

# Rapport d'analyse de Co-visibilité

Entre

Le Parc Eolien du Moulinet et le château de Liettes



## SOMMAIRE

1. Raison de l'étude .....	3
2. Processus de captation.....	3
3. Rapport de Traitement Photoscan .....	6
4. Intégration des éoliennes projet sur la maquette restituée .....	14
5. Résultats .....	17
6. Conclusions.....	22

## 1. Raison de l'étude

L'étude porte sur l'impact visuel du futur parc éolien du Moulinet vis-à-vis du Château de Liettes. Pour réaliser cette analyse, nous avons restitué, à l'aide d'un traitement photogrammétrique par corrélation dense, un maillage 3D photo-texturé du site existant. Nous avons sollicité l'Europe Vue Du Ciel en tant qu'avionneur afin de survoler la zone concernée.

Les informations liées à la configuration du terrain sont celles fixées à la date de prise de vue soit en date du 18 novembre 2018.

## 2. Processus de captation

Caractéristiques de captation :

La prise de vue a été réalisée en novembre selon les conditions météorologiques propices au vol et la captation avec une hauteur solaire idéalement comprise entre 30° et 25°.

Prises de vues verticales : 15 axes à une hauteur de vol de 750m

Les recouvrements ont été de 80% en longitudinal et 60% en latéral. Ces valeurs sont optimales pour une restitution photogrammétrique précise.

La caméra utilisée : Caméra Phase One IXU (100Mpx) + focale 70mm (taille d'image 11608x8708px).

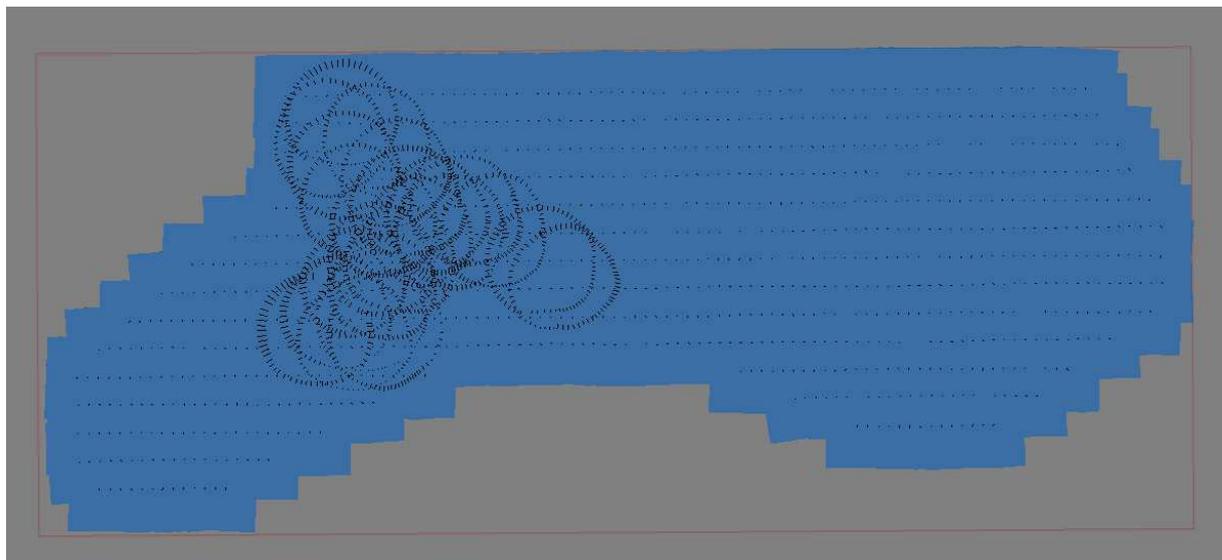
Prises de vues obliques : 26 rotations à une hauteur de vol de 430m avec une inclinaison à 45°.

Ces prises de vues obliques ont été nécessaires afin de mieux restituer les données verticales.

La caméra utilisée : Canon 5Dsr (50.3Mpx) + focale 50mm (taille d'image 8688x5792px).

La qualité du pixel natif moyen est de 5cm en vertical et en oblique.

2749 photos ont été utilisées pour réaliser cette numérisation.



Couverture photographique verticale (recouvrement 80%long. et 60%lat.) et oblique (360°)

Le traitement a été effectué avec le logiciel Agisoft Photoscan version 1.4.4, logiciel de référence pour ce genre de restitution.

Le traitement photogrammétrique par corrélation dense restitue la canopée - c'est-à-dire l'enveloppe – du terrain capté. Il ne restitue pas ce qu'il y a sous et à travers la végétation.

Des marqueurs en damier ont été peints au sol avant le passage de l'avion. L'intersection de chaque damier a été relevé au GPS afin d'aider à la reconstitution du terrain en 3D ainsi que de le géo-référencer.



Marqueur peint au sol relevé au GPS

Fichier	Edition	Format	Affichage ?	
1	1650321.494	9268022.532		99.116
2	1651070.700	9268519.546		65.664
3	1651364.476	9268295.485		53.444
4	1651976.112	9267548.574		65.922
5	1652861.751	9266735.827		76.002
6	1653372.745	9266712.389		56.207
7	1653552.553	9268025.927		110.755
8	1653137.181	9268219.009		120.230
9	1652185.591	9259824.248		132.541
10	1651938.833	9268484.692		132.689
11	1651047.984	9268594.212		111.019
12	1650962.843	9262081.283		117.894
13	1651426.664	9262558.952		93.777
14	1651087.999	9262997.887		92.455
15	1650307.178	9267397.885		100.251
16	1650835.409	9266560.539		70.332
17	1651314.617	9265650.528		50.727
18	1653277.879	9261669.869		101.342
19	1652628.471	9261442.887		111.523
20	1651533.275	9261223.134		130.707
21	1651931.211	9262946.549		89.097
22	1652800.474	9263384.708		82.578
23	1653459.189	9263648.576		78.834
24	1653130.293	9264936.176		91.109
25	1652578.062	9264183.209		62.654
26	1651502.738	9264585.027		68.887
27	1652450.523	9265577.232		66.283
28	1652940.880	9266008.116		42.092
29	1651754.028	9266385.965		48.708
30	1651116.336	9267468.171		89.817
31	1652291.066	9268087.468		120.057
32	1653398.208	9265702.923		71.623

