

4653

**TRANSFERT DE DONNES
CLIMATOLOGIQUES**

**NOTE DESTINEE AU RAPPORTEUR SUISSE
DE LA CIMO**

**J.Ehinger
J.-A. Hertig**

Lausanne, août 1989

No 531.101



ECOLE POLYTECHNIQUE FEDERALE DE LAUSANNE

IHE

LASEN - Laboratoire de Systèmes Energétiques

Prof. G. Sarlos

Note destinée au rapporteur suisse de la CIMO

Introduction

La section "Instruments" de l'Institut Suisse de Météorologie (ISM) a demandé au Laboratoire de Systèmes Energétiques (LASSEN) de l'Ecole Polytechnique Fédérale de Lausanne (EPFL) de présenter à la CIMO l'état actuel d'un projet de recherche pouvant intéresser cette commission de l'Organisation Mondiale de Météorologie.

Le projet "Transfert de données climatologiques" (appelé Projet ci-après) s'inscrit dans le cadre d'un programme suisse plus vaste, appelé ERL, destiné à étudier et à optimiser les systèmes de ventilation et de climatisation à l'intérieur des bâtiments.

L'objectif du Projet est de **déterminer la situation climatologique d'une construction située n'importe où en Suisse**. A cet effet il est prévu d'utiliser les données recueillies par le réseau ANETZ composé des 64 stations météorologiques automatiques de l'ISM.

Mais avant d'utiliser ces données, il convient de savoir ce que les appareils ont mesuré. Autrement dit, il s'agit de distinguer dans un enregistrement ce qui provient d'un effet local (arbre à proximité par exemple) et ce qui appartient aux conditions régionales.

Devant la complexité du problème, il a été décidé de limiter l'étude, dans une première phase, à un seul paramètre : le vent. Ainsi un second objectif a été défini; il consiste à **épurer les données ANETZ relatives au vent de toutes les perturbations locales** de manière à ne conserver que les flux atmosphériques régionaux. Ce problème soulève de nombreuses questions, telle la représentativité des mesures dont on parlera plus loin.

Des contacts ont été pris avec le directeur de l'ISM à Zürich et avec la station aérologique de Payerne (ISM) afin de pouvoir accéder aux données ANETZ et tester en laboratoire les anémo-girouettes utilisés sur les sites de mesure dans des conditions aussi proches que possible de la réalité.

Le présent rapport expose de manière succincte la problématique de la partie du Projet consacrée à l'étude du réseau ANETZ, les méthodes utilisées, les résultats prévus et les premiers résultats obtenus.

Problématique

A Quelle est la nature des perturbations affectant les données concernant le vent enregistrées par les stations météorologiques automatiques ?

La réponse apportée ici à cette question suppose que la transmission de ces informations à la centrale d'enregistrement et le traitement de ces données par ordinateur s'effectue sans problème, ce qui est souvent le cas. Dans ces conditions, seules des perturbations externes peuvent alors entacher d'erreurs les mesures de la vitesse et de la direction du vent. Ces perturbations ont été classées en quatre groupes selon la taille ou la nature de l'obstacle au vent qui les génère.

1) Influence des instruments

Les appareils eux-mêmes et, surtout, les accessoires disposés dans un rayon approximatif d'un mètre autour des instruments de mesure peuvent modifier la vitesse et la direction du vent en créant une turbulence, parfois non négligeable. Cette influence dépend de l'angle d'incidence du vent, de sa vitesse, ainsi que de la disposition des objets autour des appareils.

2) Influence des obstacles de volume important

On classe dans cette catégorie toutes les constructions de la taille d'une maison ainsi que les éléments naturels tels que les arbres ou les gros blocs de rocher. On ne tiendra compte que des obstacles situés dans un rayon d'une centaine de mètres autour de la station météorologique.

3) Influence de la rugosité

La turbulence de la couche limite atmosphérique est générée, entre autres, par la nature du sol sur lequel s'écoulent les masses d'air. Des changements de surface créent de nouvelles conditions. On se propose de mesurer l'effet de telles modifications sur les mesures de la vitesse du vent et cela dans un rayon de quelques kilomètres autour de la station. La direction du flux, de son côté, ne semble pas affectée par des changements de rugosité.

4) Influence du relief

Le relief topographique canalise les vents d'altitude selon les directions des vallées. Pour les stations situées en plaine, on admet que ces vents canalisés représentent l'écoulement atmosphérique régional. Par contre, il est important de connaître l'influence des montagnes entourant les stations météorologiques installées en position sommitale.

Douze stations se trouvent dans ce cas et feront l'objet d'une étude particulière. A chaque fois, on a tenu compte du relief situé dans un rayon de près de cinq kilomètres autour des appareils de mesure.

Le problème des perturbations de mesure étant signalé, d'autres questions se posent quant aux relations existant entre une station météorologique et son environnement.

- B** Quels liens existent entre une station d'altitude et une station de plaine ?
- C** Quelles sont les relations entre le vent synoptique et les stations d'altitude ?
- D** Comment corrélérer les données de deux stations différentes et de toutes les stations appartenant à une même région ?

Ces questions conduisent très naturellement à s'interroger à propos de la représentativité d'une station pour les mesures de vitesse et de direction du vent. En effet, il est intéressant de savoir :

- E** Dans quel périmètre autour de la station météorologique peut on utiliser les données telles quelles sans facteur de correction ?

Finalement, on se demande :

- F** Quelle est la valeur de ces facteurs de correction hors du périmètre ?

Et,

- G** Comment interpoler les valeurs de deux ou plusieurs stations ?

Lorsqu'une solution sera apportée à ces problèmes, le premier objectif du Projet sera atteint - pour le vent uniquement.

Méthode et démarche

Les méthodes et démarches suivies ou prévues font l'objet du bilan de la présente recherche arrêtée au mois de juillet 1989.

1) Correction des données ANETZ

L'ISM archive les données ANETZ à l'état brut dans différentes banques informatiques. Ces informations sont classées selon les fréquences de saisie suivantes : 10 minutes, 1 heure, 1 jour ou 1 mois. En cas de problèmes dans

une station ou sur un réseau, les enregistrements concernées subissent une correction, les autres données n'étant pas modifiées.

