



**MINISTERE DES
COMMUNICATIONS
ET DE
L'INFRASTRUCTURE**

**MINISTERIE VAN
VERKEER EN
INFRASTRUCTUUR**

RAPPORT FINAL
DE LA COMMISSION D'ENQUÊTE SUR
L'ACCIDENT SURVENU LE 22 DÉCEMBRE 1973 A
LA CARAVELLE OO-SRD APPARTENANT A LA
SOCIÉTÉ "SOBELAIR" CONDUITE PAR UN
ÉQUIPAGE DE LA "SABENA" ET AFFRÉTÉE PAR
LA COMPAGNIE NATIONALE "ROYAL AIR MAROC"

**CELLULE D'ENQUÊTES
D'ACCIDENTS
ET D'INCIDENT D'AVIATION**

**CEL VOOR ONDERZOEK VAN
LUCHTVAART
ONGEVALLLEN-EN INCIDENTEN**

RAPPORT FINAL

DE LA COMMISSION D'ENQUÊTE SUR L'ACCIDENT
SURVENU LE 22 DÉCEMBRE 1973 A LA
CARAVELLE OO-SRD APPARTENANT A LA
SOCIÉTÉ "SOBELAIR" CONDUITE PAR UN
ÉQUIPAGE DE LA "SABENA" ET AFFRÉTÉE PAR
LA COMPAGNIE NATIONALE "ROYAL AIR MAROC"

1. INVESTIGATIONS TECHNIQUES

1.1 DEROULEMENT DU VOL

Le vol était un vol international spécial non régulier de PARIS LE BOURGET à TANGER BOUKHALF, effectué le 22 Décembre 1973 de nuit.

L'avion avait été donné affrété à la Compagnie "RAM" (Royal Air Maroc) par la Société "SOBELAIR" et avait été conduit par un équipage de la Compagnie "SABENA".

Une fois entré dans la FIR CASABLANCA, l'avion avait été transféré par le Centre de contrôle régional de CASABLANCA à la tour de contrôle de l'Aéroport de TANGER BOUKHALF à 21H 54'30" environ.

Le premier contact de l'appareil avec la tour se situait à peu près à 21H 55' à la suite duquel celle-ci communique à l'OO-SRD les éléments météorologiques et la piste en service.

A 21H 58'50" la tour demanda à l'OO-SRD de maintenir "F50" et de se diriger directement vers la balise "TGE".

Cette instruction se trouvait motivée afin d'assurer la séparation avec un appareil de la Compagnie "RAM" qui décollait de la piste 28.

Après que la séparation ait été faite le contrôleur à 22H 00'20" demanda à l'appareil de descendre à 3000 pieds et de faire une approche à l'ILS en l'informant que le Glide est hors service.

A 22H 02'40" la tour après avoir demandé au pilote s'il avait le terrain en vue, lui indiqua de nouveau à 22H 02'45" de faire une approche à l'ILS en se reportant verticale OM en éloignement tout en l'informant encore que le Glide est hors service.

Le pilote n'a pas rappelé verticale OM au sujet De laquelle il avait demandé à 22H 04'55" si elle était en service. Le contrôleur lui a confirmé que cette balise était bien en fonction.

A 22H 06'00" l'OO-SRD, signala qu'il effectuait son virage de procédure à la suite duquel la tour demanda de rappeler OM en rapprochement.

A 22H 07'32" l'avion signalait la fin du virage.

La tour lui passa de nouveau la direction et la vitesse du vent en lui demandant de rappeler "piste en vue".

A 22H 09'05" l'appareil a accusé réception, ce qui fut son dernier message avec la tour.

1.2 TUES ET BLESSES.

	MEMBRES D'EQUIPAGE	PASSAGERS
Mortellement blessés	7	99
Blessés non mortellement		
Indemnes		

1.3 DOMMAGES A L'AERONEF.

L'avion a percuté de plein fouet la montagne et fut entièrement détruit sous le choc.

1.4 AUTRES DOMMAGES.

Sans Objet

1.5 RENSEIGNEMENTS SUR L'EQUIPAGE.

Le Commandant de bord âgé de 43 ans était titulaire d'une licence de pilote de ligne avec qualification de commandant de bord sur Caravelle. Il avait été précédemment Cdt. De bord C47 - DC3 - CV440 - DC6B. Son dernier contrôle médical avait été effectué le 4 Septembre 1973. Il totalisait 11.630.35' heures de vol jusqu'au jour du relevé, dont 1.113.55' heures de vol avant son recrutement à la Compagnie SABENA, 11.514.35' heures jusqu'à sa dernière licence, 10.516.40' heures chez la Compagnie SABENA et 554 heures depuis le premier jour de l'année en cours jusqu'au 21 Décembre 1973. Il avait effectué 3.563 heures de vol sur caravelle. Durant les 4 derniers mois, il comptait 168 heures de vol sur caravelle réparties comme suit: 73 heures, 45H, 26H et 24 heures respectivement en Septembre, Octobre, Novembre, et Décembre.

Il avait effectué 5 vols sur l'Aéroport de TANGER et son dernier repos avant ce vol était de 70 heures.

Le Copilote âgé de 26 ans, était titulaire d'une licence de pilote professionnel et avait la qualification de "1^{er} Officier F.27" et "1^{er} Officier Caravelle". Son dernier contrôle médical fut effectué le 2 Novembre 1973. Il totalisait 1.064.50' heures jusqu'au jour du relevé et 374 heures depuis le premier jour de l'année en cours jusqu'au 21 Décembre 1973. Il avait effectué 47 heures de vol sur caravelle au cours des deux derniers mois avec 19 heures en Novembre et 28 heures en DECEMBRE. Son repos avant ce vol s'élevait à 19 heures.

Le mécanicien navigant, âgé de 26 ans était titulaire d'une licence de mécanicien navigant avec qualification de mécanicien navigant Caravelle, son dernier contrôle médical fut effectué le 4 octobre 1973. Il totalisait 108 heures (TRAINING). Il avait bénéficié de 44 heures de repos avant ce vol.

1.6 RENSEIGNEMENTS SUR L'AERONEF

Situation de la caravelle OO-SRD le 12 Décembre 1973.

Le Certificat de navigabilité de l'OO-SRD était valide jusqu'au 10 Janvier 1974.

L'avion totalisait 23.193,23 heures de vol et comptait 17.334 atterrissages.

Le dernier "check D" a été effectué le 30 Décembre 1970 à 17.999 HV.

Le 22 Décembre 1973 les heures de vol effectuées depuis le dernier "check D" sont de 5.194,23 HV.

Le dernier "check C/S" a été effectué en Janvier 1973 à 21.752 HV.

Le 22 Décembre 1973, les heures de vol effectuées depuis le dernier C/S s'élèvent à 1.441,23 HV.

Le dernier entretien C a été effectué le 3 Décembre 1973 à 23.116,41 HV.

Le 22 Décembre 1973, les heures de vol effectuées depuis le dernier entretien C s'élèvent à 76,74 HV.

L'entretien B a été effectué le 3 Décembre 1973.

Le dernier entretien A a été effectué le 16 Décembre 1973 à 23.173,30 HV.

Le 22 Décembre 1973, les heures de vol effectuées depuis le dernier entretien A s'élèvent à 20 HV 20.

Les réacteurs sont de marque ROLLS ROYCE AVON 531 d'un potentiel de 6000 H.

Le réacteur gauche n°30916 et le réacteur droit n°30906 totalisent respectivement 5765 et 3632 Heures de fonctionnement depuis la dernière visite générale.

1.7 CONDITIONS METEOROLOGIQUES

1.7.1. ASPECT GENERAL DE LA SITUATION METEOROLOGIQUE .

(Le 22 décembre entre 12.00H et 24.00H)

1.7.1.1. AU SOL.

On constate un courant rapide de N.W. à N.N.W circulant entre deux centres d'action.

- Un anticyclone (valeur au centre 1036 mb) est situé sur l'atlantique Nord à l'OUEST des Açores sensiblement stationnaire il se prolonge par une dorsale jusque vers le Groënland.

- Une dépression 974 mb centrée à 12H 00 sur l'Irlande à 24H au Sud de l'Irlande la force du vent atteint 40 à 50 KT sur l'Atlantique.

- Un front, froid est venu se situer à proximité des côtes marocaines, il en est résulté un creusement du champ de pression sur le proche Océan avec l'établissement d'un régime de Sud à Sud-Ouest sur le Maroc.

1.7.1.2. EN ALTITUDE.

Sur les cartes 500 mb (5600m) du 22 Décembre 1973, à 12H et 24H on constate qu'une puissante advection froide s'effectue en direction du Maroc dans le courant de NW qui circule du GROENLAND au proche Océan. Il est à noter qu'à GIBRALTAR la température a subi à ce niveau une baisse de 7 degrés en 12 heures (28° à 12 Heures 00 et 21° à 24 Heures 00).

1.7.1.3. CONSEQUENCES.

Ce jour le 22 Décembre 1973 entre 12H 00, et 24H 00, le temps est perturbé sur le Maroc des vents modérés de secteur SUD à SUD OUEST les rafales sont de l'ordre de 25 à 30 nœuds.

1.7.2. ASPECTS PARTICULIERS DU TEMPS SUR LA REGION DE TANGER/TETOUAN.

1.7.2.1. ANALYSE DES "METARS" (entre 18H 00 et 24H 00)

La liste des Métars de TANGER, TETOUAN, LARACHE et GIBRALTAR permet d'annoncer les conditions suivantes sur la région de TANGER/TETOUAN.

1°) VENTS

Secteur S (SSE à SW), force 15 à 20 KT avec rafales de l'ordre de 25 à 35 KT. Il est évident que par suite des conditions orographiques de la région ces valeurs peuvent être plus fortes par endroit.

2°) VISIBILITE.

Bonne au moins 4000m à TANGER malgré les précipitations, supérieure à 10 Km à GIBRALTAR.

3°) NUAGES.

La couverture nuageuse ne permet pas l'observation de nuages des types moyens et élevés; donc on ne fait état que des nuages bas:

On note 6 à 8/8 SC et CU avec quelques CB épars.

La base minimale: 400m à 600m cette couche se double sous les précipitations de 3/8 de stratus fractus à 300m.

Par suite, les reliefs devaient très certainement être bouchés au-dessus de 500 à 600m d'altitude et accrochés dès 400 à 450m.

Il est à signaler qu'entre 21H 00 et 23H 30 aucun cumulonimbus n'a été observé ni par la station de GIBRALTAR ni par celle de TANGER.

Il est à signaler également que le METAR de 22H 30 de TANGER indique "TEND GRAIN" ce phénomène a été signalé à la tour de contrôle dans le QAM de 22H 10.

4°) TEMPS PRESENT.

Il a été relevé des précipitations à caractère d'averses éparses prenant un caractère plus continu vers 21H 30 mais restant faibles. Elles se renforcent vers 23h 15 sous forme d'averses.

