

ECOLE POLYTECHNIQUE FEDERALE DE LAUSANNE
DEPARTEMENT DE GENIE CIVIL

Commission Fédérale de Recherches
Crédit de recherche No 25/76
accordé par le
Département Fédéral de l'Intérieur

INFLUENCE DU MILIEU AMBIANT
SUR LA FORCE PORTANTE D'UNE
CHAUSSEE

RAPPORT FINAL
2^e partie

Résultats bruts des essais de
perte de portance au dégel

GY 13

Juin 1981

INSTITUT DES SOLS, ROCHES ET FONDATIONS
LABORATOIRE DE MECANIQUE DES SOLS

RESUME

L'étude de l'influence de cycles de gel et dégel sur la force portante des sols formant l'assise d'une chaussée est le thème principal de ce mandat. Les essais ont été réalisés sur un modèle en vraie grandeur.

Le présent rapport donne les résultats bruts des essais de perte de portance au dégel. Ce sont les valeurs des déformations, températures et teneurs en eau relevées lors de cycles thermiques, pendant lesquels une charge répétée était appliquée sur la chaussée.

Un précédent rapport, publié en novembre 1979, contient la description détaillée des installations, des appareils de mesure et de la construction du modèle. Il donne également des valeurs mesurées lors des études préliminaires, des essais de charge et des cycles thermiques initiaux.

Une première interprétation est contenue dans un article de la revue "Route et Trafic" (10/1980), dont un tiré-à-part figure en annexe. La synthèse des résultats fera l'objet de plusieurs rapports orientés chacun sur un des objectifs de cette recherche.

ZUSAMMENFASSUNG

Die Untersuchung des Frost- und Auftauverhaltens verschiedener Strassenoberbauten ist das Hauptthema dieses Forschungsauftrags. Die Versuche wurden auf einem Strassenmodell in Originalgrösse durchgeführt.

Dieser Bericht enthält die noch nicht analysierten Ergebnisse von Versuchen zur Ermittlung der Tragkraftverminderung beim Auftauen. Es wurden die Werte der Verformungen, Temperaturen und Wassergehalte während Frost - Tau - Zyklen gemessen, wobei eine dynamische Belastung der Fahrbahn aufgebracht wurde.

Ein im November 1979 erschienener erster Bericht beschreibt die Messapparate sowie den Modellaufbau und gibt die Werte der Messungen, die anlässlich der Vorbereitungsarbeiten, der statischen Belastungsversuche und der ersten Frost - Tau - Zyklen vorgenommen wurden.

Eine erste Auslegung der durchgeführten Versuche wurde in der Zeitschrift "Strasse und Verkehr" (10/1980) publiziert. Ein Abdruck dieses Artikels liegt im Anhang bei. Es ist vorgesehen, die Synthese der Gesamtergebnisse in mehreren Berichten zu veröffentlichen, von welchen jeder ein einzelnes Ziel dieser Forschungsarbeit behandeln soll.

TABLE DES MATIERES

	<u>Page</u>
1. <u>MANDAT ET OBJECTIFS</u>	1
1.1. Mandat	1
1.2. Programme général de la recherche	1
1.3. Contenu des rapports	2
2. <u>PRESENTATION DES ESSAIS DE PERTE DE PORTANCE</u>	3
2.1. Mode de chargement	3
2.2. Situation des essais	4
2.3. Paramètres de contrôle des essais	4
2.4. Paramètres mesurés	4
2.4.1. Températures	5
2.4.2. Tensions capillaires	5
2.4.3. Déformations superficielles permanentes	5
2.4.4. Déformations du modèle	6
2.4.5. Déformations élastiques	6
2.4.6. Teneurs en eau	6
2.5. Déroulement d'un essai	7
3. <u>RESULTATS DES MESURES</u>	8
3.1. Présentation des diagrammes	8
3.2. Commentaires sur les diagrammes	8
3.2.1. Courbes de température	8
3.2.2. Déformations superficielles	9
3.2.3. Déformations du modèle	9
3.2.4. Teneur en eau	10
3.3. Caractéristiques géotechniques finales du modèle	10
3.3.1. Fondation	10
3.3.2. Infrastructure	11
3.3.3. Conclusions	12

LISTE DES ANNEXES

CHAPITRE 1 : MANDAT ET OBJECTIFS

- 1.1. Tiré-à-part de la revue "Route et Trafic" No 10/1980

CHAPITRE 2 : PRESENTATION DES ESSAIS DE PERTE DE PORTANCE

- 2.1 Appareil de charge
2.2 Situation des essais sur le champ No 1
2.3 Situation des essais sur les champs No 2 et 3
2.4 Lentilles de glace; déformations après rupture

