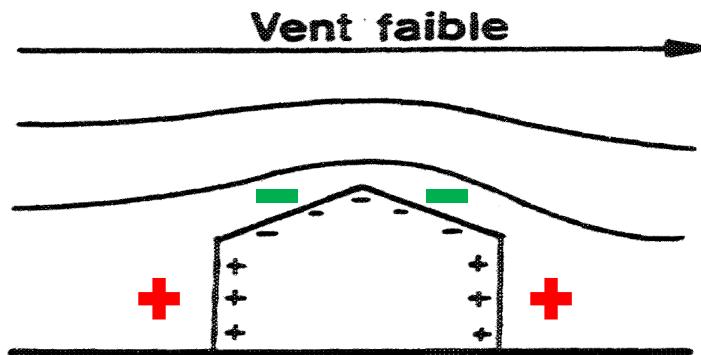


*Ecoulement de l'air autour d'un bâtiment.*

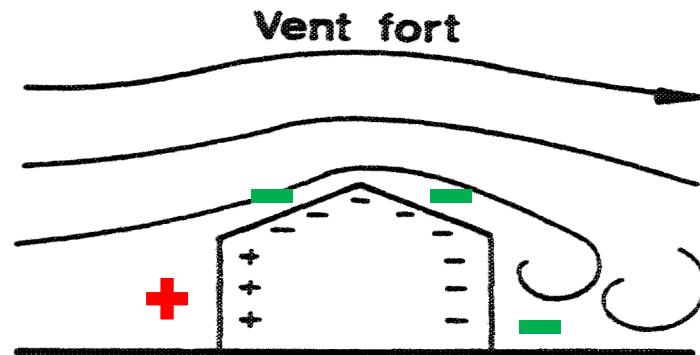
*Par vent faible l'écoulement est laminaire. En 3 et 4 la vitesse est nulle alors qu'en 2 elle se trouve renforcée.*

Distribution des pressions (Poly/Fig.3.3.2)