D'entente avec l'ISM, il est envisagé de mettre à la disposition des personnes intéressées des données corrigées selon les principes élaborés dans la présente étude.

La méthode de correction fera appel à un programme informatique. Ce dernier lira les données brutes, les traitera et restituera les données corrigées. Ainsi on pourra disposer en tout temps, soit des données brutes ISM, soit des données corrigées ISM, soit des données corrigées selon la méthode présentée ici. Le procédé de correction fonctionnera comme suit. Une donnée brute (D_b) sera multipliée par les facteurs de correction mesurés ou calculés pour les instruments (K_i), les obstacles (K_o), les topographies (K_t) et les rugosités (K_r). On effectuera ce calcul pour les angles et les vitesses. On tiendra également compte de l'étalonnage en vitesse des anémomètres (K_v). Finalement, on obtiendra les formules suivantes pour les données corrigées (D_c), les indices v et α signifiant respectivement vitesse et angle.

$$D_{cv} = D_{bv} \cdot K_{vv} \cdot K_{iv} \cdot K_{ov} \cdot K_{tv} \cdot K_{rv}$$

$$D_{c\alpha} = D_{b\alpha} + 0 + K_{i\alpha} + K_{o\alpha} + K_{t\alpha} + 0$$

Les angles mesurés ne sont pas affectés par la courbe d'étalonnage des vitesses des appareils ni par un changement de rugosité. Si aucune correction n'est apportée, les termes des matrices prendront la valeur 1 pour les vitesses et 0 s'il s'agit des angles. Les facteurs de correction se présenteront sous forme de paires de matrices; on aura une matrice pour les angles et une matrice pour les vitesses avec une valeur (interpolée) par degré.

Chaque configuration instrumentale, chaque forme d'obstacle, les douze topographies et les divers changements de rugosité comporteront leurs matrices de correction correspondantes.

Les 64 stations météorologiques automatiques feront l'objet d'un descriptif détaillé signalant les types d'appareils et les accessoires installés, les changements apportés au cours du temps ainsi que la durée pendant laquelle une configuration est demeurée inchangée. Ces renseignements existent déjà. Il suffira d'en adapter la forme aux besoins du programme informatique envisagé. Une maintenance a été discutée de manière à actualiser le fichier décrivant les stations ANETZ et à assurer le suivi de ce travail.

2) Correction des perturbations

La correction des perturbations générées par les accessoires proches des instruments a été effectuée grâce à des tests en soufflerie. Les 64 installations ANETZ ont été regroupées en 12 configurations combinant, selon les besoins,

les trois types d'instruments utilisés dans ANETZ (Schasta, Siap, Weather Measure) et les cinq accessoires (antenne, 2 paratonnerres, balise lumineuse, anémomètre non branché sur le réseau). Chaque configuration a été reproduite à l'échelle 1:1.

Les essais ont consisté en un étalonnage en rotation, avec une mesure de la vitesse et de la direction du vent tous les trois degrés. Un relevé de la vitesse de référence (vitesse du vent dans la soufflerie) a été fait à chaque mesure. Les appareils dépouillés de tous leurs accessoires ont été étalonnés en vitesse. Ces essais permettront de dresser les matrices de correction K_{VV} , K_{jV} et $K_{j\alpha}$ pour toutes les configurations des stations ANETZ.

La réalisation de ces essais a nécessité le développement d'un banc d'essai automatisé afin de permettre à un ordinateur de piloter la rotation du plateau tournant et de mesurer le vent perturbé (vitesse et direction). Deux plateaux tournants ont été conçus à cet effet, le plus grand est destiné à des objets d'un diamètre maximum de deux mètres, le plus petit est un mandrin capable de bloquer un cylindre de 10 cm de rayon.

Des maquettes d'obstacles ont été construites ou sont en cours de construction. Il s'agit de modèles réduits de bâtiments dont l'échelle varie de 1:20e au 1:100e. Il est prévu de tester en soufflerie une dizaine de cas environ. Le résultat de ces tests permettra l'écriture des matrices de correction $K_{\sigma V}$ et $K_{\sigma\alpha}$.

Avant d'entreprendre ces mesures, il a été décidé de commencer par passer en soufflerie les douze maquettes topographiques représentant les stations d'altitude ANETZ. Ce sont des modèles réduits à l'échelle 1:5000 dont la base circulaire mesure 2 mètres de diamètre. Ces reliefs reproduisent donc à petite échelle la topographie des montagnes situées dans un rayon de 5 kilomètres autour des 12 stations météorologiques ANETZ installées au sommet d'une montagne ou en haute altitude.

Les maquettes seront installées sur le grand plateau tournant de la soufflerie. Un masque à géométrie variable a été réalisé de manière à automatiser le déroulement des essais. On appelle "masque" un engin destiné à créer une transition harmonieuse entre le plancher de la soufflerie et le bord vertical des maquettes. Celui dont on parle est constitué de 100 lames de bois fixées au plancher de la soufflerie. Ce système offre l'avantage de s'adapter à n'importe quel relief qui lui est présenté. Cela constitue une économie en matériel et en temps. En effet, sans cette construction il aurait fallu découper un très grand nombre de masques partiels en sagex et, à chaque rotation, déplacer cet ensemble. Dans ces conditions, il aurait été inimaginable d'automatiser les essais.

Un anémomètre à fil chaud placé à la verticale du centre de la maquette et très près de la surface enregistre les vitesses. Une girouette miniature mesure les directions. La mise au point de ces essais est presque achevée.

Il est prévu de mesurer la vitesse et la direction du vent tous les trois degrés. On obtiendra ainsi les matrices de correction K_{tv} et $K_{t\alpha}$ pour les douze stations d'altitude.

La mesure des facteurs de correction pour la rugosité (K_{rv}) va également faire l'objet d'une étude en soufflerie. On reproduira en modèle réduit les situations les plus fréquemment observées. On déterminera l'influence d'un changement de sol et la taille limite des éléments de surface à prendre en considération. On en viendra peut-être à ne prendre en compte que trois ou quatre types de rugosités, les autres ne se distinguant de celles-là que de manière négligeable.

