

Géométrie et microclimat

Sinuosité et Vent

Présenté par BELGACEM Houda

Directeurs mémoire : LEDUC Thomas
MORILLE Benjamin

Centre de Recherche Nantais Architectures Urbanités
Ecole Nationale Supérieure d'Architecture de Nantes



Quelques thématiques de recherche abordées :

- La visualisation du comportement des composants microclimatiques autour des constructions et leurs effets sur l'utilisateur.
- Perception de l'environnement construit : projet urbain, architectural
- Etude du vécu des individus dans les milieux urbains.
- Prise en compte de ces effets dans le processus de la conception.

→ Notre sujet du stage de master s'intègre dans la première de ces thématiques.

Urbanisation galopante



Expansion de la masse bâtie
sur le territoire des villes



Complexité morphologique
sur différentes échelles



Instabilité et turbulence
microclimatique

● Ouameur, 2007

● Salat et al, 2011



Urbanisation galopante



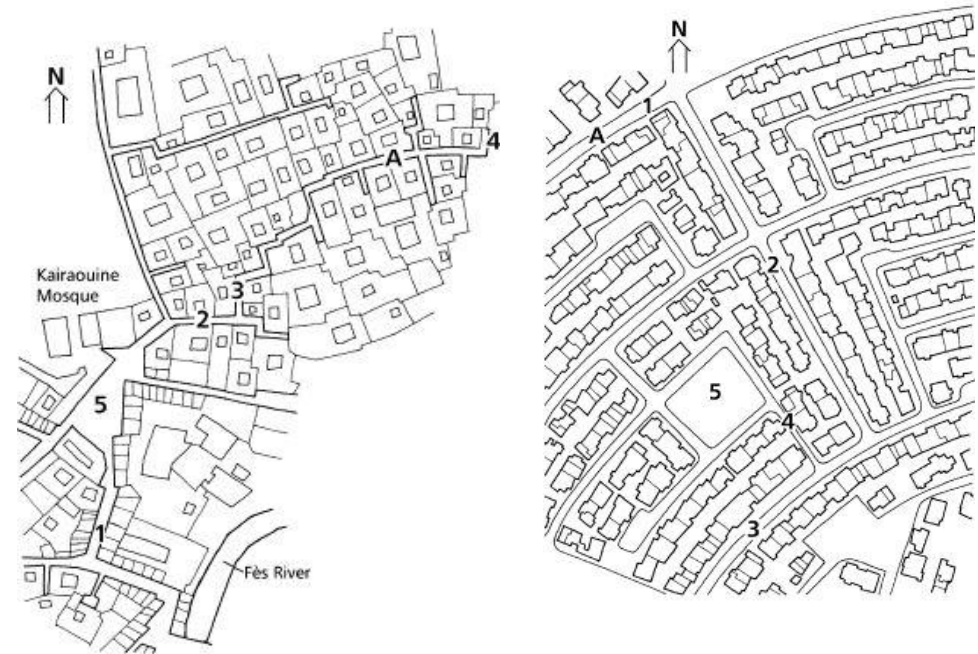
Expansion de la masse bâtie sur le territoire des villes



Complexité morphologique sur différentes échelles



Instabilité et turbulence microclimatique



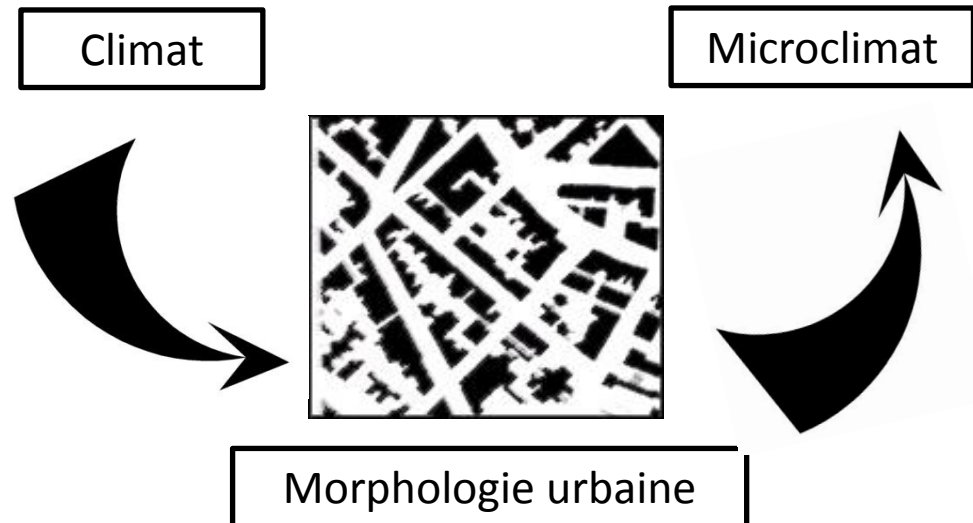
● Johansson, 2006

la **morphologie urbaine** joue un rôle important dans le changement des conditions climatiques, pour produire un **microclimat** propre sur une étendue urbaine bien déterminée.

Complexité morphologique
sur différentes échelles



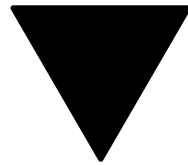
Instabilité et turbulence
microclimatique



Morphologie urbaine

Lien ?

Outil de prévision et
d'aide à la décision



Microclimat local
Vent



Caractéristiques
géométriques :

Densité surfacique
Densité planimétrique
Hauteur moyenne

- Pratique piétonne
- Le renouvellement de l'air
- Le confort thermique
- Le confort aérodynamique
- Consommation énergétique des bâtiments
- Ventilation naturelle...

Etat de l'art

Critères morphologiques	Formule – Source	Influence sur le vent
le taux de percement horizontal du tissu urbain : (Ameur, 2002)	$PH = \frac{(S. \text{ creux publics} + S. \text{ creux privés})}{S. \text{ totale}}$	
Le prospect équivalent de l'espace : (Ameur, 2002)	$Pe = \frac{H_m}{L_p}$ H_m : hauteur moyenne de l'espace L_p : plus petite largeur des rues	Figure I.10 : source (Ameur, 2002)
La longueur équivalente de l'espace : (Ameur, 2002)	$Le = \frac{St}{L_p}$ St : surface totale de l'espace L_p : plus petite largeur de l'espace	Figure I.11 : source (Ameur, 2002)

Sinuosité urbaine (Adolphe, 2001)	$S_\theta = \frac{\sum L_i * \cos^2(\theta_i)}{\sum L_i}$ Segments des rues L_i : la longueur du segment de la rue θ : angle entre l'azimut du flux et l'azimute du tronçon local de rues.	Figure I.16 : source (Ameur, 2002)
--------------------------------------	---	------------------------------------

Fetch : distance d'un point p au proche obstacle (bâtiment) dans la direction contre vent. (cité dans Johansson, 2012)	La valeur résultante Fetch pour un point p : valeur moyenne des distances d_1 à d_n représentées par les lignes continues (entre le point p et les marques x) pour l_1 à l_n , où $n = \alpha$ normalisé par la distance de recherche d_s : $Fetch_p = \frac{1}{d_s} \frac{\sum_{i=1}^n d_i}{n}$, $n = \alpha$ (valeur entre 0 et 1). Figure I.18 : source (Johansson, 2012)
--	---