Liste des marqueurs relevés sur le site

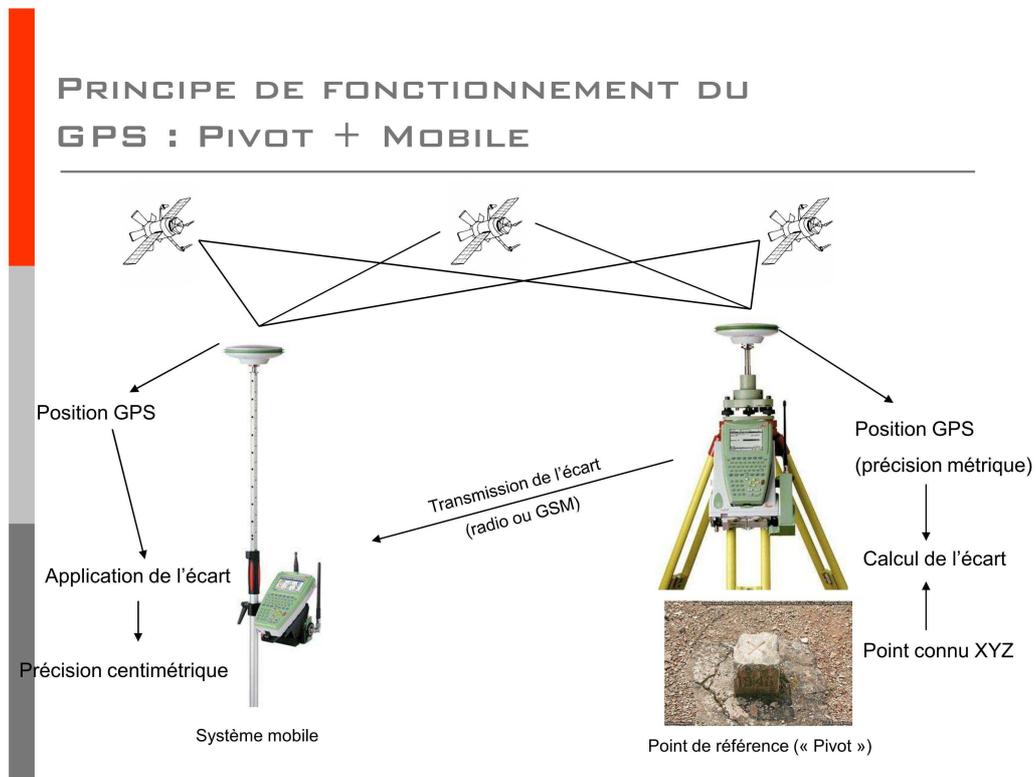


Schéma montrant le fonctionnement d'un relevé de coordonnées GPS avec une précision centimétrique

NOTA : Le traitement photogrammétrique a été entièrement réalisé dans le système de coordonnées RGF93 en projection CC50.

L'ensemble des coordonnées des éléments ajoutés sur la maquette 3D, notamment les éoliennes projets et les éoliennes existantes, ont été converties dans le même système de coordonnées à savoir RGF93 CC50.



Disposition des marqueurs afin de couvrir l'ensemble du site

### 3. Rapport de Traitement Photoscan

## Données du levé

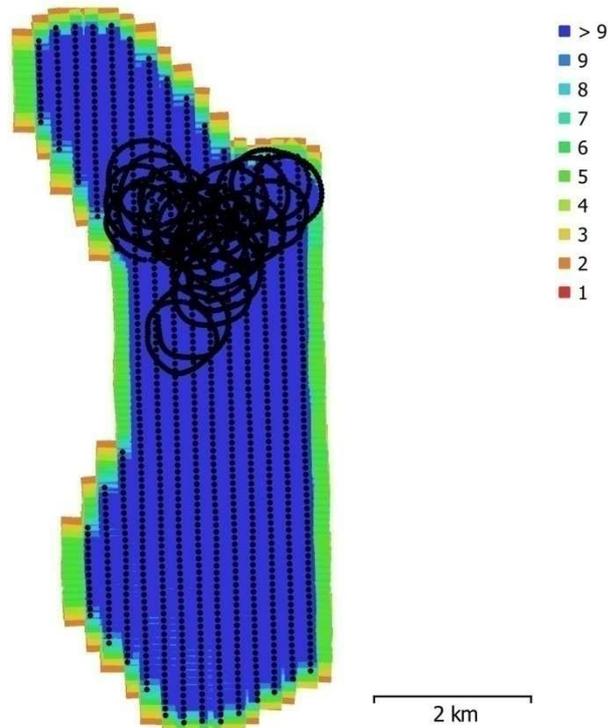


Fig. 1. Emplacements des caméras et chevauchement des images.

Nombre d'images:	2,749	Stations de caméras:	2,749
Altitude de vol:	734 m	Points de liaison:	801,038
Résolution au sol:	5.43 cm/px	Projections:	6,346,085
Zone de couverture:	26.1 km <sup>2</sup>	Erreur de reprojection:	1.39 px

Modèle de caméra	Résolution	Longueur focale	Taille de pixel	Précalibré
iXU-RS1000 (70mm)	11608 x 8708	70 mm	4.6 x 4.6 µm	Non
Canon EOS 5DS R (50mm)	8688 x 5792	50 mm	4.24 x 4.24 µm	Non

Tableau 1. Caméras.

# Calibration de la caméra

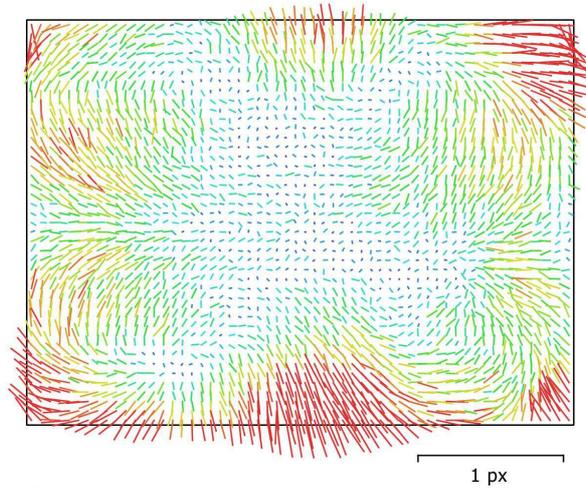


Fig. 2. Résiduelles des points de liaison pour iXU-RS1000 (70mm).

## iXU-RS1000 (70mm)

1061 images

Type	Résolution	Longueur focale	Taille de pixel
<b>Cadre</b>	<b>11608 x 8708</b>	<b>70 mm</b>	<b>4.6 x 4.6 μm</b>

	Valeur	Erreur	F	Cx	Cy	B1	B2	K1	K2	K3	P1	P2
<b>F</b>	<b>15145.2</b>	0.9	1.00	-0.53	0.37	-0.16	0.13	-0.05	0.05	-0.05	0.00	0.00
<b>Cx</b>	<b>-35.4973</b>	0.075		1.00	-0.19	0.28	-0.15	0.02	-0.01	0.02	0.32	-0.01
<b>Cy</b>	<b>4.32705</b>	0.067			1.00	0.06	0.25	-0.02	0.01	-0.01	0.00	0.34
<b>B1</b>	<b>0.339077</b>	0.006				1.00	-0.01	0.02	-0.03	0.04	-0.00	-0.01
<b>B2</b>	<b>0.0557278</b>	0.0058					1.00	-0.01	0.01	-0.01	-0.00	0.01
<b>K1</b>	<b>-0.00681491</b>	2.1e-05						1.00	-0.97	0.92	-0.01	0.00
<b>K2</b>	<b>0.0297107</b>	0.00021							1.00	-0.99	0.01	0.00
<b>K3</b>	<b>-0.0579372</b>	0.00061								1.00	-0.01	-0.00
<b>P1</b>	<b>-7.3695e-05</b>	7.6e-07									1.00	-0.00
<b>P2</b>	<b>8.09291e-05</b>	6.9e-07										1.00

Tableau 2. Coefficients de calibration et matrice de corrélation.

