

Essai CFD 21 mai 2013

FLUENT 12.0

Modèle de turbulence : $k - \epsilon$ réalisé

Donnée d'entrer : $V = V_0 * (z/z_0)^\alpha$ Équation 01

Dont : V est la vitesse du vent d'entrer à l'hauteur de z , présume que la vitesse annuelle moyenne $V_0 = 3 \text{ m/s}$ à l'hauteur $z_0 = 10 \text{ m}$, et la longueur de rugosité de cette ville $\alpha = 0.4 \text{ m}$ (grande ville avec des tours)

Champ du vent : une demi-sphère dont rayon $r = 350 \text{ m}$ (Figure 01, 02)

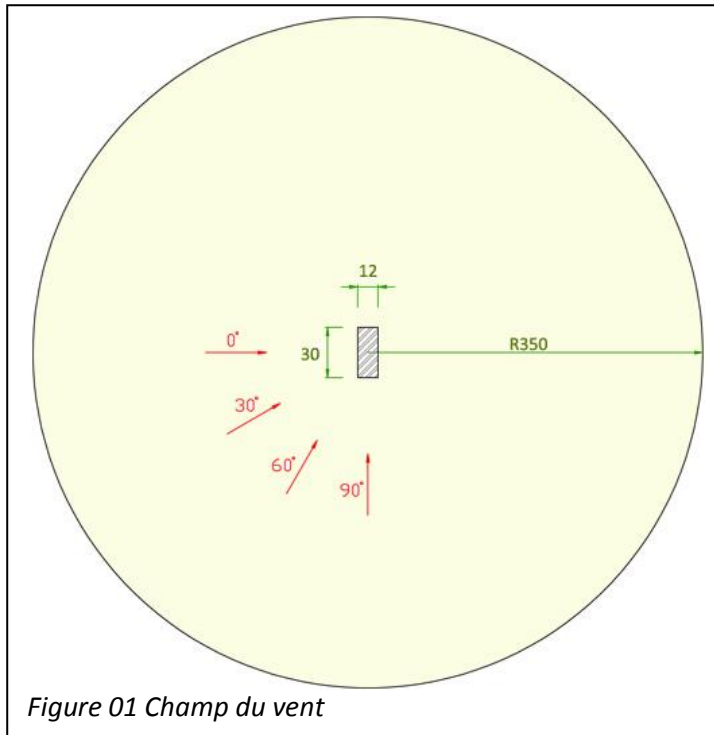


Figure 01 Champ du vent

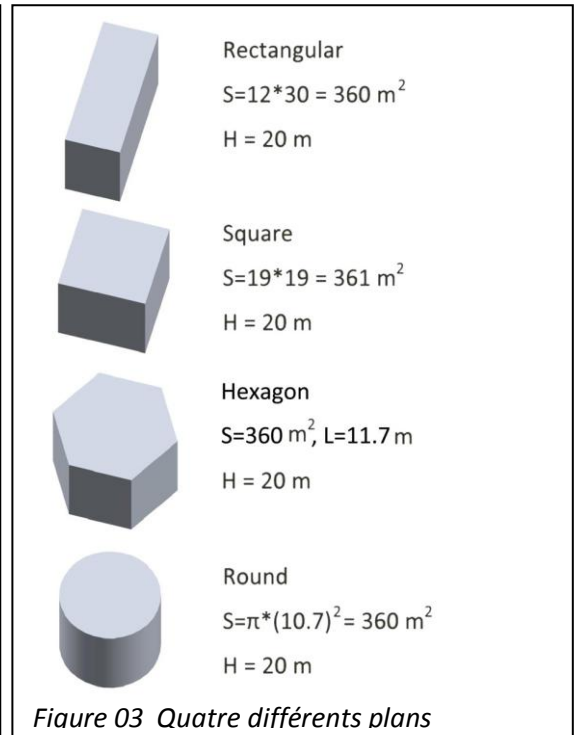


Figure 03 Quatre différents plans

1. Comparaison entre les différents plans

Voir Figure 02, quatre modèles avec différents plans (avec même superficie et même hauteur) sont testés.

