



SAGE INGENIERIE
2 rue de la Condamine
ZI de Mayencin - BP17
38610 GIERES
www.sage-ingenierie.com
0476447572

Station/Commune :	Alpes d'Huez (38) – SATA
Ouvrage/Objet des travaux :	Remplacement de la télécabine de Poutran
Affaire SAGE-Ref doc.	RP14013-6_NTprovisoire
Date de la note :	27/03/2025

NOTE TECHNIQUE PROVISOIRE – ANALYSE DU RISQUE DE CHUTES DE BLOCS AU NIVEAU DE LA GARE G2

Date de l'envoi du CR : 27/03/2025

1 - Objet

La présente note a pour objectif de préciser l'analyse du risque de chutes de blocs au niveau de la gare intermédiaire et du garage à cabines G2 dans le cadre du projet de remplacement de la TC de POUTRAN sur la station d'Oz-en-Oisans / Huez.

A ce stade, en l'absence d'investigation naturaliste de la falaise qui domine la G2 (actuellement recouverte de neige et de glace), cette note technique propose une première approche de l'analyse du site et des ouvrages à réaliser (ou existants à reprendre). Cette ébauche de dimensionnement est réalisée sur la base de deux calculs trajectographiques 2D et d'hypothèses géotechniques.

2 - Contexte général du site

La gare intermédiaire G2 est dominée par un cône d'éboulis et des ressauts rocheux granitiques sur environ 80 mètres de dénivelé. Le projet de remplacement prévoit uniquement un changement des pylônes de ligne et de gare avec un léger décalage de l'axe (≈ 70 cm). Le bâtiment de garage à cabines G2 est quant à lui conservé.

Dans le cadre du projet d'aménagement de la piste d'accès à la gare G2 (piste nommée Poutran-Champ Clotury) la SAGE a réalisé une étude de protection contre les chutes de blocs et a inspecté les falaises situées au Sud de la G2 en aout 2024 et dont on peut supposer que la géologie est similaire. Ces investigations mettent en évidence :

- Une activité jugée comme ELEVE de chutes de blocs inférieurs à 500 litres et MOYEN pour des volumes supérieurs bien qu'uniquement des surplombs de volume d'environ 2 m^3 ont été constatés au sein de la grande falaise de 70 mètres de haut.
- Le volume résiduel des blocs après fragmentation apparait comme inférieur à 500L au regard du pierrier et de l'importante densité de fracturation des granites dit de « l'Alpette »

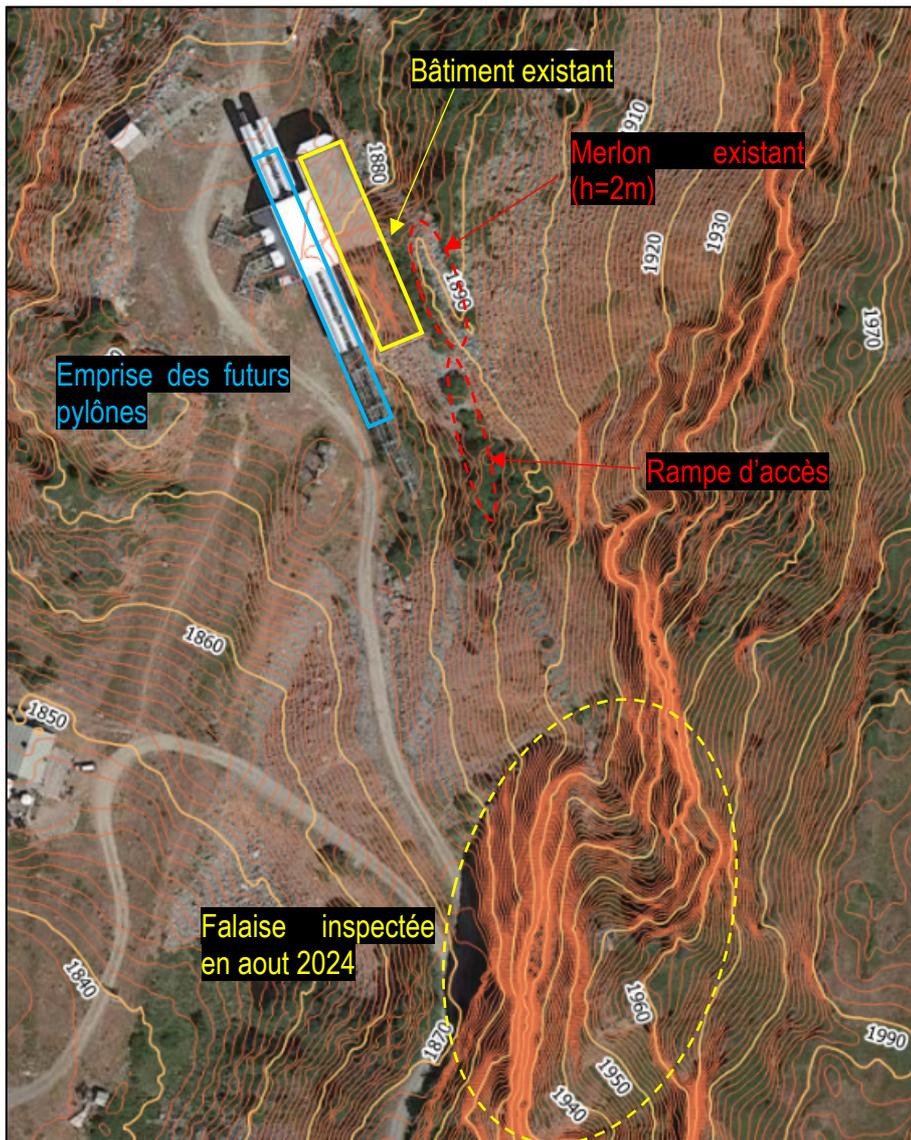


Figure 1 : vue générale de la G2

Actuellement, la partie SUD du bâtiment est protégée par un merlon d'environ 2 mètres de haut. Concernant l'emprise des futurs pylônes, on note la présence d'une plate forme d'accès de 6 mètres de large situé 7 mètres à l'amont des futurs pylônes.

3 - Calculs trajectographiques

3.1. Hypothèses

Deux calculs trajectographiques ont été réalisés à partir de deux profils topographiques relevés sur le MNT LiDAR HD fourni par l'IGN, au droit de l'extrémité des futurs pylônes (profil P1) et du bâtiment (profil P2). La morphologie du merlon et de la rampe existante sont prises en compte.