5°) TEMPERATURE.

Les températures varient entre 12° et 15° C tandis que les points de rosée sont de l'ordre de 10 à 12° C.

6°) PRESSIONS.

Les QNH baissent régulièrement de 1013 mb à 18H 00 à 1008/1009mb à 23H 30. Ils correspondent au champ de pression qui figure sur les cartes au sol.

1.7.2.2. ANALYSE DES TAPS DE VALIDITE 19-04 et 22-07.

De l'examen de ces prévisions d'aérodrome, il ressort que les vents, la visibilité, les nuages et leurs plafonds ainsi que les QNH prévus notamment par TANGER et GIBRALTAR correspondent bien à la situation réelle décrite dans les METAR de la période allant de 18H00 à 24H00.

1.7.2.3. EXAMEN DE RADIOSONDAGE.

Cet examen fait apparaître une altitude de l'isotherme 0° vers 1500/1800m ainsi que les vents forts dans les basses couches (Secteur OUEST force de l'ordre de 40 à 50 KT vers 1500m).

Nous pouvons en déduire :

- Une turbulence modérée dans les basses couches et en dehors des CB.
- Un givrage faible dans les nuages au-dessus de 1500m.

1.7.2.4. VENTS EN ALTITUDE SUR LA REGION TANGER/TETOUAN.

De l'analyse des cartes d'altitude, il ressort que les vents passaient progressivement du sol à 1500m du secteur SUD au secteur SUD-OUEST avec une force de 20 à 35 KT.

Il est à remarquer que les vents observés sur GIBRALTAR à 1500m entre 1800 TU et 2400 TU (240/50 KT et 230/5 OKT), apparaissent comme plus forts que dans la Région TANGER-TETOUAN.

1.7.3. CONSTATIONS.-

L'analyse de la situation météorologique du 22 Décembre 1973 entre 18H 00 et 24H 00 permet d'annoncer les conditions suivantes sur la région de TANGER-TETOUAN.,

LE VENT AU SOL.

Secteur SSE à SW force 15 à 25 KT

VISIBILITE.

Bonne supérieure à 4000m

PRESSION.

QNH de l'ordre de 1010 mb

ISOTHERME 0°

Vers 1500/1800m.

NUAGES.

Entre 21H 00 et 23H 00 les nuages observés par la station météorologique de TANGER et confirmés par celle de GIBRALTAR ne présentaient aucun danger pour la navigation.

Toutefois, ces nuages bas (stratus, stratocumulus et quelques cumulus) se présentaient en couches et couvraient l'ensemble de la région, la base minimale étant à 300m.

PRECIPITATIONS.

Faibles à modérées sous forme d'averses.

TURBULENCE.

À caractère modéré.

GIVRAGE.

Faible dans les nuages au-dessus de 1500m.

VENTS EN ALTITUDE.

Entre le sol et 1500m :

Les vents passaient du secteur SUD au secteur SUD-OUEST, et la force du vent entre 20 à 40 KT.

1.8 AIDES A LA NAVIGATION.

L'avion n'était pas équipé d'un radio altimètre car il appartenait à une catégorie que la réglementation belge semble dispenser d'un tel appareil, il s'agit de la catégorie I.

L'avion ne disposait pas non plus d'un enregistreur de conversation.

En ce qui concerne l'altitude, celle-ci n'est fournie que par un altimètre pneumatique aux deux postes.

Après l'accident, on a pu constater que le récepteur ILS de l'avion était calé sur la bonne fréquence (109.3) ainsi que le récepteur VHF qui était calé sur la fréquence d'approche (121.2).

1.9 TELECOMMUNICATIONS.

Les communications radio échangées entre l'équipage et les services de contrôle de la circulation aérienne étaient normales et n'ont subi aucune interruption. La première communication avec le centre de contrôle régional a eu lieu sur la fréquence 125.5 à 21H 53'50" entre l'OO-SRD et la tour de TANGER.

Le dernier, échange de communications entre l'avion et le contrôleur d'approche a eu lieu à 22H 09'15".

1.10 AERODROME ET INSTALLATIONS AU SOL.

L'aéroport international de TANGER/BOUKHALF possède deux pistes. la piste 10/28 de revêtement bitumeux, mesure 3500m de long et 45m de large, la piste 08-26 faite en macadam de même largeur mais mesurant 2000m de longueur.

L'Aéroport est équipé :

- D'un ILS de catégorie II dont le localizer, le middle marker et l'outer marker étaient en parfait état de marche. Le "Glide path" était hors service et fut signalé à l'avion à deux reprises par le Contrôleur d'approche.

- D'une fréquence d'approche (121.2 MHZ) et d'une fréquence tour (118.1 MHZ).

- D'un V.O.R. qui fonctionnait normalement sur la fréquence 114.6 MHZ.

- De trois (3) radiobalises MF

- TGE (395 KHZ)
- TBR (324 KHZ)
- TAN (374 KHZ)

D'autre part, il y a lieu de signaler que le balisage de l'Aéroport était en bon état de marche.

1.11. ENREGISTREMENT DE BORD

L'enregistreur de vol était du type SFIM n°2 trouvé dans les débris de l'avion a été remis pour développement à l'Etat d'immatriculation de l'aéronef et son dépouillement a permis de tracer le graphique de la vitesse, du cap et de l'altitude de l'avion. La figure 2 représente l'évolution des paramètres pendant les 18 dernières minutes de vol. L'avion n'était pas équipé d'un "cockpit voice recorder".

1.12. EPAVE

L'épave de l'avion était située sur le flanc du "pic 792" entre les villages de BELOUAZEN et EL BAYINE. Elle était accrochée à une altitude de 720m. et à environ 23NM du seuil de la piste 10/28.

L'appareil était totalement détruit. Sa partie centrale était carbonisée. Les débris des ailes étaient accrochés sur les rochers à environ 20 mètres de l'axe longitudinal de l'avion; la partie arrière (dérive, empennage vertical et horizontal) s'était détachée et avait roulé en contre-bas à environ 40 mètres du lieu de l'impact.

Les débris de tôle et de matériel divers étaient éparpillés sur un rayon de 150 à 200 mètres à partir du lieu de l'impact.

Le cockpit était pulvérisé et on n'a pas pu retrouver aucune trace des instruments de bord.

Le boîtier de la V.H.F était complètement aplati de l'intérieur seuls les moulinets d'indication étaient bloqués sur les fréquences 121.2 et 109.3.

Le pylône central du tableau de bord comprenant les manettes à gaz était défoncé et aplati sur le devant.

Le train d'atterrissage était rentré et les volets étaient sortis à 20°.

1.13 INCENDIE

Sous le choc brutal à l'impact, il y a eu fuite de kérosène qui a pris feu spontanément. L'avion a donc pris feu mais en partie. Cette constatation faite sur les lieux de l'accident par les membres de la Commission d'enquête, fut confirmée par les déclarations des témoins oculaires qui ont vu les flammes provenant de l'incendie de l'avion.

1.14 QUESTIONS RELATIVES A LA SURVIVANCE DES OCCUPANTS.

D'après les recherches effectués par les enquêteurs de première information et les membres des groupes d'investigations techniques qui se sont rendus sur place, tous les occupants de l'avion ont été tués sur le coup.

1.15 TRAVAUX D'EXPERTISE ET DE RECHERCHE.

a) Essais en soufflerie

Une maquette de la chaîne de montagne où a eu lieu le sinistre a été réalisée à l'échelle de 1/5000^{ème} et des essais en soufflerie ont été effectués sur cette maquette à l'Institut Von Karman à Rhode-Saint-Genèse (Belgique).

Le but de ces essais était de préciser si un facteur extérieur n'avait pas une influence sur la dernière partie du vol.

Il a été confirmé que pendant les 23 dernières secondes avant l'impact le OO-SRD a été exposé aux conditions atmosphériques montagneuses caractérisées par un gradient de vent important et de fortes turbulences.

Les essais ont mis en particulier en évidence aux altitudes de vol de l'avion une diminution de la vitesse du vent qui passe de 100 à 0% sur une distance d'environ 1500 mètres à partir du point d'impact.

La composante moyenne verticale du vent relevée est relativement faible et de l'ordre de 10% de la composante horizontale.

Les essais ont aussi montré que le niveau de turbulence en aval de la chaîne montagneuse était très élevé.

Ils ont fait apparaître la possibilité de rafales de périodes relativement longues qui pouvaient donner lieu à des vitesses de vent temporaires supérieures à la vitesse moyenne.

b) Analyse du dépouillement de l'enregistreur de vol

A partir des données de l'enregistreur, il a été possible de calculer la trajectoire suivie par l'avion.

La trajectoire a été calculée point par point en déterminant la vitesse de l'avion par rapport au sol et en intégrant cette vitesse en fonction du temps.

Le calcul de la vitesse par rapport au sol fait intervenir les corrections de statique et de compressibilité à appliquer à la vitesse indiquée, tient compte de l'influence de la température ambiante, de la direction et de la vitesse du vent.

Les calculs ont été programmés et traités sur ordinateur. Ils ont été faits en tenant compte des hypothèses suivantes:

- Déclinaison magnétique 7°
- QNH 1010 mbs
- Température ambiante = température standard - 5 centigrade
- Poids de l'avion 41 tonnes
- Configuration de l'avion et volets rentrés.

Un premier calcul de trajectoire a été fait sans tenir compte du vent. Les données sont reprises au tableau 1 et la trajectoire représentée à la figure 4.

La différence entre le point d'impact réel et le point d'impact donné par cette trajectoire donne la dérive due au vent, et permet d'estimer la valeur du vent moyen et sa direction.

La trajectoire réelle la plus probable de l'avion est celle obtenue en considération vent constant en altitude d'une intensité de 40,6 nœuds et d'une direction, de 223°. Les données pour cette hypothèse du vent sont représentées au tableau 2 et la trajectoire à la figure 5.

Une analyse plus détaillé du dépouillement a été faite pour les deux dernières minutes du vol précédent l'impact. Cette analyse a pu être possible grâce au déroulement à grande vitesse de l'enregistreur en dessous de la vitesse de 170 nœuds.

On a pu constater en examinant l'évolution de l'altitude et de la vitesse que 23 secondes avant l'impact le déroulement du vol subit une modification assez brutale, caractérisée par une décélération très importante (23 nœuds en 5 secondes) suivie par une perte d'altitude accompagnée d'une ré-augmentation de vitesse (de 132 nœuds à 156 nœuds IAS).

Des données aérodynamiques et de performances sur l'avion il apparaît que cette décélération ne peut être expliqué par les caractéristiques propres à l'avion. A l'aide d'hypothèses sur la poussée des moteurs, il a été possible de déterminer la gamme des décélérations possibles de l'avion et d'évaluer la part probable due au gradient du vent. La comparaison des gradients de vent obtenue par cette méthode et celui obtenu en soufflerie apparaît comme satisfaisante.

c) Essais au simulateur de vol Caravelle:

Plusieurs exercices ont été effectués au simulateur Caravelle de la Sabena dans le but de préciser certains paramètres non repris à l'enregistreur de vol et de mieux se rendre compte des conditions au cours de la procédure suivie par OO-SRD.

