

COMPARISON OF TWO STATIC PRESSURE PROBES.

BY

M. GAUTINES

SNECMA

Contribution to the meeting on "Measuring Techniques in Transonic and Supersonic Cascade Flow" at the ONERA, Châtillon-sous-Bagneux (France), 17-18 January, 1974.

Le 22/03/1974

N° 24/74

S O M M A I R E

I) LES SONDES

- 1) DESCRIPTION
- 2) INTERET DE LA SONDE DIEDRE

II) LES ETALONNAGES

- 1) CONDITIONS
- 2) RESULTATS

III) LES ESSAIS

- 1) CONDITIONS
- 2) RESULTATS

IV) COMMENTAIRES.

Pièces Jointes : 6 planches.

I- LES SONDES.

- 1) DESCRIPTION : Pour mesurer les pressions statiques devant la grille fixe servant de directrice d'entrée à un compresseur, nous avons utilisé deux sondes différentes :
 - Une sonde "Crochet" (fabrication SNECMA) comportant 4 trous percés perpendiculairement à la paroi du tube.
 - Une sonde "Dièdre" (Sonde Pleuger, fabrication United Sensor) comportant deux trous percés perpendiculairement aux faces du dièdre et situés de part et d'autre de l'arête.

Les dimensions générales sont données planche 1.

- 2) INTERET DE LA SONDE DIEDRE : La sonde "dièdre" a l'avantage de faire des mesures combinées. Les 2 trous servent à la fois à mesurer la pression statique et à la mise en direction de la sonde.

II - LES ETALONNAGES.

- 1) CONDITIONS : Il a été fait dans une veine cylindrique de 135 mm de diamètre et à plusieurs valeurs du nombre de Mach : de 0,3 à 0,8. Les valeurs données par les sondes sont comparées aux pressions mesurées à la paroi.
- 2) RESULTATS : Les différences de pression entre la sonde et les prises à la paroi sont rapportées à la pression dynamique et tracées en fonction de l'enfoncement de la sonde dans la veine, et ce pour plusieurs valeurs du nombre de Mach (Planche 2 et 3).

Ces étalonnages ne tiennent pas compte des effets globaux de blocage puisque les valeurs des pressions statiques à la paroi sont mesurées lorsque les sondes sont enfoncées à la hauteur voulue.

III - LES ESSAIS.

- 1) CONDITIONS : Les essais sont conduits dans une veine annulaire ayant une légère pente au moyeu (14°), sa hauteur est 33,1 mm, son rapport de moyeu = 0,86.

Le nombre de Mach de l'écoulement est environ 0,3 à 0,4. La mesure est faite à 1/4 de corde en amont de la grille. Toutes les données géométriques sont résumées sur la planche 4.

Le blocage global des sondes est négligeable : pour la sonde dièdre, par exemple, le maître-couple est égal à 0,35 % de la section ; ce qui devrait provoquer une baisse de pression statique égale à 0,42 % de la pression dynamique (d'après les chiffres du constructeur de la sonde).

2) RESULTATS.

- Les essais ont confirmé la faiblesse du blocage global : l'enfoncement maximal de la sonde donne une variation de pression statique à la paroi inférieure à 0,3 % de la pression dynamique.
- Les résultats sont consignés sur les planches 5 et 6. Au milieu de la veine les 2 sondes donnent des valeurs présentant un écart de 3,5 % de la pression dynamique.

Les faits les plus notables sont :

- 1) L'écart enregistré avec les prises parois
Pour la sonde "dièdre": 8,5 % de q au pied.
6,8 % de q en tête.
Pour la sonde "crochet" :
12 % de q au pied,
11 % de q en tête.

(q = pression dynamique).

- 2) En supposant que les paramètres servant à transposer l'étalonnage au cas présent sont la profondeur d'enfoncement de la sonde et le nombre de Mach de l'écoulement, les corrections d'immersion nous éloignent des valeurs mesurées à la paroi, contrairement à leurs rôles.

IV - COMMENTAIRES.

Les essais sont faits en veine annulaire de faible hauteur, l'étalonnage en veine cylindrique.

Les effets d'immersion peuvent être provoqués par :

- 1) Un déplacement azimuthal et radial des lignes de courant du au blocage de la sonde.
- 2) Une courbure brutale des lignes de courant à l'extrémité de la sonde, car l'obstruction devient brusquement nulle, d'où un gradient local de pression statique.
- 3) Des effets secondaires tels que les tourbillons de coins aux extrémités des sondes.

