

Opération 11D041

Propagation acoustique en milieu complexe

Axe 3 : Bilan du suivi métrologique de la SLT de Saint-Berthevin (Expérimentation octobre 2003)

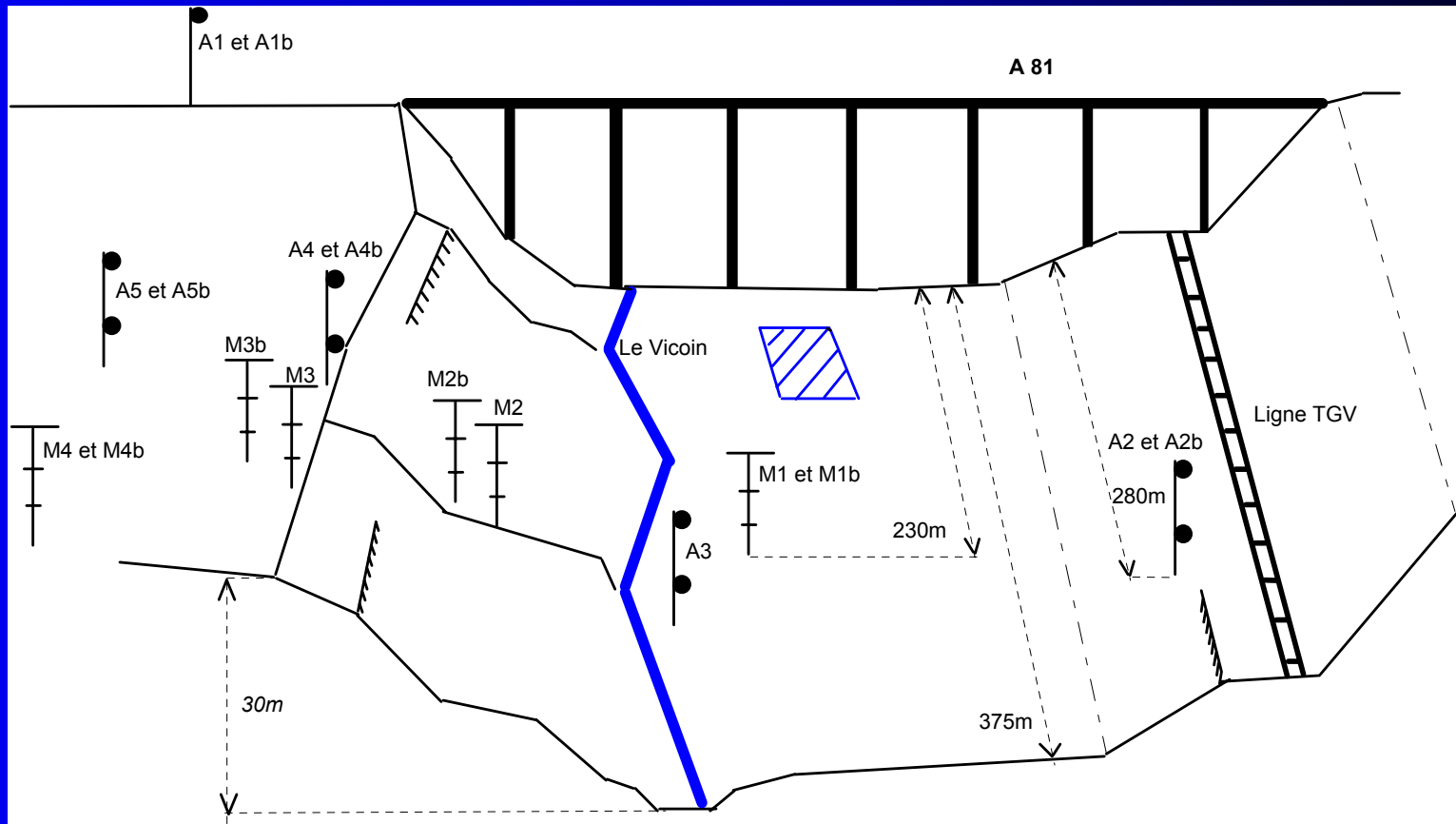
LEFEVRE Hubert
LR Clermont

Unités techniques participantes :
LR Blois, Clermont, Lille,
Strasbourg, LCPC Nantes.

Déroulement du suivi

- Mesures sur 3 jours et demi en octobre 2003
- Doublement des capteurs :
 - de direction et de vitesse de vent (20 capteurs)
 - de température ventilée (10 capteurs)
 - acoustiques (9 capteurs)
- Capteurs non vérifiés : température de sol (10), hygromètre (2), solarimètre (1) et pluviomètre (1)

Position des points doublés (oct. 2003)



4 mâts météo - 9 points acoustiques

Méthode d'analyse

- Echantillonnage des capteurs météo :
 - Doublons (2s), SLT (2s moyennées sur 10s)
- Echantillonnage des capteurs acoustiques :
 - Doublons (1s), SLT (1s moyennées sur 10s)
- Base de comparaison :
 - Moyennes sur 10 s (acoustique, température)
 - Moyennes sur 10 minutes (direction et vitesse de vent)

Difficultés rencontrées

- Etendue de mesure des capteurs météo tributaire des conditions météorologiques
- Pannes des capteurs doublons ou des centrales de mesure (défaut d'alimentation)
- Capteurs différents en terme de conception et de réponse dynamique
- Décalage temporel des horloges

Solutions apportées

- Capteurs différents en réponse dynamique :
 - Comparaison sur 10 minutes
- Décalage temporel :
 - Séparation en groupes homogènes en moyenne
 - Ecart-type minimal des écarts pour déterminer le décalage
 - Evolution temporelle des écarts pour détecter un sous-groupe stable

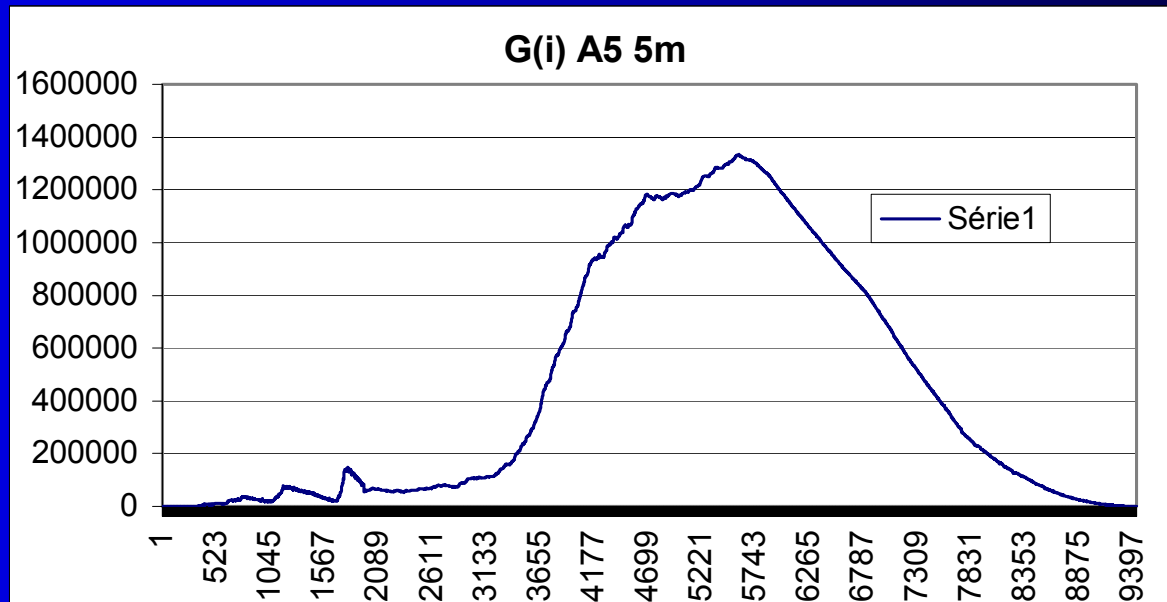
Décalage temporel (1)