CHAPITRE 3 : RESULTATS DES MESURES

- 3.1 - 3.14 1^e essai sur le champ No 1
3.1 - 3.8 Températures et tensions interstitielles
3.9 - 3.10 Tautochrones
3.11 Déformations superficielles et isothermes
3.12 Déformations du modèle
3.13 Déformation superficielle transversale
3.14 Teneurs en eau
- 4.1 - 4.14 2^e essai sur le champ No 1
4.1 - 4.8 Températures et tensions interstitielles
4.9 - 4.10 Tautochrones
4.11 Déformations superficielles et isothermes
4.12 Déformations du modèle
4.13 Déformation superficielle transversale
4.14 Teneurs en eau
- 5.1 - 5.14 3^e essai sur le champ No 1
5.1 - 5.8 Températures et tensions interstitielles
5.9 - 5.10 Tautochrones
5.11 Déformations superficielles et isothermes
5.12 - 5.13 Déformations du modèle
5.14 Déformation superficielle transversale
- 6.1 - 6.25 1^e essai sur le champ No 2
6.1 - 6.15 Températures et tensions interstitielles
6.16 - 6.19 Tautochrones
6.20 - 6.21 Déformations superficielles et isothermes
6.22 - 6.24 Déformations du modèle
6.25 Teneurs en eau

7.1 - 7.25	<u>2^e essai sur le champ No 2</u>
7.1 - 7.15	Températures et tensions interstitielles
7.16 - 7.19	Tautochrones
7.20 - 7.21	Déformations superficielles et isothermes
7.22 - 7.23	Déformations du modèle
7.24	Déformation après rupture
7.25	Teneurs en eau
8.1 - 8.32	<u>1^e essai sur le champ No 3</u>
8.1 - 8.22	Températures et tensions interstitielles
8.23 - 8.25	Tautochrones
8.26 - 8.28	Déformations superficielles et isothermes
8.29 - 8.31	Déformations du modèle
8.32	Teneurs en eau
9.1 - 9.35	<u>2^e essai sur le champ No 3</u>
9.1 - 9.22	Températures et tensions interstitielles
9.23 - 9.28	Tautochrones
9.29 - 9.31	Déformations superficielles et isothermes
9.32 - 9.34	Déformations du modèle
9.35	Déformation superficielle transversale
10	<u>Caractéristiques géotechniques finales</u>
10.1	Aspects de la forme de l'infrastructure

1. MANDAT ET OBJECTIFS

1.1. Mandat

Par lettre du 2 juillet 1976, le Département Fédéral de l'Intérieur mandatait le Laboratoire de Mécanique des Sols de l'EPFL (LMS) pour réaliser des essais sur modèle en vraie grandeur. Le thème principal de ce mandat est l'étude de l'influence du milieu ambiant (gel et dégel) sur la force portante des sols formant l'assise d'une chaussée. Il vise à améliorer les critères de choix des coefficients utilisés pour le dimensionnement de la superstructure.

1.2. Programme général de la recherche

Le modèle nécessaire à cette recherche a été construit dans un bâtiment de l'EPFL à Ecublens équipé des installations adéquates. En raison des moyens importants mis en oeuvre pour la réalisation et l'équipement scientifique de ce tronçon de route, ce dernier fut également utilisé pour effectuer des essais autres que ceux imposés par l'exécution du mandat.

Les différentes étapes de ce travail sont décrites ci-dessous en respectant l'ordre chronologique de leur accomplissement.

- a) Recherche et choix des matériaux devant constituer l'infrastructure et la superstructure de la chaussée d'essai.
- b) Construction du modèle avec mesures périodiques de ses caractéristiques géotechniques.
- c) Essais de charges sans cycles thermiques, afin de:
 - déterminer le mode de chargement de la chaussée soumise à des cycles de gel et de dégel,
 - étudier le comportement mécanique du milieu stratifié constitué par les couches successives de la chaussée.
- d) Exécution de cycles thermiques (gel et dégel) sur l'air ambiant, sans charges sur la chaussée, pour:
 - déterminer le comportement du modèle sous l'effet du gel et du dégel en prévision des essais de perte de portance,
 - étudier la diffusion des températures à l'intérieur de la chaussée (complément des recherches entreprises au Locle de 1970 à 1975),
 - analyser les phénomènes liés au gel dans la zone non saturée de l'infrastructure et de la superstructure.
- e) Exécution de cycles thermiques sur l'air ambiant avec, simultanément, application de charges sur le modèle, dans le but d'observer l'évolution de la force portante de la chaussée, thème central de ce mandat.