# Calibration de la caméra

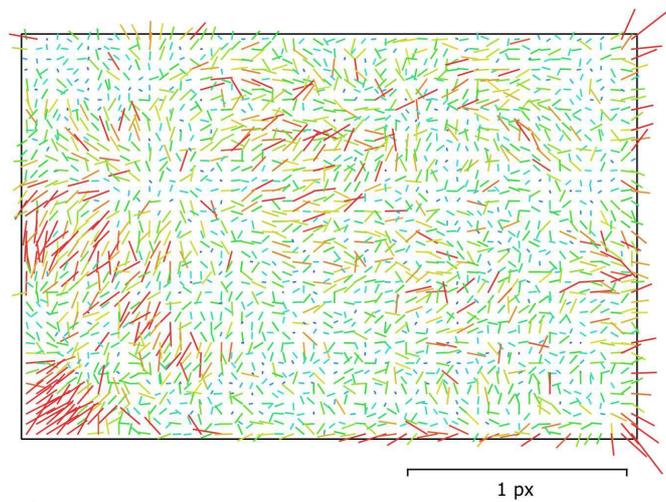


Fig. 3. Résiduelles des points de liaison pour Canon EOS 5DS R (50mm).

## Canon EOS 5DS R (50mm)

1688 images

Type Cadre                      Résolution **8688 x 5792**                      Longueur focale **50 mm**                      Taille de pixel **4.24 x 4.24 µm**

	Valeur	Erreur	F	Cx	Cy	B1	B2	K1	K2	K3	P1	P2
<b>F</b>	<b>11996.2</b>	0.14	1.00	0.05	-0.24	-0.04	0.02	-0.13	0.13	-0.11	0.02	-0.14
<b>Cx</b>	<b>-1.85502</b>	0.1		1.00	-0.15	0.14	0.73	-0.01	0.01	-0.01	0.77	-0.06
<b>Cy</b>	<b>-28.9309</b>	0.51			1.00	-0.96	-0.23	-0.01	-0.01	0.01	-0.00	0.53
<b>B1</b>	<b>-2.33084</b>	0.24				1.00	0.23	-0.01	0.02	-0.02	-0.00	-0.43
<b>B2</b>	<b>3.02856</b>	0.069					1.00	-0.01	0.01	-0.01	0.16	-0.10
<b>K1</b>	<b>0.00154694</b>	7.3e-05						1.00	-0.97	0.93	0.00	-0.06
<b>K2</b>	<b>0.0838264</b>	0.00085							1.00	-0.99	-0.00	0.04
<b>K3</b>	<b>-0.0754402</b>	0.003								1.00	0.00	-0.04
<b>P1</b>	<b>-0.000800214</b>	2.2e-06									1.00	0.00
<b>P2</b>	<b>0.000100728</b>	2.2e-06										1.00

Tableau 3. Coefficients de calibration et matrice de corrélation.

# Points de contrôle au sol

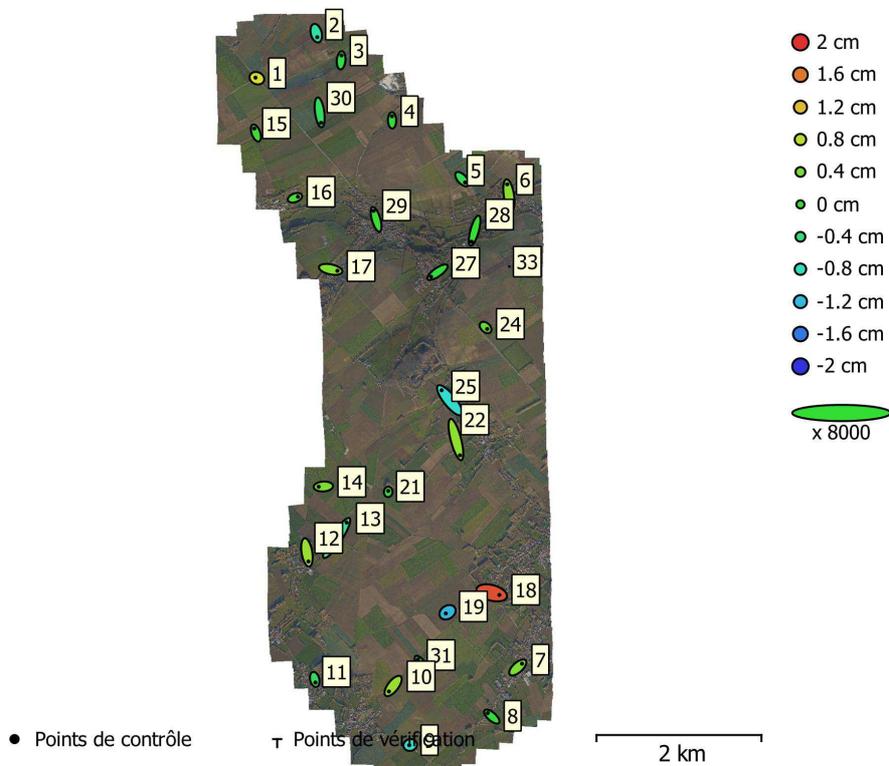


Fig. 4. Emplacements des points de contrôle au sol et estimations d'erreur.

L'erreur Z est représentée par la couleur de l'ellipse. Les erreurs X et Y sont représentées par la forme de l'ellipse. Les emplacements estimés des points de contrôle au sol sont marqués d'un point ou d'une croix.

Nombre	Erreur X (cm)	Erreur Y (cm)	Erreur Z (cm)	Erreur XY (cm)	Total (cm)
28	1.24033	2.09947	0.607118	2.43848	2.51292

Tableau 4. Points de contrôle RMSE.

X - Est, Y - Nord, Z - Altitude.

Etiquette	Erreur X (cm)	Erreur Y (cm)	Erreur Z (cm)	Total (cm)	Image (px)
4	-0.0309677	1.26178	-0.0140722	1.26224	0.102 (9)
1	-0.421056	0.170272	0.960853	1.06279	0.172 (11)
3	0.126616	1.50027	-0.106726	1.50938	0.160 (13)
2	0.322787	-1.22615	-0.656869	1.42797	0.193 (10)
15	-0.485321	1.36686	0.0735881	1.45233	0.194 (10)
30	0.430033	-3.20123	-0.260787	3.24049	0.207 (16)
16	0.88684	0.339674	0.128298	0.958292	0.204 (12)
29	-0.737482	2.57461	0.0511892	2.67864	0.052 (184)
5	0.899694	-0.997338	-0.191211	1.35672	0.104 (12)
6	-0.5197	3.37487	0.498792	3.45089	0.148 (10)
17	2.03962	-0.440081	0.469788	2.13879	0.115 (15)
27	-1.94191	-1.39022	-0.0710746	2.3893	0.054 (195)
24	0.488209	-0.457243	0.257694	0.716816	0.198 (17)
8	-1.22144	1.09068	-0.0369526	1.63795	0.146 (11)
7	1.28146	1.16932	0.426043	1.78633	0.219 (9)
31	-1.25999	1.75472	0.0567498	2.16098	0.190 (15)
9	-0.281344	-0.0693035	-0.882781	0.929118	0.170 (9)
10	-1.27979	-1.6757	0.604871	2.19355	0.209 (12)
19	-0.525792	-0.347551	-1.22204	1.375	0.157 (15)
18	2.30766	-0.642184	1.82644	3.01224	0.144 (9)
11	0.217837	-0.938608	-0.236658	0.992192	0.125 (5)
12	0.445888	-2.76349	0.604604	2.86378	0.177 (12)
13	3.0291	4.74897	-0.599179	5.66456	0.147 (17)
21	0.0242894	0.291085	-0.0965072	0.307627	0.220 (15)
22	1.23611	-4.82616	0.535507	5.01065	0.173 (16)
25	-2.43555	3.07482	-0.923021	4.02969	0.462 (15)
14	-1.41094	-0.0880745	0.439865	1.48054	0.133 (4)
28	-0.929654	-3.40157	0.0404408	3.52655	0.132 (67)
<b>Total</b>	<b>1.24033</b>	<b>2.09947</b>	<b>0.607118</b>	<b>2.51292</b>	<b>0.137</b>