moyennes distinctes

- Fonction $G(i)$:
 - n : nombre d'échantillons
 - i : indice de l'échantillon

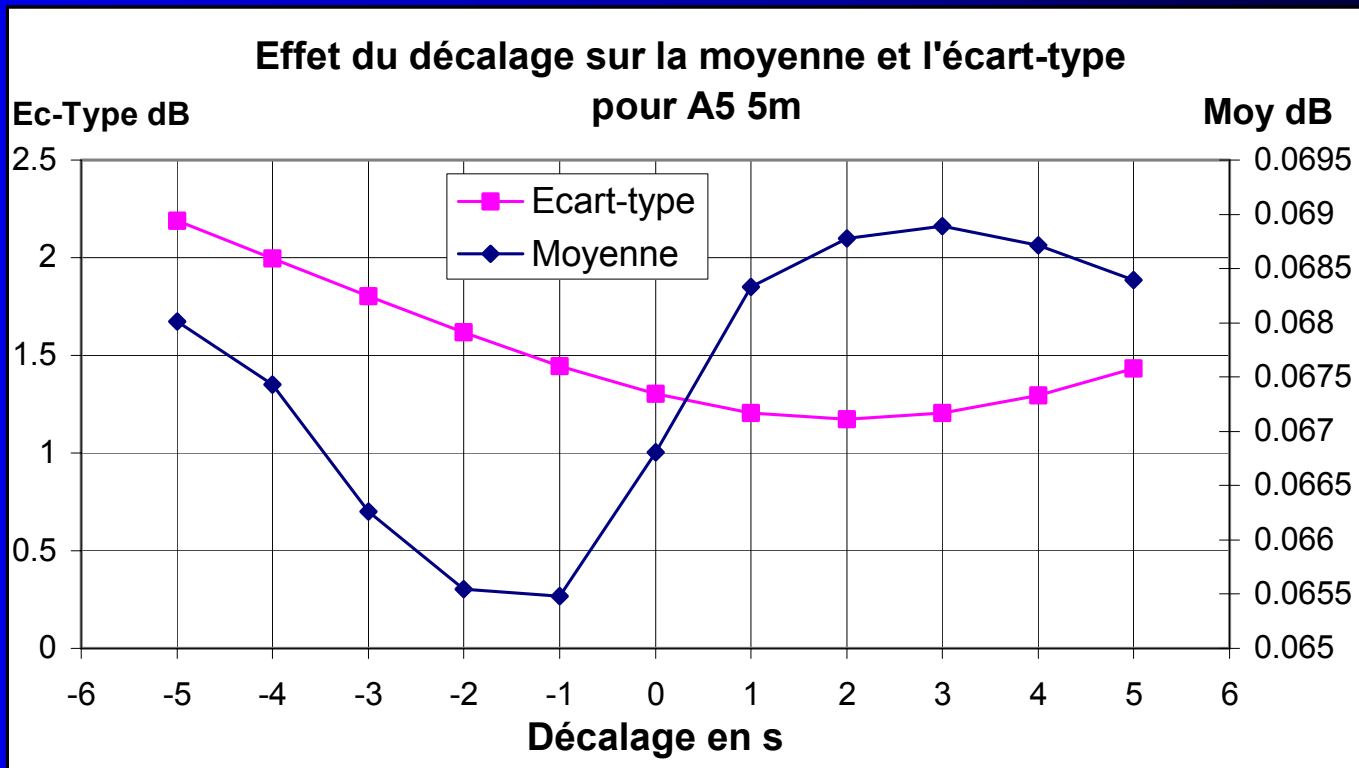
$$G(i) = \frac{n}{i(n-i)} \left[\sum_{j=1}^i (x_j - \bar{x}) \right]^2$$

- Le maximum détermine la frontière entre 2 zones



Décalage temporel (2)

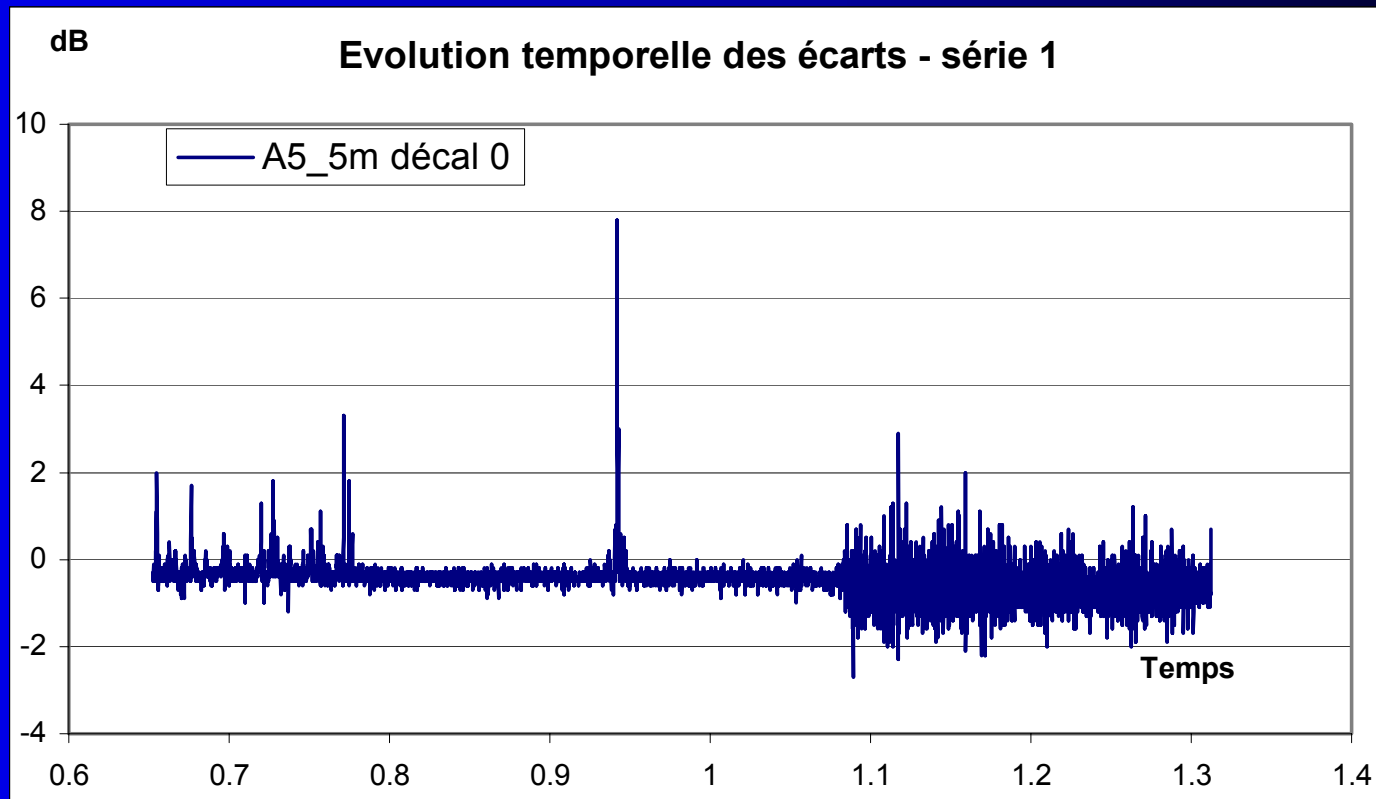
détermination du décalage



- Détermination par l'écart-type minimal des écarts

Décalage temporel (3)

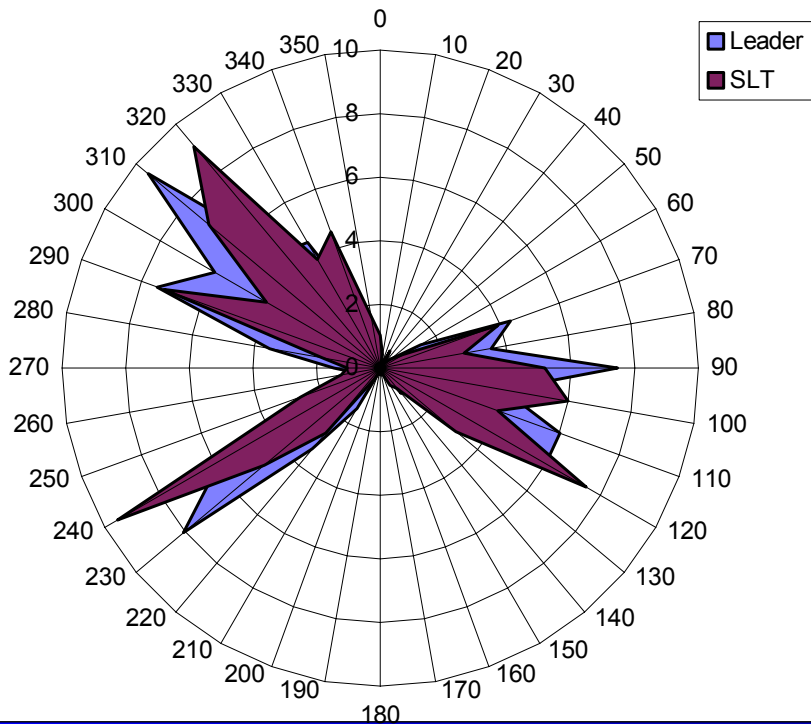
sous groupe stable



La variation des écarts détermine les frontières

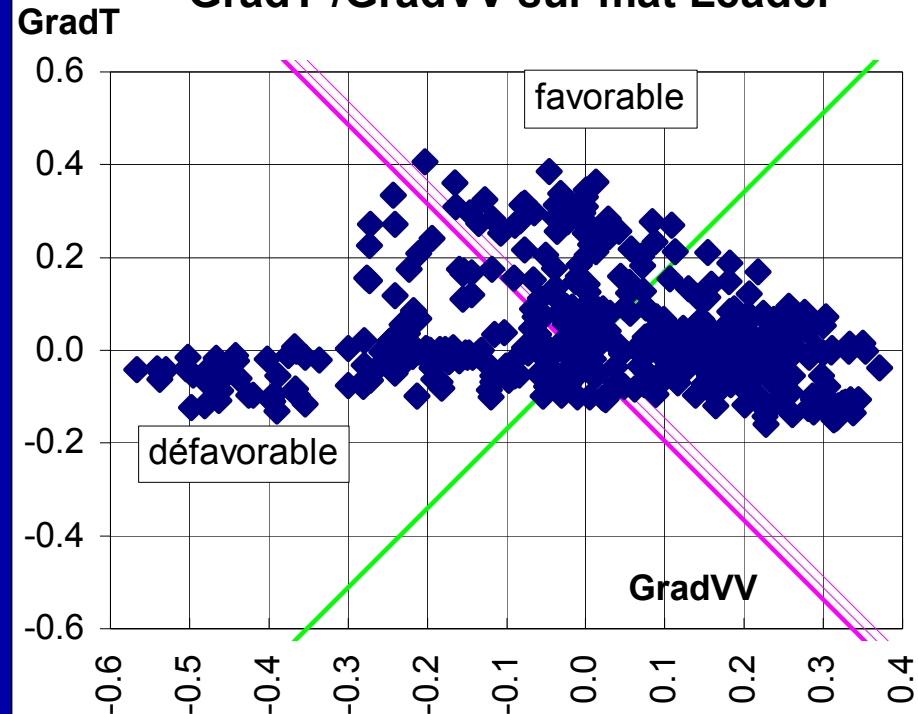
Conditions météo rencontrées (10 mn)