Ces 3 phénomènes dépendent de la proximité des parois, de leur forme et des dimensions de la veine. Il est difficile d'admettre la validité d'un étalonnage réalisé avec des conditions aux limites géométriques très différentes. Il se pose donc le problème des conditions géométriques d'un étalonnage et de l'utilisation d'un tel étalonnage dans des veines et des écoulements différents, c'est à dire des paramètres de transposition des corrections.

SUMMARY

I. PROBES

- 1) DESCRIPTION
- 2) ADVANTAGE OF THE WEDGE PROBE

II. CALIBRATION

- 1) CONDITIONS
- 2) RESULTS

III. TESTS

- 1) CONDITIONS
- 2) RESULTS

IV. COMMENTS.

I. PROBES

1. DESCRIPTION : For measuring the static pressure upstream of the inlet guide vane of a compressor two different probes were used :

- a hook probe (manufactured by SNECMA) with 4 holes drilled perpendicular to the tube.
- a wedge probe (probe PLEUGER; manufactured at UNITED SENSORS) with 2 holes drilled perpendicular to both sides of the wedge.

The general dimensions of the probes are given in figure 1.

2. ADVANTAGE OF THE WEDGE PROBE : The wedge probe has the advantage of allowing combined measurements. The 2 holes are used for measuring the static pressure as well as for the alignment of the probe with the flow direction.

II. CALIBRATION

1. CONDITIONS : The calibration was done in a cylindrical test section of 135 mm diameter in the Mach number range $0,3 \leq M \leq 0.8$. The values recorded by the probes are compared to wall static pressure measurements.

2. RESULTS : The pressure differences between the probe and wall measurements referred to the dynamic pressure are plotted as a function of the depth of immersion of the probe into the test section.

These calibrations do not take into account the global blockage effect (of the probes) because the static pressure values on the wall are taken only when the probe is set at the prescribed immersion depth.

III. TESTS

1. CONDITIONS : The tests are performed in an annular section characterized by : inclination of the inner casing of 14° , height of ring section 33,1 mm, hub-tip ratio of 0,86.

The Mach number of the flow is $M = 0.3 - 0.4$. The measurements are taken $1/4$ x chord upstream of the guide vane. All geometric data are summarized in figure 4.

The global blockage of the probes is negligible; e.g. the area covered by the wedge probe with respect to the flow direction amounts to 0.35 % of the section. This blockage should cause a drop in the static pressure equivalent to 0,42 % of the dynamic pressure. (From data provided by the probe manufacturer).

2. RESULTS : The tests confirmed the small blockage effect of the probes. The maximum immersion of the probe results in a variation of the wall static pressure of less than 0,3 % of the dynamic head.

The results are presented in figures 5 and 6. A difference between both probes of 3.5 % of the dynamic head is recorded at mid-height.

The most noticeable facts are :

1) The difference with respect to the wall tappings.

For the wedge probe : 8.5 % of q at the hub

6.8 % of q at the tip

For the hook probe : 12 % of q at the hub

11 % of q at the tip.

(q = dynamic pressure)

2. Assuming that the parameters, used to translate the calibration to the present case, are the depth of the probe immersion and the Mach number of the flow, then the correction terms for the immersion increase the difference with respect to the wall measurements instead of decreasing the difference as one would expect.

IV. COMMENTS

The tests are made in an annular section of small height, while the calibration is done in a cylindrical section.