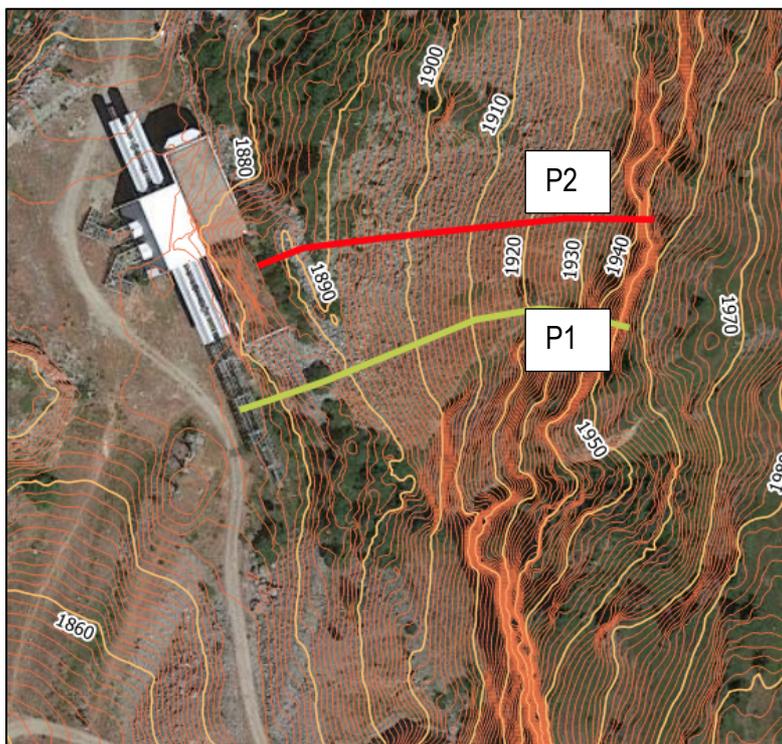
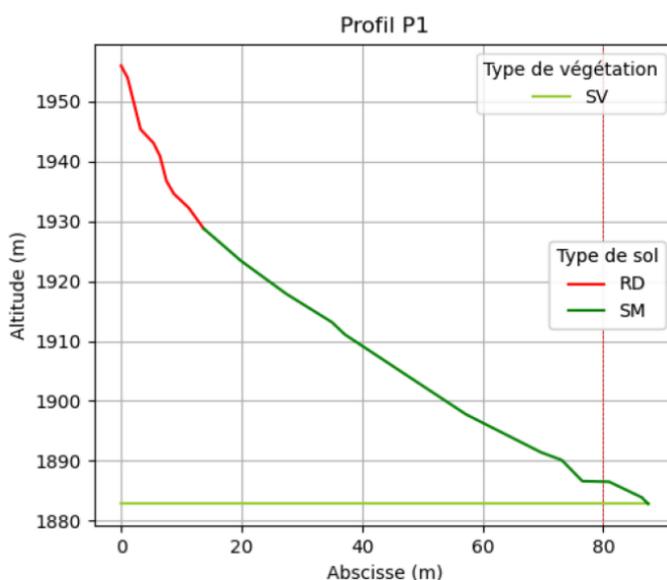
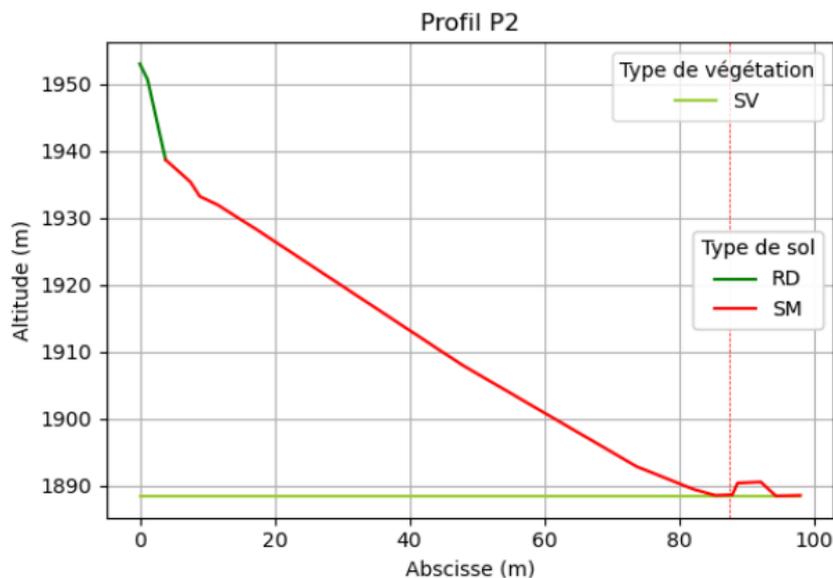


Figure 2 : implantation des profils



P1



P2

Les hypothèses de calcul sont les suivants :

- Blocométrie de départ : 200 à 500 L compte tenu des conclusions du rapport d'étude qui concerne les falaises plus au sud.
- Aucune végétation
- Type de sol : Rocher pour les zones de falaise et sol meuble pour les pentes d'éboulis. L'hypothèse d'un sol meuble est défavorable étant donné qu'elle ne prend pas compte de l'effet de frein réel apporté par les éboulis sur la propagation des blocs.
- Protections fictives : au niveau du merlon (P2) ou au niveau de la plateforme (P1)
- Nombre de calcul : 100 000 au niveau des protections fictives.

3.2. Résultats

Les résultats détaillés sont présentés en annexe, nous retenons les points suivants :

- Le merlon situé au droit du bâtiment (partie Sud) est efficace, aucun bloc n'est parvenu à loper le merlon existant (Profil P2). Le bâtiment apparaît donc peu exposé du fait de la présence du merlon existant.
- Sur le profil P1, nous constatons des hauteurs de rebond localement conséquentes au niveau de la rampe d'accès. Les résultats témoignent d'une hauteur de rebond maximale enregistrée de 3,3 mètres et de 2,2 mètres au quantile 0,95, soit nettement supérieure à la hauteur du merlon existant et malgré une morphologie du terrain entre P1 et P2 relativement similaire. Cela s'explique par la rupture de pente provoquée par le déblaiement de la piste. Cette cassure à l'amont de la piste joue un rôle de tremplin qui engendre des hauteurs passages conséquentes au droit de la piste. La zone des pylônes P13 et P14 est donc potentiellement exposée et nécessite d'être traitée.