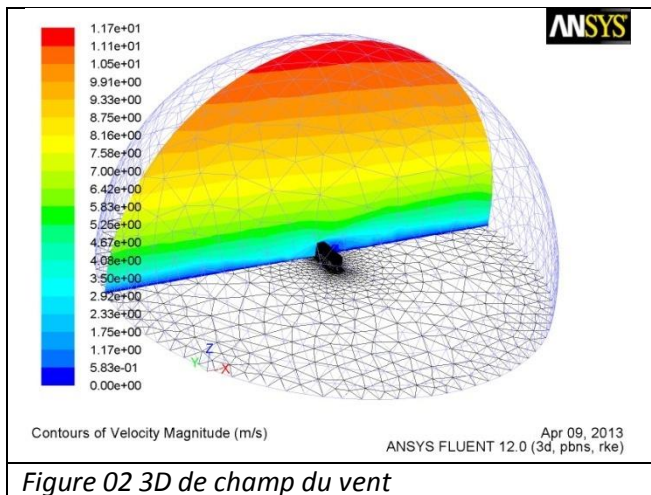


Figure 02 3D de champ du vent

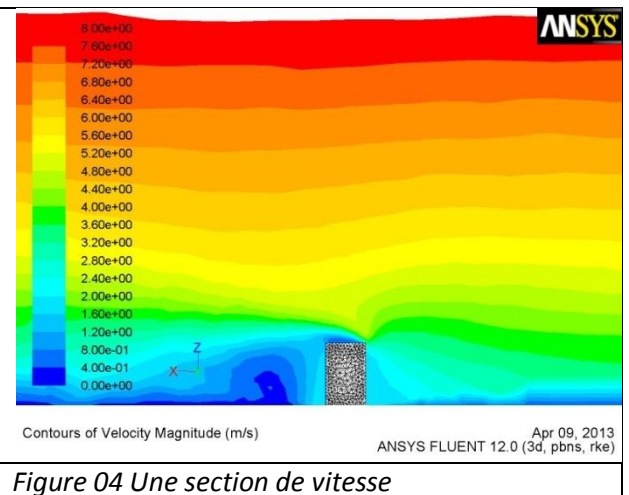
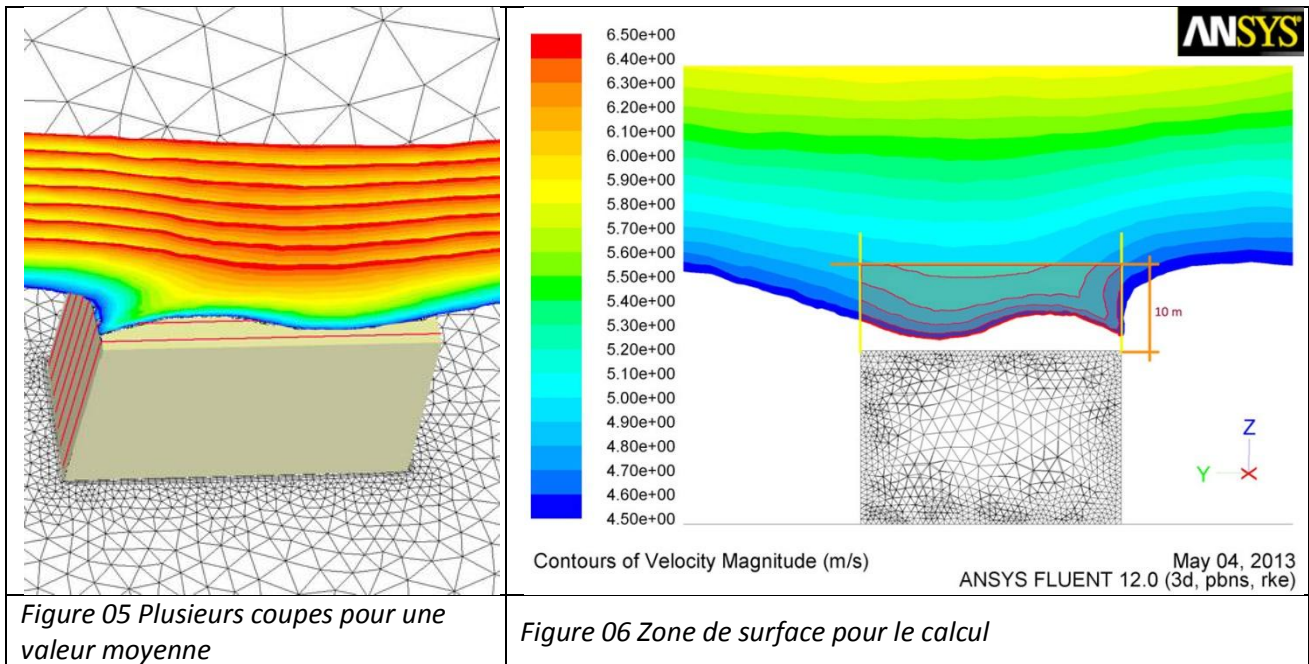