Tableau 5. Points de contrôle.  
X - Est, Y - Nord, Z - Altitude.

<b>Etiquette</b>	<b>Erreur X (cm)</b>	<b>Erreur Y (cm)</b>	<b>Erreur Z (cm)</b>	<b>Total (cm)</b>	<b>Image (px)</b>
33					0.247 (11)
<b>Total</b>					

Tableau 6. Points de vérification.  
X - Est, Y - Nord, Z - Altitude.

# Modèle Numérique d'élévation

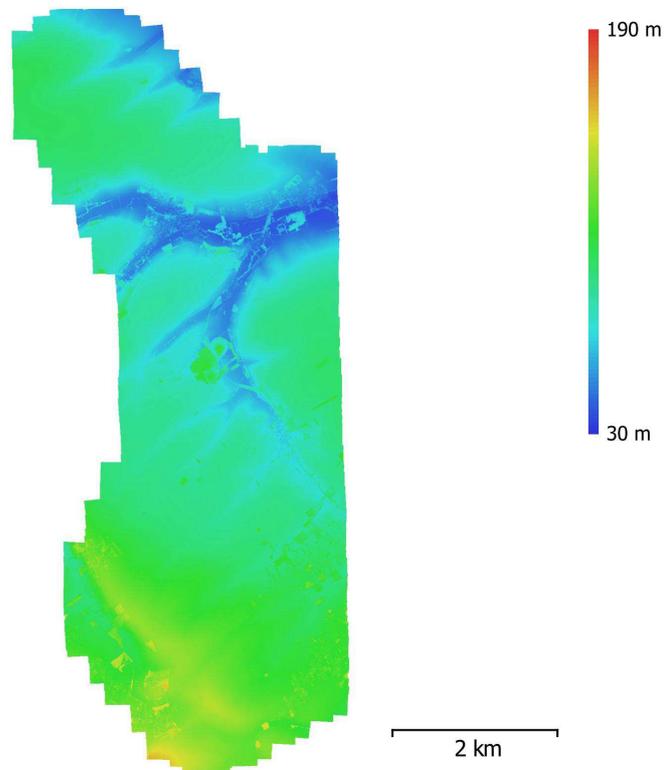


Fig. 5. Modèle numérique d'élévation reconstruit.

Résolution: inconnu  
Densité des points: inconnu

# Paramètres de traitement

## Général

Caméras	2749
Caméras alignées	2749
Repères	29
Système de coordonnées	RGF93 / CC50 (EPSG::3950)
Angles de rotation	Lacet, Tangage, Roulis

## Nuage de point

Points	801,038 de 994,224
Erreur RMS de reprojection	0.171847 (1.38672 px)
Erreur Max de reprojection	0.895075 (83.4581 px)
Taille moyenne de point	6.17061 px
Couleurs des points	3 bandes, uint8
Points-clé	Oui
Multiplicité moyenne des points de liaison	12.7235

## Paramètres d'alignement

Précision	Moyenne
Présélection générique	Oui
Limite de points	40,000
Limite de points de liaison	4,000
Ajustement progressif du modèle de la caméra	Oui
Temps de concordance	20 heures 39 minutes
Temps d'alignement	56 minutes 17 secondes

## Paramètres d'optimisation

Paramètres	f, b1, b2, cx, cy, k1-k3, p1, p2
Ajustement progressif du modèle de la caméra	Non
Durée d'optimisation	1 minute 20 secondes

## Nuage de points dense

Points	642,045,081
Couleurs des points	3 bandes, uint8

## Paramètres de reconstruction

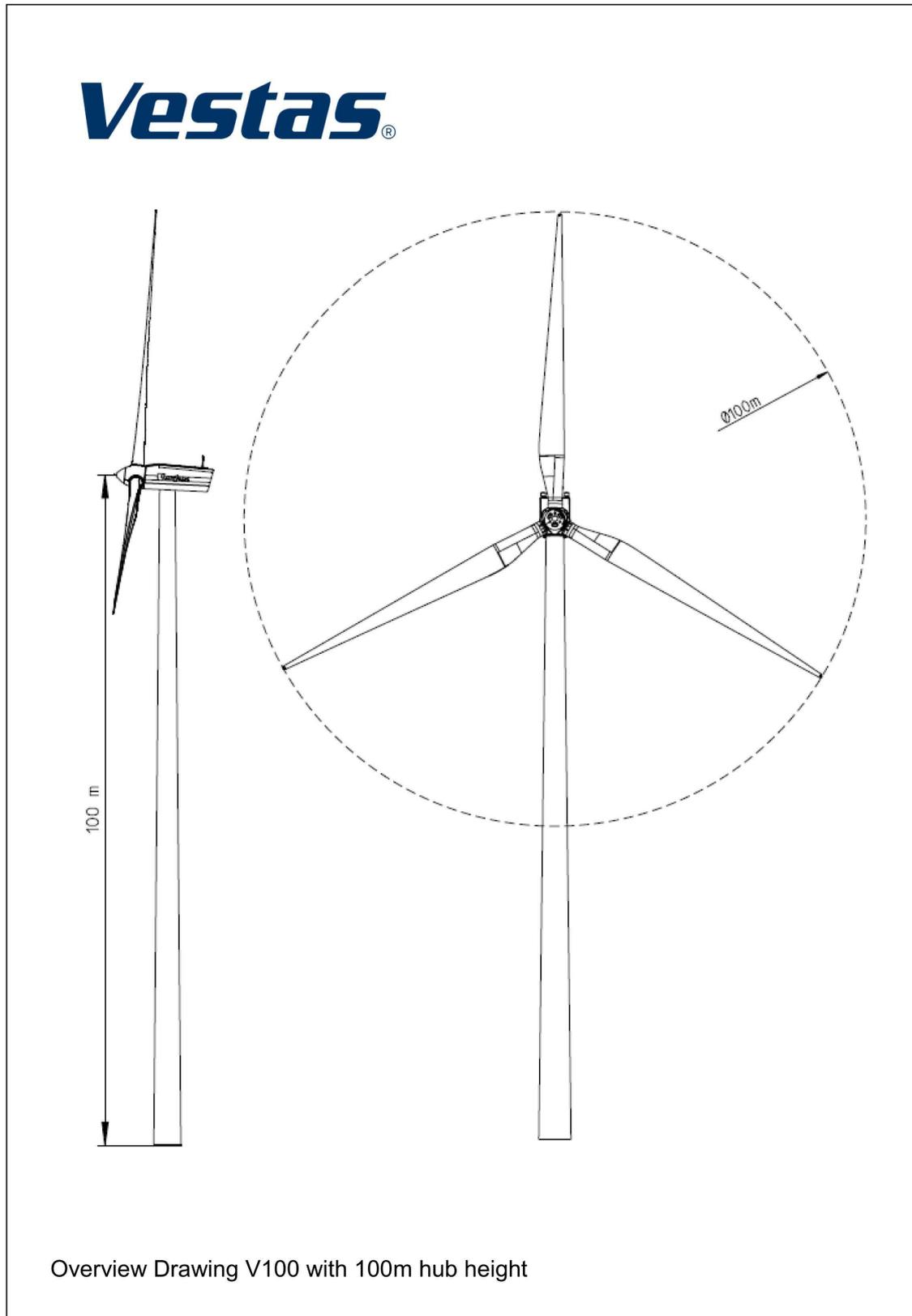
Qualité	Moyenne
Filtrage de la profondeur	Agressif
Temps de génération des cartes de profondeur	6 jours 22 heures
Temps de génération du nuage de points dense	17 jours 13 heures