4 - Préconisations d'actions

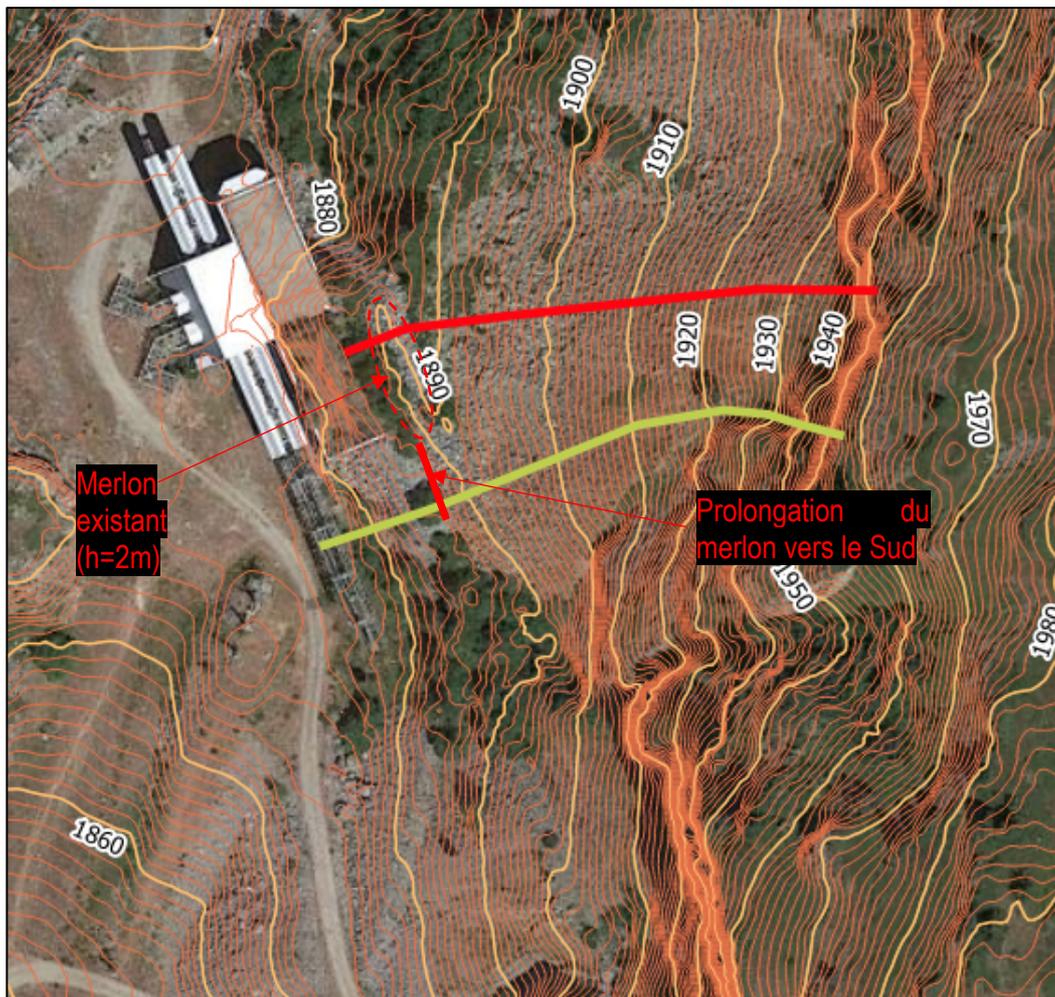
En première approche, au regard des résultats obtenus, nous préconisons :

- De prolonger le merlon existant d'environ 20 m vers le Sud (jusqu'au profil P1). Ce prolongement devra être accompagné d'un reprofilage ponctuel du talus de déblais de la rampe afin de réduire son inclinaison et de supprimer la rupture de pente
- De reprendre le merlon existant (réagencement des blocs d'enrochement afin d'avoir un parement amont raidi) ;

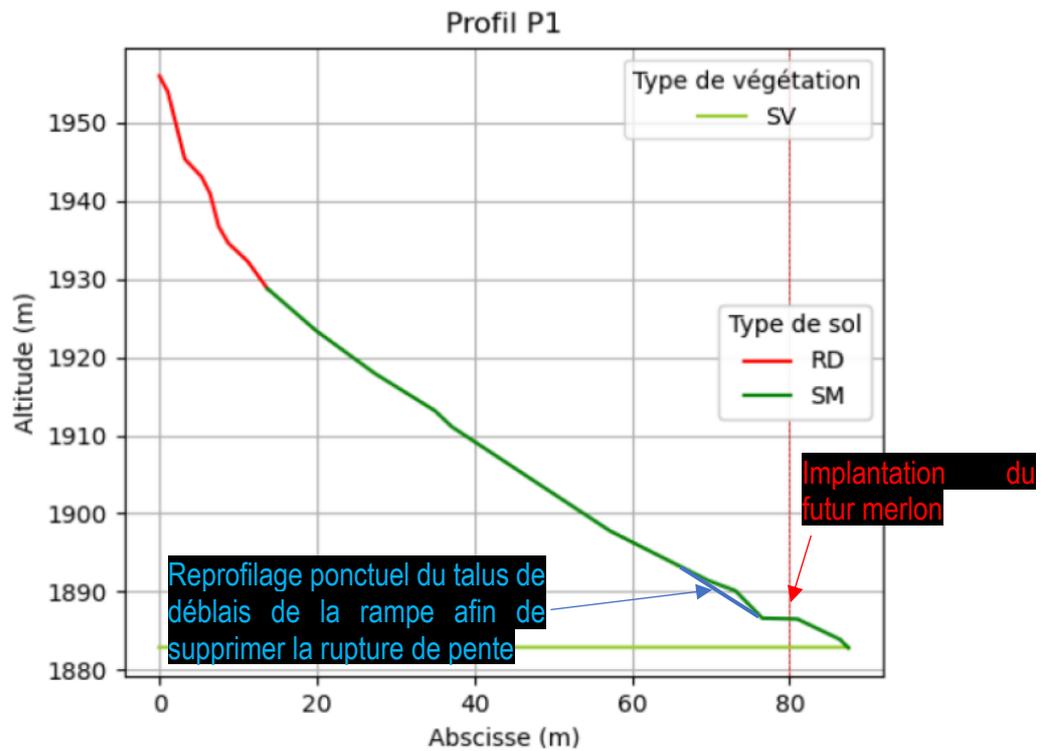
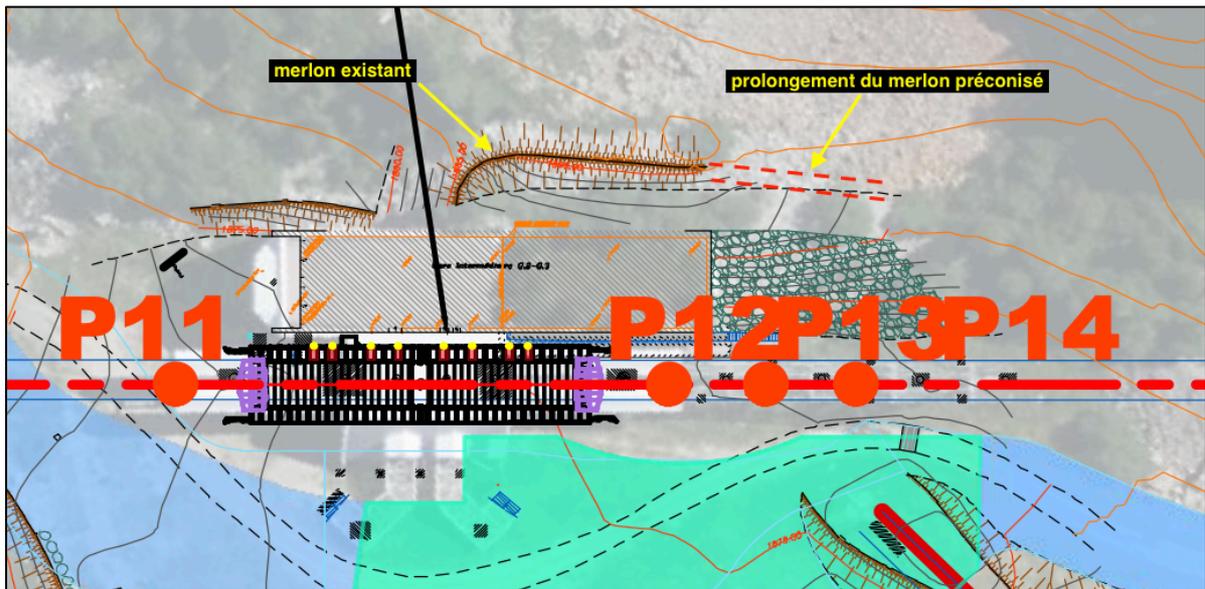
Concernant la partie Nord du bâtiment, celle-ci ne paraît pas particulièrement exposée au regard :