Densité du bâti : Occupation des parcelles par le bâti.	$Ds = \frac{\sum_{i=1}^n A_{pi}}{A_s}$ (Merlin, Choay, (1998) cité dans Ameur, 2002, P.152)	
Rugosité moyenne du tissu urbain : Hauteur global du tissu tridimensionnel.	$Rm = \frac{\sum_{i=1}^n A_i * h_i}{\sum_{i=1}^n A_i + \sum_{j=1}^n A_j}$ (m) (Adolphe, 2001) A_i : surface hors œuvres du bâtiment i (emprise au sol) A_j : surface de l'espace extérieur j h_i : hauteur du bâtiment i	Figure I.13 : source (Krauthelm et al, 2014)
Rugosité relative du tissu urbaine	$Ra = \frac{\sqrt{\sum_{i=1}^n (h_i - h_a)^2 * l_i^2}}{\sum_{i=1}^n l_i}$ (m) (Adolphe, 2000) h_a : hauteur moyenne de la canopée dans une direction h_i : hauteur de l'élément i de la canopée (bâti ou non bâti) l_i : largeur de la canopée	
	Figure I.14 : schéma explicatif de la différence entre la rugosité absolue et la rugosité relative du tissu urbain, source (Ameur)	
Porosité urbaine	$\frac{\sum_{i=1}^n \pi * r_{hi}^2 * L_i}{\sum_{i=1}^n V_i + \sum_{j=1}^n V_j}$ (Adolphe, 2001) L_i : longueur de l'espace ouvert i. r_{hi} : rayon hydraulique de l'espace ouvert i. V_j : volume moyen de l'espace bâti j V_i : volume moyen de la canopée au-dessus d'un espace ouvert i.	Figure I.15 : source (Ameur, 2002) Vide - espace ouvert Plein - espace bâti

Tracé urbain ?

Holland *et al*, 2008 - Macdonald, 1998 - Kim *et al*, 2011

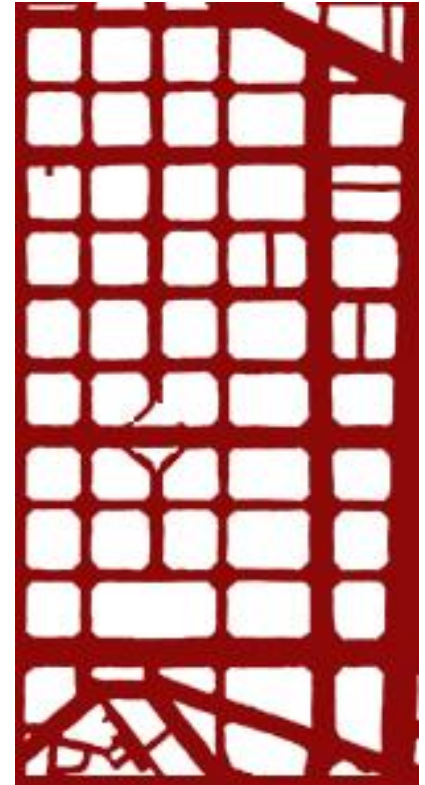
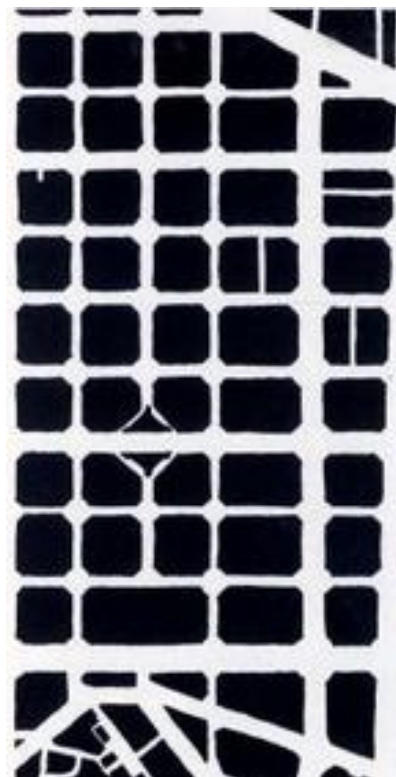
<i>Kutzbach</i>	1961	$Z_0 = \lambda_p^{1.13} * Z_H$
<i>Lettau</i>	1969	$Z_0 = 0.5 H \frac{A_f}{A_d} = 0.5 H * \lambda_f$
<i>Counihan</i>	1971	$\frac{z_0}{H} = 8.2 \frac{H}{X_F} + 1.08 \frac{A_p}{A_d} - 0.08$
<i>Theurer</i>	1993	$\frac{z_0}{H} = 1.6 \lambda_f (1 - 1.67 \lambda_p)$
<i>Macdonald</i>	1998	$\frac{z_0}{H} = \left(1 - \frac{d}{H}\right) \exp\left(-\left(0.5\beta \frac{C_D}{\kappa^2} \left(1 - \frac{d}{H}\right) \lambda_f\right)^{-0.5}\right)$
<i>Grimmond et Oke</i>	1999	$\frac{z_0}{H} = 0.1$
<i>Hanna and Britter</i>	2002	$\frac{z_0}{H} = \lambda_f$
<i>Byung-Gu Kim et al</i>	2011	$\frac{z_0}{H} = 0.164 \lambda_f$

- Densité planimétrique
- Hauteur moyenne des obstacles
- Façade frontale
- Coefficient de la traînée

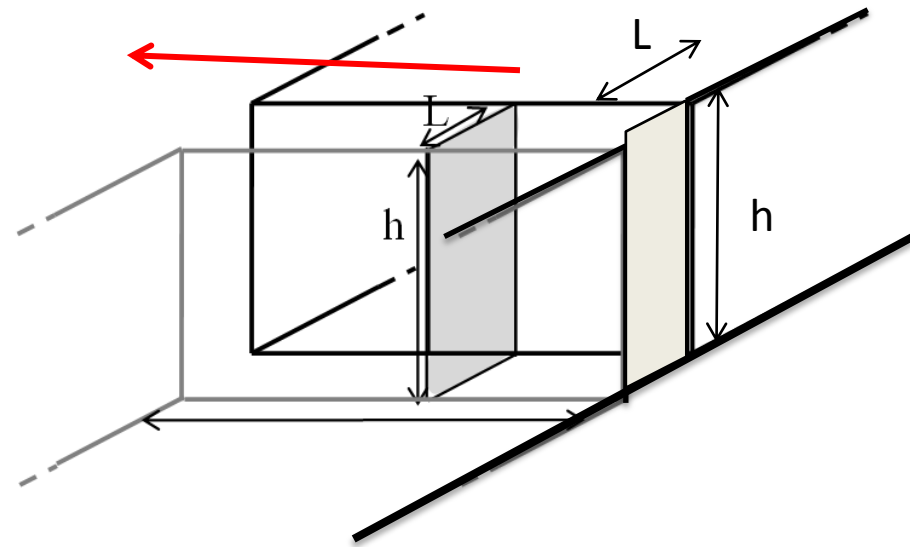
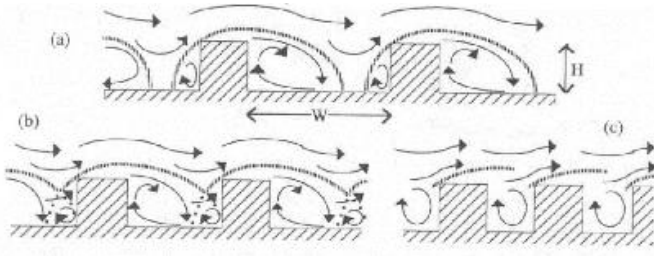
Tracé urbain organique, sinueux?