Les vols simulés ont été commencés à l'approche du VOR TGR.

La trajectoire a été plusieurs fois répétées compte tenu d'un vent constant de 223°/40 nœuds.

On a pu constater à chaque essai, l'impossibilité de reproduire les paramètres: vitesse - altitude pendant les 23 dernières secondes du vol.

d) Communications air-sol:

L'écoute des communications radio échangées entre le OO-SRD et le contrôle d'approche durant les 18 dernières minutes de vol permet de préciser que le premier officier assurait les échanges de communications et que vraisemblablement le commandant de bord était aux commandes au moment de l'accident.

e) Aides au sol

La commission d'enquête s'est penchée également sur la vérification de l'état de fonctionnement des aides d'approche et d'atterrissage de Tanger, après quoi, elle a pu se rendre compte que les installations étaient en parfait état de marche à l'exception du "Glide-path" qui se jour-là était hors service.

d) Conditions météorologiques.

De l'étude de la situation météorologique régnant à l'aéroport de Tanger et intéressant le moment de l'accident, il y a lieu de préciser que les conditions météorologiques ainsi analysées permettaient l'approche et l'atterrissage.

2. EXAMEN CRITIQUE

Le dépouillement de l'enregistrement SFIM développé pour les 18 dernières minutes de vol par l'Administration de l'Aéronautique Belge en présence d'un représentant de la commission d'enquête a permis de confirmer certaines hypothèses émises sur le déroulement du vol et de préciser des paramètres de configuration du vol.

De ces différents paramètres on a pu déduire la restitution de la route suivie en choisissant à partir des informations météorologiques disponibles, une vitesse et une direction du vent qui permettent d'aboutir, en fin de trajectoire, au point d'impact.

Aussi, le vent 223°/40 KTS a été retenu pour le calcul de la trajectoire dont le graphique semble une bonne estimation de la réalité.

De plus, à la lecture des données de l'enregistrement, le vol a subi une modification assez brutale durant les 23 dernières secondes de vol avant l'impact.

Durant la période précédant cette phase critique, l'avion volait à la vitesse recommandée, prévue pour les vols en atmosphère turbulente ce qui laisse supposer l'existence de conditions atmosphériques turbulentes.

Les essais, mentionnés au point 1.15, qui ont été effectués à la soufflerie ont permis d'aboutir aux conclusions suivantes:

1°/ - Les conditions dans lesquelles s'est déroulée la dernière partie du vol OO-SRD à l'endroit où cet avion se trouvait ne peuvent s'expliquer en l'absence de causes extérieures du type microclimat.

2°/ - Les essais en soufflerie confirment cette évaluation en faisant apparaître l'existence d'un gradient de vent longitudinal important et de conditions atmosphériques particulièrement turbulentes le long de la dernière partie de la trajectoire de vol.

3°/ - Une bonne corrélation satisfaisante a été obtenue entre le gradient de vent calculé et le gradient "soufflerie", compte tenu de la période et de la longueur d'onde caractéristiques des rafales telles qu'elles ressortent des mesures de turbulence à la soufflerie.

Mais cette corrélation est meilleure pour un vent plus fort et de 15° plus à l'Ouest que le vent utilisé pour le calcul de la route suivie par l'avion dans sa procédure d'approche.

4°/ - En raison du haut niveau de turbulence le long de la trajectoire finale, on ne peut écarter la possibilité d'une rafale défavorable au cours de la phase critique.

Le commandant de bord a effectué sur TANGER les vols suivants en qualité de:

- Copilote en vol de reconnaissance, le 15 Juin 1968
- Commandant de bord le 14 Septembre 1968
- Commandant de bord le 23 Novembre 1968
- Commandant de bord le 7 Juin 1969.
- Copilote en vol de requalification le 11 Juin 1972.

N'ayant effectué aucun vol sur TANGER en 1970 et 1971, il a perdu sa qualification qui n'est valable que douze (12) mois sur la ligne et l'Aérodrome concerné.

C'est pourquoi, il a été obligé de se faire requalifier en entreprenant sur TANGER un vol en qualité de copilote le 11 Juin 1972.

Entre temps l'aérodrome de TANGER a été doté d'une nouvelle piste et équipé début 1973 d'un ILS.

La réalisation de cette infrastructure a amené la Compagnie "SABENA", d'après la réglementation Belge à reclasser cet aérodrome dans la catégorie "unrestricted": le premier vol devait se faire avec une augmentation de 50% des minima opérationnels.

D'après cette même réglementation, le commandant de bord n'était pas obligé d'effectuer une reconnaissance préalable sur TANGER dans l'intervalle des douze (12) mois qui précèdent le vol du 22 Décembre 1973. Sa requalification ligne et aérodrome ne devrait entraîner de sa part qu'une parfaite connaissance des documents et publications aéronautiques concerné.

Le copilote qui assurait les communications radio-téléphoniques au moment de la procédure d'atterrissage était nouveau sur "CARAVELLE" puisque ses heures de vol sur ce type d'appareil n'atteignent que quarante-sept (47) heures.

Le mécanicien navigant, après avoir subi de 108 heures un d'entraînement en vol sur caravelle, effectuait son premier vol sur la ligne et sur ce type d'avion le 22 décembre 1973.

Sa qualification en tant que mécanicien qualifié est intervenue après un stage de transformation, car sa formation initiale est celle de pilote.

D'autre part, la commission d'enquête a établi, que les installations au sol étaient en nombre suffisant et en bon état de fonctionnement (à l'exception du Glide Hope qui ne fonctionnait pas). Elles permettaient l'approche et l'atterrissage dans de bonnes conditions de sécurité surtout que l'analyse des situations météorologiques intéressant le moment de l'accident a permis de préciser que les conditions météorologiques qui régnaient sur le terrain permettaient d'effectuer un atterrissage normal.

2.1.FAITS ETABLIS PAR L'ENQUETE

L'examen de ce qui précède et le tracé de la trajectoire, montre que le début du virage de procédure a été effectué au-delà de la distance spécifiée sur la carte d'approche aux instruments ILS piste 28 de l'aéroport de Tanger.

Cette situation peut être imputée, d'une part:

À l'intensité importante de la composante positive du vent à l'éloignement.

D'autre part, au fait que l'avion n'a pas survolé l'outer marker et que le pilote n'a pas pu effectuer un chronométrage correct en temps utile.

L'avion a donc été en dehors des aires de protection associées à l'approche intermédiaire de l'aéroport et s'est trouvé engagé en région montagneuse.

Il était par suite exposé aux différentes variations des conditions atmosphériques montagneuses caractérisées par de fortes turbulences, un gradient de vent important et probablement aussi des rafales.

Le dépouillement de l'enregistreur de vol, a montré que lors des dernières secondes du vol, l'avion a subi une décélération importante (23 nœuds en 5 secondes) suivie d'une

perte d'altitude d'environ 400 pieds.

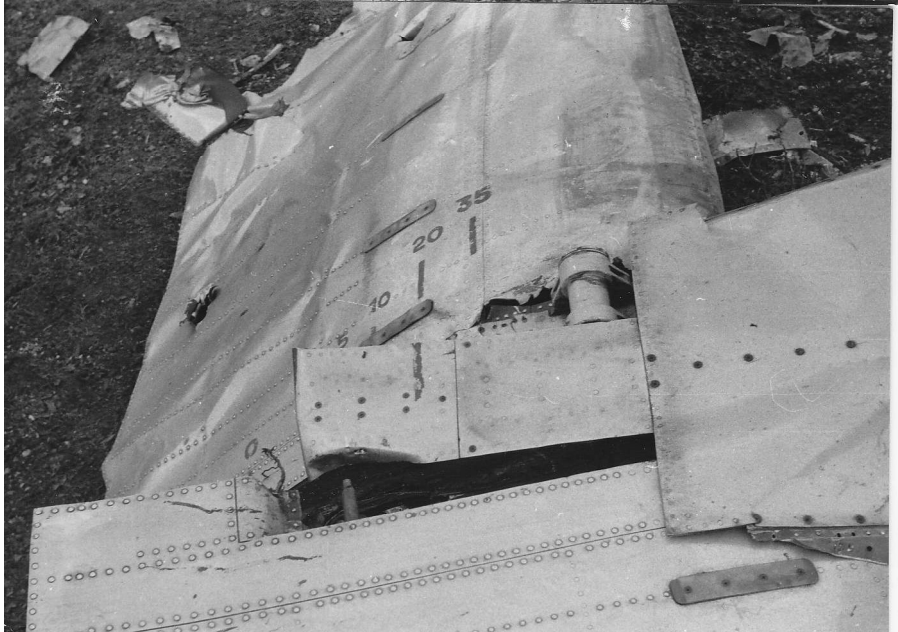
Cette perte d'altitude additionnée aux conditions précitées ont été fatales à la caravelle qui est entrée de plein fouet dans le flanc du Pic "792" à une altitude d'environ 750 mètres et à une distance approximative de 23 NM du côté du QFU 28 de l'Aéroport de destination.



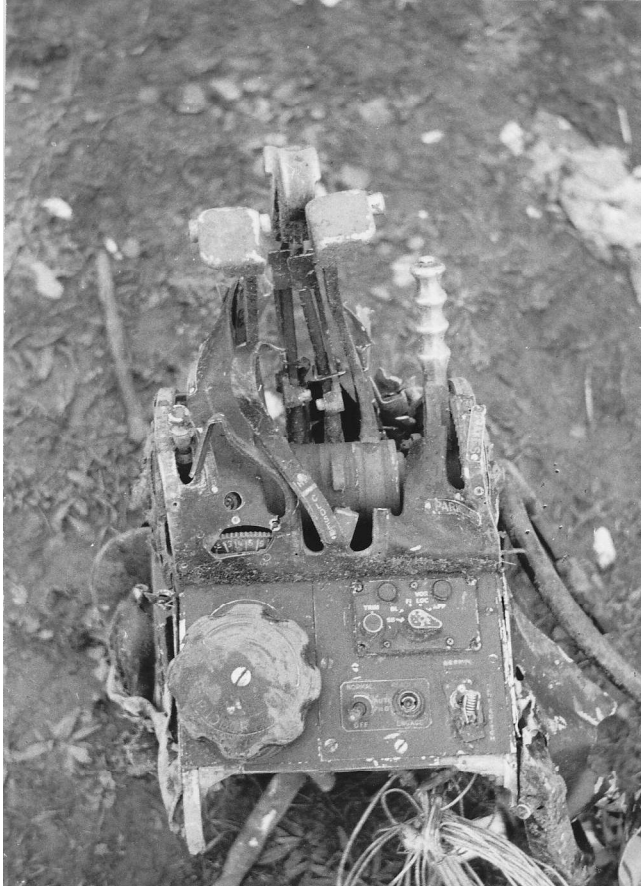












ACCIDENT DU OO-SRD - TANGER (DECEMBRE 1973).