Distribution en % de vent à 25m VitV>0,5m/s



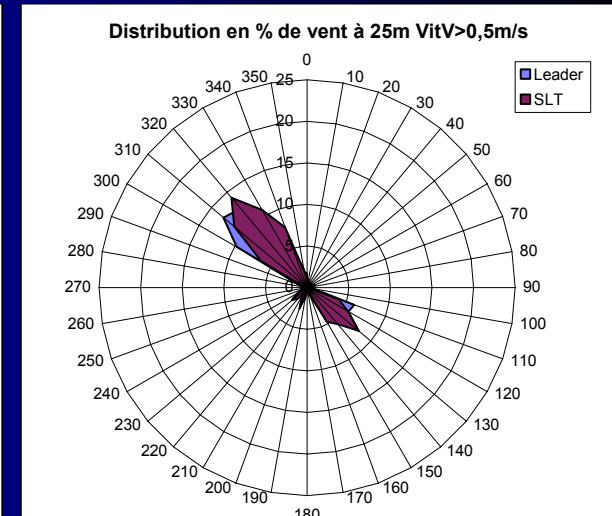
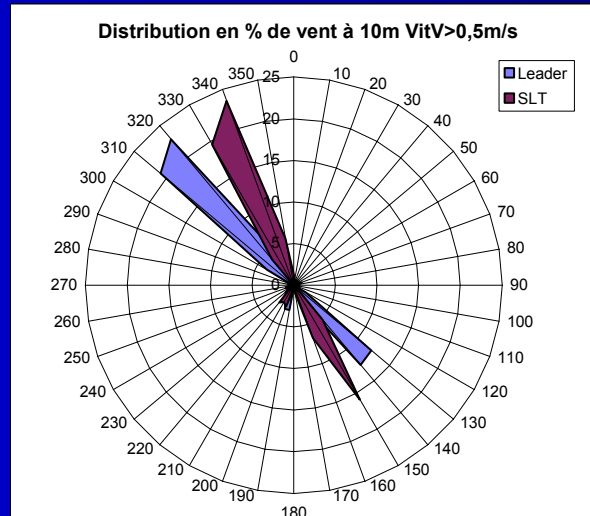
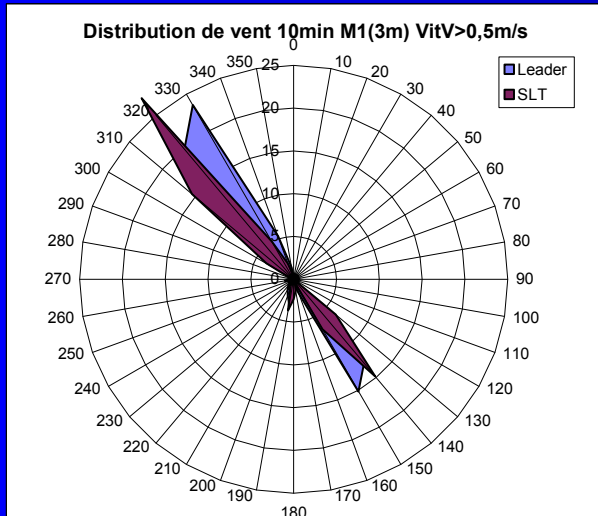
M4 : 43% Vent portant,
30% contraire et 27% en travers

GradT / GradVV sur mât Leader

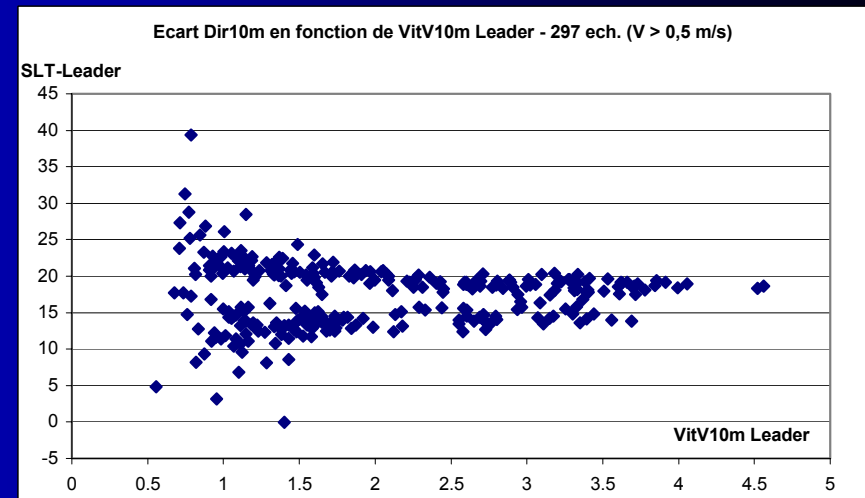
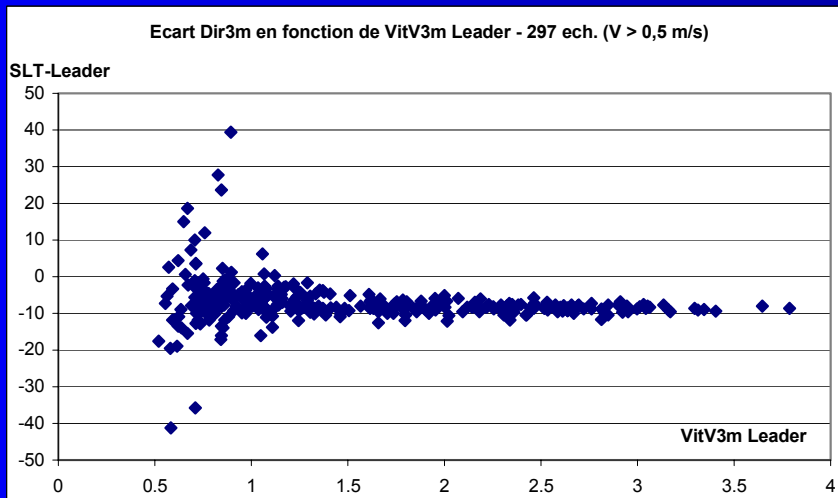


M1 : Grande variété des Gson

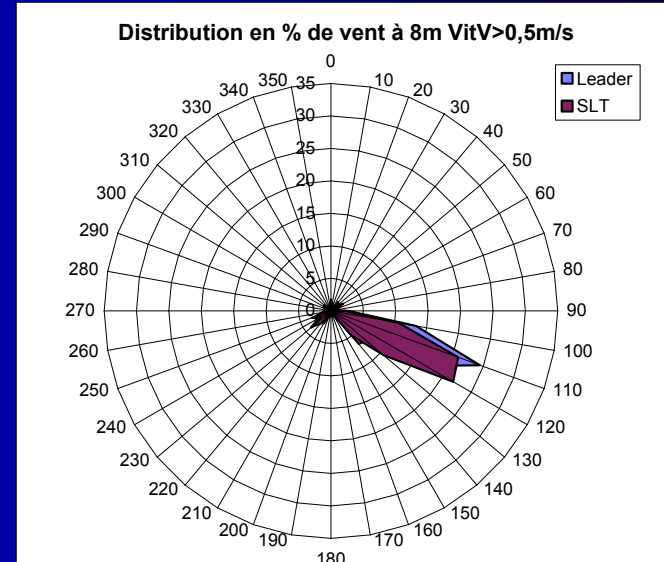
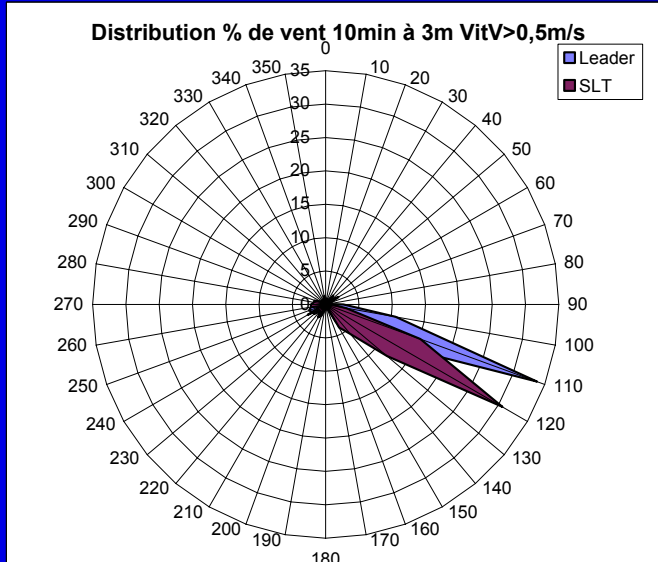
Ecart des directions de vent M1