3) Relation entre les stations de mesure et le vent synoptique

Le lien existant entre les stations d'altitude et le vent synoptique sera déduit du résultat des essais en soufflerie portant sur les maquettes topographiques. Dans le même but, on utilisera le modèle numérique MESOCONV (1) qui permet également de telles simulations.

Les résultats des modélisations numériques et physiques seront comparés. Le modèle MESOCONV peut, grâce au super-ordinateur CRAY-2, calculer des champs de vent à l'altitude voulue sur des domaines de plusieurs dizaines de kilomètres de côté. Ces simulations rendent possible les corrélations entre les stations météorologiques ainsi que l'interpolation de la vitesse et de la direction du vent à n'importe quel point d'un domaine topographique situé en Suisse. Ce travail n'a été qu'ébauché pour le moment. Il est prévu également d'employer le modèle MESOCONV pour l'étude des variations de rugosité autour d'une station météorologique ANETZ. Ces simulations seront comparées avec les résultats des essais en soufflerie décrits au paragraphe 2.

4) Représentativité des stations ANETZ

De plus, grâce au modèle numérique MESOCONV, il a été possible de dessiner des cartes montrant la représentativité d'une station météorologique pour le vent. On a procédé comme suit (démarche simplifiée).

Le modèle a été initialisé avec un vent d'altitude dont la vitesse et la direction ont été fixées arbitrairement. Puis, un traitement numérique de la physique atmosphérique a déterminé la direction et la vitesse du vent à l'emplacement de la stations. Ensuite une routine du modèle a calculé pour toute la surface du domaine étudié les écarts de direction et de vitesse par rapport au vent de ce site. On définit alors une classe de valeurs selon lesquelles les cartes doivent être dessinées. Puis on réalise le document souhaité grâce à un programme graphique utilisant la bibliothèque UNIRAS (2). Ce traitement est effectué dans un environnement VAX. L'échelle des cartes étant connues, on peut cerner exactement les zones de représentativité

d'une station météorologique pour la vitesse du vent, pour sa direction ou pour ces deux paramètres à la fois.

Résultats

Les figures ci-après ne représentent que des résultats provisoires. Ces exemples pourront être modifiés dans leur version définitive destinée à l'ISM.

1) Correction des données ANETZ

Les 5 graphiques suivants correspondent à un appareil de type SCHASTA. Lors de l'essai 22, il était dépourvu de tout accessoire. Le résultat des essais portant sur les topographies et les obstacles aura un aspect très voisin. On utilisera également une représentation polaire pour les corrections associées aux changements de rugosité.

1.1) Vitesse mesurée au Schasta comparée à la vitesse de la soufflerie (figure 1)

La vitesse de l'air dans la soufflerie a été stable pendant la durée des essais (4 h 30). Elle était de $9.4 \text{ m/s} \pm 0.3 \text{ m/s}$. L'appareil Schasta a enregistré 119 mesures comprises dans une fourchette de 0.7 m/s . Deux mesures se sont éloignées de la vitesse moyenne de 1.2 et 4 m/s. La cause de ces deux écarts n'a pas encore été identifiée avec certitude.

Les mesures sont, dans leur grande majorité, bien groupées; l'essai est satisfaisant.

1.2) Ecart de vitesse et écarts relatifs de vitesse (figures 2 et 3)

La vitesse enregistrée par le Schasta excède en moyenne de 0.5 m/s environ la vitesse de la soufflerie. Cela représente un écart relatif proche de 5 %.

Le pic négatif visible sur les deux figures à 356° s'explique par la présence d'un point mort sur la girouette du Schasta à cet endroit.

1.3) Angle mesuré au Schasta comparé à l'angle du plateau tournant (figure 4)

Les valeurs expérimentales du Schasta correspondent presque exactement aux valeurs de référence. La droite de régression a une pente très voisine de 45° et passe presque par l'origine du graphique. Seuls les deux points déjà remarqués au paragraphe 1.1) s'écartent de la ligne commune.

1.4) Ecart d'angle (figure 5)

Les écarts les plus forts atteignent six degrés. L'allure irrégulière du dessin ne sera pas expliquée ici. On remarque toujours le même pic du point mort de la girouette à 356° .

2) Représentativité d'une station météorologique

2.1) Ecart de vitesse (figure 6)

La station météorologique automatique d'Aigle se trouve à l'emplacement de la croix, au centre de la carte. On a simulé un vent d'altitude en provenance du nord et d'une intensité de 5 m/s. Le programme MESOCONV a calculé un champ de vent à vingt altitudes différentes. Le niveau situé à 10 mètres au-dessus du sol a été retenu. C'est pourquoi seule la vallée du Rhône et la partie est du lac Léman ont été prises en compte. Aucun calcul d'écart de vitesse n'a été effectué pour les altitudes supérieures à 475 m.

Une routine créée spécialement à cet usage a calculé les écarts entre les vitesses simulées sur la plaine du Rhône et sur l'emplacement de la station météorologique. On a choisi de montrer les zones dans lesquelles les vitesses ne s'écartent pas plus d'un mètre par seconde des valeurs de la station et celles dont les vitesses excèdent la valeur centrale de plus d'un mètre par seconde.

2.2) Ecart d'angle (figure 7)

Les conditions initiales ont été les mêmes que pour la figure précédente. On a choisi de représenter avec plus de détail les écarts à la valeur de l'angle calculé au centre de la carte. On voit nettement apparaître la zone de représentativité pour un vent du nord. Les autres secteurs de vent feront l'objet de simulations semblables dans une phase ultérieure du projet.

Conclusion

Ces quelques exemples ont brièvement illustré les méthodes proposées dans ce Projet pour répondre aux questions posées dans le chapitre consacré à la problématique. On peut relever la complémentarité des modèles numériques et des tests effectués en soufflerie.

Nous espérons que ce texte aura intéressé les membres de la CIMO.

Références :**(1) MESOCONV**

Beniston M., Mesoscale model for the study of three-dimensional convective phenomena. Model description and preliminary results from a KonTur simulation, Hamburg, Geophys. Einzel, B2, p. 1-62, 1983

Beniston M., A numerical study of atmospheric pollution over complex terrain in Switzerland, Boundary-Layer Meteorol., 41, pp. 75-96, 1987.