Figure 04 Une section de vitesse



Pour mesurer le potentiel d'énergie éolienne, tout à bords on considère celui sur toit. Ayant vu la vitesse du vent augmente avec l'hauteur (Figure 04), on considère le zone accessible pour installer les éoliens, voire 10m sur toit. Donc les différentes surfaces des rangées de vitesse sont calculées. Ici en vue de puissance générale, on décide les rangées entre 4.5 – 5.0 m/s comme les zones profitables et accessibles. En vu de rôle de vitesse du vent dans la puissance de vent:

$P = 0.5 * \rho * A * v^3$ Équation 02
(dont : ρ est la masse volumique de l'air, A est la surface que le vent a balayé et v sa vitesse.), on prend un indicateur $M = V * v^3$ pour évaluer le potentiel d'énergie éolienne sur toit (V est le volumique de l'espace qui a le vent d'une certaine vitesse). Plusieurs coupes sont calculées pour arriver une valeur moyenne (Figure 05, 06). Les images orthogonales sont sortie de FLUENT et les superficies des différentes rangées de vitesses sont calculée dans logiciel autoCAD.)

Tableau 1-1 Calculs des superficies des rangées de vitesse sur toit de 10m

		X=-9,33	X=-7,4	X=-5,55	X=-3,7	X=-1,85	X=0	X=1,85	X=3,7	X=5,55	X=7,4	X=9,33	A.V	Vol.	M
Hexa. 0°	4.5-4.6 m/s	1,78	2,60	3,64	6,00	8,01	8,61	9,96	9,93	8,73	8,68	6,83	6,80	139	13055
	4.6-4.7 m/s	3,60	2,69	3,83	6,39	10,27	14,49	13,20	13,30	10,89	10,02	8,53	8,84	180	18117
	4.7-4.8 m/s	45,93	8,50	10,77	17,46	21,67	28,34	22,22	17,82	16,65	13,85	10,45	19,42	396	42445
	4.8-4.9 m/s	35,64	62,93	45,25	46,76	49,17	53,02	40,81	23,06	26,63	21,68	17,88	38,44	784	83436
	4.9-5.0 m/s	17,72	35,43	61,87	57,44	52,79	45,02	40,02	33,82	29,19	24,10	21,62	38,09	777	94205
	5.0-5.1 m/s	4,78	4,62	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,64	0,44	0,95	19	2502
	S														253760
Hexa. 30°	4.5-4.6 m/s	2,13	2,12	3,68	5,12	6,96	11,94	11,10	10,40	11,27	10,44	8,66	7,62	155	14635
	4.6-4.7 m/s	9,10	5,14	5,36	8,55	13,46	16,62	15,82	15,33	14,00	13,87	11,76	11,73	239	24044
	4.7-4.8 m/s	24,94	15,82	16,38	21,15	30,03	37,07	30,39	26,23	22,81	19,14	15,94	23,63	482	51631
	4.8-4.9 m/s	56,01	54,32	44,44	60,53	57,15	53,12	46,35	38,20	31,50	26,52	21,97	44,56	908	96712
	4.9-5.0 m/s	12,01	35,43	57,19	39,22	33,12	27,70	20,31	15,30	10,81	7,44	4,10	23,88	487	59045
	5.0-5.1 m/s	7,32	6,46	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	1,25	26
	S														249357
Total														1504949	(m ⁶ *s ⁻³)
Rond 0°	X=-9,9	X=-8	X=-6	X=-4	X=-2	X=0	X=2	X=4	X=6	X=8	X=9,9	A.V	Vol.	M	
	4.5-4.6 m/s	0,74	1,70	3,82	6,96	10,40	13,67	16,30	18,33	21,52	18,77	11,03	11,20	240	22584
	4.6-4.7 m/s	28,63	5,08	4,44	8,34	15,44	24,86	28,16	31,45	29,49	24,37	13,93	19,47	417	41897
	4.7-4.8 m/s	24,24	64,46	35,94	51,84	62,07	58,67	53,99	46,38	30,63	13,70	2,36	40,39	864	92631
	4.8-4.9 m/s	6,89	25,50	94,84	77,73	54,46	36,26	19,80	6,06	0,61	0,00	0,00	29,29	627	66718
	4.9-5.0 m/s	6,54	23,22	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	2,71	58	7022
5.0-5.1 m/s	6,26	1,75	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,73	16	2007	
	S														232859
Total														1397154	(m ⁶ *s ⁻³)