vent

Paramètre géométrique qui transmet une information sur le type du tracé urbain à l'échelle **de la ville ou du quartier.**

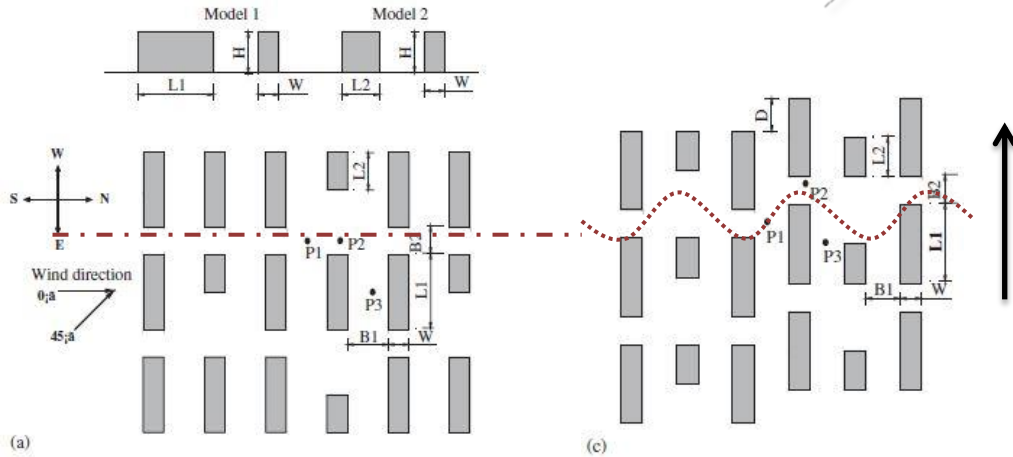


Paramètre géométrique qui transmet une information sur le type du tracé urbain à l'échelle **de la rue**.



● Oke, 1988

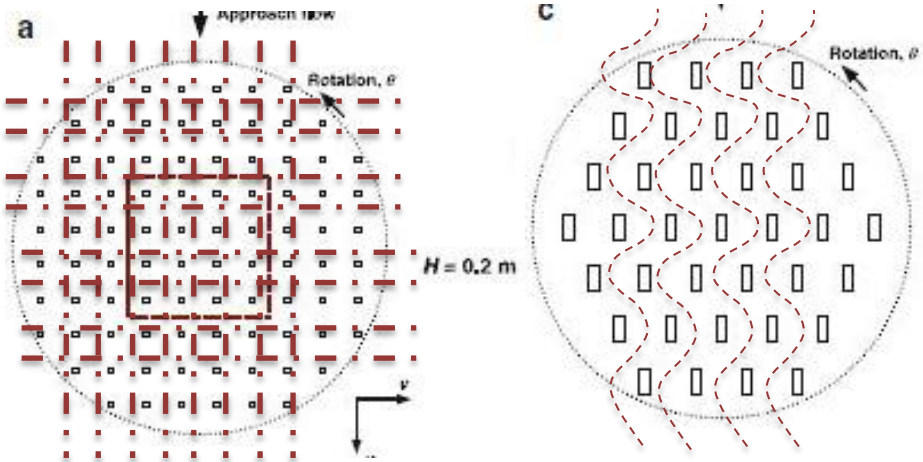
Problématique



● Zhang, A., Cuilan, G. et Zhan, L. Numerical simulation of the wind field around different building arrangements.

Journal of Wind Engineering and industrial Aerodynamics 93 (2005)

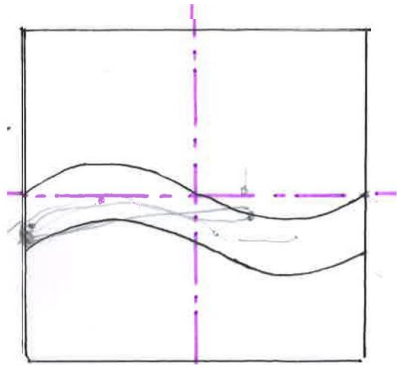
Présence implicite de la sinuosité



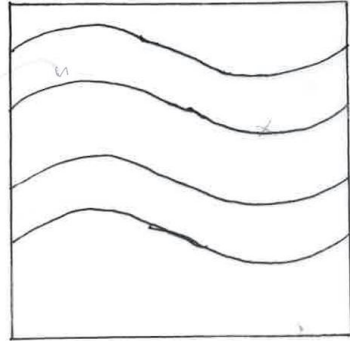
● Kim, B-G., Changhoon, L., Seokjun, J., Ki-Cheol, R., Kim, S., Donghyun You et Shim, W-S. Estimation of Roughness Parameters Within Sparse Urban-Like Obstacle Arrays.

Springer Science+Business Media B.V. (2011)

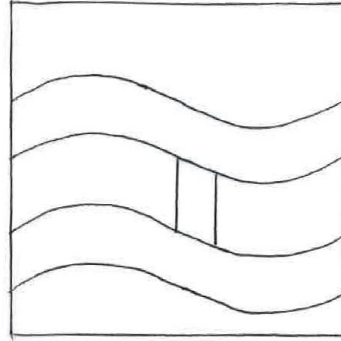
Réflexion sur l'enchaînement des cas d'étude