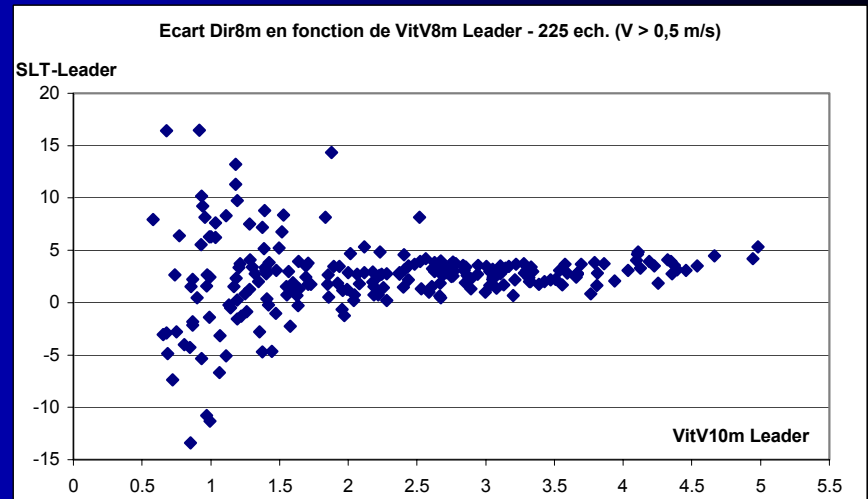
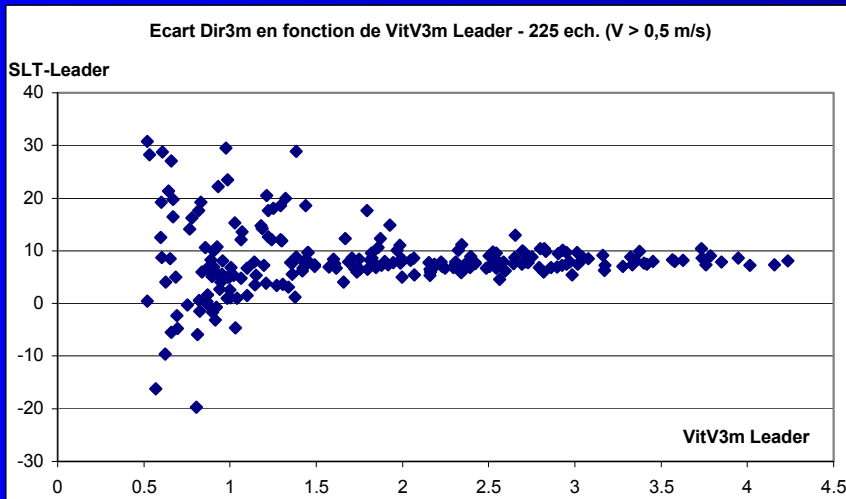
- Décalage de 20° de DirVent(M1) à 10m et Direction incorrecte pour $V < 1\text{m/s}$



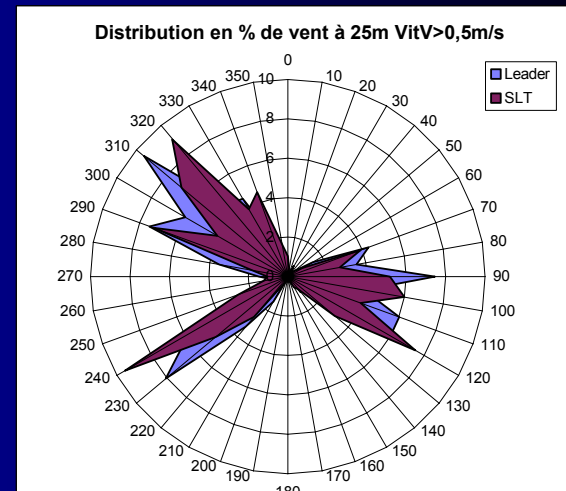
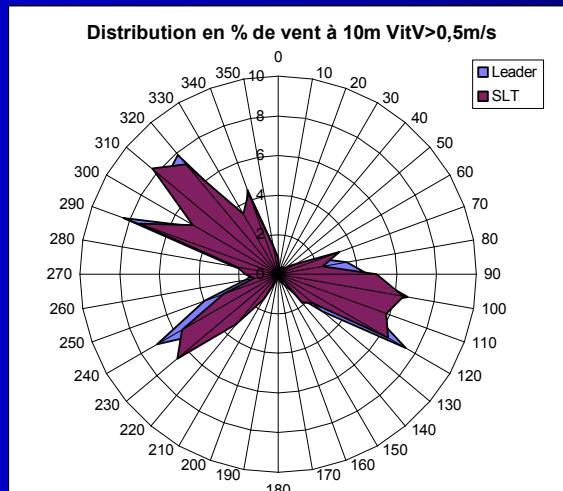
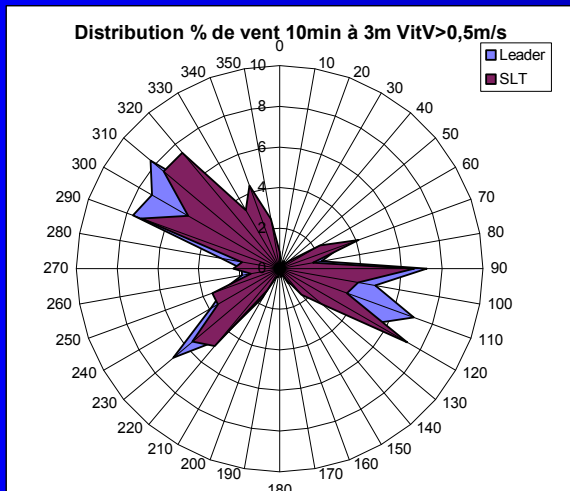
Ecarts des directions de vent M2



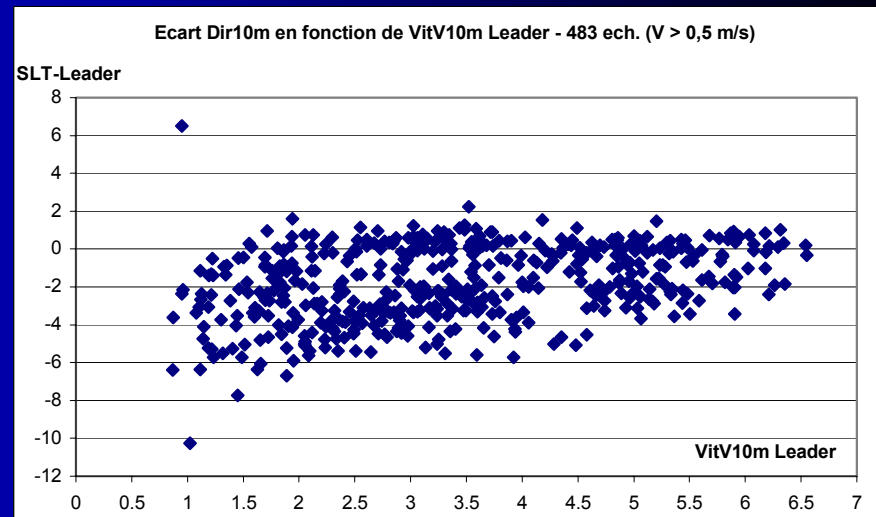
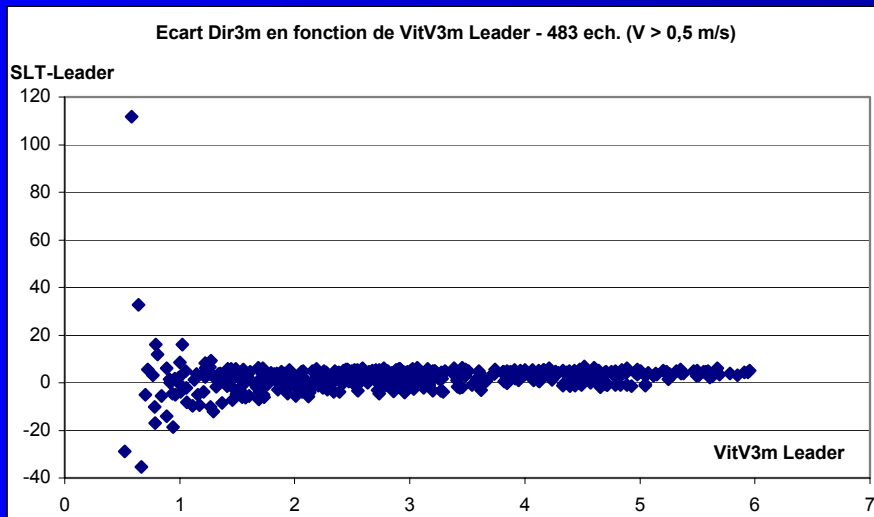
Direction incorrecte pour $V < 1 \text{ m/s}$