# Hydrodynamique

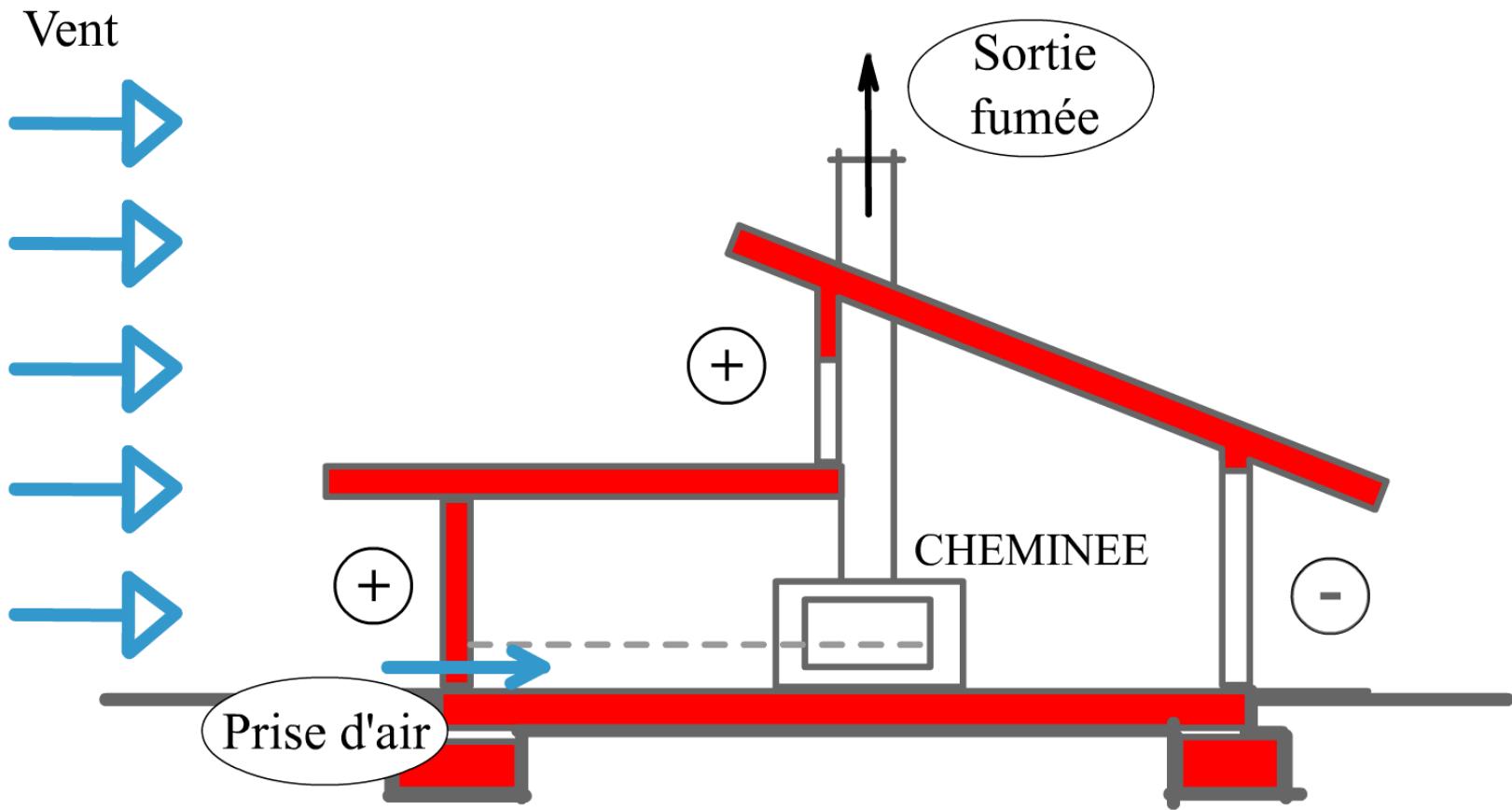


Ecoulement laminaire

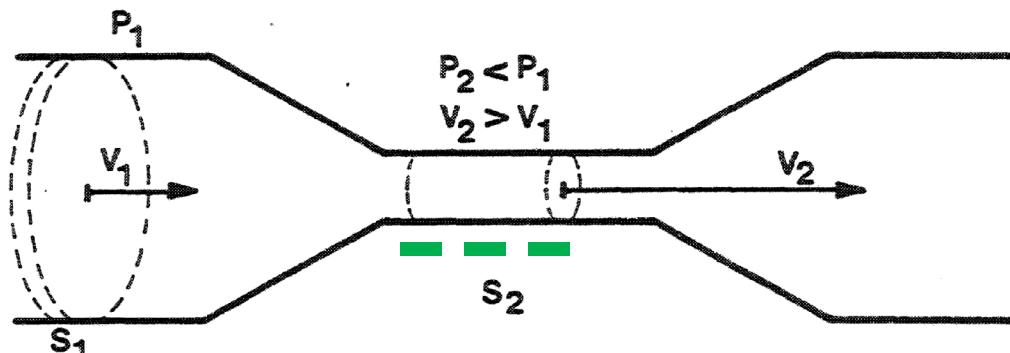


Ecoulement turbulent

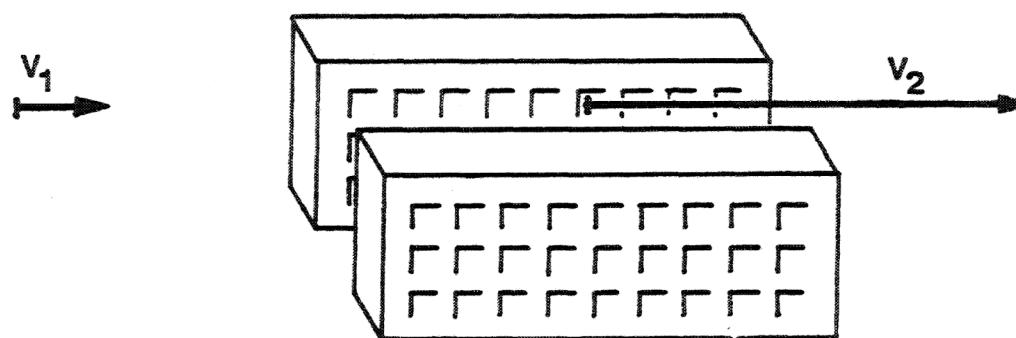
*Modification des zones de surpression et dépression en fonction de la vitesse du vent.*