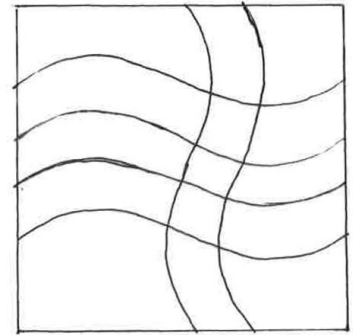
01



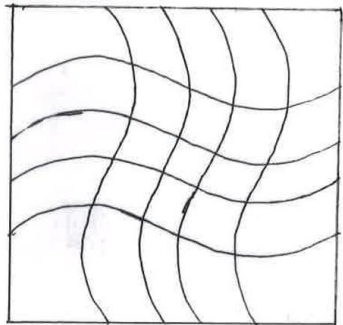
02



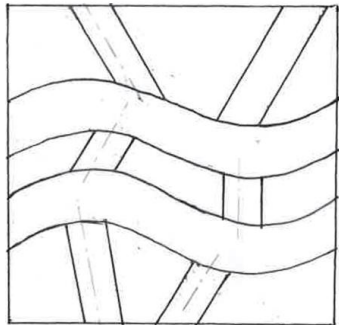
03



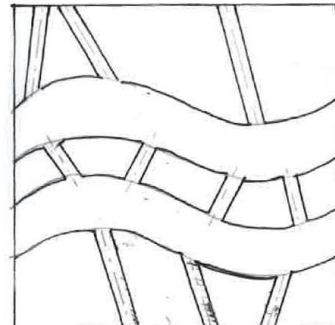
04



05



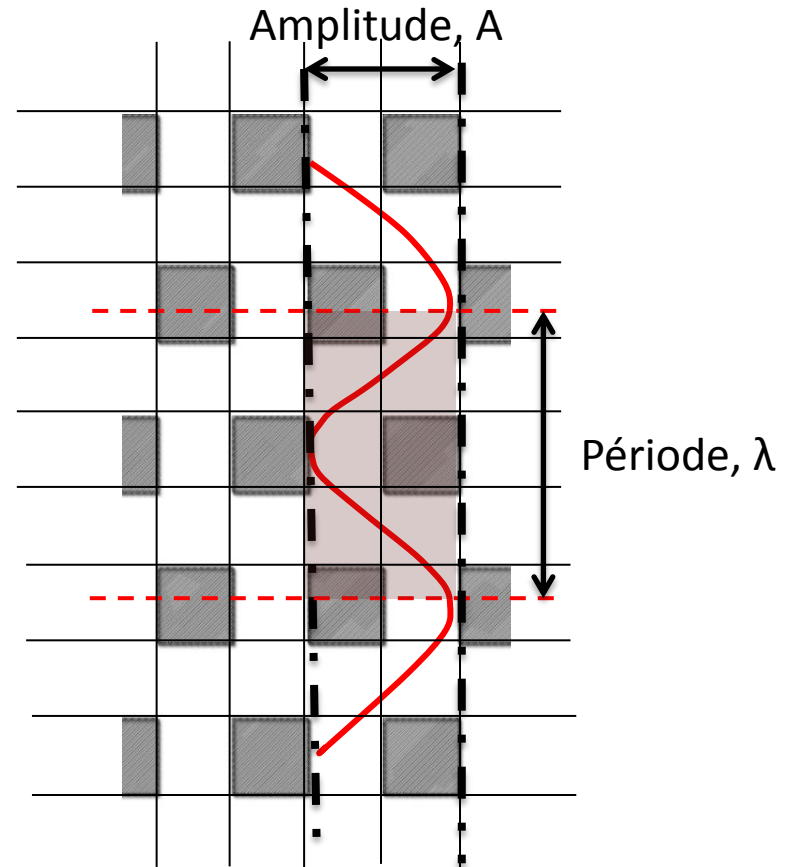
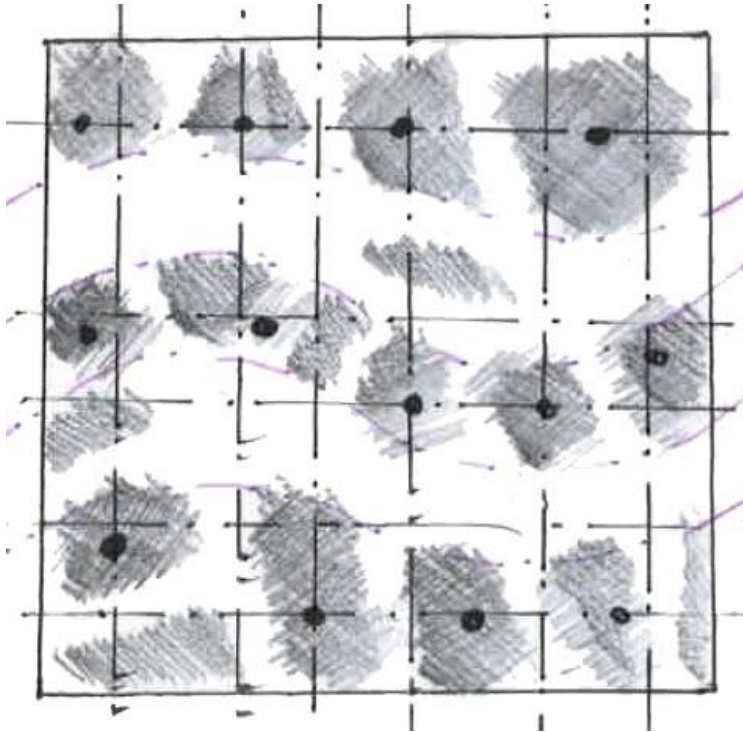
06