(2) UNIRAS

European Software Contractors A/S, 7, Noorregade, DK - 2800 Lyngby, Denmark

TRANSFERT DE DONNEES CLIMATOLOGIQUES

Experimentateur: AL Date: 26/03/89 Essai numero: 22

Type d'essai: ETALONNAGE EN ROTATION, PAS DE TROIS DEGRES

Configuration: appareil: SCHASTA NO 20516

 mat: 150 MM DE DIAMETRE

 accessoires: NEANT

Emplacement: X: 8000 mm Y: 0 mm

points experimentaux: + + +

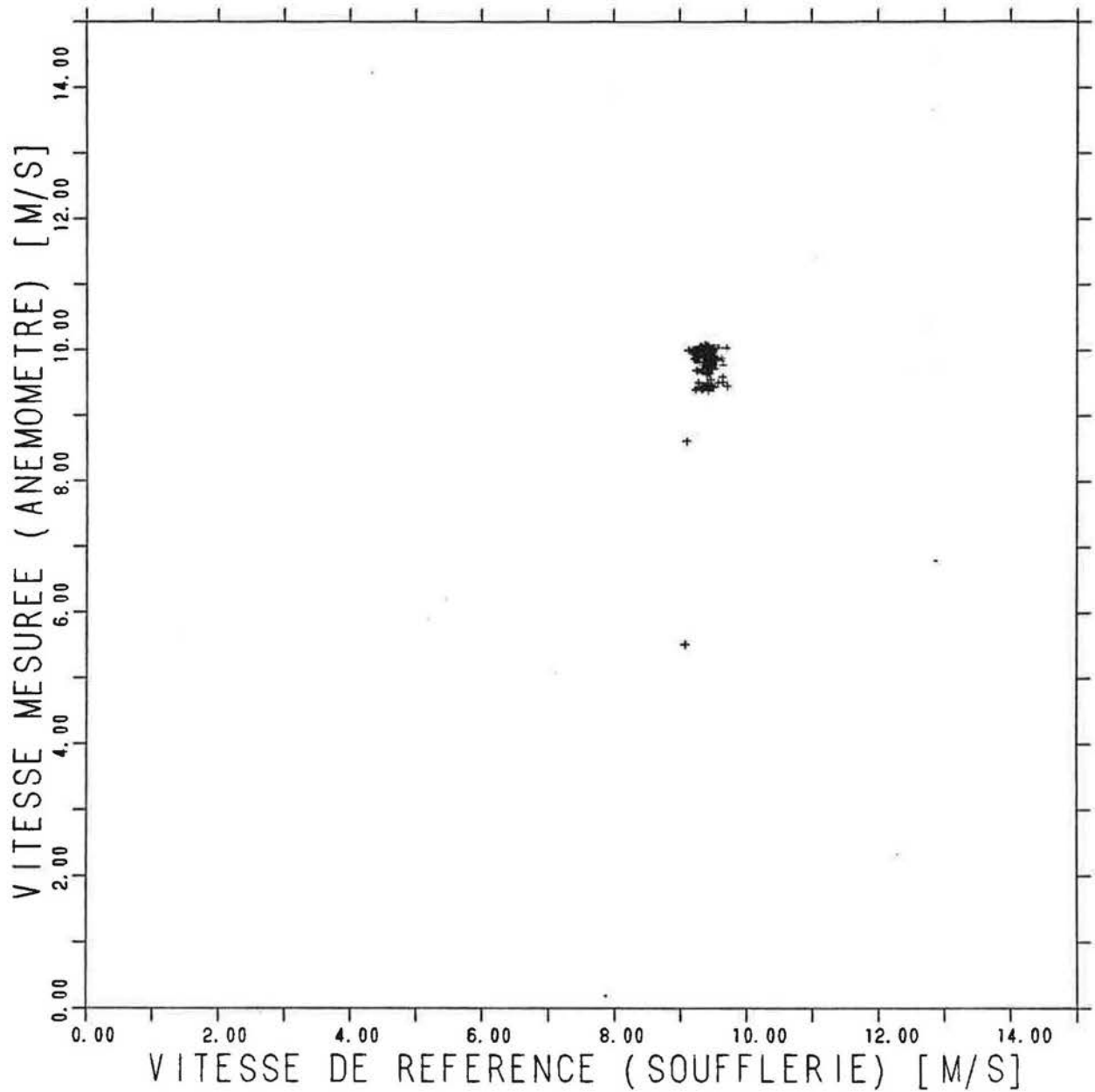


Fig. 1 Vitesse mesurée comparée à la vitesse de référence

TRANSFERT DE DONNEES CLIMATOLOGIQUES

Experimentateur: AL Date: 26/03/89 Essai numero: 22