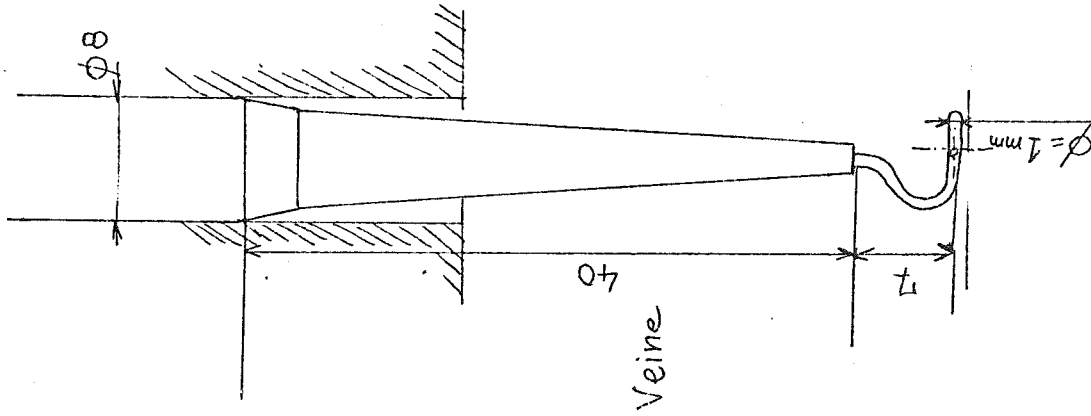
The immersion effects can be caused by :

- 1) A circumferential or radial displacement of the streamlines due to the blockage of the probe.
- 2) An abrupt change in the curvature of the streamlines at the extremity of the probe due to the sudden transition to zero obstruction, hence, a local static pressure gradient.
- 3) Secondary effects like corner vortices at the extremities of the probes.

These 3 phenomena depend on the proximity of the walls, on the wall shape and the dimensions of the test section. It is difficult to accept the validity of a calibration with very different geometric boundary conditions. Hence, we have the problem of using a calibration under different geometric conditions and flow conditions as those during the calibration, i.e. the problem of conversion parameters for the correction terms.

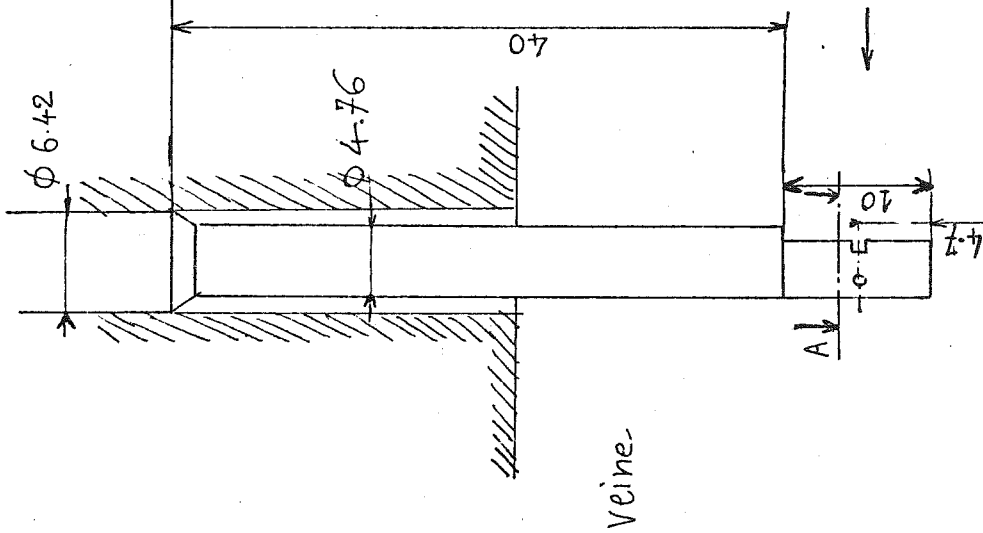
Sonde "crochet"
(SNECMA)

Planche 1

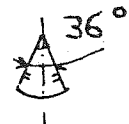


Sonde "coin"

(sonde Pleuger ; United Sensor)



Section A



SONDE "CROCHET"