07



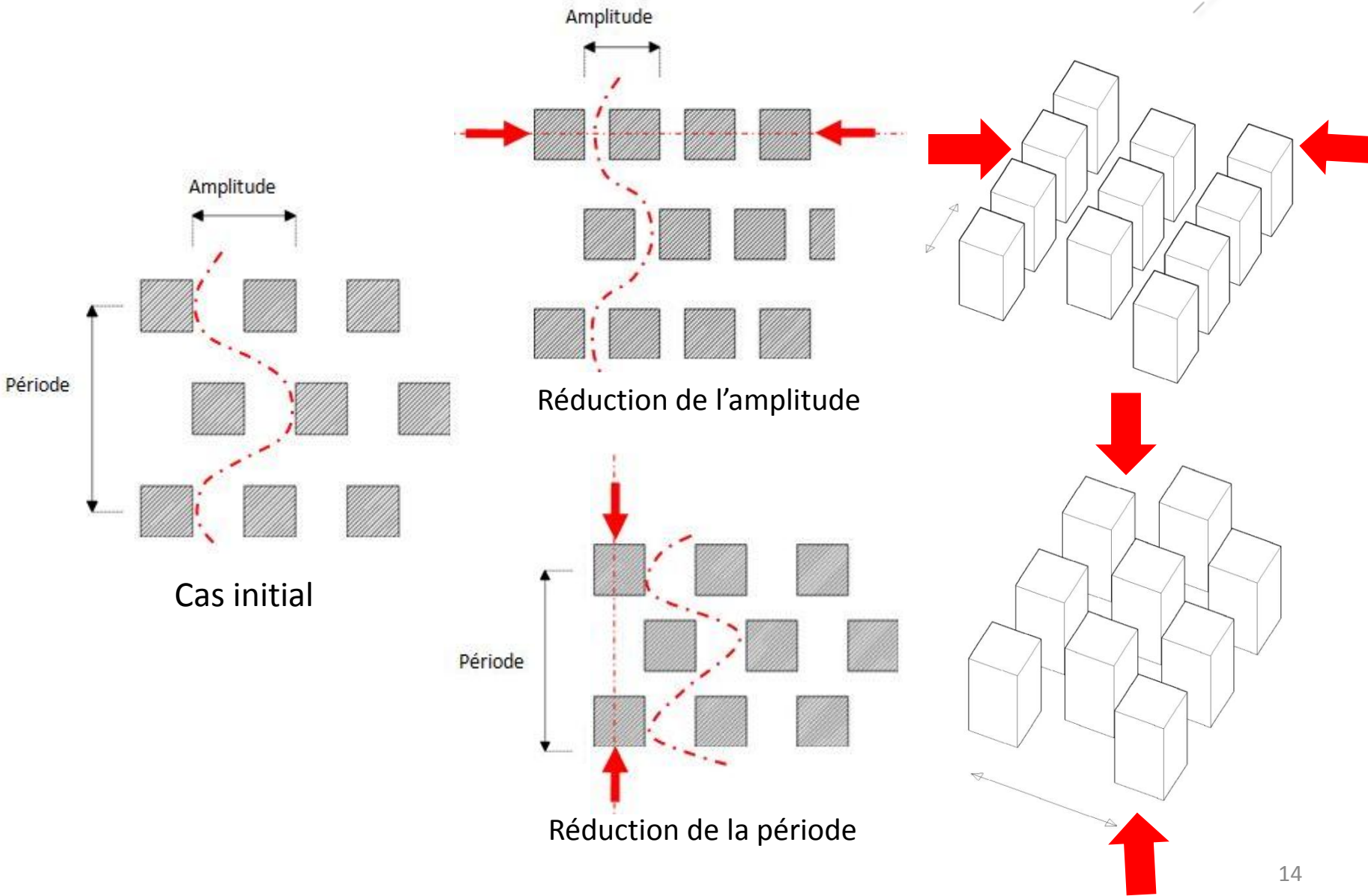
08

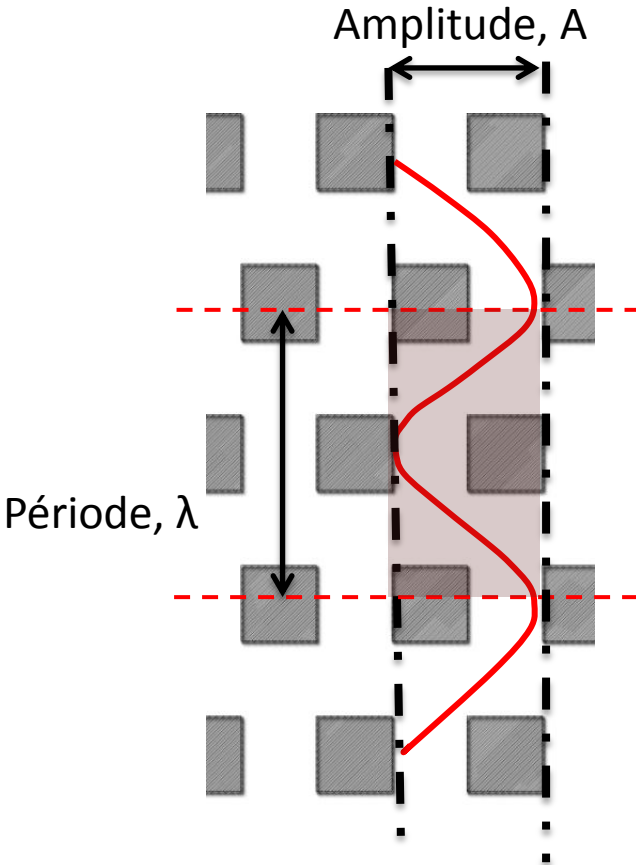


1. **Un damier** : plan urbain.
2. **des obstacles uniformes**
3. **une disposition alternée** des obstacles

Sinuosité intrinsèque

Méthodologie du travail





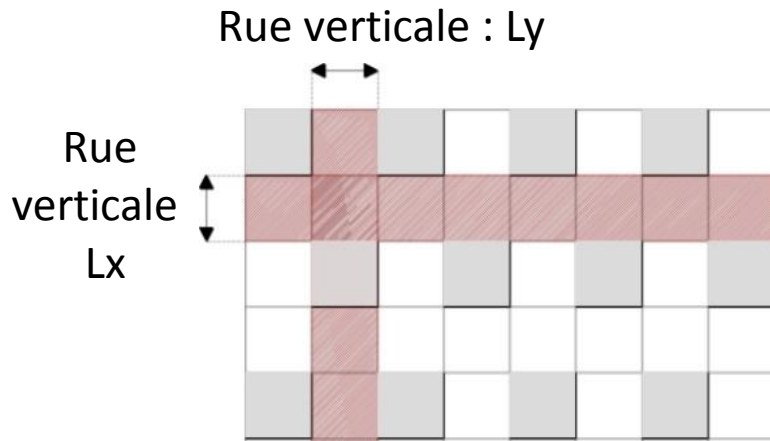
Coefficient de sinuosité Si

$$Si = \frac{L}{l} \cong 2\pi \sqrt{\left(\frac{1}{2\pi}\right)^2 + \left(\frac{A}{\lambda}\right)^2} \left(1 - \frac{1}{4} \left(\frac{\left(\frac{A}{\lambda}\right)^2}{\left(\frac{1}{2\pi}\right)^2 + \left(\frac{A}{\lambda}\right)^2} \right) \right)$$

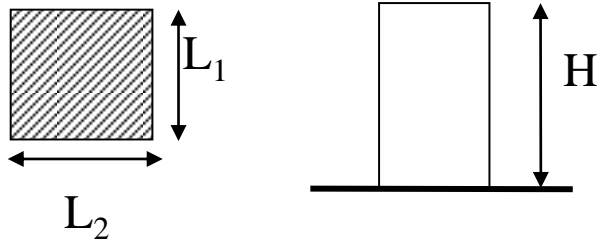
Si et A/λ sont proportionnels.

Indice de forme

$$\frac{A}{\lambda}$$



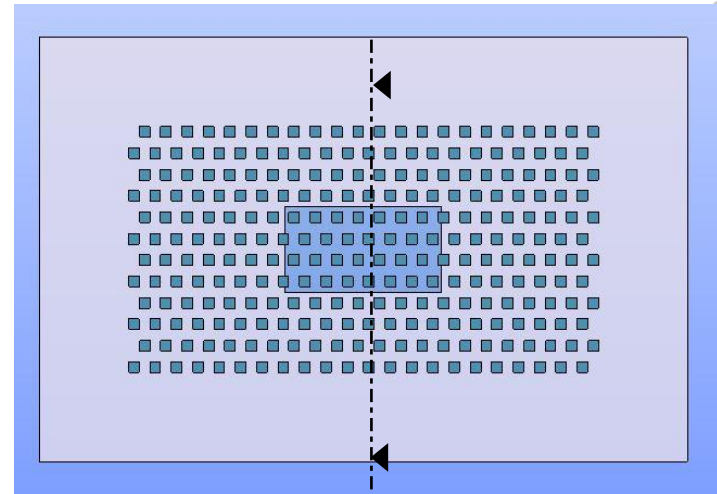
12 rangées sur l'axe vertical
44 rangées sur l'axe horizontal