Type d'essai: ETALONNAGE EN ROTATION, PAS DE TROIS DEGRES

Configuration: appareil: SCHASTA NO 20516

 mat: 150 MM DE DIAMETRE

 accessoires: NEANT

Emplacement: X: 8000 mm Y: 0 mm

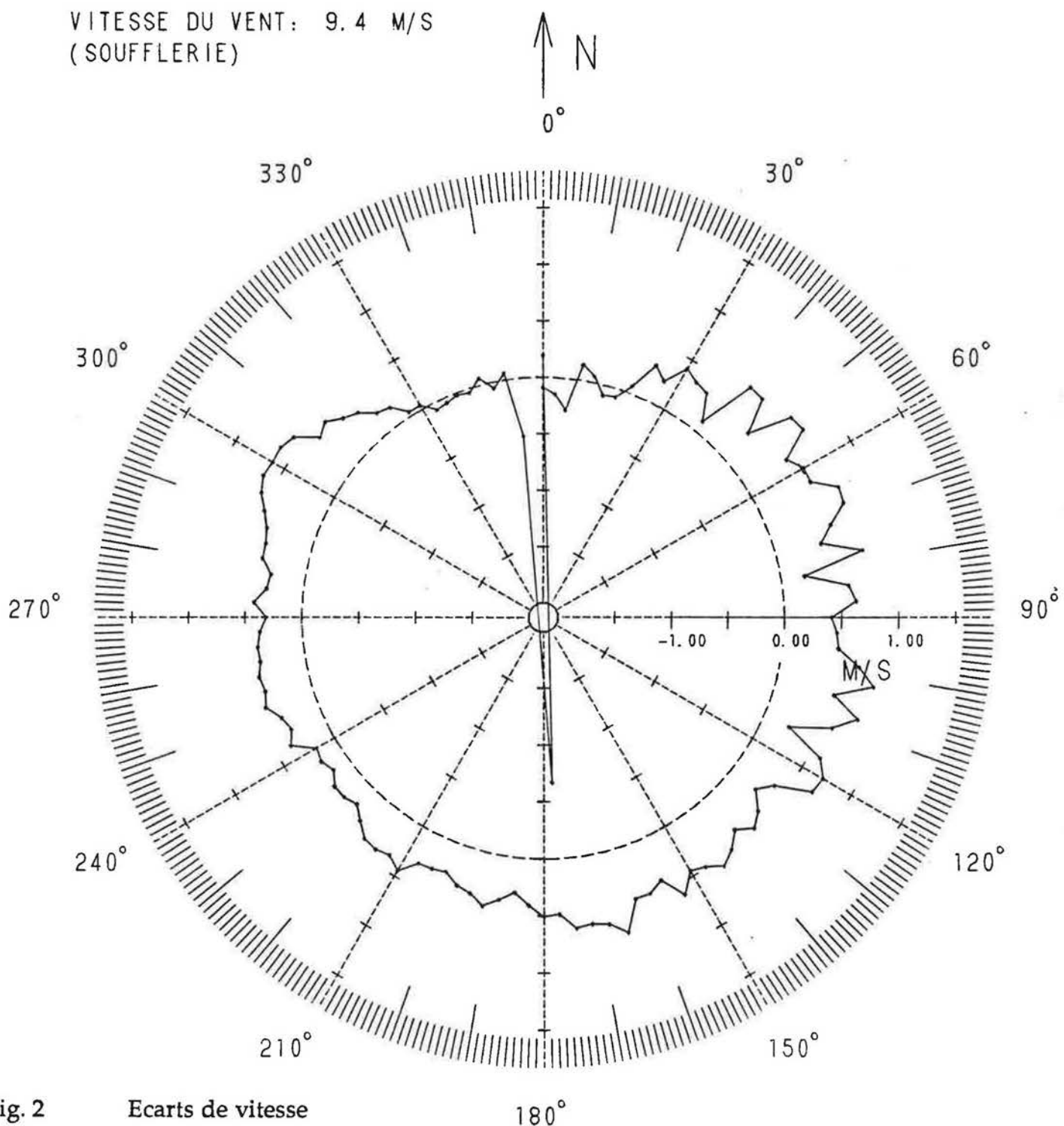


Fig. 2 Ecarts de vitesse

ANGLE POLAIRE = DIRECTION D'OU VIENT LE VENT (SOUFFLERIE)

ECART = MESURE ANEMOMETRE - MESURE SOUFFLERIE

TRANSFERT DE DONNEES CLIMATOLOGIQUES

Experimentateur: AL Date: 26/03/89 Essai numero: 22

Type d'essai: ETALONNAGE EN ROTATION, PAS DE TROIS DEGRES

Configuration: appareil: SCHASTA NO 20516
 mat: 150 MM DE DIAMETRE
 accessoires: NEANT