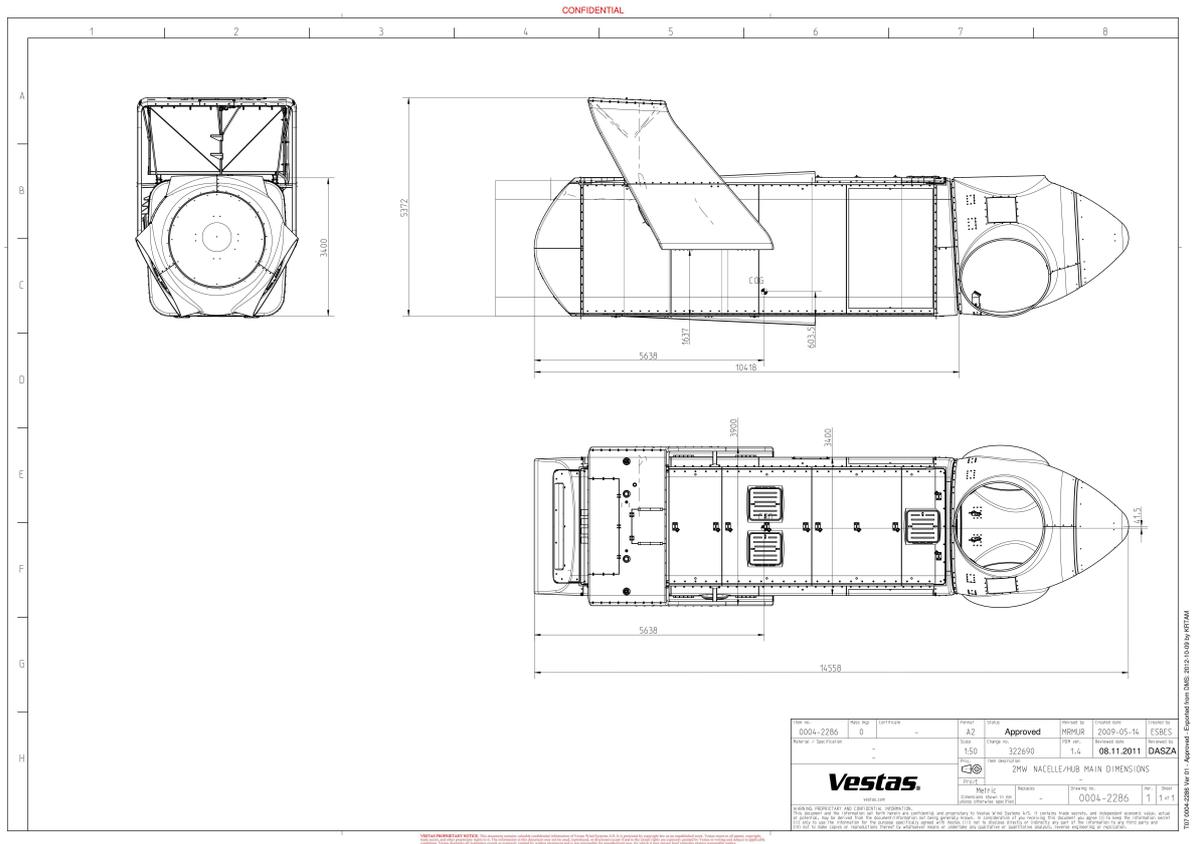
## Logiciel

Version	1.4.4 build 6848
Plateforme	Windows 64

#### 4. Intégration des éoliennes projet sur la maquette restituée

Nous avons modélisé en 3D le modèle d'éolienne prévue à l'échelle 1 selon les plans fournis.





Puis nous avons implanté chaque éolienne 3D dans la maquette 3D du terrain selon les coordonnées fournies.



PLAN DE SITUATION SUR FOND VUE AÉRIENNE ( Source Géoportail)

Ech. 1 : 20 000

	LAMBERT I		LAMBERT 93		LAMBERT II ÉTENDU		WGS 84 Degré Minutes Seconde			ALTITUDE (SOL)	ALTITUDE (NACELLE)
	x	y	x	y	x	y	Longitude	Latitude	NGF	NGF (+ 80 m)	
E1	598 725,865	317 543,034	651 631,317	7 051 272,406	598 723,280	2 618 025,163	2° 19' 6,69111" E	50° 33' 24,3378" N	100,54	180,54 m	
E2	599 159,272	317 208,514	652 042,567	7 050 933,743	599 157,569	2 617 689,968	2° 19' 28,7105" E	50° 33' 13,5151" N	108,61	188,51 m	
E3	599 743,545	316 301,938	652 640,098	7 050 020,900	599 743,027	2 616 781,561	2° 19' 58,3914" E	50° 32' 44,7198" N	113,92	193,92 m	
E4	590 660,992	317 040,155	651 562,120	7 050 769,315	598 658,204	2 617 521,264	2° 19' 3,4025" E	50° 30' 0,0636" N	114,33	194,33 m	
E5	598 846,113	316 794,898	651 745,465	7 050 522,135	598 843,779	2 617 275,512	2° 19' 12,8082" E	50° 33' 0,1282" N	116,95	196,95 m	
E6	599 071,186	316 565,961	651 968,952	7 050 290,965	599 069,308	2 617 046,114	2° 19' 24,2418" E	50° 32' 52,7212" N	120,21	200,21 m	
E7	599 284,469	316 316,763	652 180,461	7 050 039,603	599 283,024	2 616 796,413	2° 19' 35,0744" E	50° 32' 44,6579" N	122,53	202,53 m	
E8	599 544,363	315 889,483	652 437,154	7 049 609,502	599 543,445	2 616 368,273	2° 19' 48,2776" E	50° 32' 30,8317" N	123,80	203,80 m	
PDL	599 325,004	316 267,999	652 220,647	7 049 990,407	599 323,641	2 616 747,532	2° 19' 37,1352" E	50° 32' 43,0795" N	/	/	