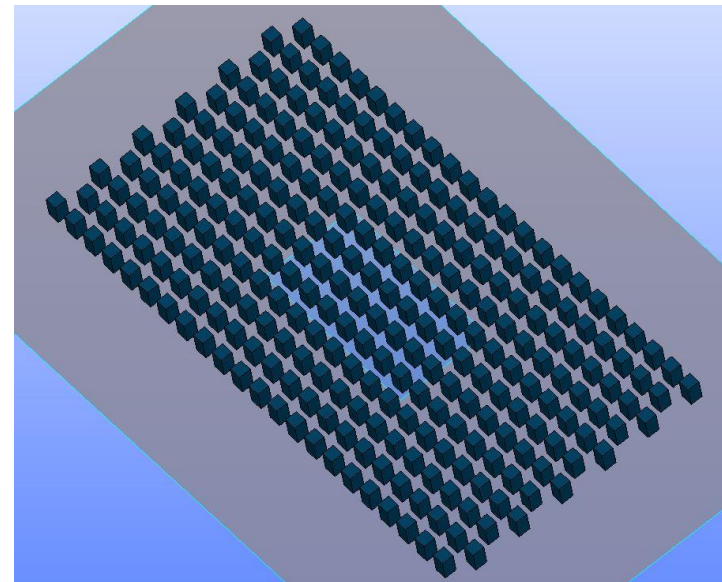
$H = 24 \text{ m}$

$Ly = Lx = L_1 = L_2 = 12 \text{ m}$

$H/Ly = 2$: ratio d'aspect



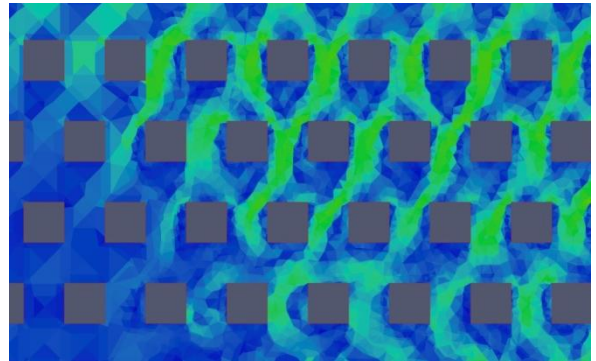
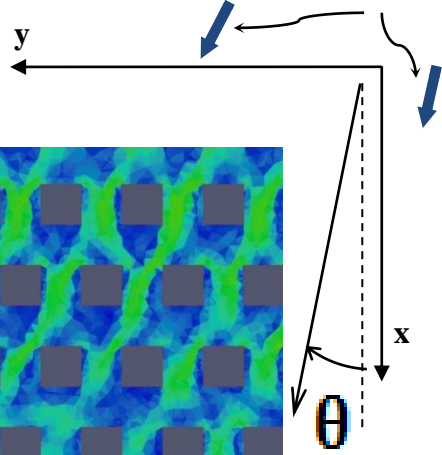
Présentation en 2D



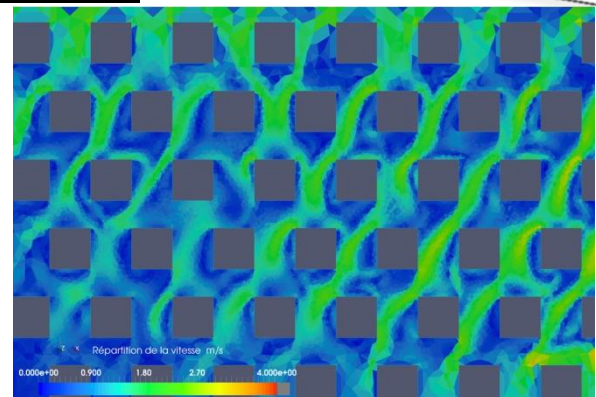
Présentation volumétrique

Résultats et discussions

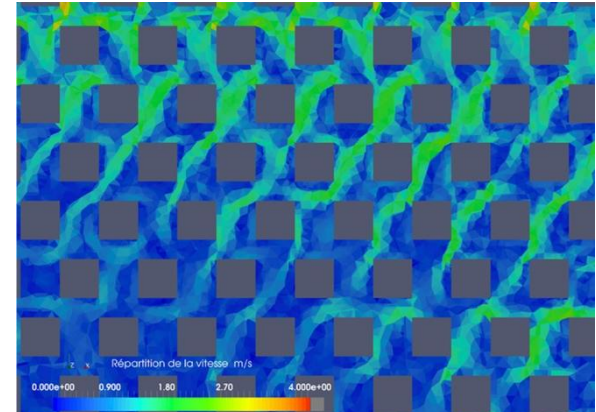
Variation de la longueur d'onde à une amplitude constante, ($\theta = 45^\circ$) :



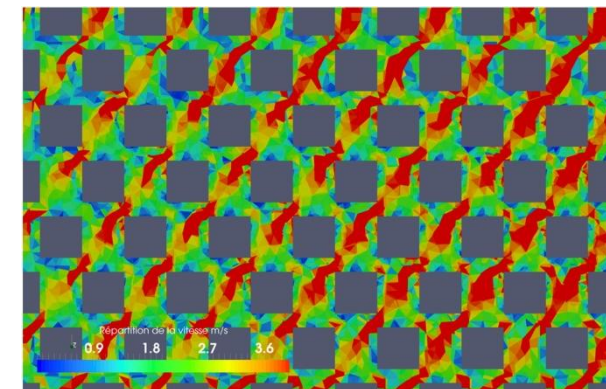
Cas 00



Cas 01



Cas 02

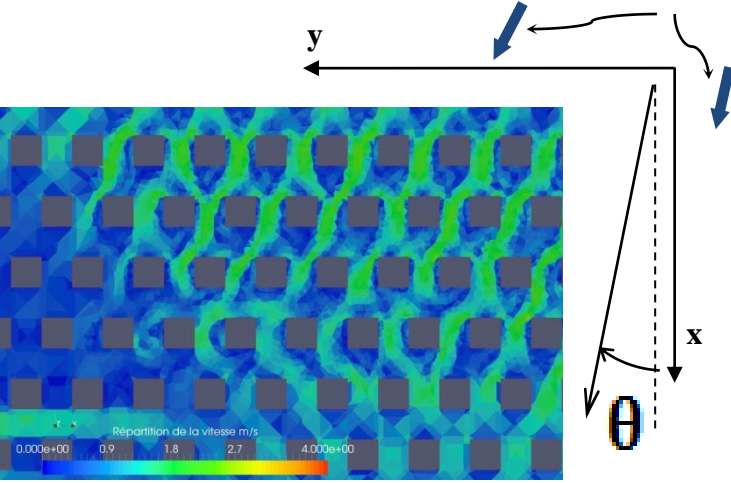


Cas 03

Cas théorique	00	01	02	03
$\lambda = (2 * l_x) + (2 * W)$	48	40	36	33.6
A	12	12	12	12
H/W	2	3	4	5
A/ λ	0.25	0.3	0.33	0.35
S_i	1.52	1.713	2	2.57

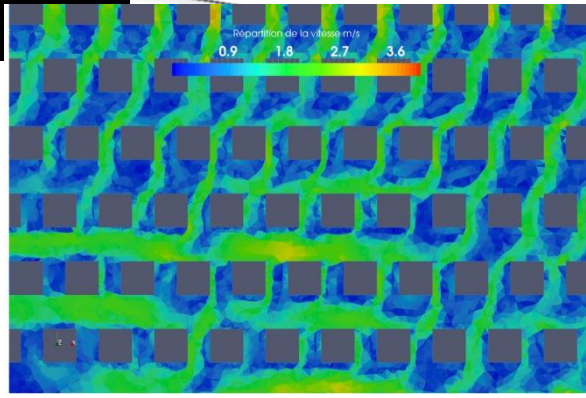
Résultats et discussions

Variation de l'amplitude ,
pour une période λ
constante ($\theta = 45^\circ$):

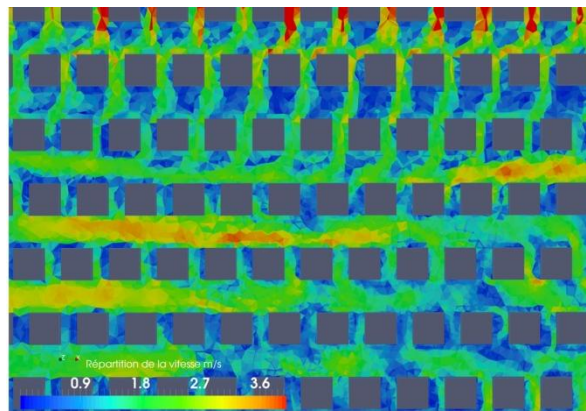


Cas 00

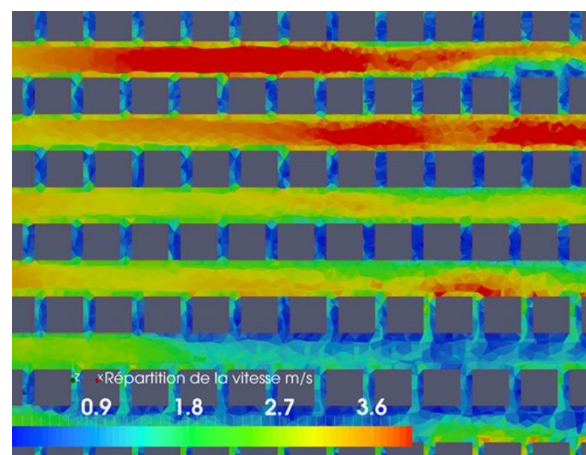
Cas théorique	00	04	05	06
A (m)	12	8	6	4.8
(m)	48	48	48	48
H/W	2	3	4	5
A/λ	0.25	0.166	0.125	0.1
S _i	1.52	1.25	1.14	1.09