# Hydrodynamique



*Effet Venturi dans une conduite.*

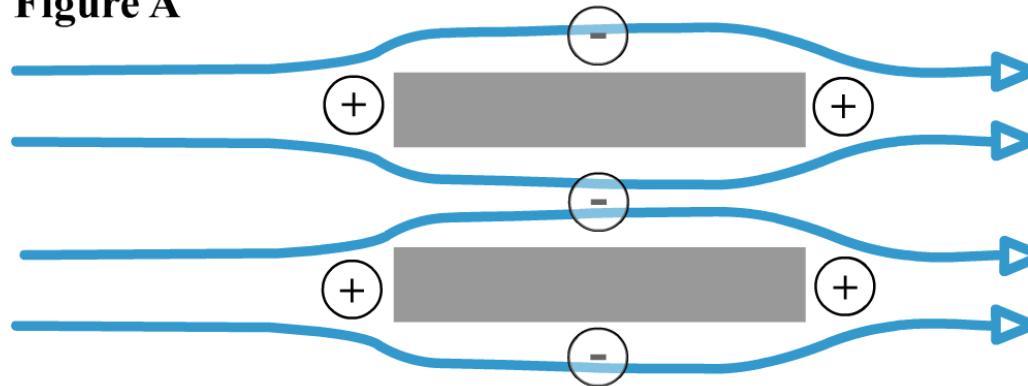


*Effet Venturi créé par des constructions voisines.*

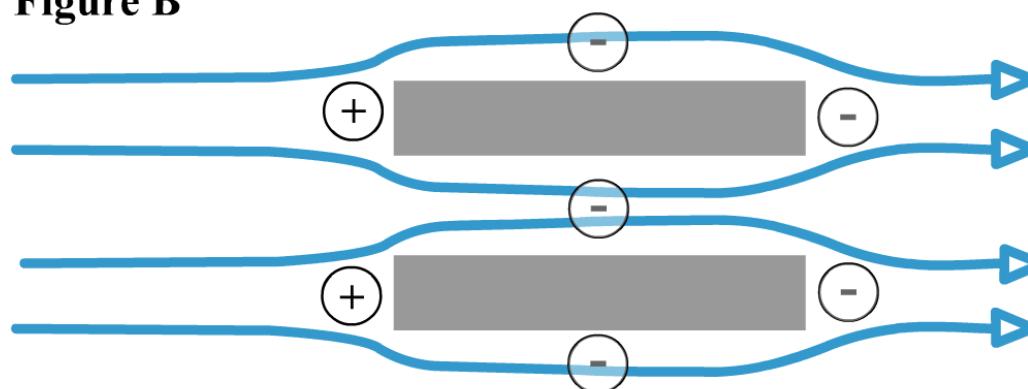
Effet Venturi (Poly/Fig.3.3.1)