Le site existant ayant été restitué à l'échelle 1 et géo-référencé dans le système de coordonnées RGF93 CC50, nous avons converti les coordonnées des éoliennes reprises ci-dessus du Lambert 93 vers le RGF93 CC50.

```

Coordonnees_eoliennes_Lambert93.txt - Bloc-notes
Fichier Edition Format Affichage ?
VESTAS_E1 651631,317 7051272,406
VESTAS_E2 652062,567 7050933,743
VESTAS_E3 652640,098 7050020,900
VESTAS_E4 651562,128 7050769,315
VESTAS_E5 651745,465 7050522,135
VESTAS_E6 651968,952 7050290,965
VESTAS_E7 652180,461 7050039,603
VESTAS_E8 652437,154 7049609,502
  
```

Liste des coordonnées en Lambert 93

```

Coordonnees_eoliennes_cc50.txt - Bloc-notes
Fichier Edition Format Affichage ?
*Mardi 12/3/2019 -- 16:24:25
*Résultat de la transformation de type Grille entre :
*SYSTEME : RGF93
*COORDONNÉES : Planes
*ELLIPSOÏDE : GRS 1980
*PROJECTION: LAMBERT-93

*SYSTEME : RGF93
*COORDONNÉES : Planes
*ELLIPSOÏDE : GRS 1980
*PROJECTION: CC50

*SYSTEME ALTIMETRIQUE : IGN69

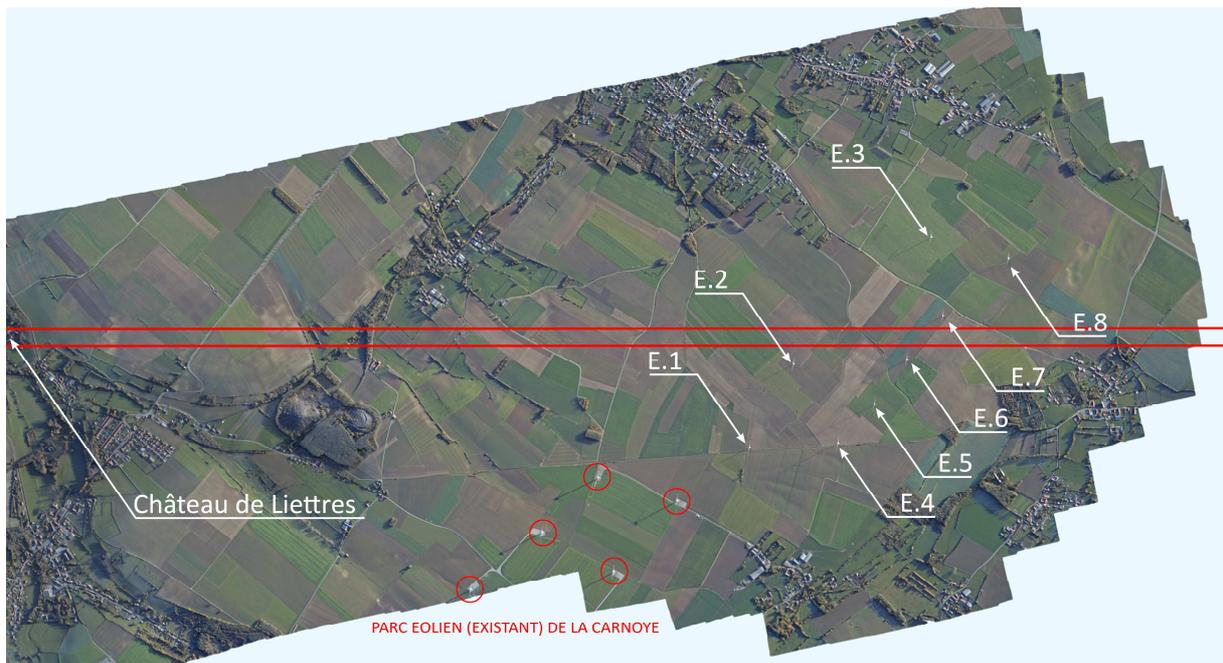
*
c| Nom E N Alt préc. plani préc alti
VESTAS_E1 1651710.249 9262146.604 0.000 aucune information de 1 à 5cm
VESTAS_E2 1652140.634 9261808.287 0.000 aucune information de 1 à 5cm
VESTAS_E3 1652716.796 9260896.652 0.000 aucune information de 1 à 5cm
VESTAS_E4 1651640.931 9261644.366 0.000 aucune information de 1 à 5cm
VESTAS_E5 1651823.851 9261397.499 0.000 aucune information de 1 à 5cm
VESTAS_E6 1652046.865 9261166.597 0.000 aucune information de 1 à 5cm
VESTAS_E7 1652257.912 9260915.542 0.000 aucune information de 1 à 5cm
VESTAS_E8 1652513.986 9260486.014 0.000 aucune information de 1 à 5cm
* Fin Mardi 12/3/2019 -- 16:24:25
  
```

Conversion des coordonnées de Lambert 93 vers le RGF93 CC50

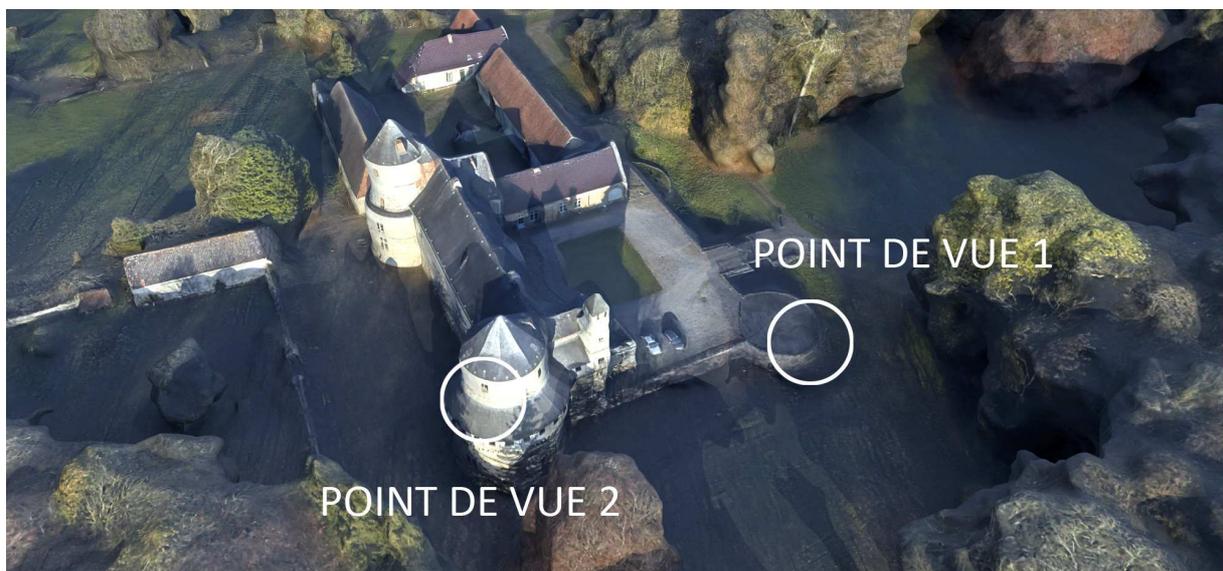
Ainsi nous avons pu faire concorder l'implantation des éoliennes-projet avec la maquette 3D du site.