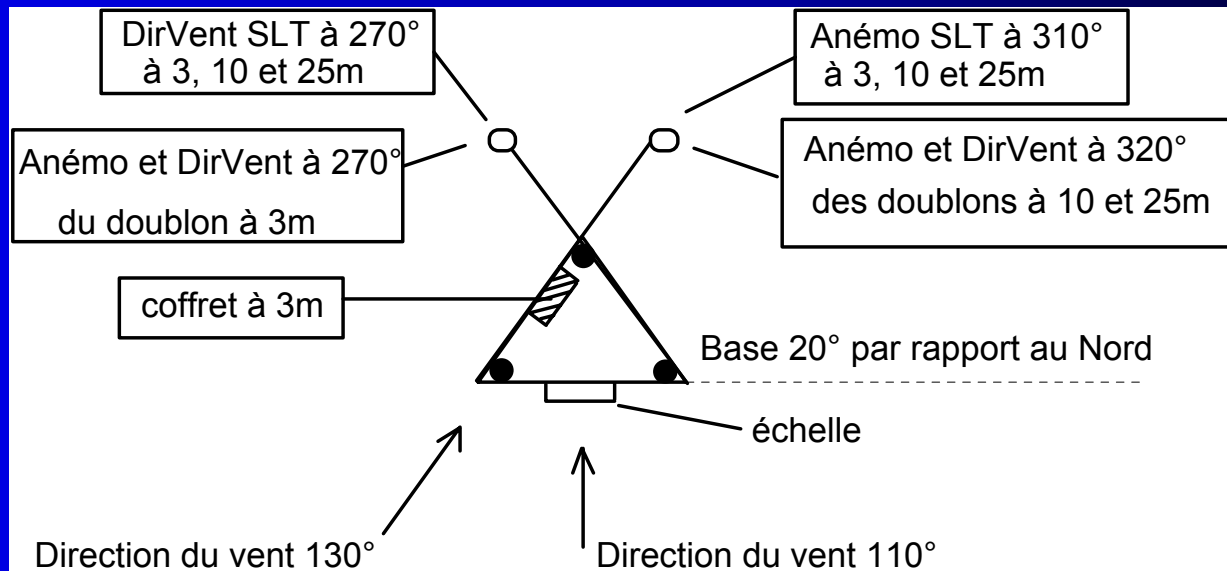
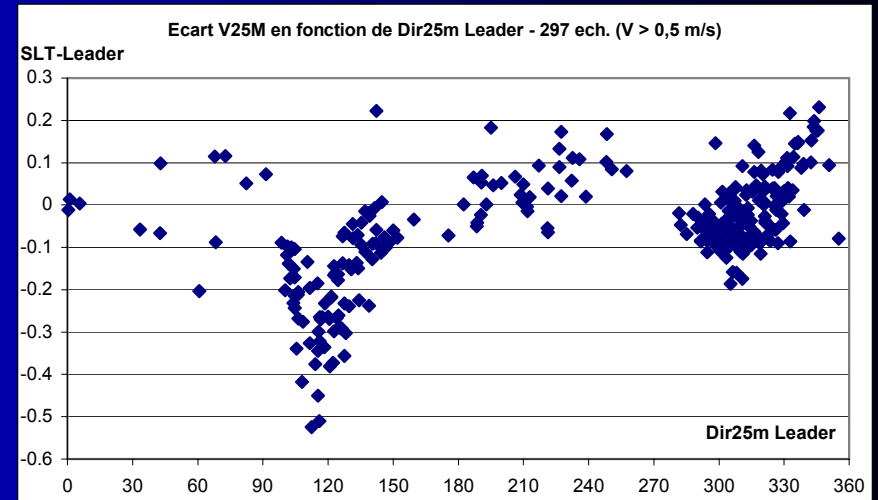
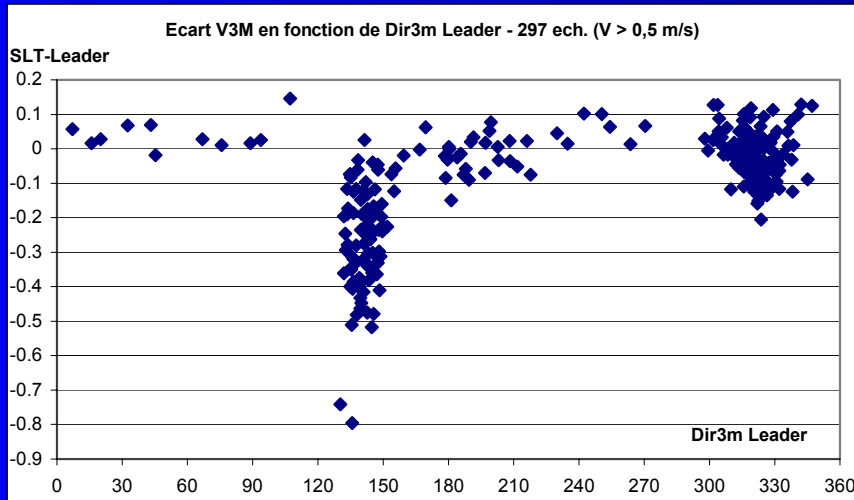
Ecarts des directions de vent M4



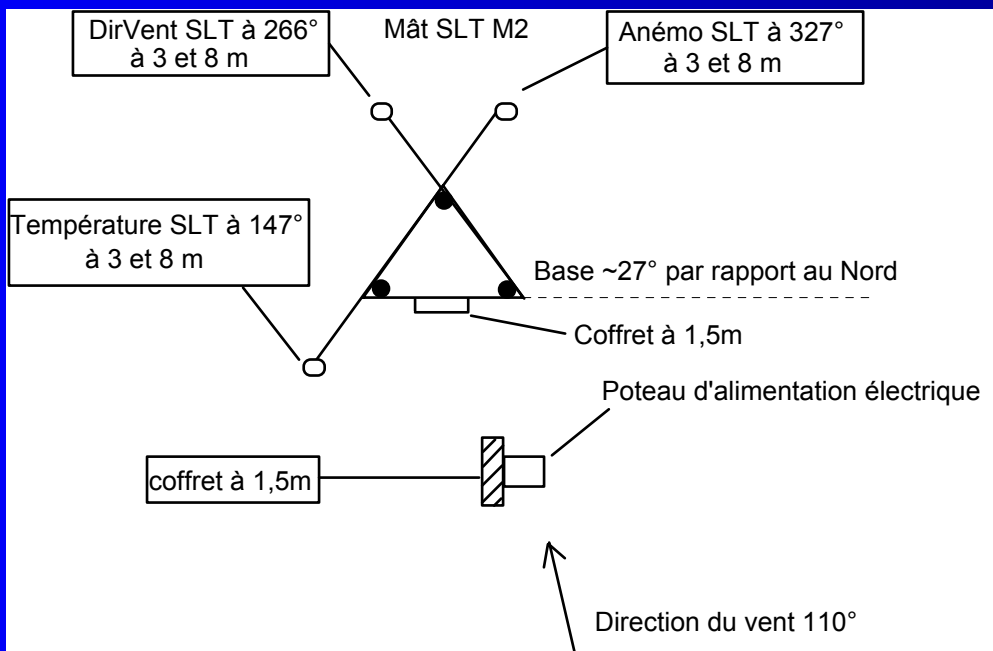
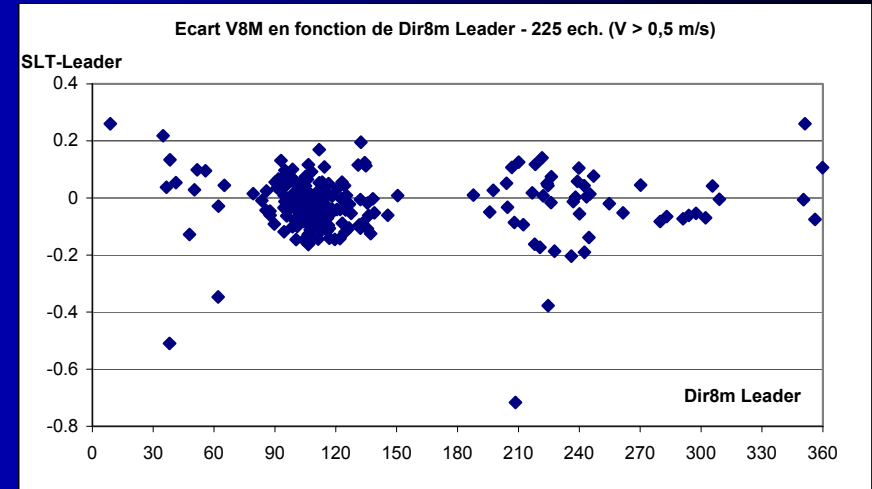
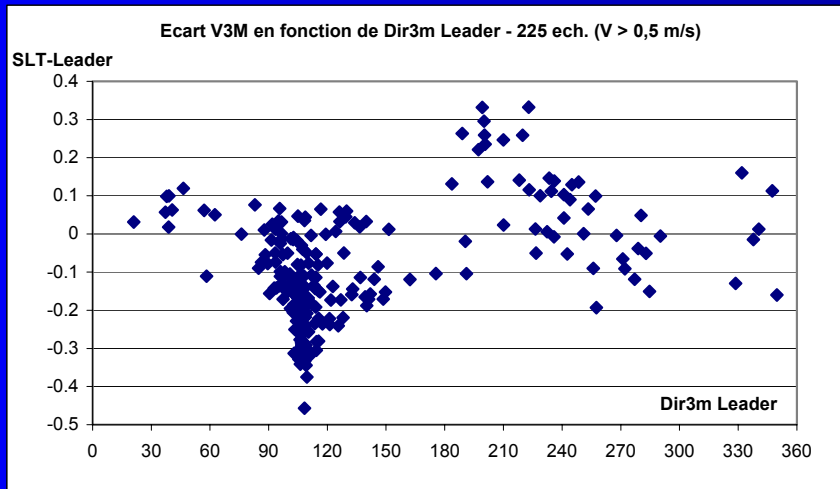
- Direction incorrecte pour $V < 1 \text{ m/s}$



Perturbation aérodynamique des anémo. (M1)



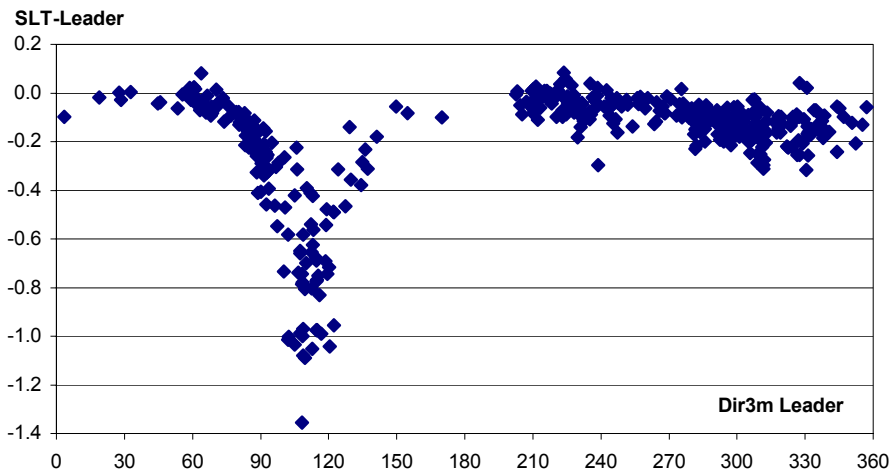
Perturbation aérodynamique des anémo. (M2)