Examen de la phase finale du vol.

Rapport n° MV.74-06.

JUIN 1974.

TABLE DES MATIERES.

Page 1

- 1.- Introduction
- 2.- Enregistreur de vol

Page 2

- 3.- Essais en soufflerie
- 4.- Essais au simulateur de vol Caravelle.

Page 4

- 5.- Analyse des données

Page 7

- 6.- Conclusions.

---ooOoo---

ACCIDENT DU OO-SRD - TANGER (DECEMBRE 1973)Examen de la phase finale du vol.1.- Introduction.

Cette étude a pour but de dégager, à partir de toutes les informations disponibles, les conditions probables du vol de la Caravelle OO-SRD plus particulièrement au cours des 25 secondes qui ont précédé l'impact au sol.

Pendant cette période, en effet, les variations de la vitesse et de l'altitude, indiquées par l'enregistreur de vol pouvaient laisser prévoir l'influence d'un élément extérieur susceptible de compliquer encore une situation déjà difficile.

C'est la raison pour laquelle des essais en soufflerie ont été réalisés à l'Institut von Karman de Rhode-St.Genève en vue d'évaluer l'influence de la chaîne montagneuse sur les conditions météorologiques dans l'espace traversé par l'avion sur une distance d'environ 3 Km. le long de la trajectoire, à partir du point d'impact.

Le dépouillement des enregistrements et les travaux à la soufflerie ont été complétés par des exercices au simulateur Caravelle de la SABENA. Ceux-ci ont permis de confirmer certaines hypothèses émises sur le déroulement du vol et de préciser des paramètres de configuration du vol au moins jusqu'au début de la phase critique.

2.- Enregistreur de vol.

Les données suivantes ont été obtenues directement par l'enregistreur de vol : temps, cap magnétique, vitesse indiquée, altitude et accélération verticale.

On a pu en déduire les paramètres nécessaires à la restitution de la route suivie en choisissant, à partir des informations météorologiques disponibles, une vitesse et une direction du vent qui permettent d'aboutir, en fin de trajectoire, au point d'impact.

C'est ainsi qu'un vent de 223°/40,6 KTS a été retenu pour le calcul de la trajectoire.

La tableau 1 reprend les données brutes de l'enregistreur et les autres paramètres calculés à partir de ces données. Les valeurs brutes sont portées en diagramme à la fig. 1 et la route probable à la fig. 2.

L'accélération verticale a pu être portée au graphique pour la phase critique du vol, à partir du temps enregistreur de 21.53.10 (point n° 60), par suite du passage à ce moment à une vitesse plus élevée du déroulement du papier sensible.

On peut constater à la fig. 1, en comparant l'évolution de l'altitude et de la vitesse indiquée, qu'à partir de 21.53.36 H. environ, c'est-à-dire 23 seconde avant l'impact, que le déroulement du vol subit une modification assez brutale. Des conditions atmosphériques très turbulentes peuvent également être déduites d'une part de l'enregistrement qui fait apparaître les valeurs de l'accélération verticale et d'autre part de la vitesse de vol avant la réduction pour la sortie des volets et qui correspond à VBO (la vitesse maximum recommandée pour vol en atmosphère très turbulente).

On peut estimer que la sortie des volets à 20° a été opérée aux environs de 21.53.10 H. à un moment où la vitesse a été réduite à VFO 20°.

3.- Essais en soufflerie.

Les essais décrits au rapport de l'Institut von Karman ont mis en évidence un gradient de vent important dans la phase critique du vol qui débute à environ 1,5 Km du point d'impact. (voir fig. 17 de ce rapport). La composante verticale du vent peut être considérée comme faible et négligeable. Les vitesses mesurées au fil chaud sont des vitesses moyennes. Des valeurs typiques de turbulence ont été obtenues sur un modèle simplifié de manière à disposer d'une indication sur les fluctuations du vent auxquelles on peut s'attendre en vraie grandeur. Il ressort de ces mesures que le niveau de turbulence, en aval de la chaîne montagneuse est très élevé ce qui confirme les valeurs de l'accélération verticale entregistrées à bord de l'avion. L'influence d'une variation de la vitesse du vent sur la trajectoire peut être très sensible et nous verrons plus loin dans quelle mesure les résultats des essais en soufflerie peuvent apporter un éclaircissement sur le déroulement du vol avant l'impact.

4.- Essais au simulateur de vol Caravelle.

Plusieurs exercices ont été effectués au simulateur Caravelle de la Sabena dans le but de préciser certains paramètres de vol non repris à l'enregistreur de vol et de mieux

se rendre compte des conditions de vol au cours de la procédure suivie par OO-SRD.

Les vols simulés ont été commencés à l'approche vers le VOR TGR. La trajectoire a été plusieurs fois répétée compte tenu d'un vent constant de 223° - 40 KTS. On a pu constater à chaque essai, l'impossibilité de reproduire les paramètres vitesse/altitude pendant la dernière partie du vol commençant à environ 21.53.36 H. (heure enregistreur correspondant au point 65 du tableau 1 et de la fig. 2).

L'hypothèse de difficultés pouvant résulter du non fonctionnement de certains équipements semble devoir être écartée, le dernier message de l'avion qui se situe à 5 secondes avant l'impact ne laissant pas supposer une situation d'urgence à bord.

D'autre part, la diminution rapide de la vitesse indiquée à partir du point 65 (21.53.36 H.) ne pourrait être justifiée dans un vent constant que par un accroissement de trainée de l'avion du même ordre que la trainée elle-même.

C'est par conséquent à l'extérieur, c'est-à-dire dans les conditions météorologiques qu'il faut rechercher l'explication probable de la trajectoire suivie par l'avion au cours de la phase critique du vol.

Pour la partie du vol précédant cette phase, les exercices en simulateur ont apporté certaines indications intéressantes, en particulier en ce qui concerne le régime moteurs :

- point 34 au point 55 (voir tableau 1 et fig. 2), moteurs à 6.400 R.P.M.
- point 44 au point 50, augmentation de la vitesse indiquée et de l'altitude qui pourrait s'expliquer par une ascendance. Cette phase de vol se situe au nord et à l'est de Souk-el-Khemis, en bordure des pentes vers Fath Lemhar et Saddina
- point 55 au point 60, moteurs à IDLE
- point 58/59 au point 62/63 sortie des volets à 20°
- à partir du point 60, moteurs à 6.000 R.P.M.
- point 65/66, début de la phase critique où il n'est plus possible de reproduire au simulateur l'évolution vitesse/altitude et où il n'est par conséquent pas possible de connaître le régime moteurs.

Un indice concernant les conditions météorologiques peut être relevé du fait que la descente de 8.000 ft à 3.000 ft et la poursuite du vol à cette altitude ont été effectuées à la vitesse recommandée en cas de forte turbulence c'est-à-dire à VBO = 215 KTS IAS.

La difficulté de coordonner les indications de taux de montée et d'altitude dans des conditions de forte turbulence renforcées encore dans la partie du vol en aval de la chaîne montagneuse, peut avoir contribué dans une certaine mesure, à l'écart de vitesse constaté au début de la phase critique.

5.- Analyse des données.

Si le simulateur a pu retracer avec une bonne approximation l'évolution présumée de l'OO-SRD au cours de la plus grande partie de la procédure d'approche, il subsiste néanmoins un point d'interrogation en ce qui concerne les quelques 23 dernières secondes du vol. Pour cette période, l'impossibilité de reproduire les paramètres de vol enregistrés suggère que des conditions météorologiques autres que celles affichées au simulateur devaient exister au cours de cette phase de vol.

Ceci confirme les résultats des essais en soufflerie qui montrent précisément l'existence d'un gradient longitudinal de vent moyen le long de la trajectoire de l'avion et dont le début se situe à une distance du point d'impact correspondant à la période en question.

Nous allons examiner, à partir de l'équation d'équilibre de l'avion, les conditions probables dans lesquelles la dernière phase de vol a pu se dérouler.

En l'absence de données "moteurs" certaines hypothèses devront être envisagées pour rechercher la meilleure corrélation possible entre les paramètres relevés sur l'enregistreur de vol et les indications fournies par les essais en soufflerie.

Le paramètre de référence choisi est l'accélération longitudinale. Sa valeur est obtenue de l'équation d'équilibre après simplification :

$$a = \frac{g}{W} (T - D) + g \frac{v}{TAS}$$

où : a = l'accélération longitudinale
 g = l'accélération de gravité
 W = le poids estimé de l'avion (41 tonnes)
 T = poussée des réacteurs
 D = traînée de l'avion
 v = taux de descente
 TAS = vitesse aérodynamique vraie

Les valeurs utilisées dans cette équation proviennent pour :

W = d'une estimation du poids de l'avion au moment de la procédure d'approche à Tanger, à partir du poids au décollage à

Paris et de la consommation en carburant

D, de la polaire de l'avion et des indications de IAS et d'altitude relevées sur l'enregistrement

v et TAS, des données de l'enregistreur.

L'enveloppe de l'accélération absolue dans laquelle doit se situer le vol est indiquée à la fig. 3 en fonction du temps. L'origine du temps ($t = 0$) correspond au point d'impact. L'enveloppe est définie par deux courbes extrêmes, l'une correspondant à une poussée nulle $T = 0$ (IDLE) et l'autre à une poussée $T = 6.620$ Kg. (7.500 RPM). Une troisième courbe a été tracée. Elle correspond à une poussée $T = 1.260$ Kg. conforme aux indications obtenues au simulateur quant au régime moteurs à partir du point 60 (21.53.10 H enregistreur) jusqu'au point 65 au moins (21.53.36 H.) c'est-à-dire 6.000 RPM.

La courbe en pointillés pour $t > 25$ sec a été obtenue à partir de la vitesse aérodynamique TAS dans la partie du vol où les essais en soufflerie ont montré que le vent moyen était constant. On constate qu'elle correspond bien à un régime moteurs de 6.000 RPM environ. Nous considérerons par conséquent dans l'analyse qui va suivre, l'enveloppe de l'accélération absolue comme définie par les courbes $T = 1.260$ Kg. et $T = 6.620$ Kg.

L'accélération absolue peut être exprimée par la somme de deux composantes : l'accélération relative qui est représentée par le taux de variation de la vitesse aérodynamique et l'accélération du vent.

Dans le cas présent et en assimilant le cosinus d'angles faibles à 1, on peut écrire :

$$\frac{dV_{abs}}{dt} = \frac{d TAS}{dt} - \frac{dV_w}{dt}$$

où V_w est la composante de la vitesse moyenne du vent parallèle à la route de l'avion.

On peut, à partir de l'enveloppe de l'accélération absolue et de la courbe de l'accélération relative correspondant à la vitesse aérodynamique TAS définir une enveloppe de l'accélération de la composante du vent moyen parallèle à la route suivie par l'avion.