Tableau 1-2 Calculs des superficies des rangées de vitesse sur toit de 10m

		X=-5,1	X=-3,4	X=-1,7	X=0	X=1,7	X=3,4	X=5,1	A.V	Vol.	M
		Rect. 0°	4.5-4.6 m/s	8,33	7,98	8,75	7,52	10,27	10,95	11,87	9,38
4.6-4.7 m/s	13,26		9,51	8,68	9,13	10,49	11,75	12,41	10,75	129	12967
4.7-4.8 m/s	78,30		12,84	12,76	15,61	15,54	15,56	13,60	23,46	282	30169
4.8-4.9 m/s	127,47		52,52	22,02	21,47	22,05	24,21	20,88	41,52	498	53036
4.9-5.0 m/s	0,00		116,19	100,76	56,12	40,20	35,45	29,56	54,04	648	78652
5.0-5.1 m/s	0,00		0,00	17,94	36,06	26,50	10,05	2,39	13,28	159	20519
S											205948
Rect. 30°	4.5-4.6 m/s	11,07	9,81	9,42	9,55	11,68	11,97	11,96	10,78	129	12185
	4.6-4.7 m/s	23,66	11,17	10,04	11,86	13,54	13,43	13,63	13,90	167	16776
	4.7-4.8 m/s	113,87	30,13	18,13	18,11	17,81	20,11	20,38	34,08	409	43825
	4.8-4.9 m/s	74,30	96,68	50,33	39,53	35,53	30,57	33,50	51,49	618	65777
	4.9-5.0 m/s	13,54	61,42	98,91	70,55	53,66	48,77	38,66	55,07	661	80156
	5.0-5.1 m/s	1,20	0,00	0,00	22,20	29,36	29,81	31,52	16,30	196	25189
S											243908
Rect. 60°	4.5-4.6 m/s	51,74	30,82	26,41	20,94	20,22	19,77	21,76	27,38	329	30949
	4.6-4.7 m/s	137,17	83,93	45,51	34,95	35,40	32,26	30,32	57,08	685	68866
	4.7-4.8 m/s	47,92	100,68	111,32	91,91	73,76	59,68	57,42	77,53	930	99705
	4.8-4.9 m/s	0,00	7,42	29,44	56,53	78,27	88,44	84,63	49,25	591	62911
	4.9-5.0 m/s	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	10,57	23,36	4,85	58	7055
	5.0-5.1 m/s	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0	0
S											269485
Rect. 90°	4.5-4.6 m/s	22,80	20,09	18,49	16,28	18,08	20,51	21,53	19,68	236	22249
	4.6-4.7 m/s	35,09	28,11	26,64	26,42	27,84	28,85	34,40	29,62	355	35739
	4.7-4.8 m/s	53,23	46,58	44,81	42,94	43,65	50,28	61,95	49,06	589	63098
	4.8-4.9 m/s	43,26	43,60	39,82	38,87	39,50	37,83	30,59	39,07	469	49906
	4.9-5.0 m/s	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0	0
	5.0-5.1 m/s	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0	0
S											170992
Total											1403726 (m⁶*s⁻³)
		X=-8,1	X=-5,4	X=-2,7	X=0	X=2,7	X=5,4	X=8,1	A.V	Vol.	M
		Carrée 0°	4.5-4.6 m/s	2,20	3,60	4,87	5,72	7,69	9,27	10,33	6,24
4.6-4.7 m/s	2,34		4,28	5,83	7,04	10,61	9,95	11,44	7,36	140	14052
4.7-4.8 m/s	6,47		4,09	7,15	9,45	14,10	14,19	16,33	10,25	195	20880
4.8-4.9 m/s	88,93		7,68	9,71	17,88	20,63	22,26	22,49	27,08	515	54778
4.9-5.0 m/s	48,49		80,27	49,57	40,81	28,54	16,18	4,02	38,27	727	88188
5.0-5.1 m/s	2,72		25,30	29,70	10,01	0,00	0,00	0,00	9,68	184	23676
S											212743
Carrée 30°	4.5-4.6 m/s	5,43	4,78	6,96	7,28	10,95	11,61	14,23	8,75	166	15658
	4.6-4.7 m/s	17,27	7,16	9,95	13,85	14,94	17,61	16,80	13,94	265	26630
	4.7-4.8 m/s	79,78	19,79	19,00	21,75	19,98	21,91	22,01	29,17	554	59407
	4.8-4.9 m/s	38,50	80,32	40,00	32,29	32,59	28,48	30,04	40,32	766	81546
	4.9-5.0 m/s	11,16	20,39	45,45	41,28	34,93	30,61	28,51	30,33	576	69901
	5.0-5.1 m/s	0,75	0,00	0,00	0,00	2,29	4,77	4,30	1,73	33	4233
S											257375
Total											1454986 (m⁶*s⁻³)

-Note: A.V. est la superficie moyenne (m²), $A.V. = \sum_{k=0}^n \binom{n}{k} S^k$; dont le S^k est la superficie calculé de chaque coupe entre chaque rangée de vitesse, k est le nombre de coupes.