- de la fosse importante présente entre le mur amont et le versant d'éboulis ;
- de l'épaisseur du mur BA (0,70 m) ;
- des énergies de l'ordre de 100 kJ calculées sur le profil P2

Pour rappel, ces préconisations sont des premières approches qui devront être confirmées par une étude plus approfondie basée sur des investigations de terrain dès la fonte des neiges. Un rapport détaillé (mission G2) sera établi avant le démarrage des travaux.



Solutions préconisées



Adaptation du profil P1 et prolongement du merlon vers le Sud

La société SAGE se tient à votre disposition pour tout renseignement complémentaire dans le cadre de cette étude.

V.FAUDOU / M.CAMUS

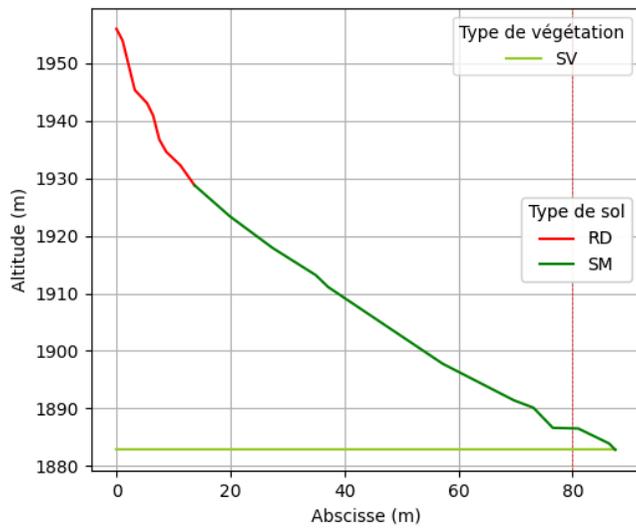
Analyse des résultats

G2 Poutran P1

Chantier : G2 Poutran
 Profil : P1
 Fragilité : 100
 Angularité : 2
 Dispersion : 3
 Poids Vol. : 2.7
 Volume min : 0.2 m3
 Volume max : 0.5 m3
 Pt de départ : 1
 Alt. départ : 1956 m
 Xlim : 80 m
 Nb total : 102632
 Nb > Xlim : 99999

4	5.371056	12.92236	1943.078	63.7	RD	SV
5	6.445268	15.09167	1940.908	75.5	RD	SV
6	7.519479	19.24878	1936.751	60.1	RD	SV
7	8.753299	21.39783	1934.602	43.4	RD	SV
8	11.22094	23.73401	1932.266	54.5	RD	SV
9	13.68858	27.19104	1928.809	41.1	SM	SV
10	19.86748	32.57275	1923.427	36.3	SM	SV
11	27.36105	38.07422	1917.926	32.0	SM	SV
12	34.96855	42.82703	1913.173	43.6	SM	SV
13	37.14212	44.896	1911.104	33.6	SM	SV
14	57.20381	58.21338	1897.787	27.0	SM	SV
15	69.71874	64.58838	1891.412	20.6	SM	SV
16	73.1319	65.86792	1890.132	45.8	SM	SV
17	76.54507	69.37988	1886.62	1.3	SM	SV
18	80.98919	69.48193	1886.518	25.7	SM	SV
19	86.41086	72.0957	1883.904	45.3	SM	SV
20	87.49519	73.19165	1882.808	45.3	SM	SV

Profil P1



Section N°	X	Z	altitude	pente	Nat.sol	Nat.Veg
	début	début	début	section	section	section
1	0	0	1956	62.0	RD	SV
2	1.074211	2.024292	1953.976	76.0	RD	SV
3	3.222634	10.63318	1945.367	46.8	RD	SV

Résultats aux points du profil

Xmax=	87.49519	Alt(Xmax)=	1882.808	Pmax=	1.349995						
coef.Forme	2	coef.Disp	3	Xlim=	80	Ntotal=	102632	Nb > Xlim =	99999		