1.3. Contenu des rapports

La première partie du rapport final, datée de novembre 1979, contient les résultats bruts des étapes (a) à (d) décrites au paragraphe précédent. La description détaillée des installations d'essai ainsi que la nomenclature des appareils figurent également dans cette publication et ne seront répétées que partiellement dans le présent rapport.

Celui-ci présente les résultats bruts des essais de perte de portance. Ce sont essentiellement les relevés des déformations superficielles et profondes, des températures et des teneurs en eau. Une toute première interprétation de ces essais figure à l'annexe 1.1, sous la forme d'un tiré-à-part d'un article paru dans la revue "Route et Trafic" No 10/1980.

L'analyse de toutes les mesures enregistrées au cours de ces essais fera probablement l'objet de plusieurs rapports orientés, chacun, sur un des objectifs de cette recherche.

2. PRESENTATION DES ESSAIS DE PERTE DE PORTANCE

Quoiqu'elle se fasse de plus en plus rare en Suisse, de par le bon, voire le généreux dimensionnement de nos routes, la destruction des chaussées par perte de portance au dégel est un phénomène qualitativement bien connu.

Le dimensionnement des chaussées sur ces infrastructures dites gélives a tenu compte petit à petit de ce phénomène en fonction de l'évolution des charges sur les essieux de camions. La démarche qui a conduit aux méthodes modernes de dimensionnement au gel a été, cependant, presque exclusivement empirique.

Les mesures des gonflements et les mesures de portance sur la surface des chaussées qui ont été réalisées dans la plupart des pays à climat froid ou tempéré pendant de nombreux hivers et printemps n'ont pu être que ponctuelles dans le temps et dans l'espace topographique. Ainsi, elles n'ont jamais pu décrire exactement un phénomène destructif de perte de portance au dégel.

La quantification exacte de la perte de portance au dégel est l'objectif principal de cette recherche et, pour le réaliser, le modèle a subi des charges mécaniques et thermiques simultanées, afin de simuler le trafic sur une route soumise à des cycles de gel et dégel. La quantification de la perte de portance au dégel s'est faite par le biais des déflexions élastiques et permanentes.

2.1. Mode de chargement

Le trafic a été simulé au moyen d'un vérin dynamique. La charge de 40,8 kN était appliquée sur le revêtement par l'intermédiaire de deux plaques d'acier de 30 cm de diamètre, reliées par une entretoise. Sous chacune des plaques se trouvait une couche de néoprène de 5 cm d'épaisseur. La charge était répétée toutes les deux secondes ($f = 0,5$ Hz). L'annexe No 2.1 décrit cette installation.

Nous avons montré, dans la première partie du rapport, la concordance des déformations superficielles obtenues avec cette installation et un jumelage de camions. Il convient de remarquer que le dispositif de charge est fixe et donc que la portance a été observée ponctuellement. Les variations de la température de l'air, par contre, ont exercé leurs effets sur l'ensemble du modèle isolé thermiquement.

2.2. Situation des essais

Lors des essais de perte de portance, la charge a été appliquée successivement sur les champs No 3, 2 et 1. Chaque zone, de fondation différente, fut soumise à deux ou trois cycles de

gel et dégel avec application simultanée de la charge. La rupture du sol se produisit lors du 2^e essai sur le champ No 3 et du 1^{er} essai sur le champ No 2. Le champ No 1 a résisté à trois cycles successifs.

Les cycles thermiques agissant sur plusieurs champs, la position de la charge a été utilisée pour ordonner les essais. Les annexes No 2.2 et 2.3 situent la charge à chacune des étapes de cette étude.

2.3. Paramètres de contrôle des essais

Le déroulement de chacun des essais était contrôlé par trois paramètres, qui sont:

- l'épaisseur de la fondation du champ sur lequel est appliquée la charge.
- la profondeur atteinte par l'isotherme zéro degré sur le champ chargé. Cette valeur a varié de 60 cm à 1,40 m selon la fondation testée. Elle correspond à des conditions hivernales moyennes dans les régions basses des Préalpes ou hautes du Plateau suisse.
- le gonflement du sol autour de la charge dont l'importance détermine ou non l'apparition d'une rupture. Il reflète la durée de la période de gel.