Vol. est la volume d'espace (m³), Vol.=A.V.*L (longueur au long de l'axis de coupe) ;

Pour chaque rangée M prend la vitesse moyenne, voire 4.55 m/s, 4.65 m/s, etc.

Total est la somme de Vol. (m³) en 6 directions entre 180° (0°, 30°, 60°, 90°,120°,150°) ;

D'après l'expérience on peut voir (Tableau 1-1, 1-2), entre ces quatre modèles (avec même superficie de plan, même hauteur, même entrée du vent), l'ordre de potentiel d'énergie éolienne globale sur toit est comme ici: le cylindre hexaèdre > le cylindre carré > le barre > le cylindre, d'après la valeur de M de 10 m sur toit; Le décalage entre le cylindre hexaèdre et le cylindre est assez grande (7.7%).

Pourtant, d'après les résultats de M de 5m sur toit (Tableau 1-3, 1-4), l'ordre de potentiel pour les quatre modèles sont différent : le cylindre > le cylindre hexaèdre > le barre > le cylindre carré.

D'après les deux groupes de résultats, on peut dire :

- l'impact de forme sur l'effet de concentration du vent sur toit est variable, selon les zones et hauteur pour installer l'éolienne ;
- le cylindre hexaèdre est généralement plus profitable que les autres pour la somme d'énergie éolienne sur toit sans vent dominant ;
- le cylindre (Rond) est plus efficace de capter l'énergie éolienne en proche, en revanche plus faible à une distance importante. Autrement dire, sa capacité d'influencer l'écoulement du vent sont plutôt dense et proche de lui.
- Les capacités générales de barre et de cylindre carré sont plutôt similaires ; pourtant, la cylindre carrée est plus efficace à une distance importante et moins en proche.

Tableau 1-3 Calculs des superficies des rangées de vitesse sur toit de 5m

		X=-5,1	X=-3,4	X=-1,7	X=0	X=1,7	X=3,4	X=5,1	A.V	Vol.	M
Rect. 0°	4.5-4.6 m/s	8,33	7,98	8,35	2,17	0,58	0,00	0,00	3,92	47	4426
	4.6-4.7 m/s	13,26	9,51	5,25	1,40	0,00	0,00	0,00	4,20	50	5071
	4.7-4.8 m/s	43,45	12,84	5,24	0,37	0,00	0,00	0,00	8,84	106	11372
	4.8-4.9 m/s	16,94	17,48	1,22	0,00	0,00	0,00	0,00	5,09	61	6504
	4.9-5.0 m/s	0,00	1,22	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,17	2	254
	5.0-5.1 m/s	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0	0
	S										27627
Rect. 30°	4.5-4.6 m/s	11,00	9,55	6,96	5,41	4,20	4,77	4,86	6,68	80	7549
	4.6-4.7 m/s	17,21	9,00	4,68	4,81	4,75	5,21	4,72	7,20	86	8684
	4.7-4.8 m/s	21,21	10,20	6,37	6,13	6,27	6,89	7,32	9,20	110	11830
	4.8-4.9 m/s	20,78	12,76	11,88	10,78	8,92	7,32	8,21	11,52	138	14718
	4.9-5.0 m/s	13,54	17,69	6,83	0,61	0,00	0,00	0,00	5,52	66	8040
	5.0-5.1 m/s	1,20	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,17	2	265
	S										51086
Rect. 60°	4.5-4.6 m/s	31,35	20,03	18,68	15,85	17,56	18,63	21,12	20,46	246	23127
	4.6-4.7 m/s	59,72	40,82	21,82	21,03	20,68	22,37	23,04	29,93	359	36106
	4.7-4.8 m/s	1,49	10,90	21,85	20,89	19,41	19,32	21,17	16,43	197	21134
	4.8-4.9 m/s	0,00	1,08	1,10	0,56	0,00	0,00	2,16	0,70	8	894
	4.9-5.0 m/s	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0	0
	5.0-5.1 m/s	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0	0
	S										81261
Rect. 90°	4.5-4.6 m/s	3,50	2,22	2,23	2,46	2,14	3,52	3,46	2,79	33	3154
	4.6-4.7 m/s	4,89	3,67	3,14	2,52	3,16	3,12	5,95	3,78	45	4559
	4.7-4.8 m/s	6,80	5,03	5,88	4,74	5,35	5,70	8,84	6,05	73	7779
	4.8-4.9 m/s	5,20	5,17	3,48	4,22	3,85	3,71	1,47	3,87	46	4946
	4.9-5.0 m/s	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0	0
	5.0-5.1 m/s	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0	0
	S										20437
Total		312759 (m ⁶ *s ⁻³)									
Carrée 0°		X=-8,1	X=-5,4	X=-2,7	X=0	X=2,7	X=5,4	X=8,1	A.V	Vol.	M
	4.5-4.6 m/s	2,20	3,60	4,27	1,97	0,82	0,00	0,00	1,84	35	3288
	4.6-4.7 m/s	2,34	4,28	3,48	1,03	0,00	0,00	0,00	1,59	30	3037
	4.7-4.8 m/s	6,47	4,09	3,27	0,00	0,00	0,00	0,00	1,98	38	4023
	4.8-4.9 m/s	9,11	7,68	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	2,40	46	4851
	4.9-5.0 m/s	35,82	10,56	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	6,63	126	15269
5.0-5.1 m/s	2,72	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,39	7	951	
	S										31419
Carrée 30°	4.5-4.6 m/s	4,69	4,78	5,91	5,25	7,98	9,54	11,95	7,16	136	12809
	4.6-4.7 m/s	7,75	6,72	7,42	9,06	9,69	10,70	8,11	8,49	161	16224
	4.7-4.8 m/s	13,57	10,52	10,16	8,57	5,93	2,70	1,70	7,59	144	15461
	4.8-4.9 m/s	20,00	13,49	3,22	0,82	0,00	0,00	0,00	5,36	102	10844
	4.9-5.0 m/s	11,91	1,92	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	1,98	38	4553
	5.0-5.1 m/s	0,75	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,11	2	262
	S										60165
Total		303455 (m ⁶ *s ⁻³)									