Cas 04

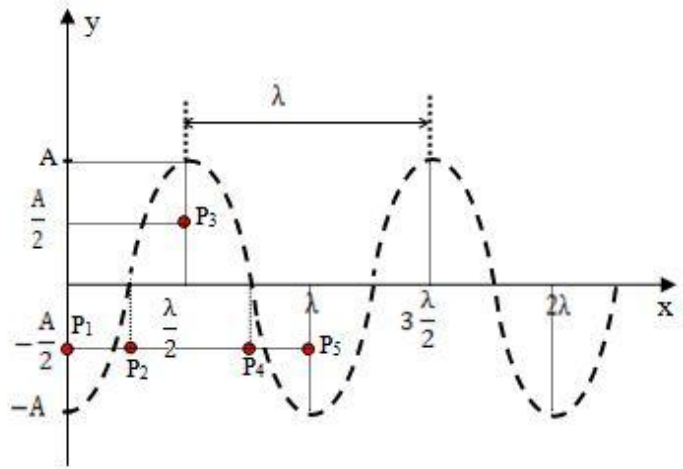


Cas 05



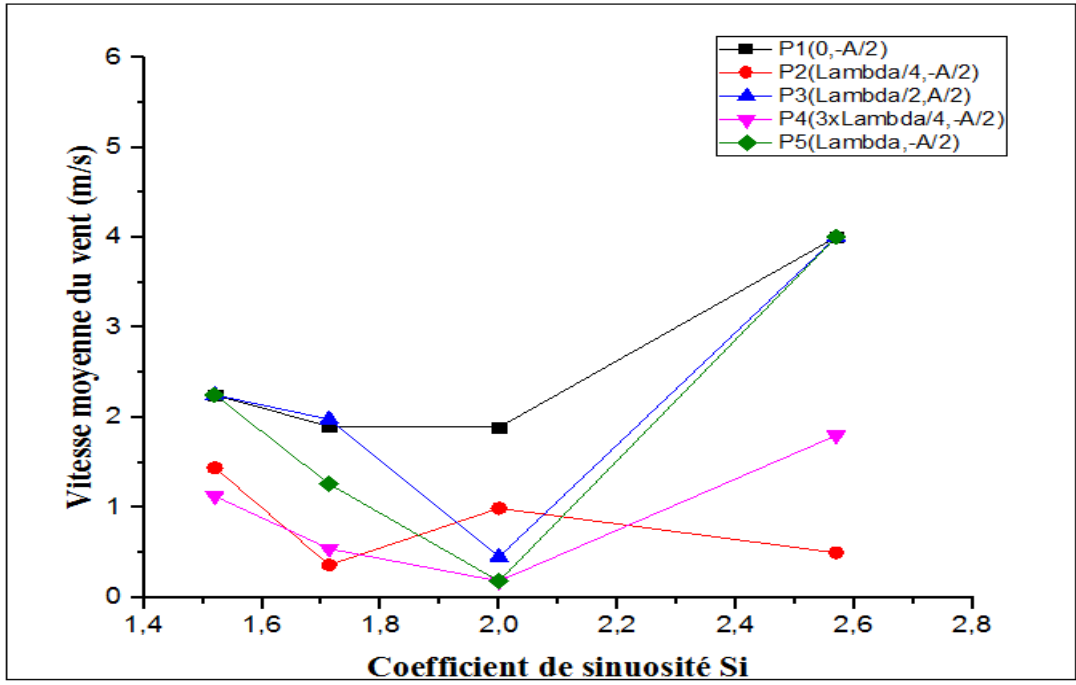
Cas 06

Résultats et discussions

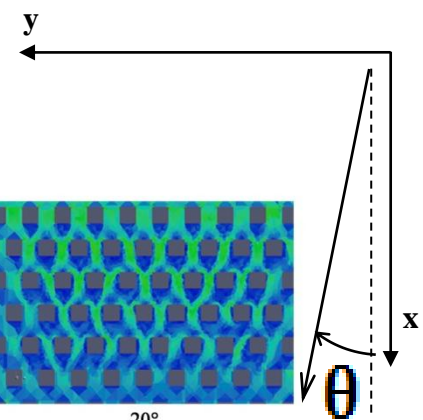


Disposition des points de mesure de la vitesse moyenne simulée

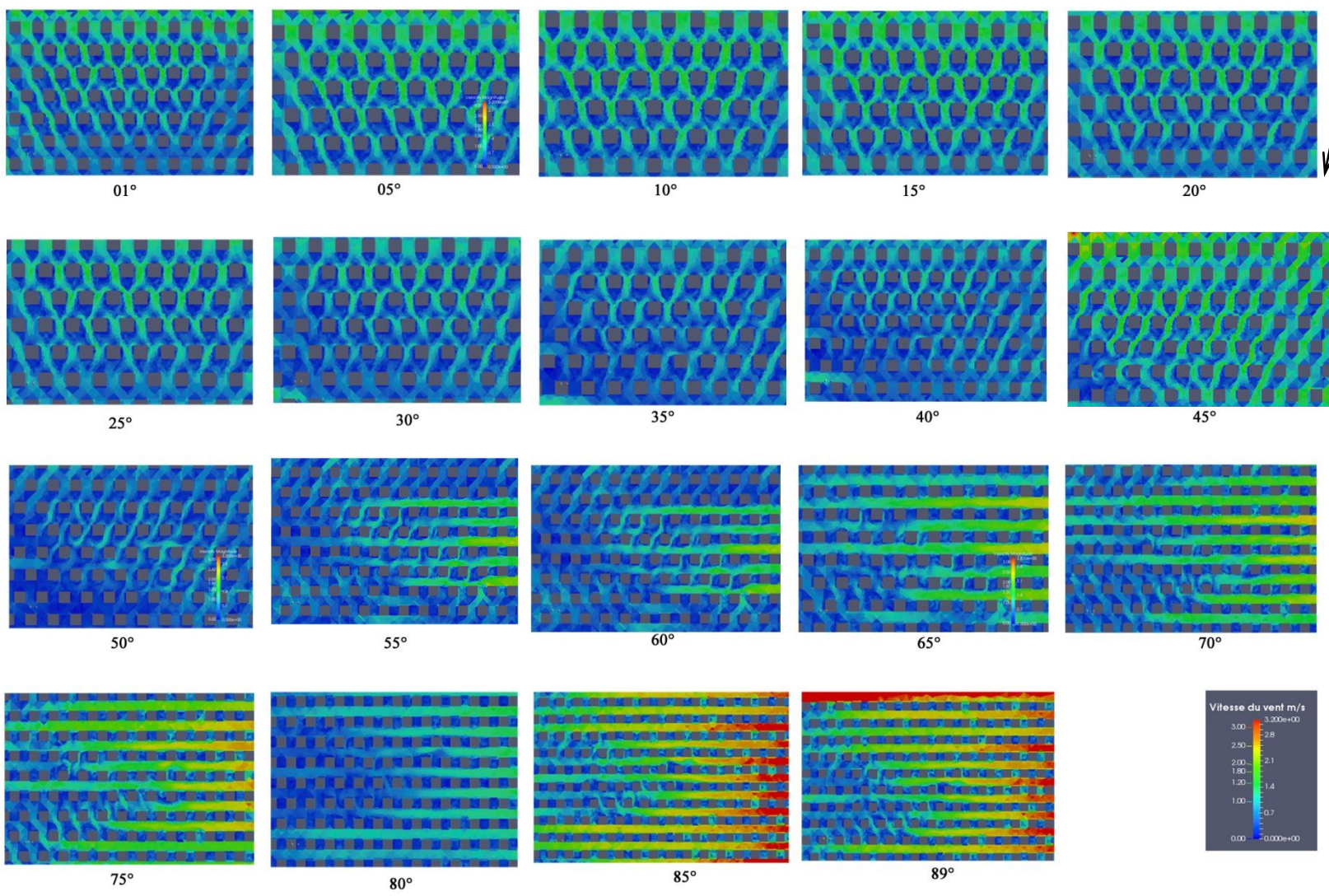
Variation de la vitesse moyenne du vent en fonction du coefficient de sinuosité