N° Pt	Xar	Nbbloc	Hmax	Hmoy	Emax	Emoy	Pmax	Pmoy	Vmax	Vmoy	ProbaAtteinte
2	1.074211	102632	1.1	0.7	28.6	8.9	1.3	0.9	6.5	4.1	1.00e+00
3	3.222634	102629	5.4	2.4	125.6	35.0	1.3	0.9	13.7	8.2	1.00e+00
4	5.371056	101823	3.1	0.9	122.3	27.1	1.3	0.9	13.8	7.3	9.92e-01
5	6.445268	101695	3.1	1.6	144.4	34.9	1.3	0.9	14.8	8.4	9.91e-01
6	7.519479	101694	6.1	4.0	196.0	51.6	1.3	0.9	17.2	10.3	9.91e-01
7	8.753299	101663	7.1	3.6	196.7	66.1	1.3	0.9	17.7	11.7	9.91e-01
8	11.22094	101487	6.6	1.4	198.3	61.0	1.3	0.9	17.4	10.8	9.89e-01
9	13.68858	101300	6.0	1.8	234.1	57.4	1.3	0.9	19.1	10.8	9.87e-01
10	19.86748	101164	3.8	1.4	198.5	52.6	1.3	0.9	17.4	10.4	9.86e-01
11	27.36105	101042	3.2	1.1	186.9	58.0	1.3	0.9	17.0	11.0	9.85e-01
12	34.96855	100910	3.0	1.0	173.7	59.1	1.3	0.9	16.9	11.1	9.83e-01
13	37.14212	100877	3.6	1.5	196.7	70.2	1.3	0.9	17.9	12.1	9.83e-01
14	57.20381	100748	3.5	1.1	228.3	74.5	1.3	0.9	19.4	12.4	9.82e-01
15	69.71874	100576	3.0	0.9	203.7	68.0	1.3	0.9	17.9	11.8	9.80e-01
16	73.1319	100365	2.5	0.8	196.5	58.2	1.3	0.9	17.9	10.9	9.78e-01
17	76.54507	100365	4.6	2.5	239.0	74.9	1.3	0.9	19.7	12.5	9.78e-01
18	80.98919	98607	3.0	1.0	207.1	34.0	1.3	0.9	17.9	7.7	9.61e-01
19	86.41086	98346	4.5	1.3	216.5	39.1	1.3	0.9	18.9	8.7	9.58e-01
20	87.49519	98321	5.5	1.7	228.9	45.1	1.3	0.9	19.3	9.5	9.58e-01

Résultats sur la probabilité de propagation.

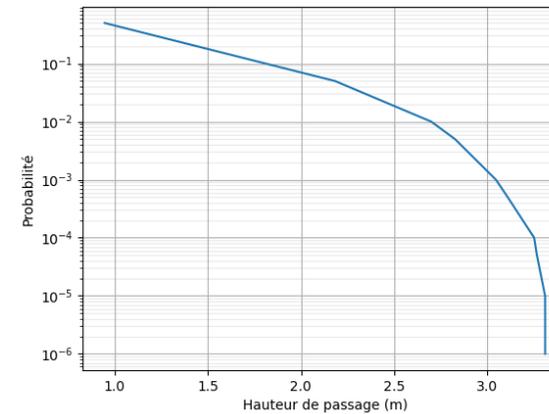
Probabilité d'atteinte à Xlim (= 80) : 0.9743

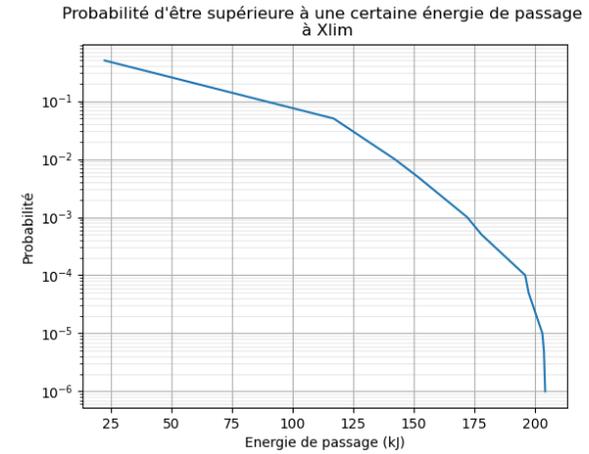
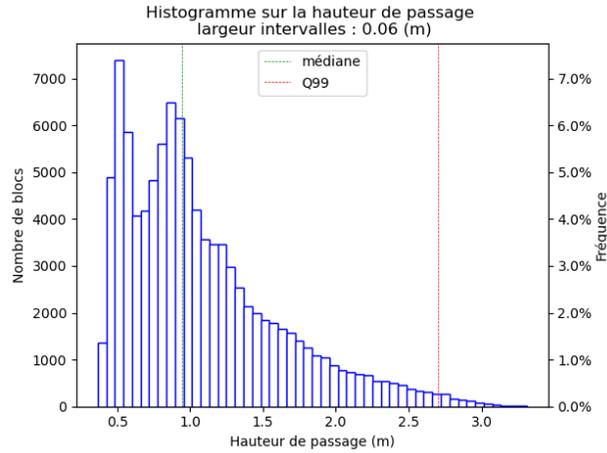
Résultats sur la hauteur de passage à la protection.

Tableau des valeurs des probabilités d'atteinte sur les hauteurs de passage
Les résultats suivants sont exacts jusqu'à la probabilité 1.00e-05, pour des probabilités inférieures, les résultats sont obtenus à l'aide d'une interpolation.

quantiles	Probabilité	Hpas
0.5	5E-01	0.9459
0.95	5E-02	2.1828
0.99	1E-02	2.6991
0.995	5E-03	2.8265
0.999	1E-03	3.0462
0.9995	5E-04	3.1093
0.9999	1E-04	3.2514
0.99995	5E-05	3.2663
0.99999	1E-05	3.3101
0.999995	5E-06	3.3104
0.999999	1E-06	3.3105

Probabilité d'être supérieure à une certaine hauteur de passage à Xlim

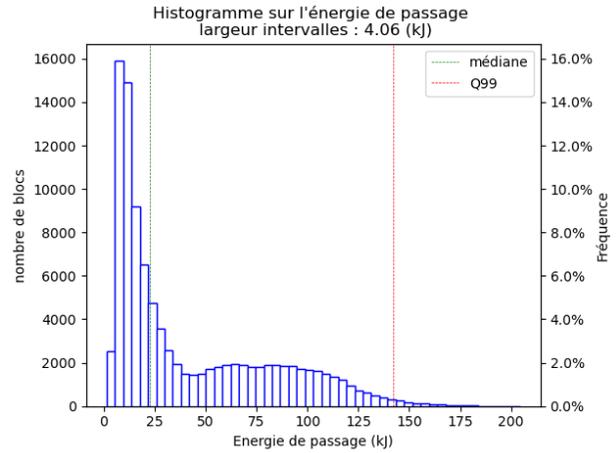




Résultats sur l'énergie de passage à la protection.