Tableau 1-4 Calculs des superficies des rangées de vitesse sur toit de 5m

		X=-9,33	X=-7,4	X=-5,55	X=-3,7	X=-1,85	X=0	X=1,85	X=3,7	X=5,55	X=7,4	X=9,33	A.V	Vol.	M	
Hexa. 0°	4.5-4.6 m/s	1,78	2,60	3,64	6,00	7,41	7,24	6,78	5,79	4,58	3,48	2,64	4,72	96	9069	
	4.6-4.7 m/s	3,60	2,69	3,83	6,39	9,09	10,72	7,54	5,01	2,72	1,90	0,81	4,94	101	10120	
	4.7-4.8 m/s	5,07	4,23	9,16	10,83	12,16	10,25	4,25	1,94	1,01	0,22	0,00	5,37	110	11745	
	4.8-4.9 m/s	14,21	10,74	17,36	0,00	5,97	3,34	0,81	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	4,77	97	10346
	4.9-5.0 m/s	17,72	16,71	5,75	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	3,65	74	9033
	5.0-5.1 m/s	4,78	4,62	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,85	17	2244
	S															52557
Hexa. 30°	4.5-4.6 m/s	1,60	2,12	3,68	5,12	6,96	10,95	8,74	7,92	5,47	4,60	3,18	5,49	112	10536	
	4.6-4.7 m/s	3,75	2,75	4,12	7,76	6,94	9,37	7,12	1,34	0,39	0,38	0,47	4,04	82	8273	
	4.7-4.8 m/s	4,79	5,26	8,06	8,81	12,79	7,83	0,79	0,00	0,00	0,00	0,00	4,39	90	9601	
	4.8-4.9 m/s	17,94	10,96	12,79	16,13	4,46	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	5,66	115	12289	
	4.9-5.0 m/s	12,01	16,54	12,77	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	3,76	77	9290	
	5.0-5.1 m/s	7,32	6,46	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	1,25	26	3290	
	S															53279
Total															318229 (m ⁶ *s ⁻³)	
Rond 0°	X=-9,9	X=-8	X=-6	X=-4	X=-2	X=0	X=2	X=4	X=6	X=8	X=9,9	A.V	Vol.	M		
	4.5-4.6 m/s	0,74	1,70	3,82	6,96	10,40	12,49	7,70	5,14	1,52	0,00	0,00	4,59	98	9249	
	4.6-4.7 m/s	3,40	1,93	4,44	8,34	13,56	10,32	5,85	1,35	0,00	0,00	0,00	4,47	96	9622	
	4.7-4.8 m/s	8,88	5,97	10,59	23,40	13,33	3,62	0,60	0,00	0,00	0,00	0,00	6,04	129	13842	
	4.8-4.9 m/s	6,89	16,00	31,65	7,03	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	5,60	120	12751	
	4.9-5.0 m/s	6,54	23,22	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	2,71	58	7022	
	5.0-5.1 m/s	6,26	1,75	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,73	16	2007	
S															54493	
Total															326959 (m ⁶ *s ⁻³)	