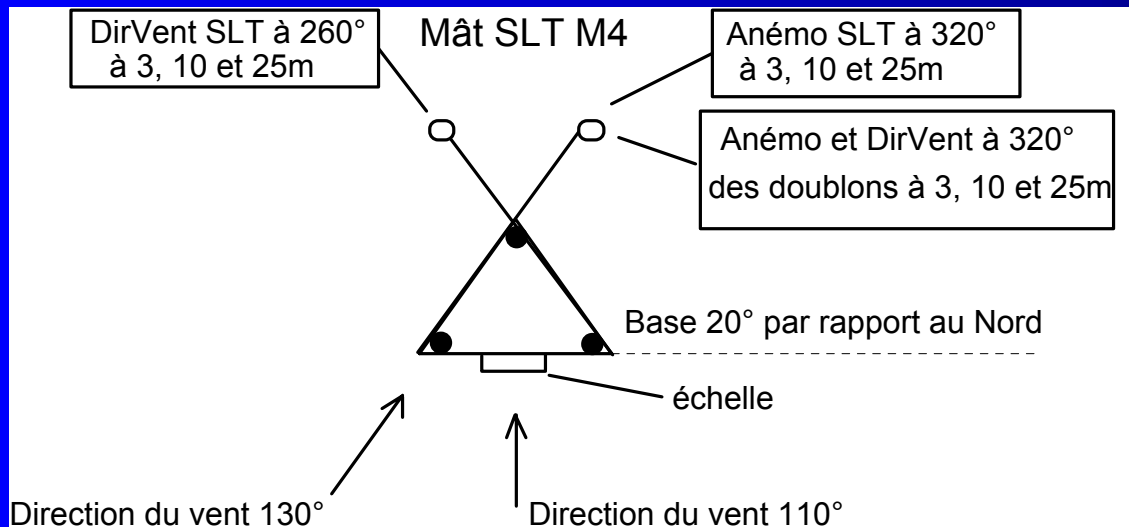
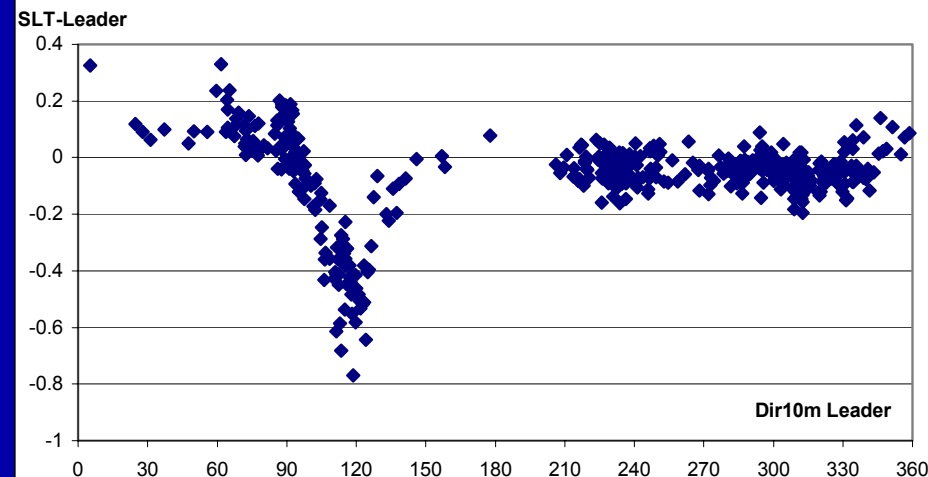
+ Coupure aléatoire de l'anémomètre à 8m (des zéros apparaissent dans l'échantillonnage de 2s - LRS)

Perturbation aérodynamique des anémo. (M4)

Ecart V3M en fonction de Dir3m Leader - 448 ech. (V > 1 m/s)

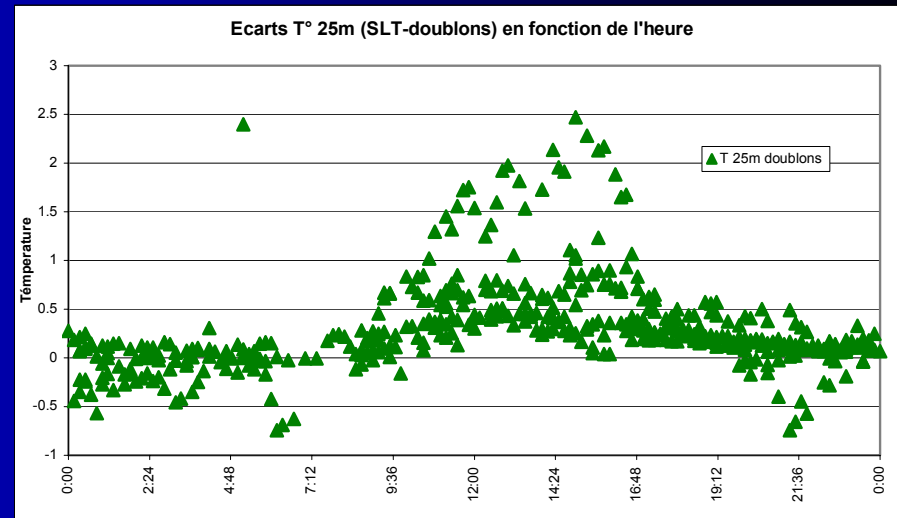
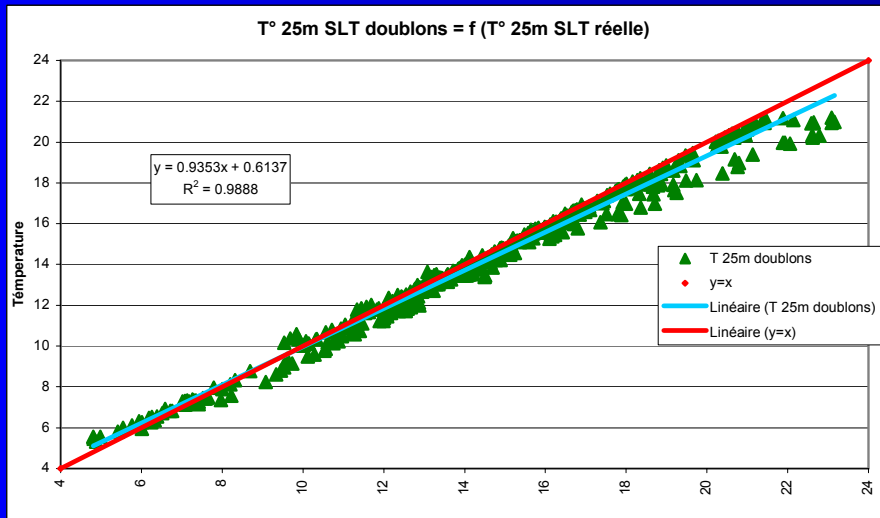
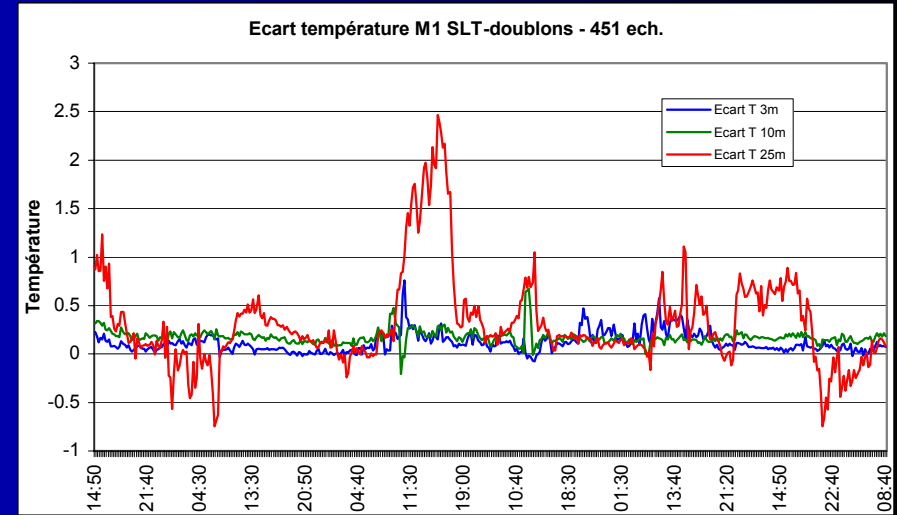
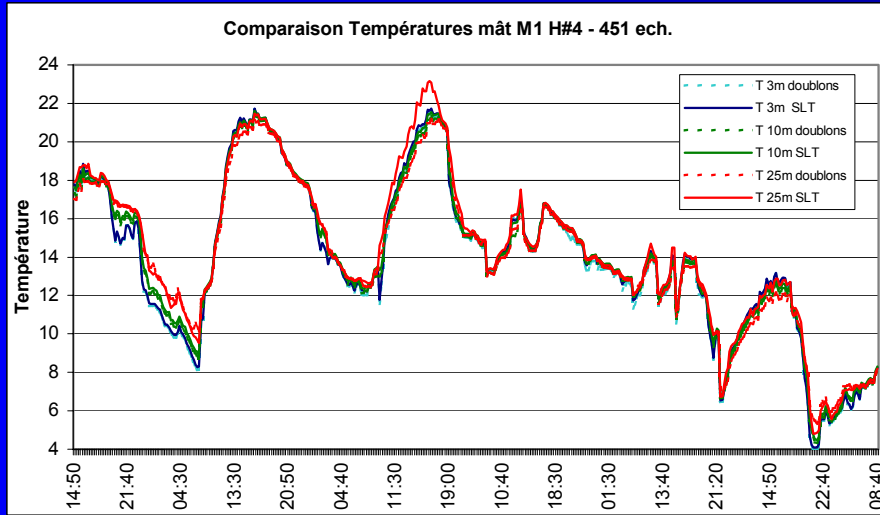