Les figs. 4 et 5 représentent respectivement la courbe d'accélération relative en fonction du temps et l'enveloppe de l'accélération du vent correspondant à l'enveloppe de l'accélération absolue de la fig. 3 limitée par $T = 1.260$ Kg. et $T = 6.620$ Kg.

On obtient donc par la fig. 5 les limites dans lesquelles il faut définir les caractéristiques du vent pour $0 < t < 23$ sec.

On a vu plus haut qu'il était hautement probable que le régime moteurs, immédiatement avant l'entrée dans la phase critique, était de 6.000 RPM ce qui se situe à la limite inférieure de l'enveloppe à la fig. 5 ($T = 1.260$ Kg.).

Un élément permet de penser que l'autre limite a probablement été atteinte ou presque au cours de la phase critique.

En se référant aux conditions de vol, on constate (voir fig. 1) qu'à environ 23 sec. avant l'impact, le pilote semble préoccupé de maintenir son altitude dans des conditions de forte turbulence. L'avion subit une décélération rapide inattendue. Pour reprendre sa vitesse, le pilote rend la main et ouvre les gaz. Une fois la vitesse récupérée, les gaz sont réduits à 6.000 RPM ou à IDLE.

À la fig. 5, on a supposé que l'ouverture des gaz était entamée à environ 14 sec. avant l'impact et que la réduction à 6.000 RPM avait été opérée selon l'une des deux possibilités numérotées 1 et 2 sur la figure (voir traits pointillés) qui représentent des limites acceptables de manoeuvre des gaz.

Ces possibilités sont également indiquées à la fig. 3.

Elles ont été transformées par intégration à partir de la fig. 5 en valeurs de la composante de vitesse du vent en fonction du temps.

Connaissant la direction de la route suivie et en se fixant la direction du vent et son intensité, on peut établir un diagramme de la vitesse du vent le long de la trajectoire de l'avion et cette fois en fonction de la distance horizontale du point d'impact et le comparer au diagramme obtenu à la soufflerie.

La vitesse locale du vent est rendue non dimensionnelle en se référant à la vitesse du vent non perturbé.

On a choisi 2 directions de vent : 223° et 238° , ainsi que 3 vitesses : 20 m/s (40 KTS), 25 m/s (50 KTS) et 30 m/s (60 KTS). Les diagrammes correspondants sont repris aux figs. 6 à 9, chacune comportant également la courbe du gradient obtenu à la soufflerie.

La comparaison entre les courbes calculées et la courbe expérimentale est très encourageante, la meilleure concordance étant réalisée avec vent fort de la direction 238° .

L'éventualité d'un vent d'intensité plus grande que celle prévue et venant d'une direction légèrement plus ouest ne doit pas être écartée en raison de la distance entre les points d'observations météorologiques et le lieu de l'accident.

Les mesures de turbulence en soufflerie ont d'autre part fait apparaître la possibilité de rafales de vent de période relativement longue, de l'ordre de la minute, qui pourraient donner lieu à des vitesses de vent assez bien supérieures à la vitesse moyenne en raison du haut niveau de turbulence enregistré en aval de la chaîne montagneuse.

La fig. 10 extraite du rapport de l'Institut von Karman indique les limites dans lesquelles se situent les valeurs probables de la vitesse locale instantanée.

L'écoulement instationnaire pourrait par conséquent donner lieu à un gradient de vent longitudinal dont le profil qui retracerait les conditions de chaque point de la trajectoire au moment du passage de l'avion, s'écarterait de façon marquante de la courbe de vitesse moyenne.

La composante verticale du vent moyen mesurée en soufflerie est faible et son effet peut être considéré comme négligeable. Néanmoins, ici aussi il ne faut pas écarter à priori la possibilité de conditions temporaires défavorables dans un écoulement très turbulent, qui auraient non pas été la cause principale du déroulement du vol dans sa phase finale, mais qui auraient pu contribuer à dégrader une situation difficile.

6.- Conclusions.-

- 1.- Les conditions dans lesquelles s'est déroulée la dernière partie du vol OO-SRD à l'endroit où cet avion se trouvait ne peuvent s'expliquer en l'absence de causes extérieures du type micro-climat.
- 2.- Les essais en soufflerie sur une maquette de la chaîne montagneuse où s'est produit l'accident confirment cette évaluation en faisant apparaître l'existence d'un gradient de vent longitudinal important et de conditions atmosphériques particulièrement turbulentes le long de la dernière partie de la trajectoire de vol.
- 3.- Une bonne corrélation a été obtenue entre le gradient de vent calculé et le gradient "soufflerie", compte tenu de la période et longueur d'onde caractéristiques des rafales telles qu'elles ressortent des mesures de turbulence à la soufflerie. Cette corrélation est meilleure pour un vent plus fort et de 15° plus à l'ouest que le vent utilisé pour le calcul de la route suivie par l'avion dans sa procédure d'approche.
- 4.- En raison du haut niveau de turbulence le long de la trajectoire finale, on ne peut écarter la possibilité d'une rafale verticale défavorable au cours de la phase critique du vol.
- 5.- Ces conditions très turbulentes qui rendent peu fiables les indications de taux de montée ont sans doute conduit le pilote à porter principalement son attention sur le maintien de la vitesse.