Tableau des valeurs des probabilités d'atteinte sur les énergies de passage
Les résultats suivants sont exacts jusqu'à la probabilité 1.00e-05, pour des probabilités inférieures, les résultats sont obtenus à l'aide d'une interpolation.

Quantiles	Probabilité	Epas
0.5	5E-01	22.3859
0.95	5E-02	116.9493
0.99	1E-02	142.0921
0.995	5E-03	151.5519
0.999	1E-03	172.0418
0.9995	5E-04	177.9879
0.9999	1E-04	195.9994
0.99995	5E-05	197.3837
0.99999	1E-05	203.062
0.999995	5E-06	203.708
0.999999	1E-06	204.2248



Résultats sur la vitesse de passage à la protection.

Tableau des valeurs des probabilités d'atteinte sur les vitesses verticales de passage
Les résultats suivants sont exacts jusqu'à la probabilité 1.00e-05, pour des probabilités inférieures, les résultats sont obtenus à l'aide d'une interpolation.

Quantiles	Probabilité	Vz
0.5	5E-01	0.4107

0.95	5E-02	8.9845
0.99	1E-02	9.7376
0.995	5E-03	10.2637
0.999	1E-03	11.1855
0.9995	5E-04	11.4962
0.9999	1E-04	11.9474
0.99995	5E-05	12.0051
0.99999	1E-05	12.3814
0.999995	5E-06	12.4327
0.999999	1E-06	12.4738

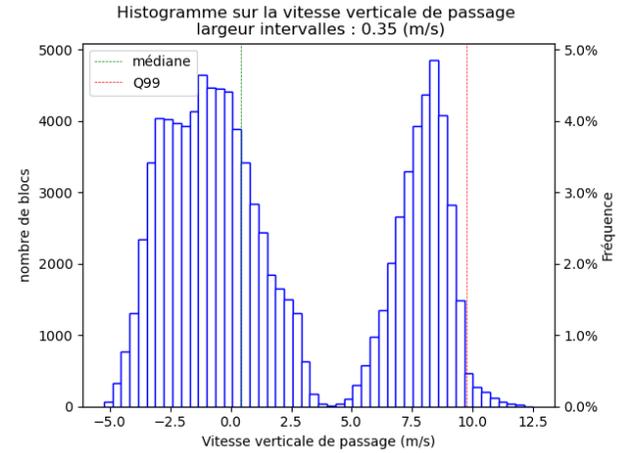
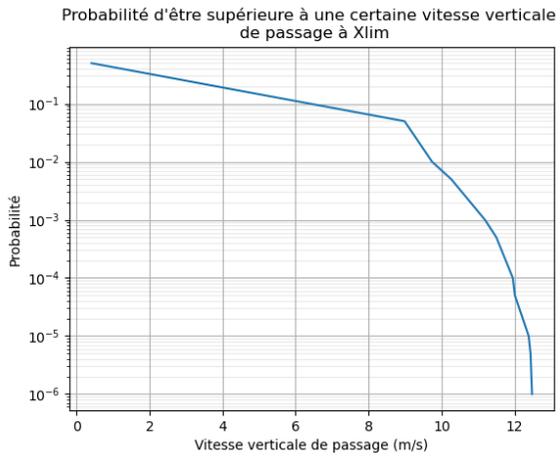
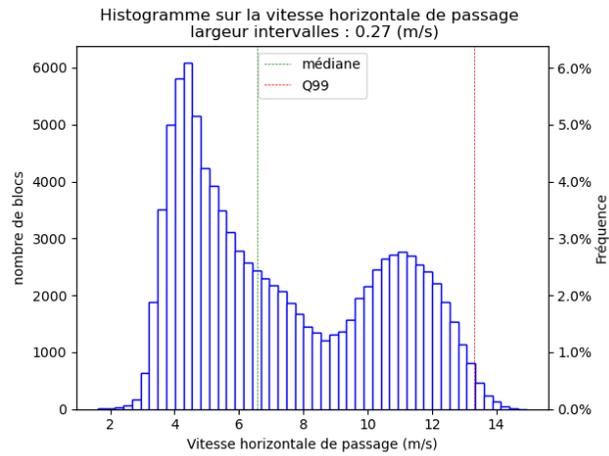
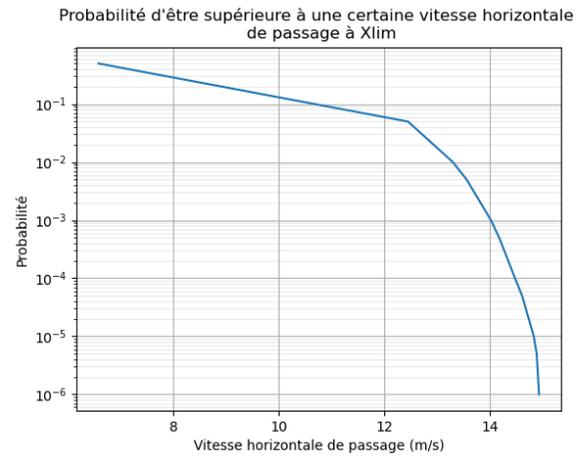


Tableau des valeurs des probabilités d'atteinte sur les vitesses horizontales de passage
Les résultats suivants sont exacts jusqu'à la probabilité 1.00e-05, pour des probabilités inférieures, les résultats sont obtenus à l'aide d'une interpolation.