# Hydrodynamique

**Figure A**



**Figure B**



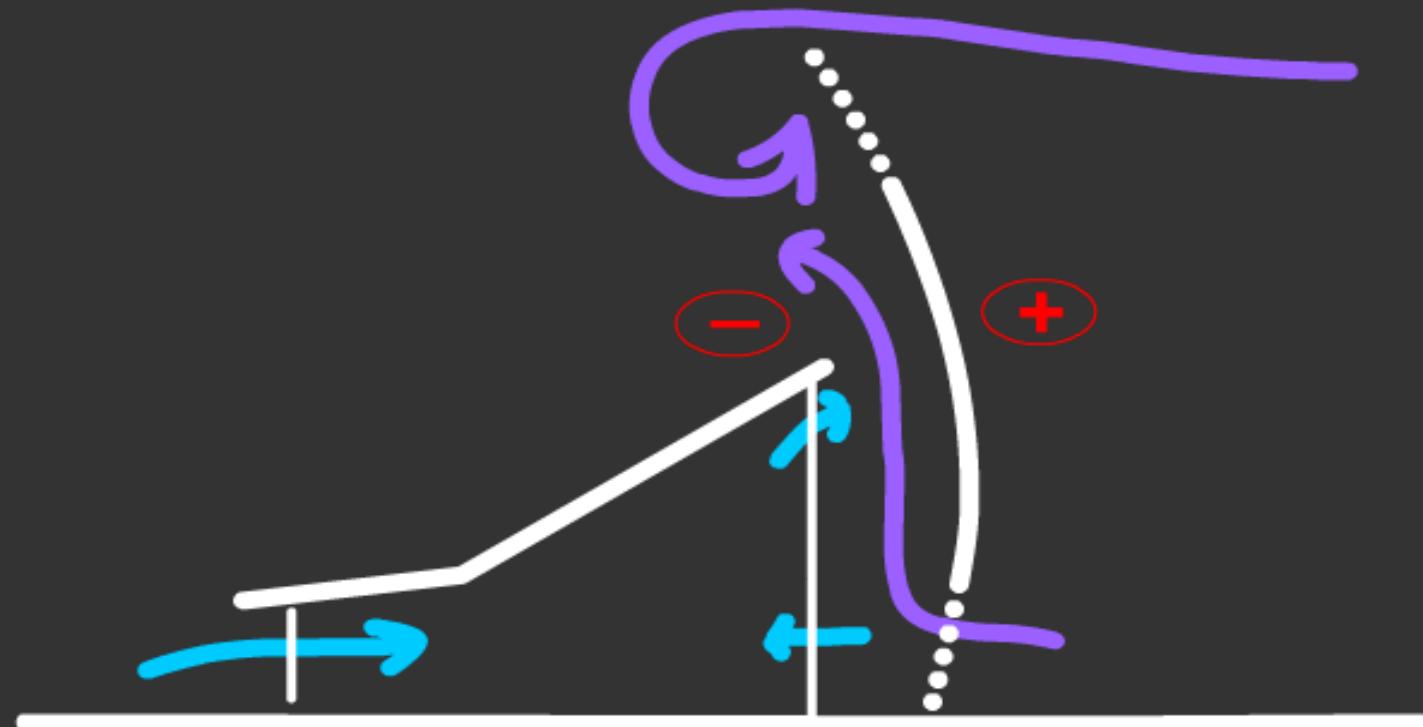
Effet Venturi



Grande Arche de la Défense, vue extérieure  
Paris, France (P. Andreu, 1989)

# Hydrodynamique

Alizés (vents violents et irréguliers)  
Brises thérmiques



Ecoulement d'air autour d'un bâtiment

# Hydrodynamique

Ce bâtiment a été conçu comme une série d' unités représentatives reliées par un hall au niveau du rez-de-chaussée.

Ces unités (dont voici une coupe frontale type) ont été conçues en tenant compte des **Alizés** (vents violents et irrégulieurs) et des **brises thérmiques** propres à la zone subtropicale.