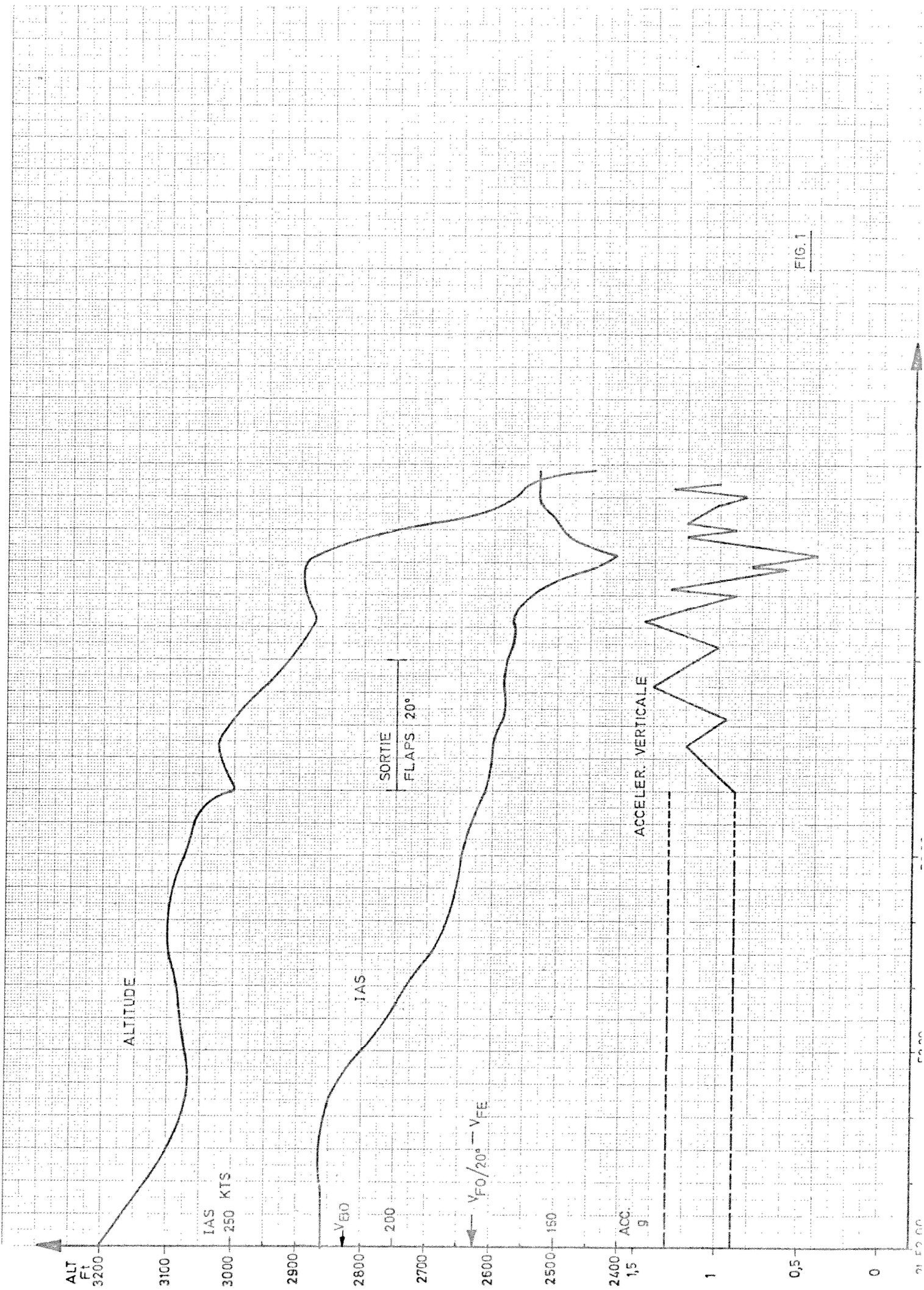


FIG. 1

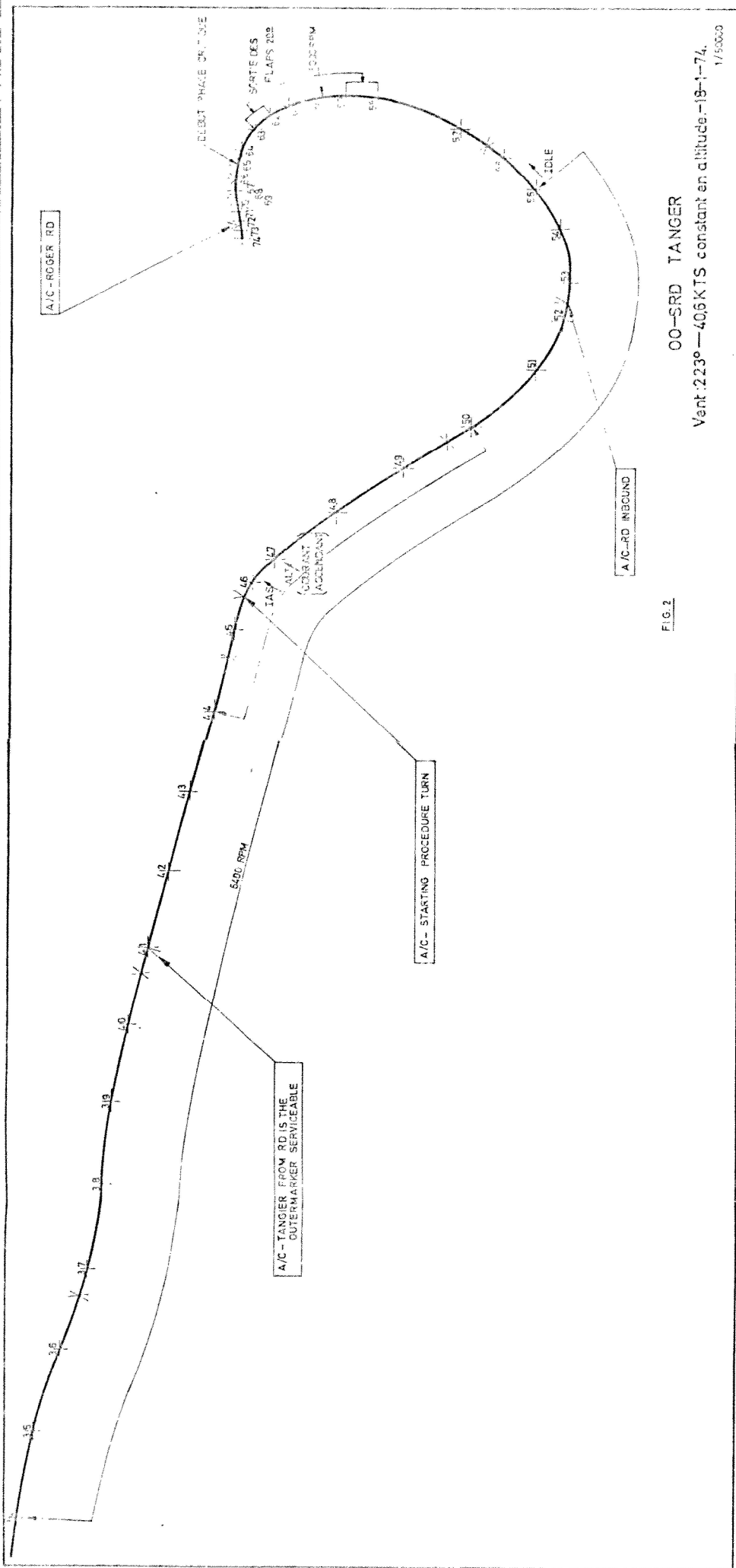


FIG. 2

00-SRD TANGER

Vent : 223° — 406 KTS constant en altitude — 18-1-74.

1/5000

ACCELERATION ABSOLUE

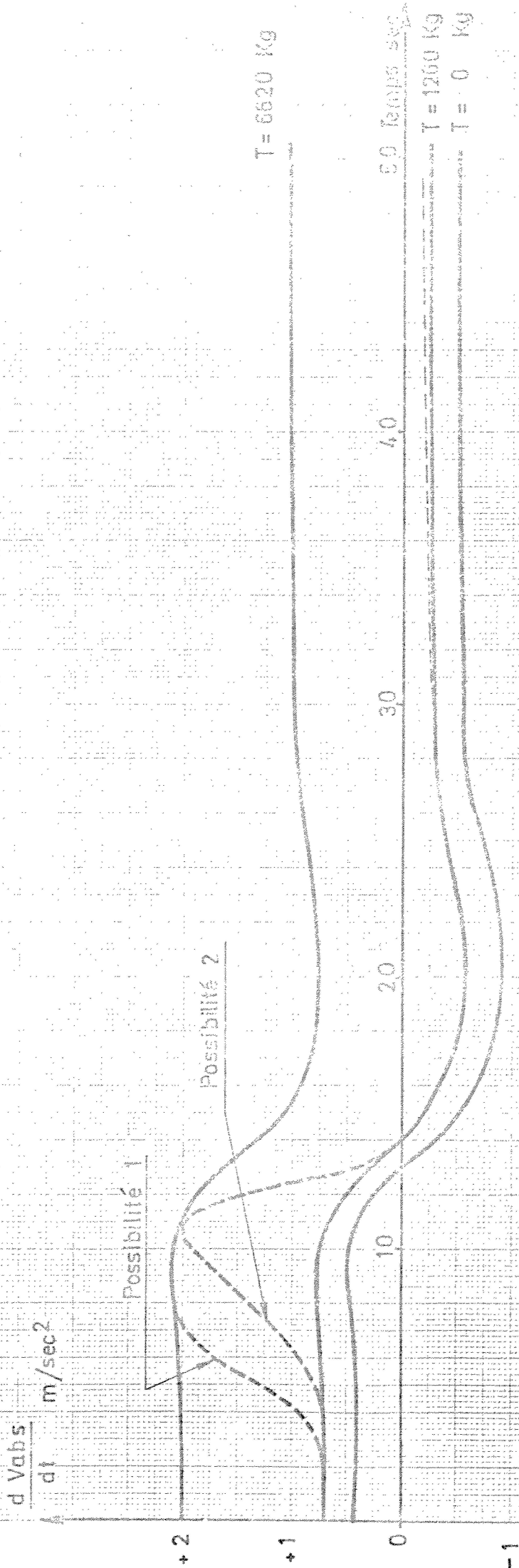


FIG. 3

$\frac{d \text{TAS}}{dt}$ m/sec²

ACCELERATION RELATIVE (TAS)