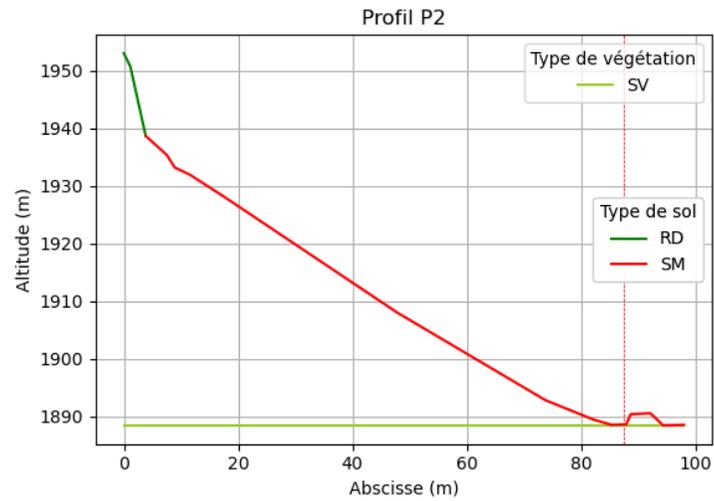
Quantiles	Probabilité	Vx
0.5	5E-01	6.5774
0.95	5E-02	12.4453
0.99	1E-02	13.2965
0.995	5E-03	13.5579
0.999	1E-03	14.0183
0.9995	5E-04	14.1743
0.9999	1E-04	14.4745
0.99995	5E-05	14.6086
0.99999	1E-05	14.8297
0.999995	5E-06	14.8853
0.999999	1E-06	14.9298



Analyse des résultats G2 Poutran P2

Chantier : G2 Poutran
 Profil : P2
 Fragilité : 100
 Angularité : 2
 Dispersion : 3
 Poids Vol. : 2.7
 Volume min : 0.2 m3
 Volume max : 0.5 m3
 Pt de départ : 1
 Alt. départ : 1953 m
 Xlim : 87.5 m
 Nb total : 110968
 Nb > Xlim : 100000

4	7.53167	17.65736	1935.343	57.4	SM	SV
5	8.899587	19.80043	1933.2	25.5	SM	SV
6	11.57842	21.07715	1931.923	32.6	SM	SV
7	17.50606	24.86172	1928.138	33.6	SM	SV
8	47.80857	44.96003	1908.04	30.4	SM	SV
9	73.79293	60.18743	1892.813	21.8	SM	SV
10	82.27165	63.57892	1889.421	15.8	SM	SV
11	85.4007	64.46717	1888.533	-1.8	SM	SV
12	87.92413	64.38642	1888.614	-65.6	SM	SV
13	88.73163	62.60992	1890.39	-2.7	SM	SV
14	92.16349	62.44843	1890.552	43.4	SM	SV
15	94.38411	64.54792	1888.452	-1.3	SM	SV
16	98.01785	64.46717	1888.533	-1.3	SM	SV



Section N°	X	Z	altitude	pente	Nat.sol	Nat.Veg
	début	début	début	section	section	section
1	0	0	1953	63.8	RD	SV
2	1.14806	2.336698	1950.663	77.4	RD	SV
3	3.826896	14.32877	1938.671	41.9	SM	SV

Résultats aux points du profil

Xmax=	88.41546	Alt(Xmax)=	1888.6	Pmax=	1.349978						
coef.Forme	2	coef.Disp	3	Xlim=	87.5	Ntotal=	110968	Nb > Xlim =	100000		

N° Pt	Xar	Nbbloc	Hmax	Hmoy	Emax	Emoy	Pmax	Pmoy	Vmax	Vmoy	ProbaAtteinte
2	1.14806	110968	1.2	0.7	32.6	10.3	1.3	0.9	7.0	4.4	1.00e+00
3	3.826896	110967	7.6	3.4	169.6	47.2	1.3	0.9	16.1	9.6	1.00e+00
4	7.53167	110261	2.9	1.2	151.5	22.6	1.3	0.9	15.7	6.7	9.94e-01
5	8.899587	110166	3.5	1.9	172.4	32.9	1.3	0.9	16.4	8.2	9.93e-01
6	11.57842	109923	2.5	0.9	110.1	21.7	1.3	0.9	13.5	6.5	9.91e-01
7	17.50606	109636	2.4	0.8	99.8	29.4	1.3	0.9	12.8	7.8	9.88e-01
8	47.80857	109330	2.6	0.9	173.9	52.1	1.3	0.9	16.6	10.4	9.85e-01
9	73.79293	109114	2.7	0.9	198.2	59.1	1.3	0.9	17.8	11.0	9.83e-01
10	82.27165	108806	2.3	0.8	163.9	49.3	1.3	0.9	16.9	10.0	9.81e-01
11	85.4007	108399	2.0	0.7	156.1	42.5	1.3	0.9	15.9	9.2	9.77e-01
12	87.92413	95975	1.5	0.6	107.4	30.7	1.3	0.9	14.4	7.8	8.65e-01

Résultats sur la probabilité de propagation.

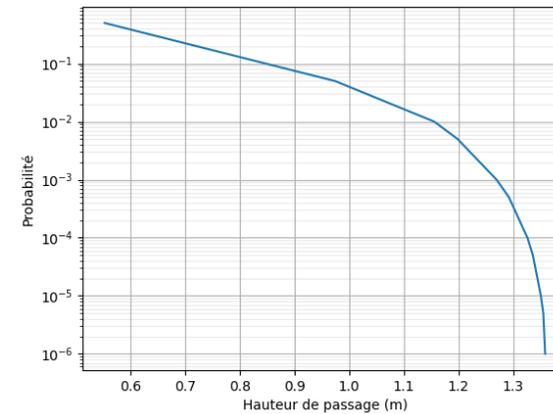
Probabilité d'atteinte à Xlim (= 87.5) : 0.9012

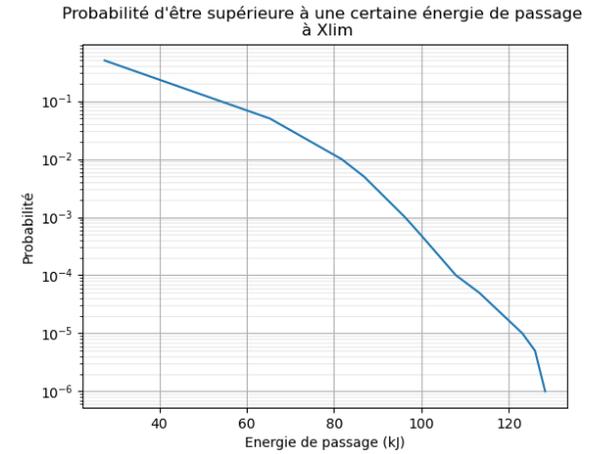
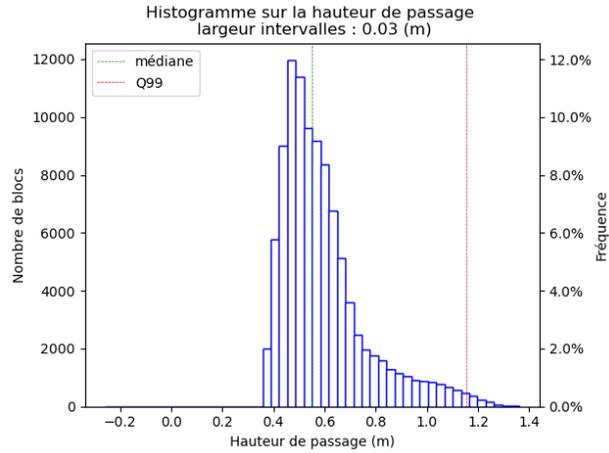
Résultats sur la hauteur de passage à la protection.