Les températures de l'air et du fond de fosse ne sont pas des paramètres indépendants, mais les facteurs sur lesquels l'opérateur agit pour établir l'isotherme zéro degré au niveau convenu. Pour reproduire le climat des contrées citées ci-dessus, le radier de la fosse a été maintenu à + 7°C pour chacun des essais, sauf pour le 3^e essai sur le champ No 1 durant lequel cette valeur fut ramenée à + 4°C. Afin de limiter le temps requis par cette recherche, la température de l'air fut fixée à la valeur la plus basse possible au début de chaque essai, puis réduite de façon à maintenir le niveau désiré de l'isotherme zéro degré.

2.4. Paramètres mesurés

Les paramètres mesurés lors des essais sont:

- les températures
- les tensions capillaires
- les déformations superficielles permanentes
- les déformations au sein du modèle
- les déformations élastiques superficielles
- les teneurs en eau

2.4.1. Températures

Les températures de chaque champ sont relevées à l'aide de sept thermomètres à résistance placés au milieu de la fosse et répartis sur la hauteur du modèle. Les sondes supérieures enregistrent la température du revêtement et une seule sonde pour les trois champs gelés, placée à 1 m au-dessus de la chaussée, assure le contrôle de la température de l'air.

2.4.2. Tensions capillaires

Des tensiomètres posés à proximité des thermomètres, mais en nombre plus restreint, communiquent l'évolution des tensions capillaires. Trois sont situés dans chacun des champs No 1 et 2 et un seul dans le champ No 3.

Le fonctionnement et l'implantation de ces deux appareils sont donnés avec toutes les précisions nécessaires dans la première partie du rapport.

2.4.3. Déformations superficielles permanentes

Les déformations superficielles permanentes furent observées à l'aide de comparateurs, d'un niveau de précision et de capteurs magnétiques de déplacement.

Plusieurs comparateurs étaient fixés sur une poutre en bois traversant la fosse et indiquaient les déformations sur un axe transversal passant par la charge. Les champs non chargés étaient équipés d'une façon analogue. La position et le nombre de comparateurs apparaissent aux annexes No 2.2 et 2.3.

Les points nivelés, à raison de un par champ, se trouvaient à l'axe du modèle, au milieu des champs non chargés et à 1 m de l'appareil de charge sur le champ soumis à la simulation du trafic. Pour réduire les erreurs dues aux variations de température, le niveau et le repère fixe sont demeurés à l'extérieur de l'enceinte isolante, alors que la latte restait à l'intérieur.

Les capteurs magnétiques mis à contribution étaient, si possible, ceux placés directement sous la surface chargée. Ce n'était pas le cas lorsque le vérin était déplacé latéralement (2^e EPP2) ou lorsqu'une cellule était défectueuse (1^{er}, 2^e et 3^e EPP1) dans la zone de rupture.

Les annexes No 2.2 et 2.3 résument la situation des mesures lors des différentes étapes de cette étude.

2.4.4. Déformations du modèle

Les capteurs magnétiques de déplacement ont surtout permis d'estimer la répartition de la déformation totale à l'intérieur

du modèle. Sur chaque axe équipé, neuf cellules sont réparties entre le fond et la surface. Les déformations sont ainsi connues tous les 20 à 40 cm environ sur les positions observées.

Comme il n'a pas été possible de placer une cellule exactement aux interfaces limon - grave de fondation et grave - revêtement, lors de la représentation de ces déformations dans un diagramme profondeur - déformation, les mesures faites à ces niveaux ont été interprétées afin de reproduire l'allure la plus probable de cette courbe. A cet effet, les deux points connus situés de par et d'autre de chacun des interfaces n'ont pas été reliés directement mais, d'une part, la droite représentant le déplacement de la grave a été prolongée jusqu'à l'interface inférieur et, d'autre part, les déformations du revêtement sont supposées nulles. On a donc réparti non linéairement entre les deux matériaux les déformations mesurées à ces deux niveaux (annexe No 9.32).

Ce choix est déterminé non seulement par le peu de compressibilité de la grave, mais surtout par le gonflement prédominant du limon sous l'effet du gel, en raison de la formation de lentilles de glace. Corollairement, les tassements y sont également beaucoup plus importants.

2.4.5. Déformations élastiques

Les déformations élastiques superficielles sont enregistrées de façon discontinue avec la poutre de Benkelmann, sous l'effet de la simulation du trafic. Le palpeur est glissé entre les deux plaques métalliques (annexe 2.1).

Les déflexions mesurées ne correspondent pas à celles obtenues en suivant le mode opératoire normalisé (SN 670 362), car la charge n'est que de 40 kN et la fréquence trop élevée pour obtenir la stabilisation de la déformation. Aussi, avec le même appareillage, une charge de 50 kN fut appliquée avec une période de deux minutes. Les valeurs obtenues par cette seconde méthode concordent avec celles que l'on avait obtenues en pratiquant, à l'aide de l'ornièreur, l'essai normalisé.