Emplacement: X: 8000 mm Y: 0 mm

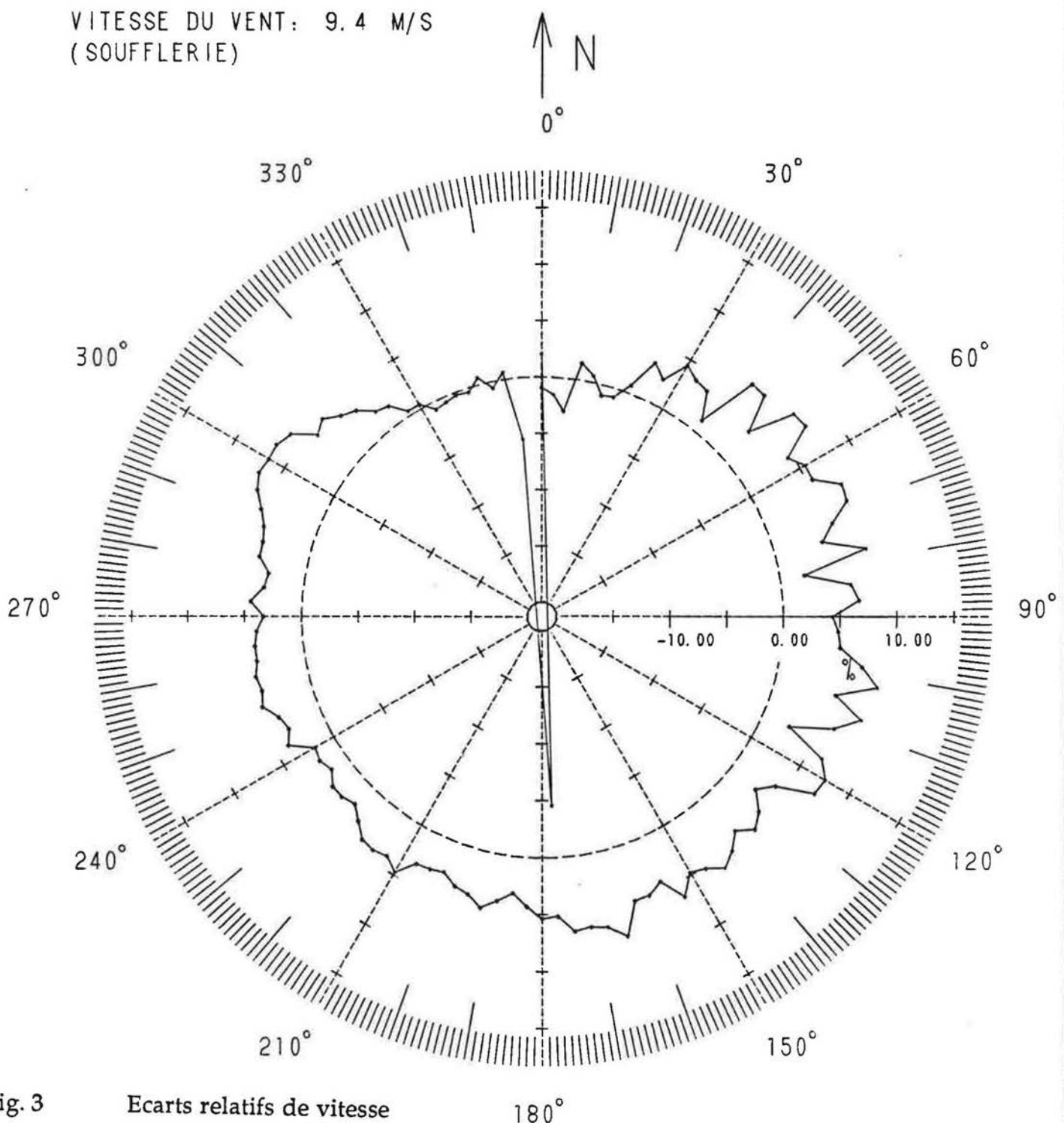


Fig. 3 Ecarts relatifs de vitesse

ANGLE POLAIRE = DIRECTION D'OU VIENT LE VENT (SOUFFLERIE)
ECART = MESURE ANEMOMETRE - MESURE SOUFFLERIE

TRANSFERT DE DONNEES CLIMATOLOGIQUES

Experimentateur: AL Date: 26/03/89 Essai numero: 22

Type d'essai: ETALONNAGE EN ROTATION, PAS DE TROIS DEGRES

Configuration: appareil: SCHASTA NO 20516

 mat: 150 MM DE DIAMETRE

 accessoires: NEANT

Emplacement: X: 8000 mm Y: 0 mm

points experimentaux: + + +

REGRESSION: $Y = 1.008 X + 1.846$

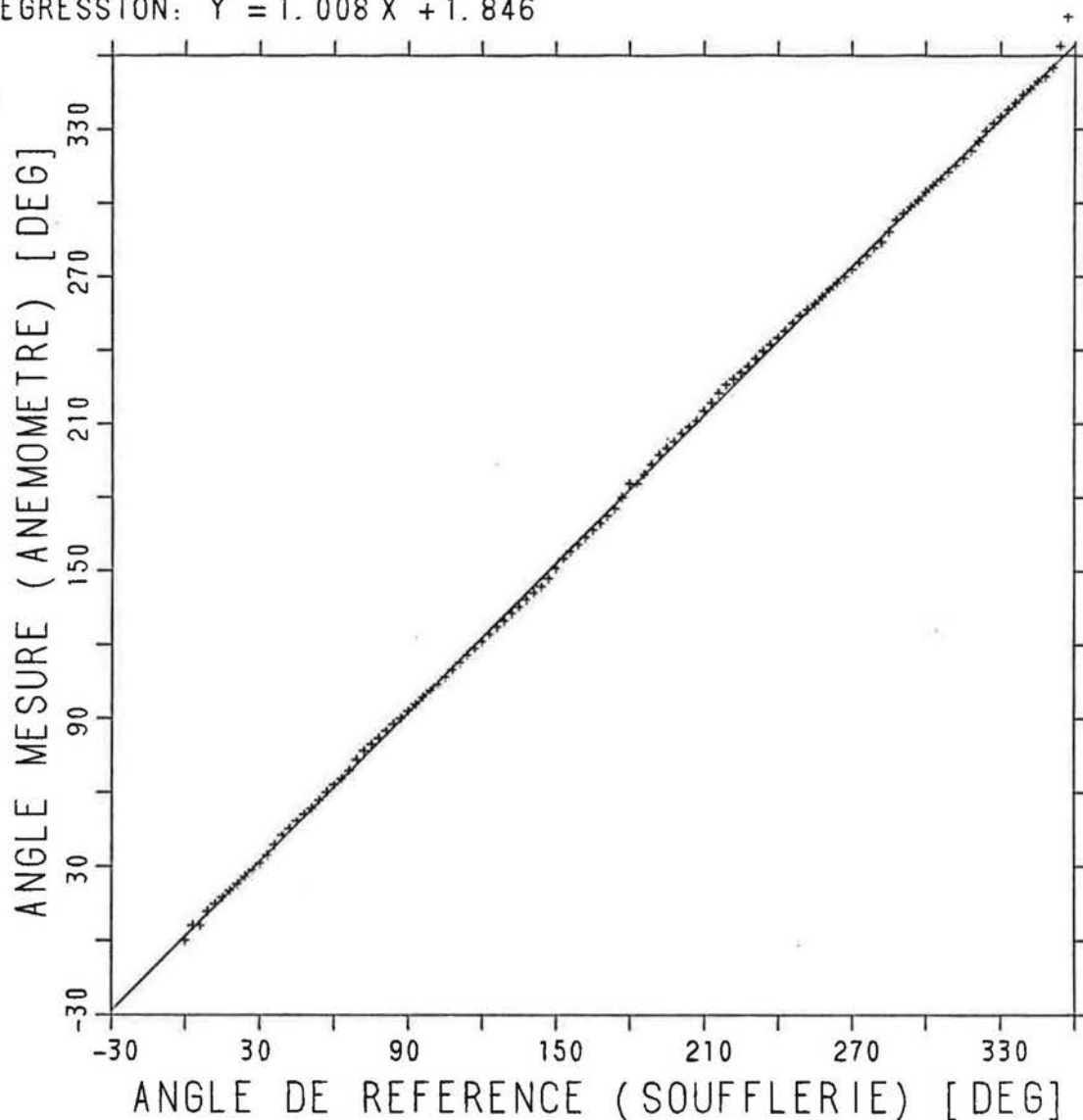


Fig. 4 Angle mesuré comparé à l'angle de référence

TRANSFERT DE DONNEES CLIMATOLOGIQUES

Experimentateur: AL

Date: 26/03/89

Essai numero: 22

Type d'essai:

ETALONNAGE EN ROTATION, PAS DE TROIS DEGRES

Configuration:

appareil:

SCHASTA NO 20516

mat:

150 MM DE DIAMETRE

accessoires:

NEANT

Emplacement:

X: 8000 mm

Y: 0 mm

VITESSE DU VENT: 9.4 M/S
(SOUFFLERIE)