Tableau des valeurs des probabilités d'atteinte sur les hauteurs de passage
Les résultats suivants sont exacts jusqu'à la probabilité 1.00e-05, pour des probabilités inférieures, les résultats sont obtenus à l'aide d'une interpolation.

quantiles	Probabilité	Hpas
0.5	5E-01	0.5523
0.95	5E-02	0.9741
0.99	1E-02	1.1556
0.995	5E-03	1.1984
0.999	1E-03	1.2696
0.9995	5E-04	1.292
0.9999	1E-04	1.3261
0.99995	5E-05	1.336
0.99999	1E-05	1.3507
0.999995	5E-06	1.3551
0.999999	1E-06	1.3585

Probabilité d'être supérieure à une certaine hauteur de passage à Xlim

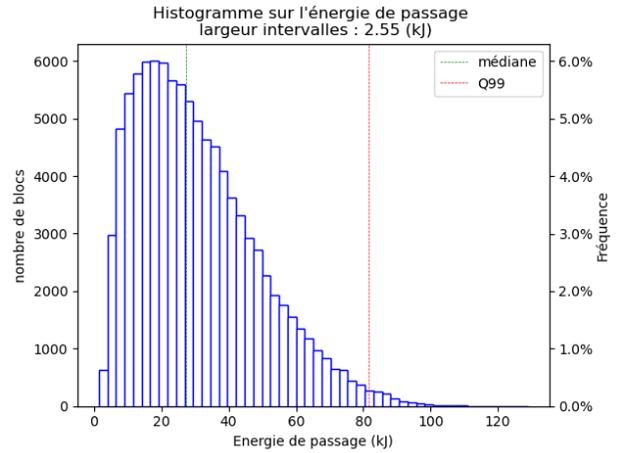




Résultats sur l'énergie de passage à la protection.

Tableau des valeurs des probabilités d'atteinte sur les énergies de passage
Les résultats suivants sont exacts jusqu'à la probabilité 1.00e-05, pour des probabilités inférieures, les résultats sont obtenus à l'aide d'une interpolation.

Quantiles	Probabilité	Epas
0.5	5E-01	27.4724
0.95	5E-02	65.3107
0.99	1E-02	81.7022
0.995	5E-03	86.8338
0.999	1E-03	96.2068
0.9995	5E-04	99.7857
0.9999	1E-04	107.858
0.99995	5E-05	113.2017
0.99999	1E-05	123.062
0.999995	5E-06	125.9661
0.999999	1E-06	128.2893



Résultats sur la vitesse de passage à la protection.

Tableau des valeurs des probabilités d'atteinte sur les vitesses verticales de passage
Les résultats suivants sont exacts jusqu'à la probabilité 1.00e-05, pour des probabilités inférieures, les résultats sont obtenus à l'aide d'une interpolation.

Quantiles	Probabilité	Vz
0.5	5E-01	-0.4131

0.95	5E-02	1.6443
0.99	1E-02	3.3435
0.995	5E-03	3.6406
0.999	1E-03	4.9824
0.9995	5E-04	6.1357
0.9999	1E-04	7.0109
0.99995	5E-05	7.2355
0.99999	1E-05	7.8199
0.999995	5E-06	7.8637
0.999999	1E-06	7.8988

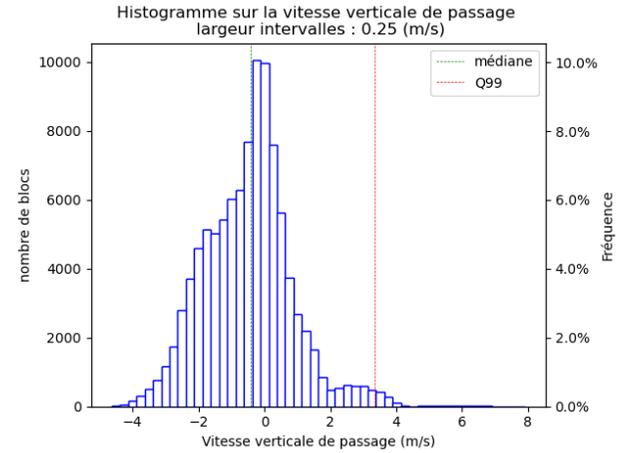
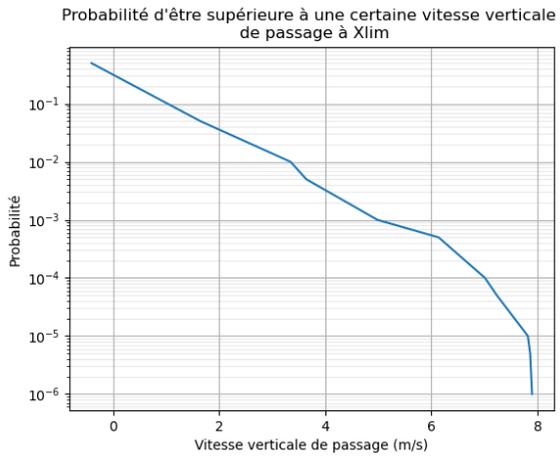


Tableau des valeurs des probabilités d'atteinte sur les vitesses horizontales de passage
Les résultats suivants sont exacts jusqu'à la probabilité 1.00e-05, pour des probabilités inférieures, les résultats sont obtenus à l'aide d'une interpolation.

Quantiles	Probabilité	Vx
0.5	5E-01	7.7665
0.95	5E-02	11.1458
0.99	1E-02	11.9907
0.995	5E-03	12.2459
0.999	1E-03	12.6443
0.9995	5E-04	12.8233
0.9999	1E-04	13.1173
0.99995	5E-05	13.2537
0.99999	1E-05	13.3489
0.999995	5E-06	13.3938
0.999999	1E-06	13.4298