Les éoliennes existantes du parc de la Carnoye ont été repositionnées à leurs emplacements prévus sur la maquette 3D grâce à la présence de leur base sur la maquette.

## 5. Résultats

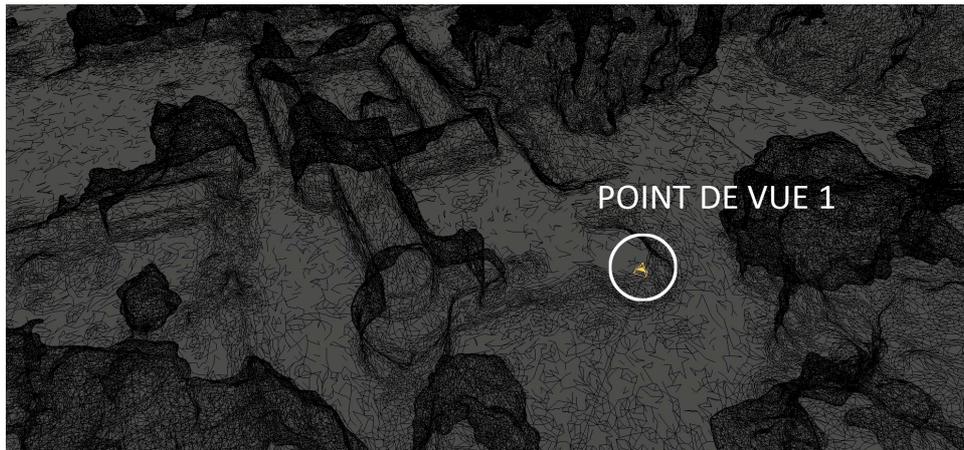


Plan de situation du Château de Liettes ; implantation des éoliennes-projet (E.1 à E.8) ; implantation des éoliennes existantes du parc de la Carnoye (cercles rouges)

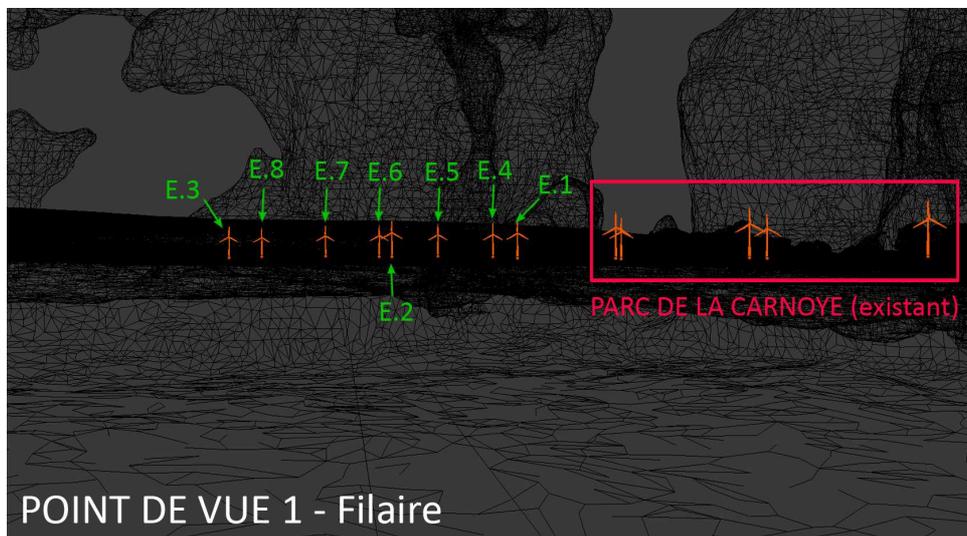


Localisation des points de vue les plus exposés à l'impact visuel selon maquette 3D photo-texturée

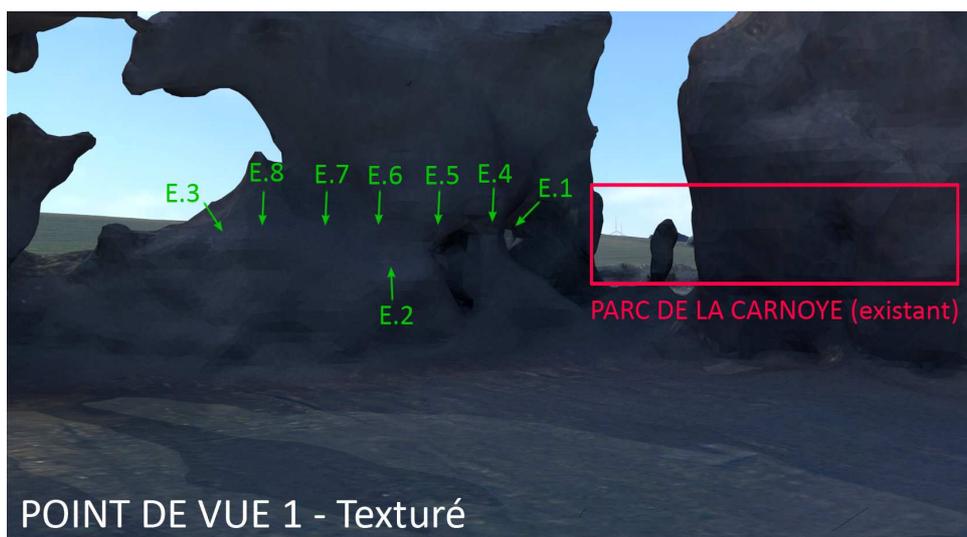
## Point de vue 1



Localisation du point de vue 1 le plus exposé à l'impact visuel selon maquette 3D filaire