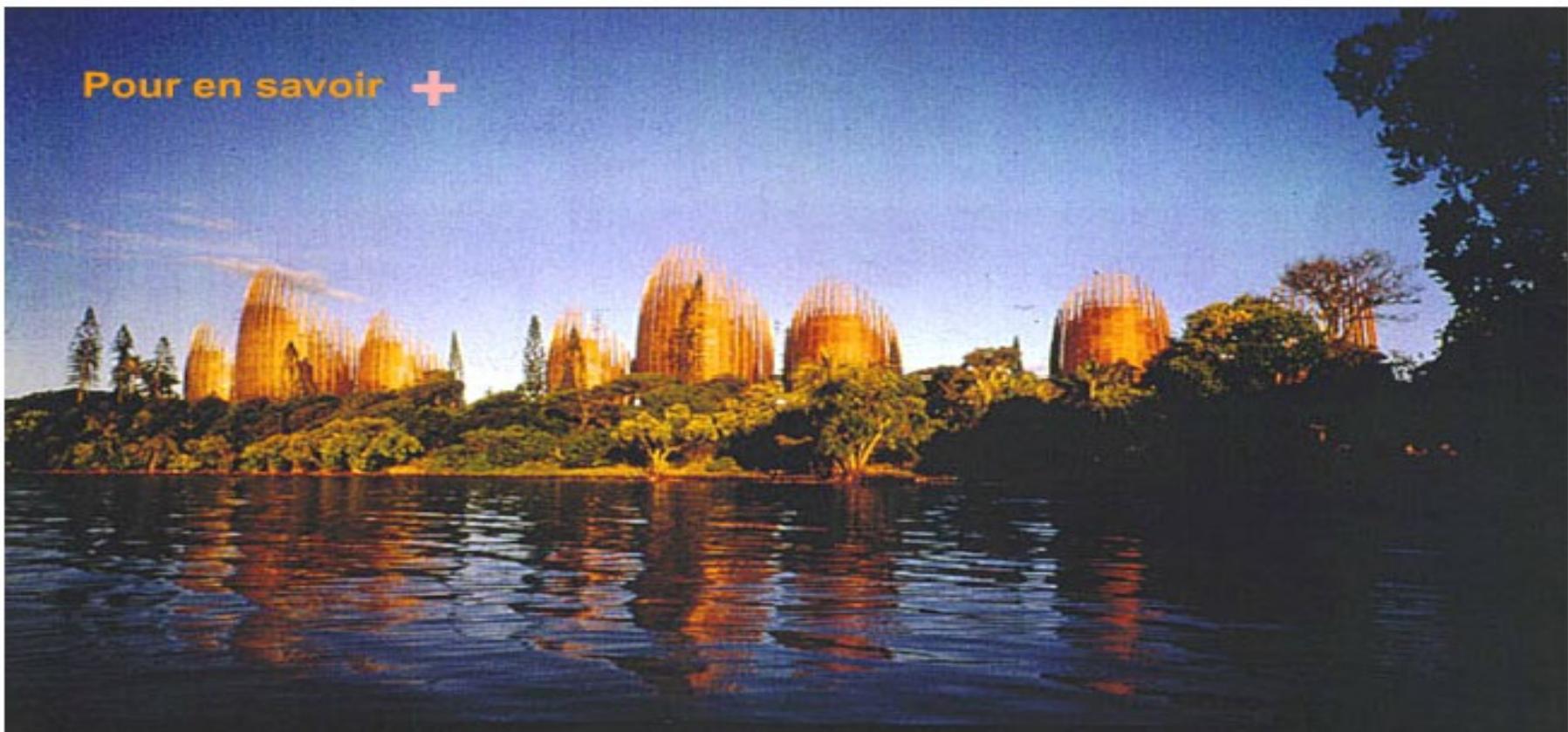
## Fonctionnement



Ecoulement d'air autour d'un bâtiment

# Hydrodynamique

Pour en savoir +



**Jean\_marie Tjibaou Cultural Centre**, Nouméa (Nouvelle Calédonie)

Architectes : Renzo Piano Building Workshop, Genova / Paris

Planification et exécution : 1990 -.

Ecoulement d'air autour d'un bâtiment