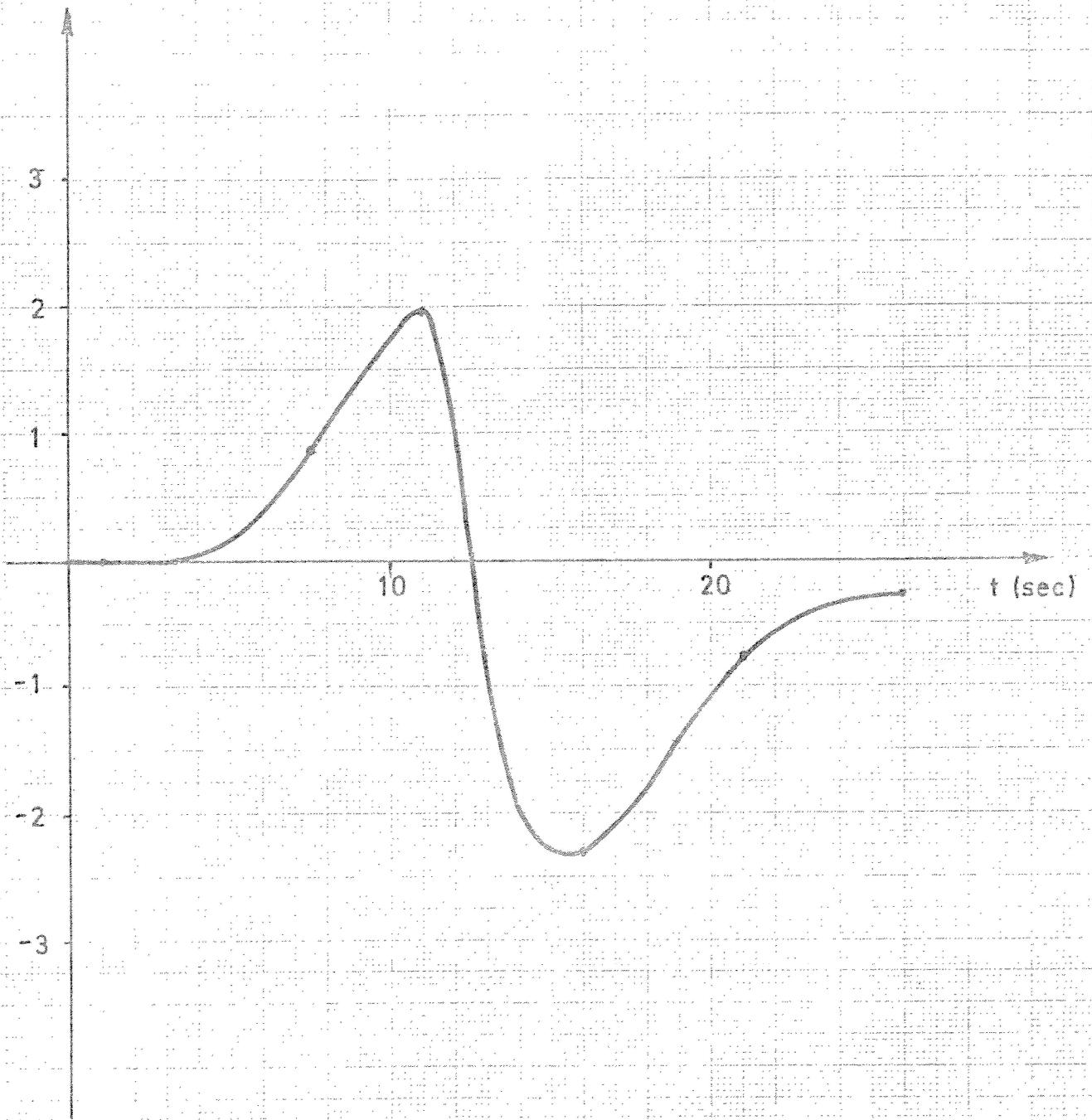


FIG. 4

ACCELERATION VENT

$\frac{dV_w}{dt}$ m/sec²

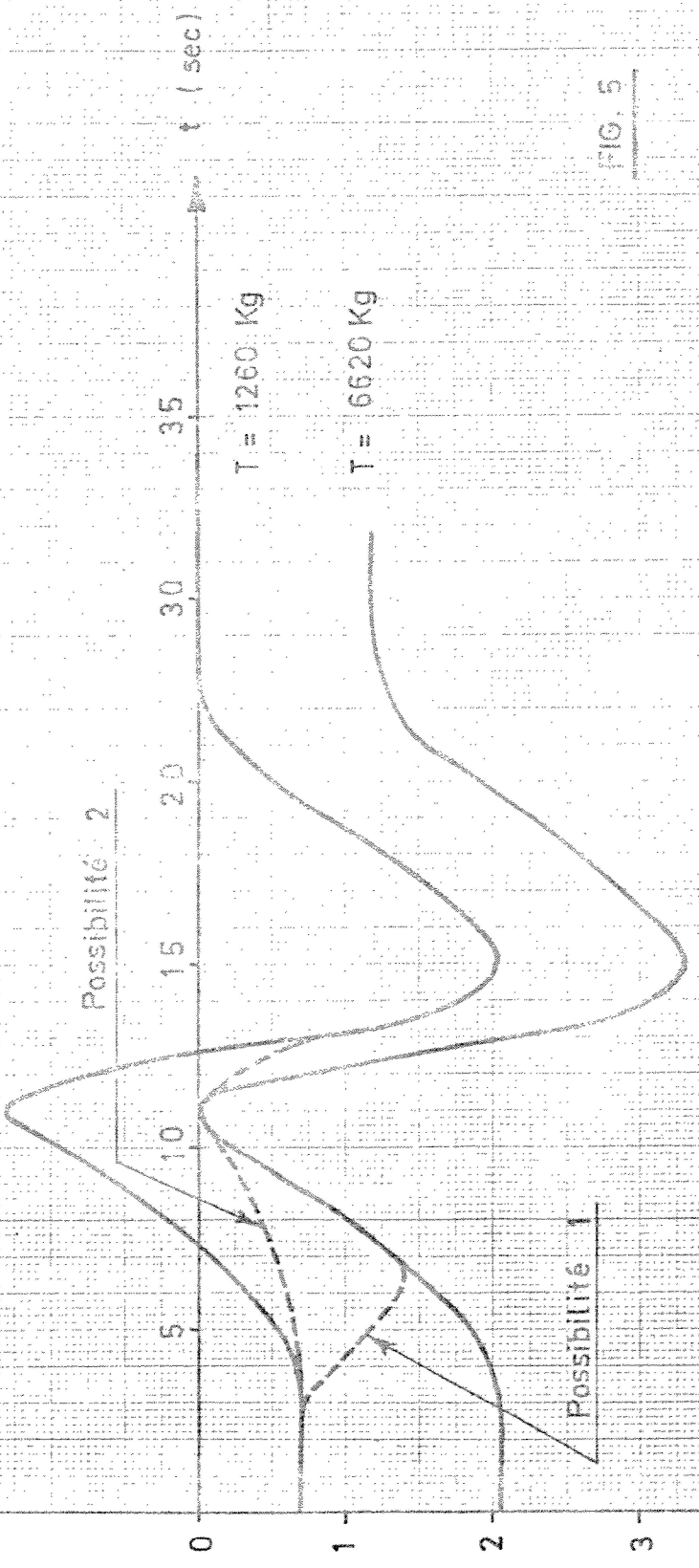


FIG. 5

POSSIBILITE 1 VENT 223°

Vitesse vent local
Vitesse vent non perturbé

Soufflerie

○ Vitesse vent = 30 m/s
△ " " = 25 m/s
□ " " = 20 m/s

2000 m Distance horizontale à partir du point d'impact

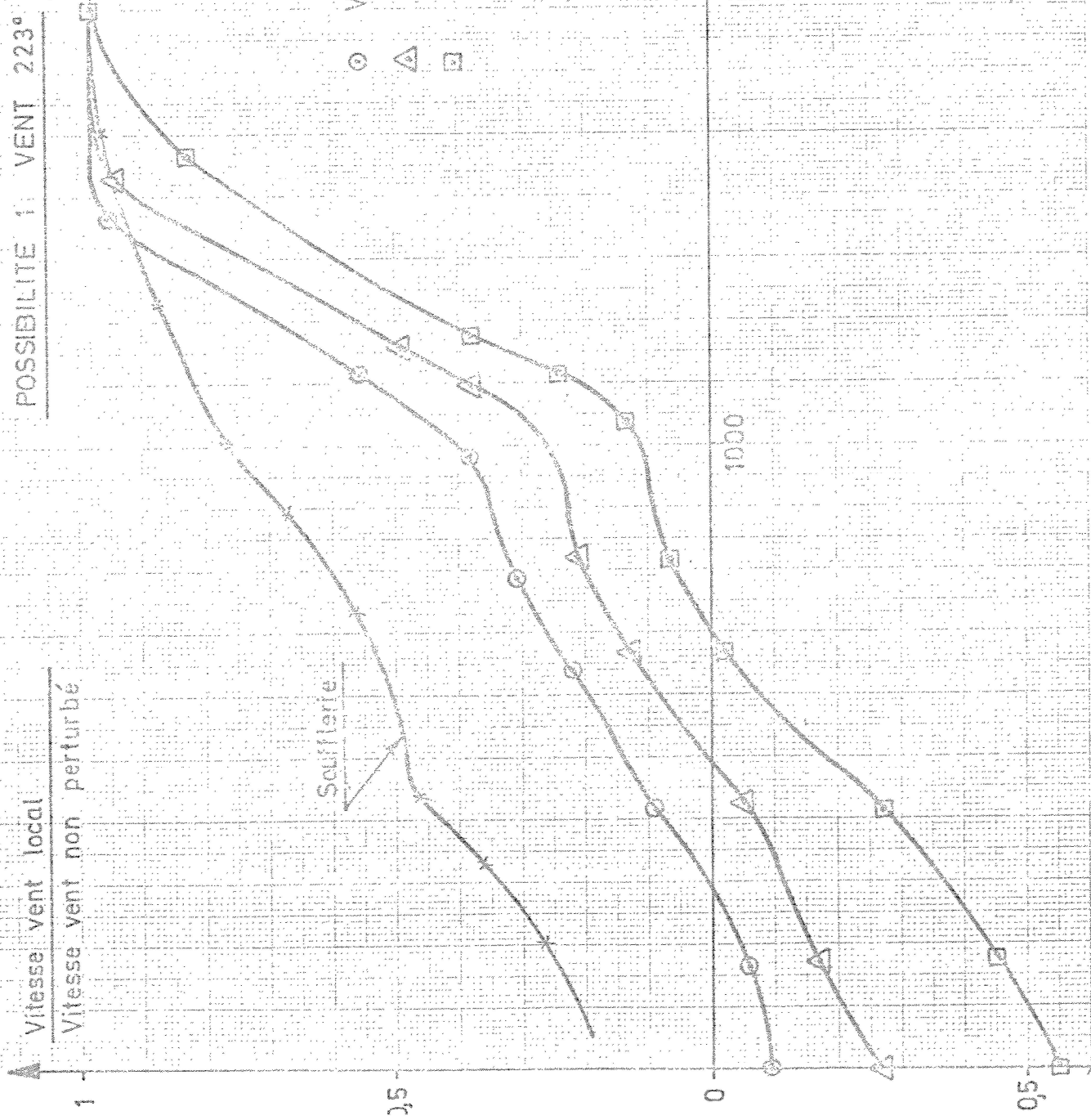


FIG 6

POSSIBILITE 2 VENT 223°

Vitesse vent local
Vitesse vent non perturbé

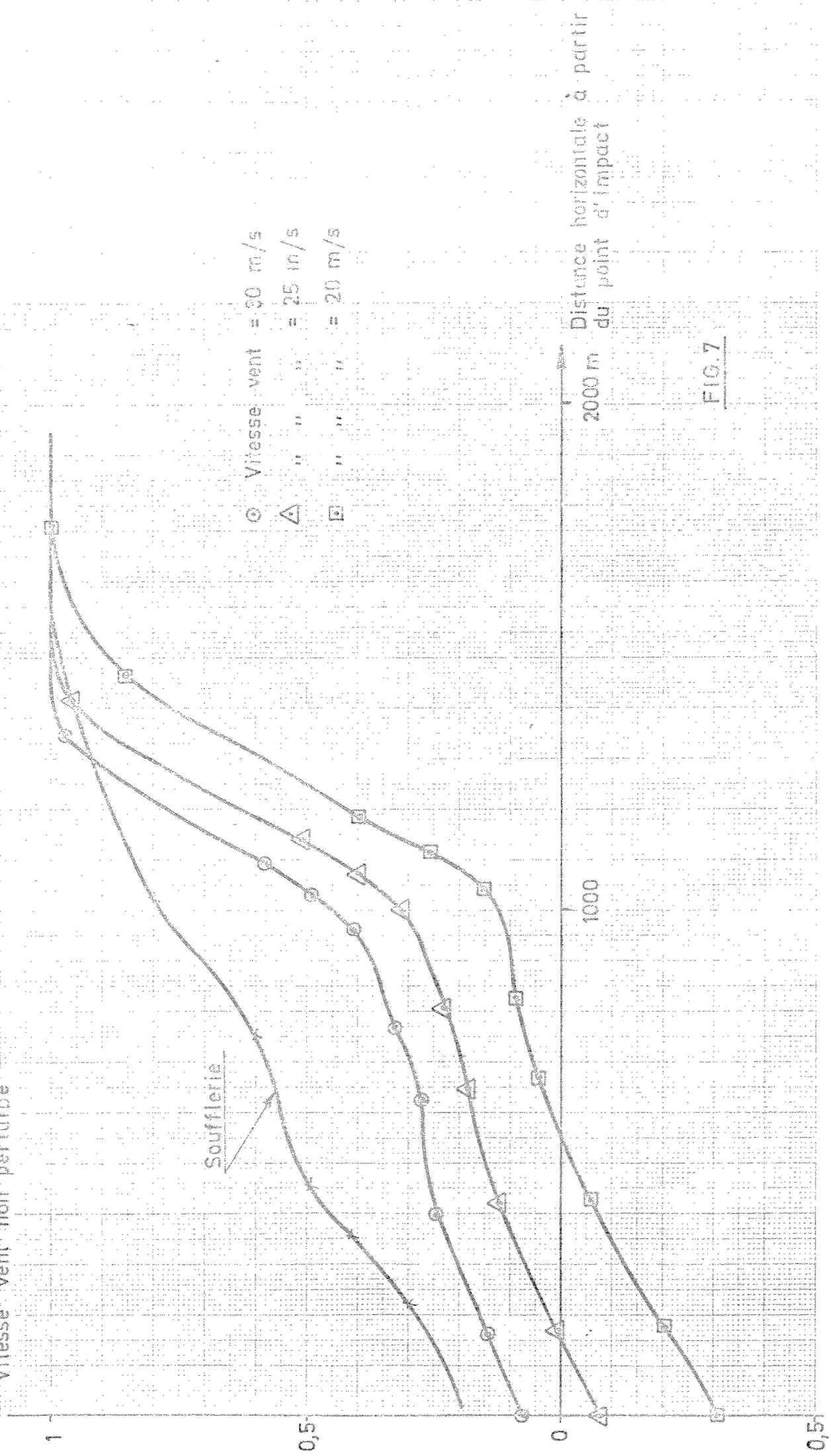


FIG.7

POSSIBILITE 1 VENT 238°

Vitesse vent local
Vitesse vent non perturbé