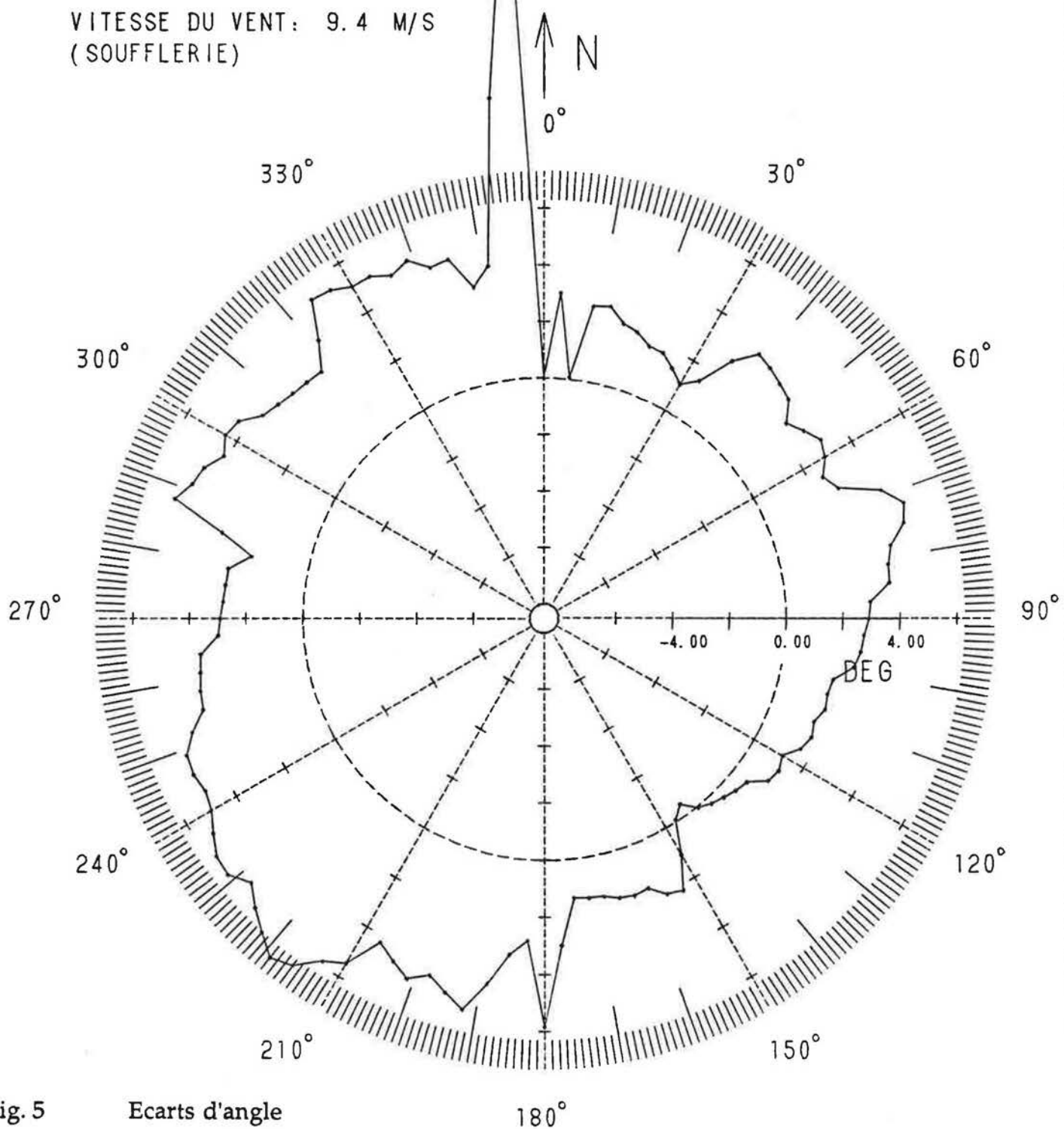


Fig. 5 Ecarts d'angle

ANGLE POLAIRE = DIRECTION D'OU VIENT LE VENT (SOUFFLERIE)

ECART = MESURE ANEMOMETRE - MESURE SOUFFLERIE

Représentativité de la station d'Aigle (+)

Vent d'altitude en provenance du nord.

Situation calculée à 10 m du sol

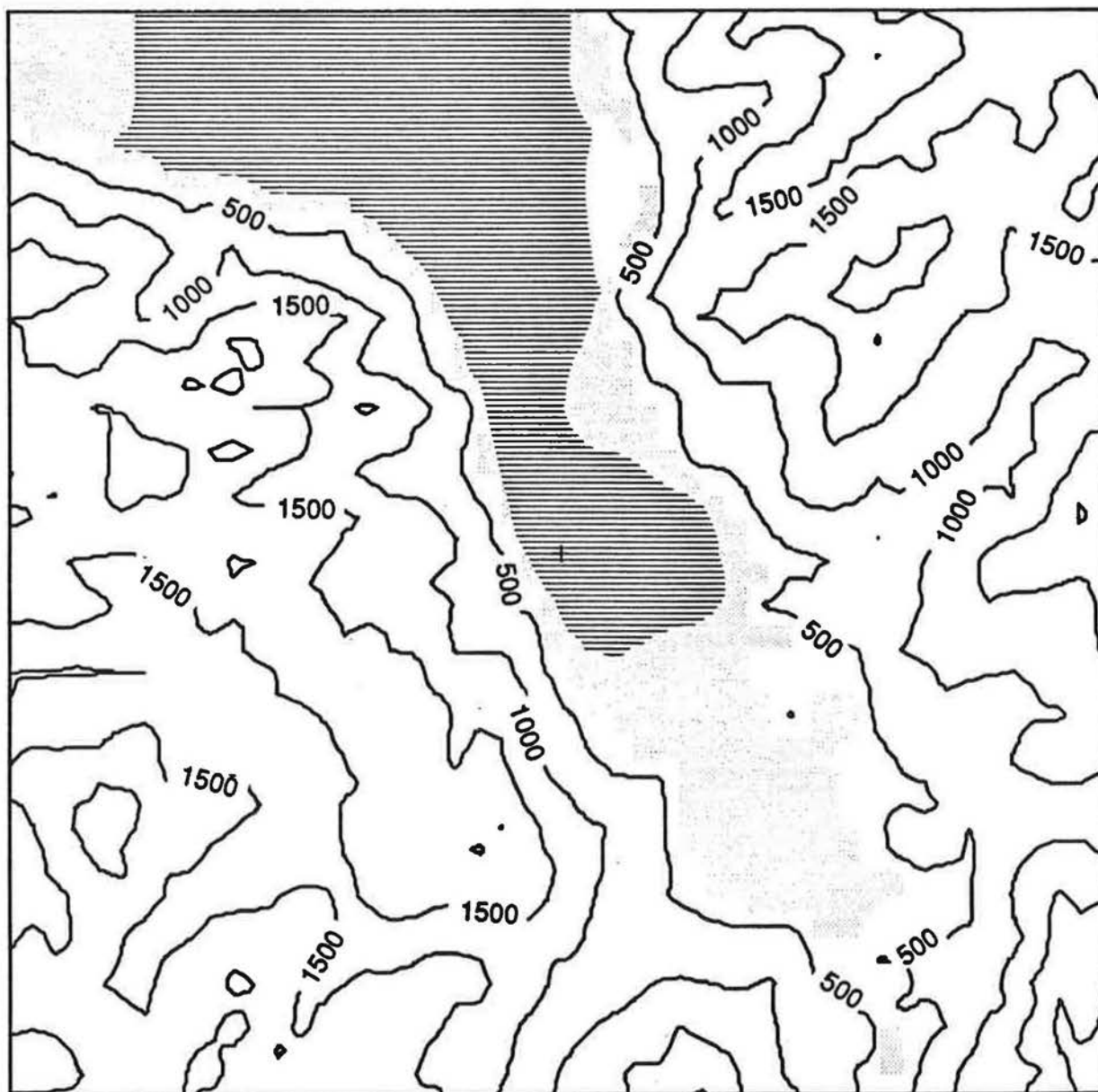
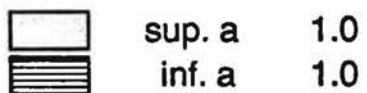