Ecart V10M en fonction de Dir10m Leader - 448 ech. (V > 1 m/s)



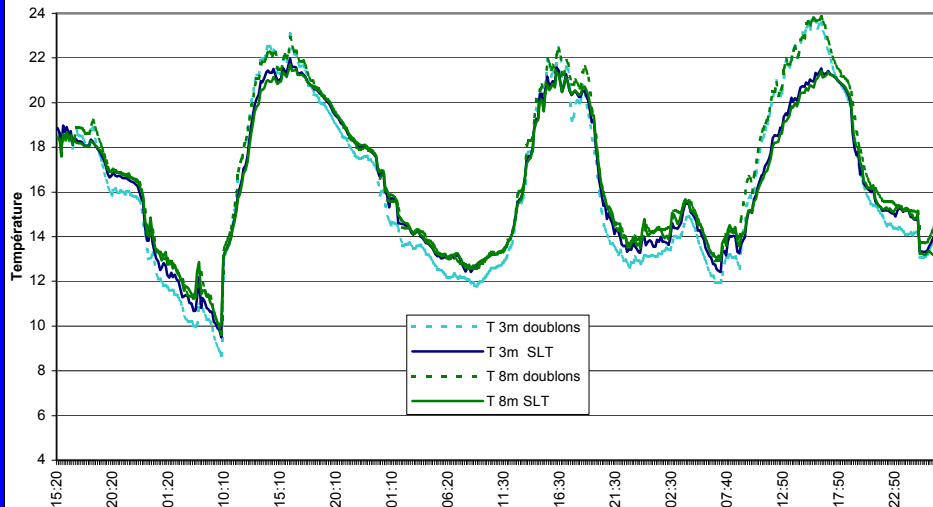
Interprétation :
 Anémo SLT et doublon même position ==> anémo à hélices moins perturbé que anémo à coupelles (SLT)

Probabilité de panne du ventilateur de la température à 25m (M1)

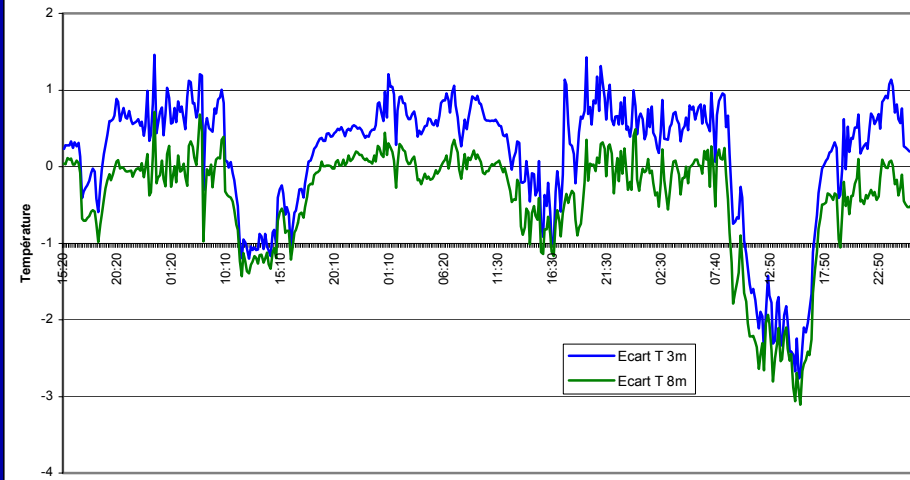


Probabilité de panne des ventilateurs de la température du mât LRS

Comparaison Températures mât M2 H#4 - 473 ech.

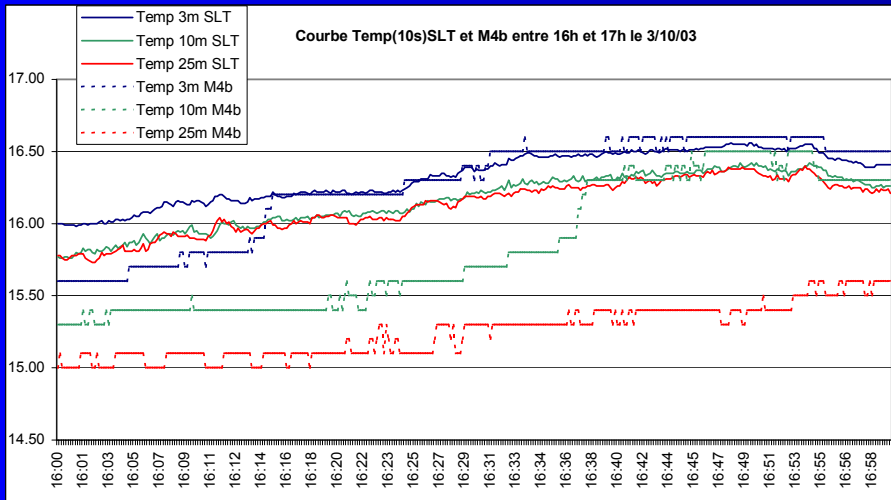
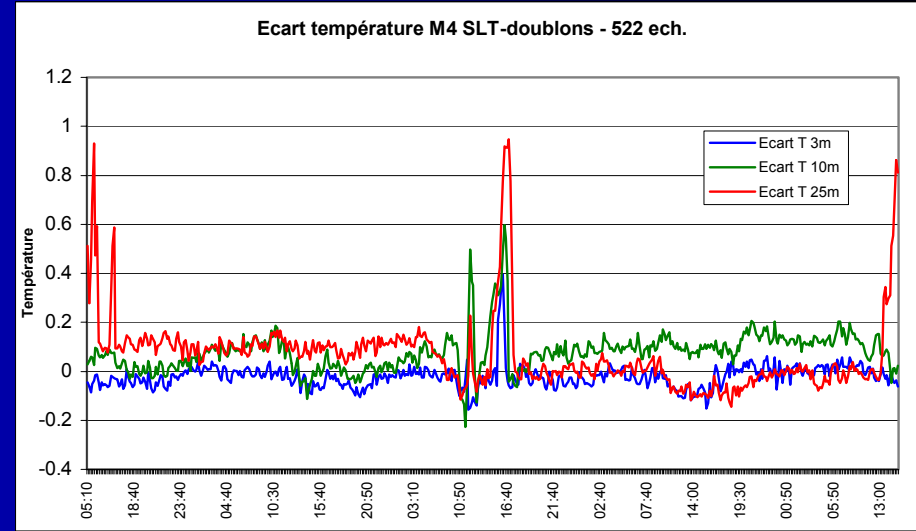
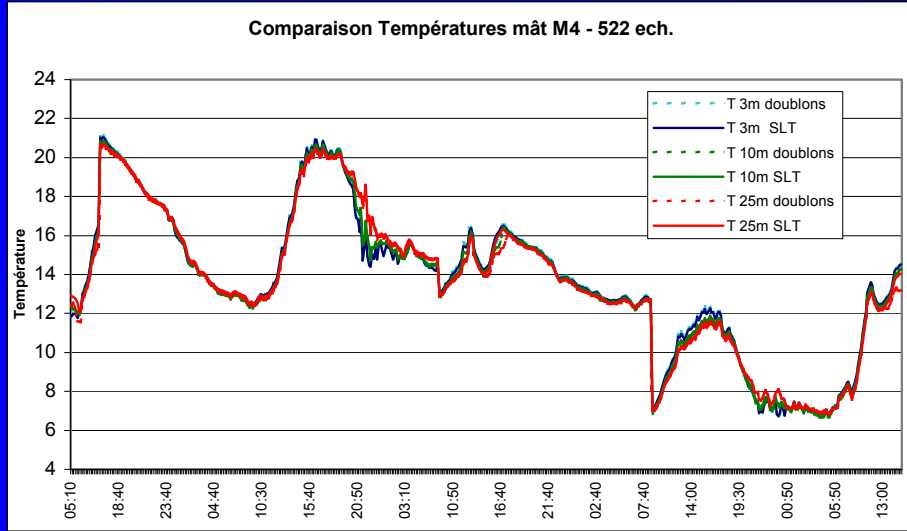


Ecart température M2 SLT-doublons - 473 ech.



- Dysfonctionnement des capteurs doublons (T doublons $>$ de 1 à 2°C à T SLT tous les après-midi)
- Près de 1°C d'écart à 3m (doublon ?)
- \implies Capteurs Température de la SLT(M2) non évalués

Etanchéité défectueuse des capteurs de températures doublons (LCPC)



Après forte pluie du 3/10 16h10:
 M4b(3m)=M4(3m) après 5 mn
 M4b(10m)=M4(10m) après 30 mn
 M4b(25m)=M4(25m) après > 50 mn

Résultats capteurs météo

Ecart-types des écarts (10 min.)