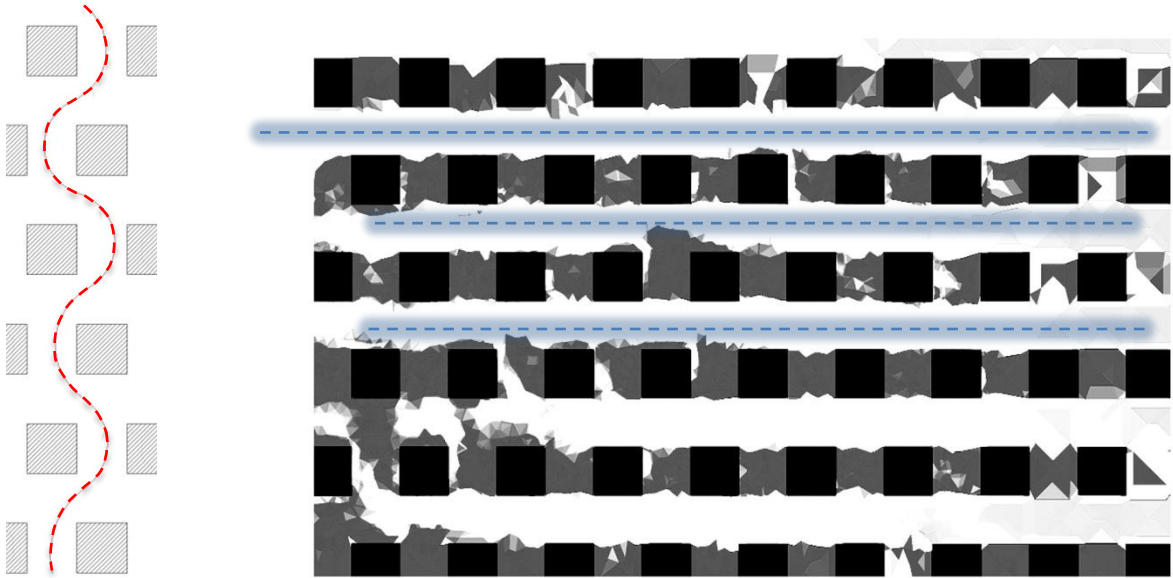
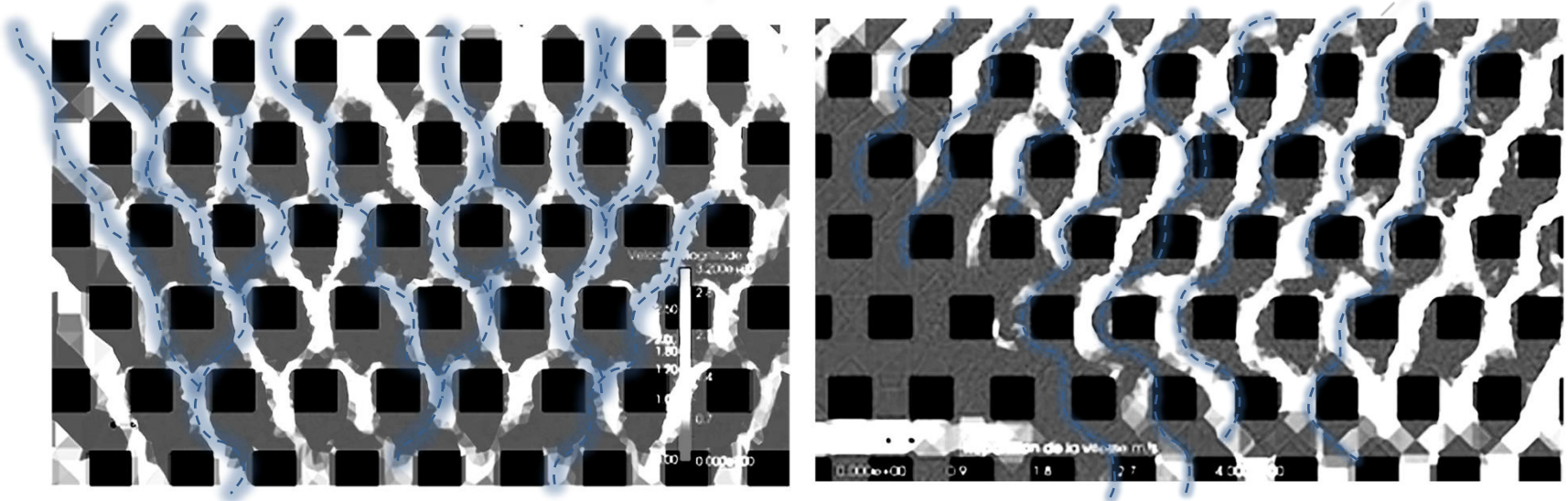
Résultats et discussions



Variation de la direction du vent de 1° à 89°



Résultats et discussions

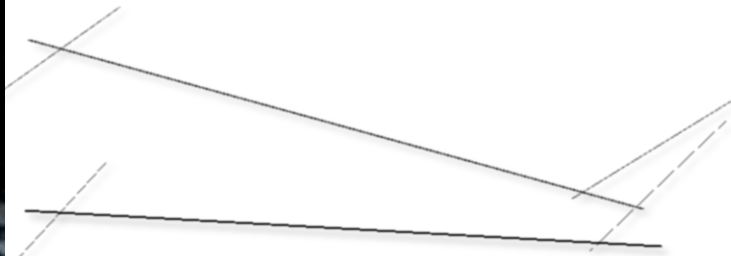


Sinusosité directionnelle



la relation entre l'impact de la forme sinusoïdale en termes d'augmentation ou atténuation de vitesse du vent, sur :

- la conception des espaces extérieurs
- l'influence du mouvement du vent de trajet sur la consommation énergétique des bâtiments



Merci de votre
attention