Vue depuis le château de Liettres (zone boisée) en mode filaire

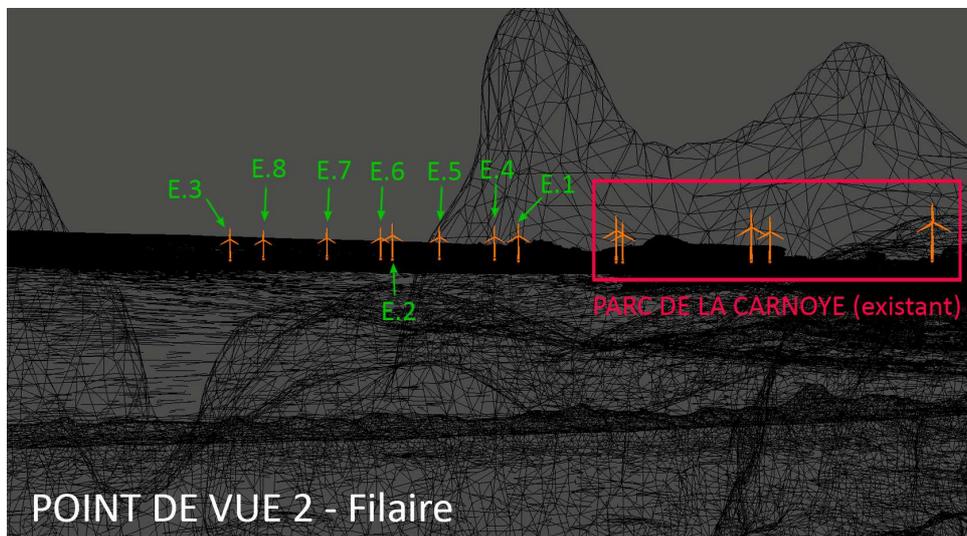


Vue depuis le château de Liettres (zone boisée) en mode texturé

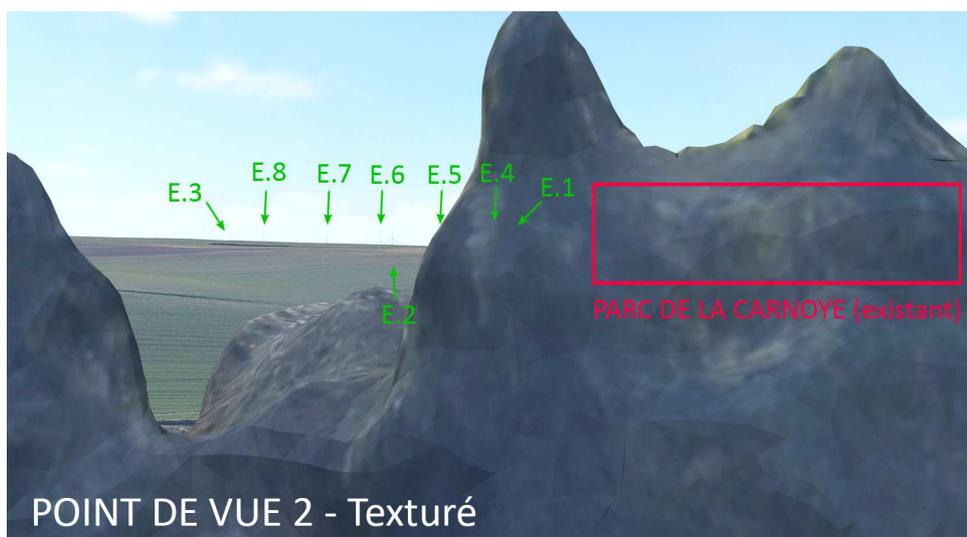
## Point de vue 2



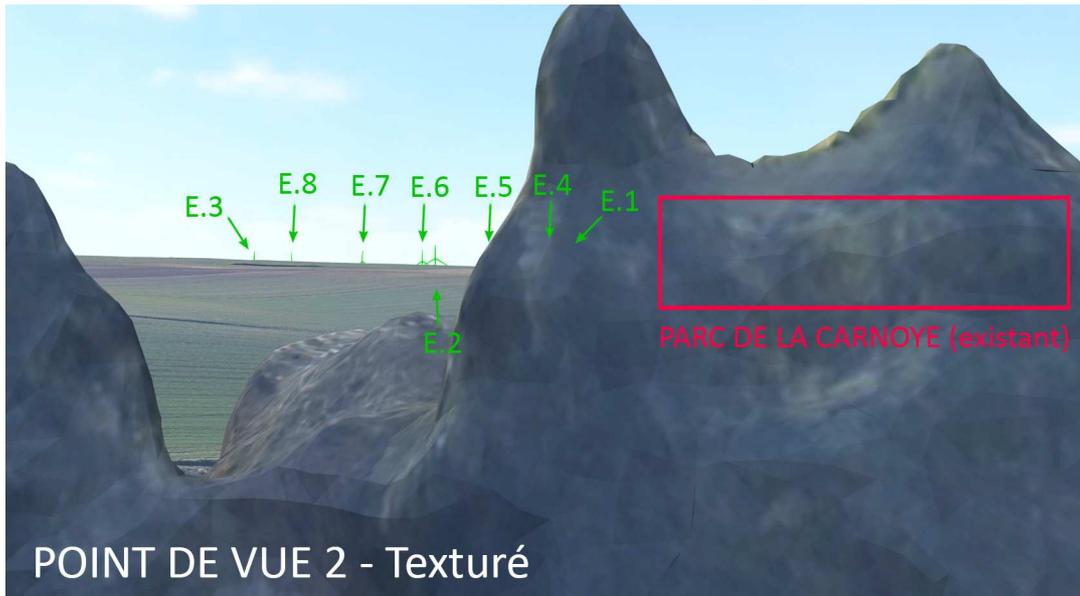
Localisation du point de vue 2 le plus exposé à l'impact visuel selon maquette 3D filaire



Vue depuis le château de Liettres (zone boisée) en mode filaire

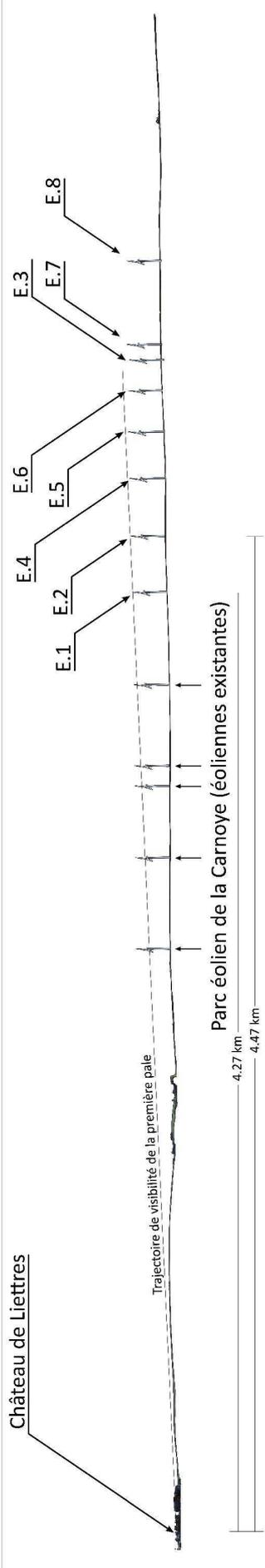


Vue depuis le château de Liettres (zone boisée) en mode texturé



Vue depuis le château de Liettes (zone boisée) en mode texturé – exagération des éoliennes visibles

Plan de coupe



## 6. Conclusions

- A l'aide de la maquette 3D du terrain à l'échelle 1 géo-référencée dans le système de coordonnées RGF93 CC50 ; de la modélisation 3D et l'implantation des éoliennes-projet selon les coordonnées GPS fournies et le positionnement de caméras représentant les points de vues les plus défavorables.

- Les visuels réalisés ont été rendus dans les conditions de visibilité optimale par temps clair et sans brouillard ni brume ni pluie.

**Avec ces éléments présentés et concernant le parc du Moulinet, il apparaît qu'une partie des bouts des pâles des éoliennes E.2, E.3, E.6, E.7 et E.8 soient légèrement visibles. La Distance entre le château de Liettes et l'éolienne visible la plus proche (E.2) est d'environ 4.47km.**

Toujours d'après la maquette 3D, il apparaît que les pâles de deux des éoliennes du parc de la Carnoye (plus proche) soient également visibles.