Courbe d'étalonnage

Planche 2

$$A \frac{(p's - p_s)}{q}$$

$$q = P_t - p's$$

$p's$ = pression mesurée par la sonde

p_s = pression relevée à la paroi

P_t = pression totale

M = Nombre de Mach

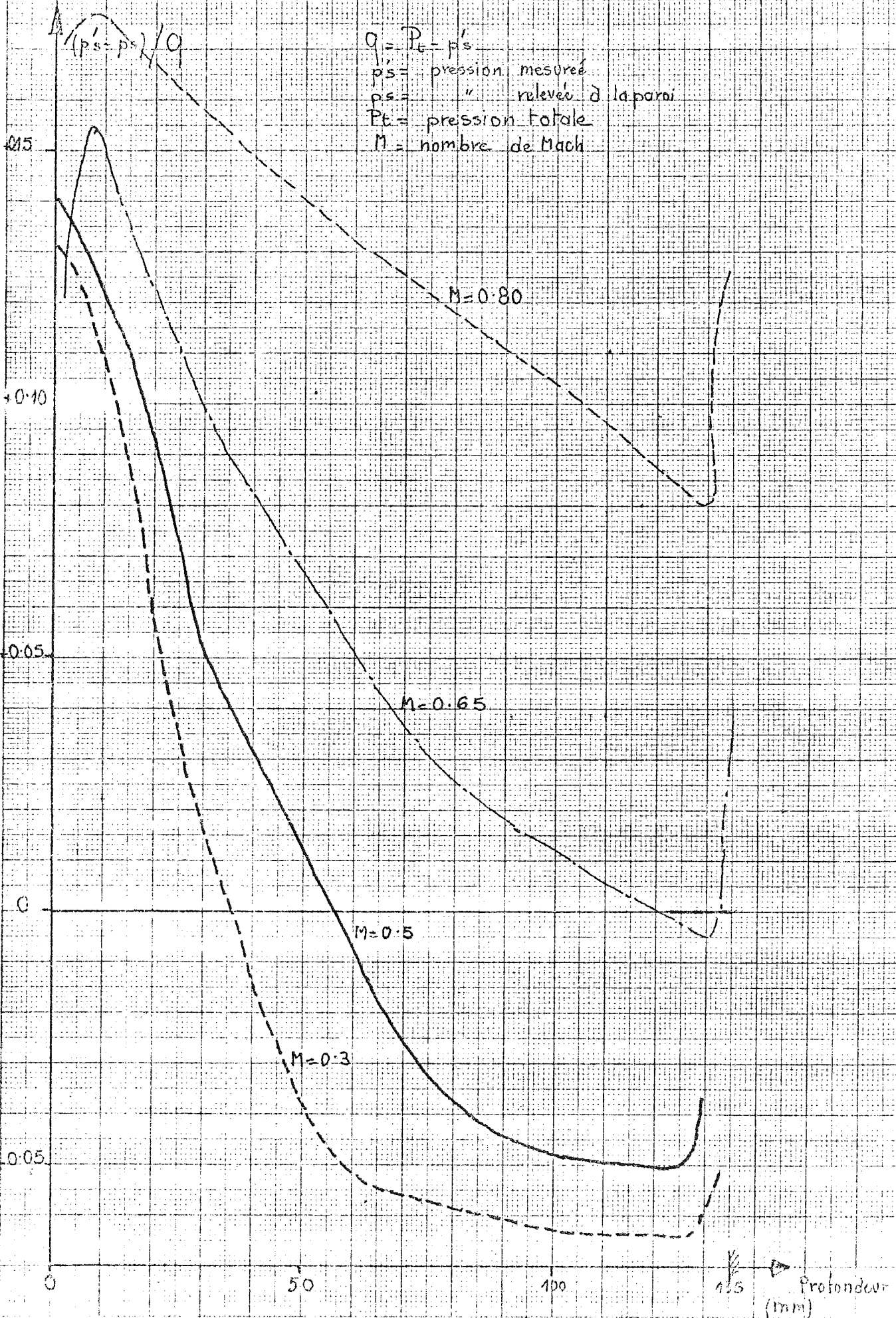
S.N.E.C.M.A. - 90.09.03.50-445 (9)



SONDE "COIN"