3. Evaluation de l'impact de distance entre deux barres

Avec même condition de champ du vent, deux barres identiques (12m*30m*20m) sont choisis et 7 types de distance entre eux (Figure 3-1) sont évaluées. En raison de fonction principale de cette séparation, les vents avec un petit angle d'inclinaison (0°, 15°, 30°) sont considéré dan ce cas. D'ailleurs, en vue pratique, comme le cas de chapitre 1, le zone de 10m dessus de toit est considéré, et l'espace avec le vent plus de 4.5m/s est calculé, alors que l'espace avec le vent plus de 5.m/s est aussi calculé pour préciser la puissance de concentration du vent (Ici le vent le plus grand dans ce zone concerné est 5.4m/s).

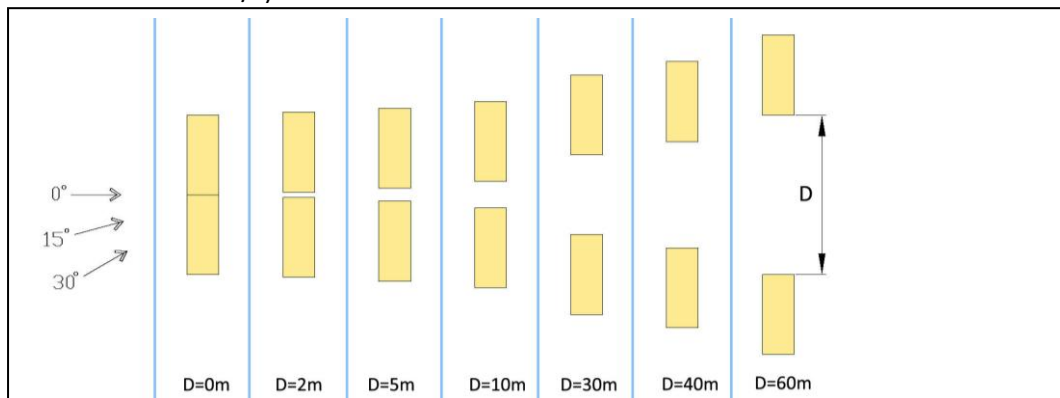


Figure 3-1. Sept groupes de modèles avec différentes distances entre eux

Selon les résultats de Tableau 3-1, 3-2, les tendances de changements de superficie Totale dans le zone sur toit moins 10m sont tracés comme le Diagramme 3-1. On peut voir que :

- La puissance du vent sur toit de ces deux barres augment er après diminue, avec la croissance de distance entre eux.
- Entre les deux crêtes, celle de D=30m est plutôt plus puissante que celle de D=40m, en considérant ses déviations et l'impact de vitesse sur la puissance d'énergie (équation 02).
- En comparaison le cas d'un seul barre, même si sa superficie total de zone de vitesse plus de 4.5m/s est un peu élevée que celle de D=0m et D=2m, la grande faiblesse de zone de vitesse

haute (plus de 5.0m/s) lui positionne derrière de tous les groupes de deux barres.
Autrement dire, n'importe quel le distance entre les barres, la puissance d'énergie éolienne sur toit est toujours plus élevée que celle d'un seul barre.

Tableau 3-1 Calculs des superficies des zones avec une vitesse plus de 4.5 m/s sur toit de 10m

		D=0m	D=2m	D=5m	D=10m	D=30m	D=40m	D=60m	Une barre *2
0°	X=-5,1	449	455	463	474	470	469	467	455
	X=-3,4	370	382	390	400	401	398	400	398
	X=-1,7	308	327	331	347	341	348	336	306
	X=0	240	269	285	296	291	300	295	220
	X=1,7	204	224	240	254	254	261	257	197
	X=3,4	159	184	201	219	221	223	220	196
	X=5,1	119	148	169	189	190	192	186	177
som.	1849	1989	2079	2179	2168	2191	2161	1948	
15°	X=-5,1	458	465	463	474	476	478	475	470
	X=-3,4	373	391	395	407	412	410	413	404
	X=-1,7	318	336	334	349	361	362	372	352
	X=0	262	288	283	302	311	318	318	306
	X=1,7	219	239	248	265	275	285	284	274
	X=3,4	185	209	217	238	248	258	261	248
	X=5,1	146	179	192	214	226	233	237	218
som.	1961	2107	2132	2249	2309	2344	2360	2272	
30°	X=-5,1	463	476	487	481	488	495	487	473
	X=-3,4	390	408	422	419	428	434	431	418
	X=-1,7	333	357	376	373	390	394	388	374
	X=0	291	310	339	337	357	367	357	299
	X=1,7	253	276	312	313	334	348	340	264
	X=3,4	229	252	298	294	323	334	328	250
	X=5,1	202	233	278	282	316	323	320	236
som.	2161	2312	2512	2499	2636	2695	2651	2315	
Total		5971	6408	6723	6927	7113	7230	7172	6535