- Direction de vent $> 1,2$ m/s
 - pour M1, M2, M4 $\implies \sigma \leq 2^\circ$
- Vitesse de vent
 - pour M1, M2, M4 $\implies \sigma \leq 0,1$ m/s
- Température
 - pour M1(3 et 10m), M4 $\implies \sigma \leq 0,1$ °C

Mât acoustique A1 h=5m

	Série 3 - 1213 échantillons de 10 s			
	Ecart A1 h=5m (doublon-SLT) en dB _A (global) et en dB (freq)			
	Mini	Maxi	Moyenne	Ec-Type
Global	-1,4	2,0	0,1	0,3
125 Hz	-1,2	3,3	0,2	0,3
250 Hz	-1,7	2,1	0,1	0,3
500 Hz	-2,7	2,5	0,4	0,4
1 kHz	-1,6	2,1	0,2	0,4
2 kHz	-2,6	2,2	0,1	0,3
4 kHz	-2,6	3,1	-0,1	0,5

- Décalage temporelle évalué par pas de 1s (Données Lille)
- Fonctionnement correct du capteur

Mât acoustique A2 h=2 et 5m

	Série 1-1 - 361 échantillons de 10s				Série 3-1 - 2671 échantillons de 10s			
	Ecart A2 h=2m (SLT-doublons) en dB _A (global) et en dB (freq)				Ecart A2 h=5m (SLT-doublons) en dB _A (global) et en dB (freq)			
	Mini	Maxi	Moyenne	Ec-Type	Mini	Maxi	Moyenne	Ec-Type
Global	-5,2	3,5	0,3	0,7	-3,5	2,5	-0,1	0,4
125 Hz	-3,2	9,2	-0,0	0,9	-1,8	3,2	-0,2	0,3
250 Hz	-4,5	5,6	1,2	0,8	-3,6	3,0	-0,3	0,4
500 Hz	-4,4	5,6	1,1	0,9	-3,0	3,5	-0,3	0,5
1 kHz	-3,5	2,0	-0,5	0,6	-3,7	2,9	-0,2	0,4
2 kHz	-6,6	4,8	1,4	1,1	-5,6	3,7	-0,0	0,5
4 kHz	-17,9	6,0	0,4	1,6	-5,8	4,0	0,6	1,0

Décalage temporelle évalué par pas de 10s (Données LRS)

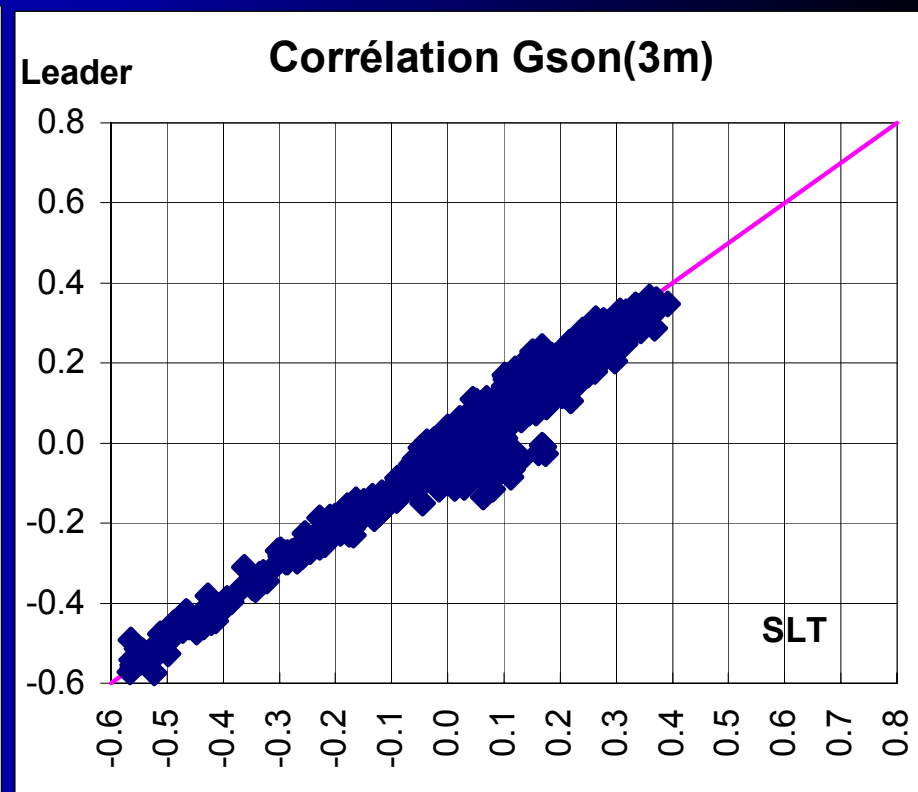
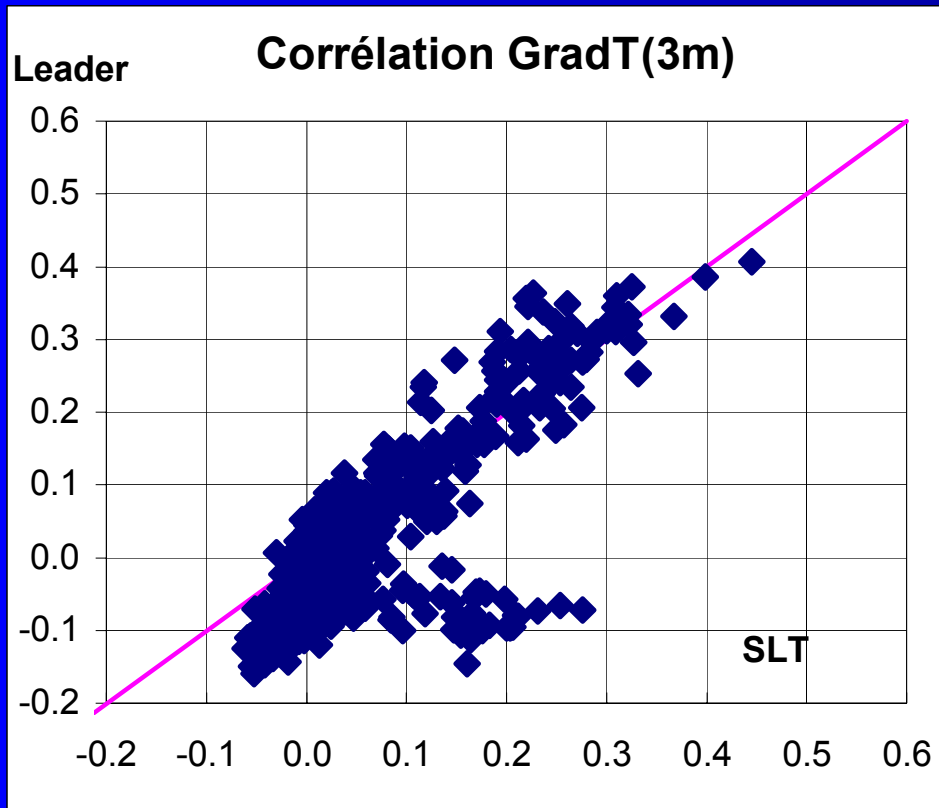
Moyennes non homogènes en fréquences en A2(2m)

Mât acoustique A5 h=2 et 5m

	Ecart A5 h=2m (SLT-doublons) en dB _A (global) et en dB (freq)				Ecart A5 h=5m (SLT-doublons) en dB _A (global) et en dB (freq)				Nb ech.
	Mini	Maxi	Moyenne	Ec-Type	Mini	Maxi	Moyenne	Ec-Type	
Global	-2,3	3,3	-1,3	0,5	-1,1	7,8	-0,4	0,3	3718
125 Hz	-2,4	7,4	-0,8	1,0	-1,9	0,6	-0,4	0,1	3718
250 Hz	-1,9	10,3	-0,1	1,2	-1,5	3,3	-0,5	0,3	3718
500 Hz	-2,2	1,7	-0,6	0,3	-1,2	13,8	-0,2	0,6	3718
1 kHz	-3,3	1,7	-1,9	0,6	-1,4	3,1	-0,4	0,2	3718
2 kHz	-3,5	3,7	-1,0	0,5	-2,5	0,3	-0,5	0,2	3718
4 kHz	-6	3,5	-0,7	1,3	-2,7	4,9	-0,7	0,3	3718

- Décalage temporelle évalué par pas de 1s par une minimisation de l'écart-type et une séparation en zone de moyenne homogène
- Moyennes non homogènes en fréquences en A5(2m)

Effet de Temp(25m) M1



11% d'échantillons de 10 minutes classés différemment suivant la propagation

Erreurs dans les classements par rapport au calcul doublon(3 hauteurs)

Méthode de calcul	Nombre d'échantillons différents selon le calcul			Pourcentage d'erreurs de classement selon le calcul		
	Fav.	Hom.	Défav.	Fav.	Hom.	Défav.
SLT 3 hauteurs	37	12	2	12	54,5	2
SLT 2 hauteurs	28	14	5	10	61	4
Doublon 2 hauteurs	22	19	6	8	57,5	4

- Plus de 55% d'erreurs pour le classement homogène (M1)
- Nécessité de calculer sur 3 hauteurs pour diminuer l'écart-type du G_{son}
- le meilleur écart-type ($0,024 \text{ s}^{-1}$) de l'écart G_{son} (SLT-doublon) est incompatible avec la définition du classement homogène de $\pm 0,015 \text{ s}^{-1}$ à 3m de haut.

Validation de la SLT (données exploitables)

- Vent de direction 250° à 330° (maxi 360°)
- Mât M1 - Calcul GradT avec (3 et 10m)
 - Calcul GradV sur 3 hauteurs
 - se limiter aux cas fortement favorables
- Mât M4 : Calcul sur 3 hauteurs pour tous les capteurs
- Mâts acoustique A1, A2 et A5 à 5m de haut