courbe d'étalonnage

Planche 3

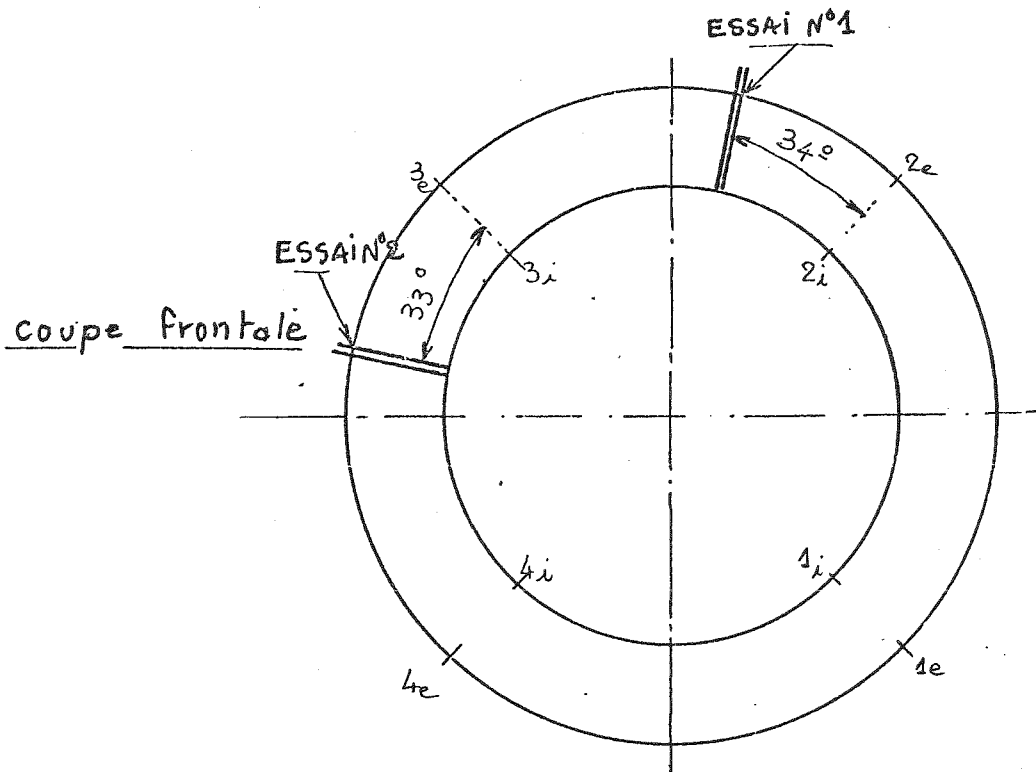


SNECMA - 90.09.03.50-445 (0)

IL NE PEUT ÊTRE UTILISÉ, REPRODUIT OU COMMUNIQUÉ
 CE DOCUMENT EST LA PROPRIÉTÉ DE LA SNECMA

SANS SON AUTORISATION

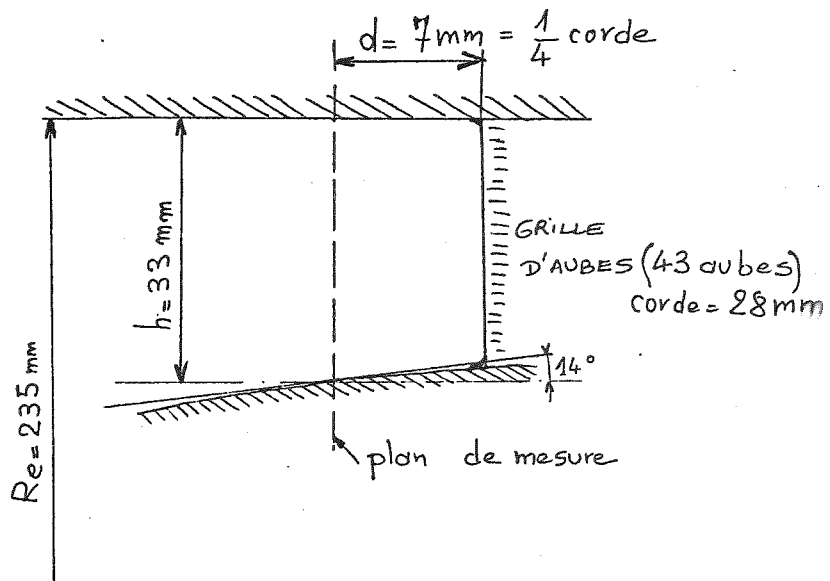
CONDITIONS D'ESSAIS



X prise de pression à la paroi

⊗ position de la sonde

Coupe méridienne



p_s : pression statique

P. " totale

$\frac{N}{P}$
 " Sonde coin { --- corrigée
 " " " non corrigée
 " Sonde "crochet" { --- corrigée
 " " " non corrigée

0.95

0.94

0.93

0.92

[moyen]

50

100

[carte] h. %

prise de pression
à la paroi

S.N.E.C.M.A. - 99.09.03.50-445 (e)