Tableau 3-2 Calculs des superficies des zones avec une vitesse plus de 5.0 m/s sur toit de 10m

		D=2m	D=2m	D=5m	D=10m	D=30m	D=40m	D=60m	Une barre *2
0°	X=-5,1	0	27	85	376	121	9	6	0
	X=-3,4	167	147	190	354	331	238	220	0
	X=-1,7	196	150	219	291	272	245	241	36
	X=0	131	118	169	233	204	193	186	72
	X=1,7	78	81	124	183	164	143	141	53
	X=3,4	36	53	80	137	120	99	96	20
	X=5,1	17	33	53	106	85	69	67	5
som.	625	609	920	1680	1297	996	957	186	
15°	X=-5,1	0	215	217	119	189	212	83	0
	X=-3,4	253	202	200	321	349	243	322	0
	X=-1,7	218	203	184	271	291	244	292	64
	X=0	165	177	169	223	235	208	232	82
	X=1,7	109	124	213	175	188	168	194	62
	X=3,4	62	102	112	134	154	140	153	38
	X=5,1	35	80	93	100	126	114	125	24
som.	842	1103	1188	1343	1532	1329	1401	270	
30°	X=-5,1	76	168	279	196	199	347	120	2
	X=-3,4	294	238	331	235	332	366	315	0
	X=-1,7	251	255	299	262	307	331	310	0
	X=0	201	211	252	234	273	291	277	44
	X=1,7	156	170	228	204	245	265	251	59
	X=3,4	122	137	258	182	221	235	228	60
	X=5,1	91	126	169	159	209	222	210	63
	som.	1191	1305	1816	1472	1786	2057	1711	228
Total		2658	3017	3924	4495	4615	4382	4069	684

Note: som. est la somme de superficie des 7 tranches (m²);

Total est la somme totale de tous les trois angles d'entrée du vent.

Diagramme 3-1 les tendances de valeur de superficie (Total) avec la variation de distance

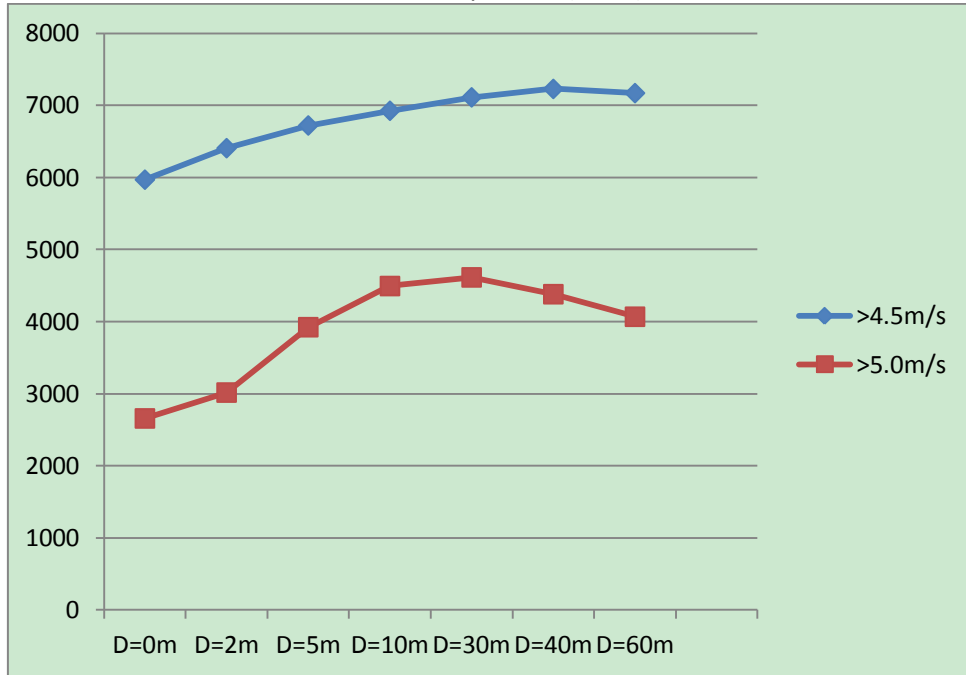


Diagramme 1-1 Le comparaison de trace de courbes de vitesse avec l'hauteur entre les résultats de CFD et l'équation 01