Fig. 6 Ecart de vitesse (en mètres par seconde)

Représentativité de la station d'Aigle (+)

Vent d'altitude en provenance du nord.

Situation calculée à 10 m du sol

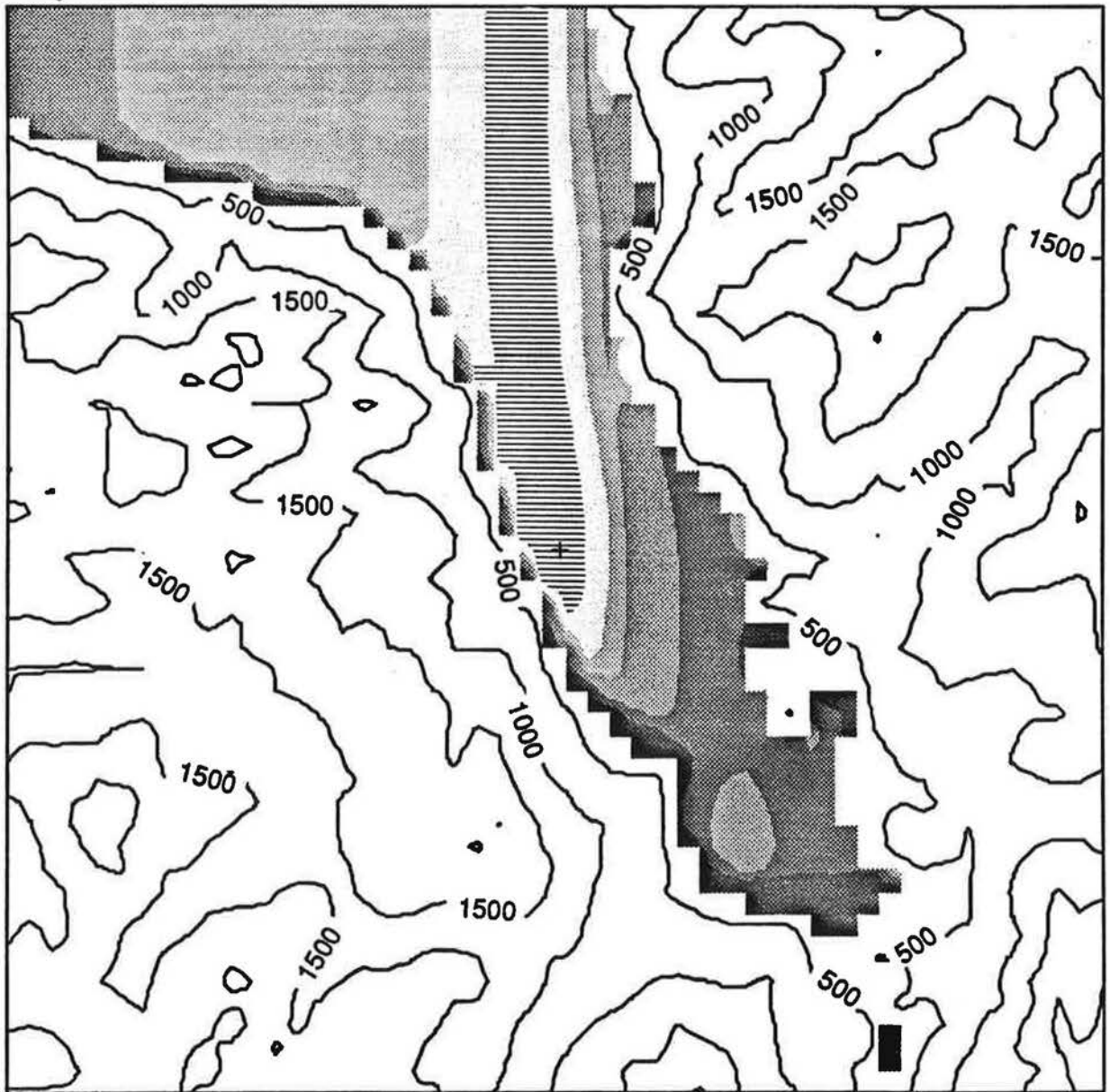
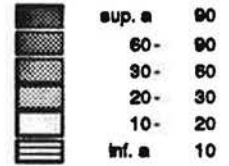


Fig. 7 Ecart d'angle (degrés)