Scoufflerie

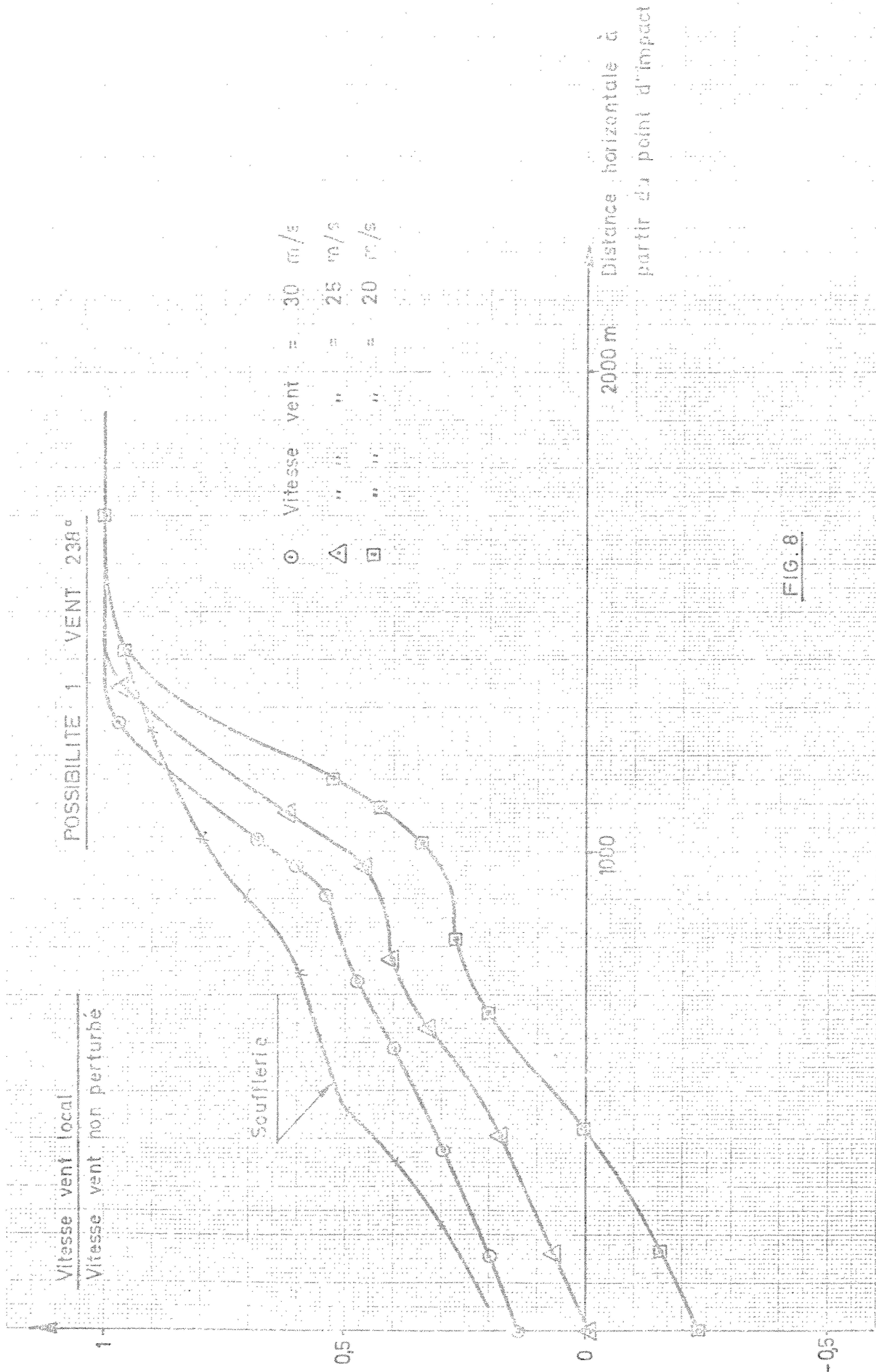
○ Vitesse vent = 30 m/s
△ " " = 25 m/s
□ " " = 20 m/s

Distance horizontale à partir du point d'impact

1000

2000 m

FIG. 8



POSSIBILITE 2 - VENT 238°

Vitesse vent local

Vitesse vent non perturbé

Soufflerie

- Vitesse vent = 30 m/s
- △ " " = 25 m/s
- " " = 20 m/s

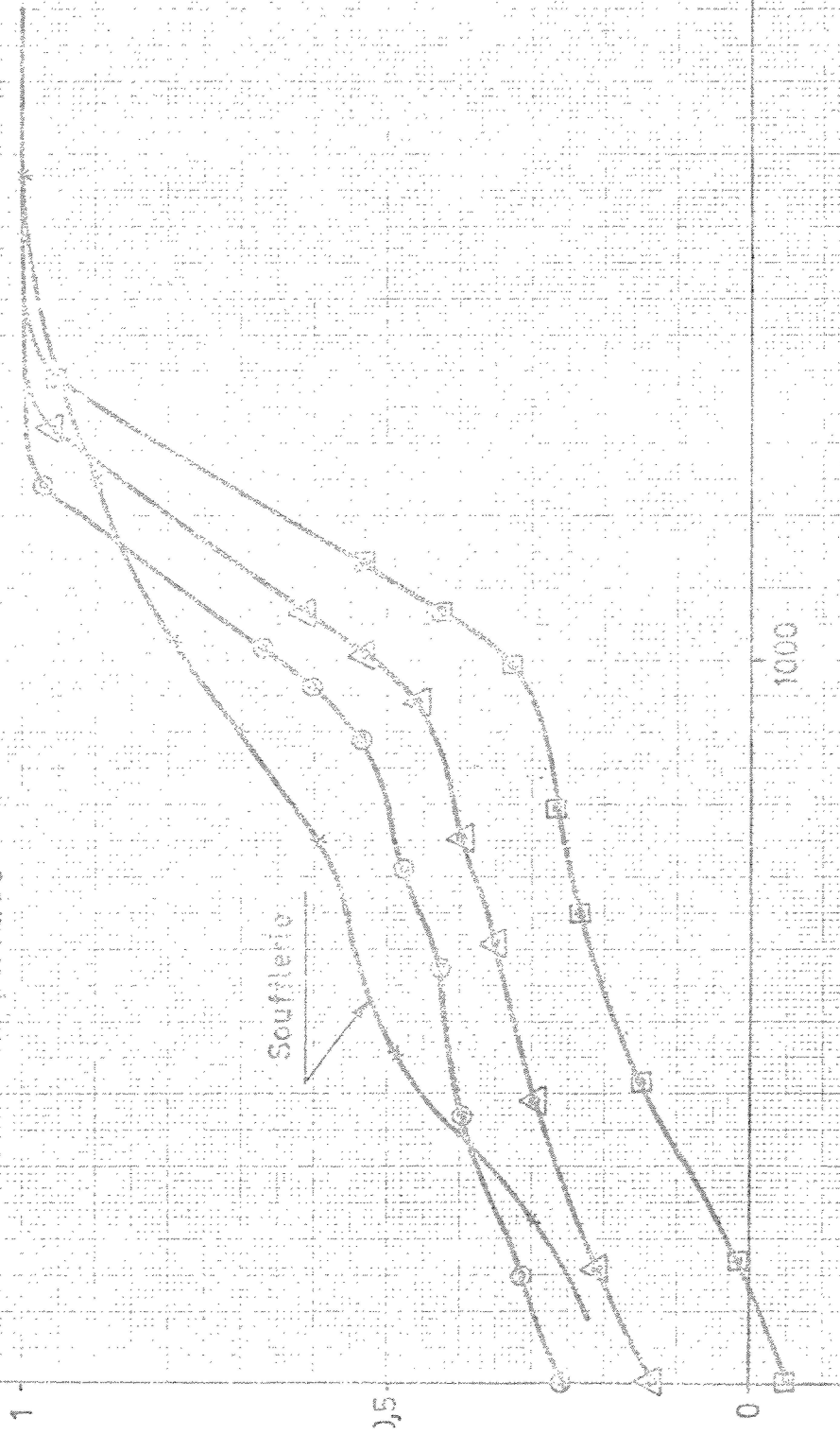


FIG.9

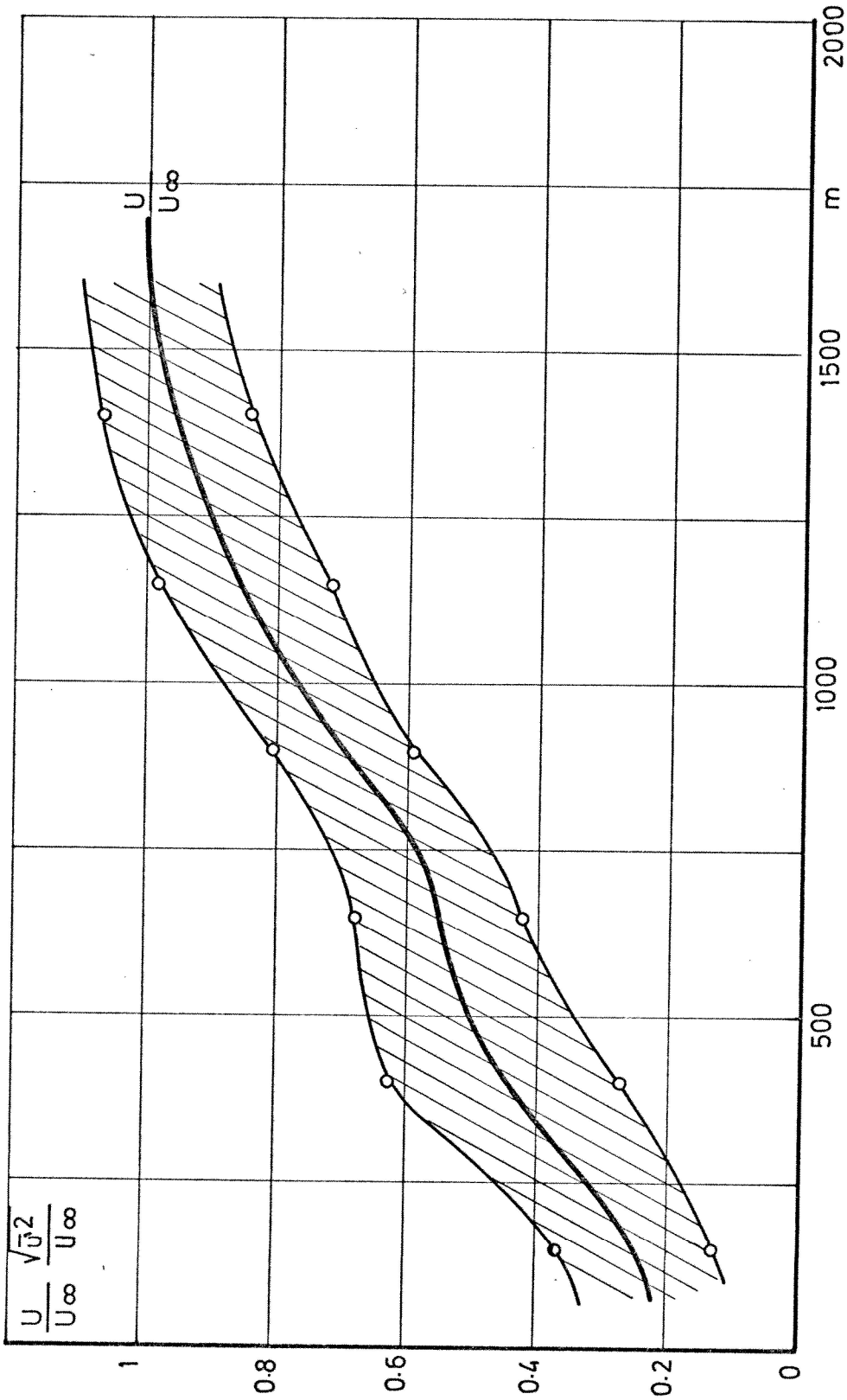


FIG. 10 VITESSE MOYENNE ET NIVEAU DE TURBULENCE

Caravelle OO.SRD
Accident du 22.12.73.
Près de TETOUAN

Dépouillement de l'enregistreur de bord
18 dernières minutes