IL NE PEUT ÊTRE UTILISÉ, REPRODUIT OU COMMUNIQUÉ
SANS SON AUTORISATION

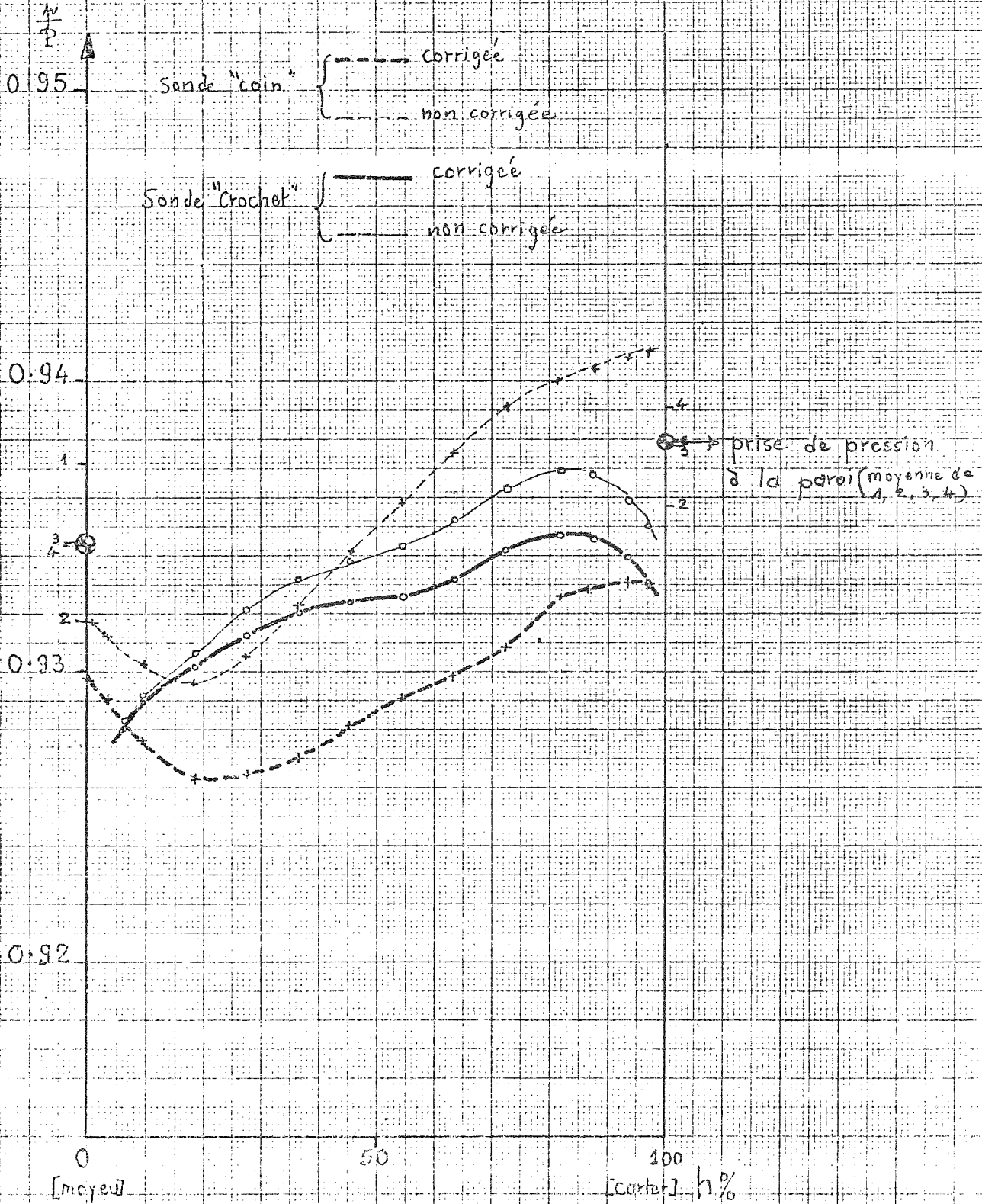
DATE

MESURES DE PRESSION
STATIQUE
ESSAI N° 2

N°

Planche 6

h : pression statique
 P : pression totale



S.N.E.C.M.A. - 90.05.03.50-445 (2)

25131/1-1
LE DOCUMENT EST LA PROPRIÉTÉ DE LA S.N.E.C.M.A.
NE PEUT ÊTRE UTILISÉ, REPRODUIT OU COMMUNIQUÉ
SANS SON AUTORISATION