Selon le même rythme, les déformations élastiques ont été lues également sur les comparateurs, la fréquence d'application de la charge permettant le relevé des valeurs extrêmes.

2.4.6. Teneurs en eau

La mesure des teneurs en eau à l'aide de méthodes non destructives ne s'étant pas révélée concluante, on préleva des carottes d'un diamètre de 10 cm pour établir une image de la répartition des teneurs en eau. On procéda par sondage manuel à percussion après avoir découpé le revêtement et enlevé la grave de fondation. Les valeurs furent obtenues par séchage d'échantillons de 5 à 10 cm de hauteur.

Deux sondages furent effectués hors période de gel lorsque l'humidité était stabilisée. Les autres le furent en cours de gel lors des différents cycles thermiques. Les annexes No 2.2 et 2.3 indiquent la position et la période de ces forages.

Les carottes supérieures, prises en période de gel, reconnues gelées lors du sondage, furent immédiatement placées au congélateur. Elles furent sciées et photographiées, ce qui nous permet de montrer dans l'annexe No 2.4 la présence de lentilles de glace.

2.5. Déroulement d'un essai

Chaque essai a été conduit selon le même schéma présentant deux aspects, l'un thermique et l'autre mécanique.

La température de l'air a tout d'abord été abaissée au maximum (env. -15°C) de façon à amener rapidement l'isotherme zéro degré au niveau désiré. Elle était ensuite remontée autour de -10°C à -5°C afin de maintenir constante la position de l'isotherme jusqu'à l'apparition du gonflement désiré sur le champ chargé. Elle était ensuite portée et maintenue entre $+5^{\circ}\text{C}$ et $+10^{\circ}\text{C}$ provoquant ainsi le dégel.

La charge était appliquée dès le début du cycle tant que les déformations élastiques demeuraient mesurables. Le vérin était ensuite mis hors service jusqu'au début du dégel, puis fonctionnait à nouveau jusqu'à la stabilisation des tassements.

Comme il a déjà été dit, le gonflement concernait tous les champs, alors que l'observation de la portance n'avait lieu que sur un seul champ. Pour réduire l'influence des cycles thermiques antérieurs à l'application de la charge sur un champ étudié, ce dernier était soumis à un compactage effectué avec la presse, avant le début du cycle de gel et dégel. Pour cela, huit points situés autour de la surface chargée, répartis sur un carré de 1 m de côté, subissaient chacun 1000 charges de 40,8 kN appliquées par l'intermédiaire de la double plaque. Ce compactage fut réalisé avant les deux essais du champ No 2, le premier et le troisième du champ No 1. Par contre, lors des seconds essais sur les champs No 3 et 1, la simulation du trafic fut poursuivie sans aucune intervention après la fin du premier cycle.

3. RESULTATS DES MESURES

A l'exception des annexes No 2.1 à 2.4 auxquelles le texte précédent se réfère directement, la totalité des dessins reproduit les mesures faites pendant les sept essais successifs, exécutés dans le cadre de l'étude de la perte de portance.

3.1. Présentation des diagrammes

Les graphiques, groupés par essais, donnent pour chacun des cycles réalisés les valeurs suivantes:

- la température aux différentes sondes ainsi que la tension capillaire lorsqu'un tensiomètre se trouvait à proximité d'un thermomètre,
- les courbes tautochrones de chacun des champs observés,
- les déformations permanentes et élastiques superficielles représentées en fonction du temps, avec les courbes des isothermes -1°C , 0°C et $+1^{\circ}\text{C}$,
- les déformations relevées à l'intérieur du modèle à différentes époques,
- la répartition des teneurs en eau lors du gonflement maximum avec, en référence, une courbe analogue obtenue en période de stabilisation hydraulique du modèle,
- les relevés de la cuvette de déformation après perte de portance s'il y a lieu, ou les déformations superficielles transversales à la fosse, à différentes époques d'un cycle.

La liste des annexes permettra au lecteur de retrouver les diagrammes qui pourraient l'intéresser.

3.2. Commentaires sur les diagrammes

3.2.1. Courbes de température

Les diagrammes de la température de l'air établis lors du deuxième essai sur le champ No 3, des deux essais sur le champ No 1 et du premier essai sur le champ No 1 présentent de nombreuses pointes provoquées par des arrêts du groupe frigorifique. En raison de l'inertie thermique du modèle, ces incidents ne sont pas reflétés par les courbes isothermiques en période de gel. Par contre, le temps nécessaire au dégel a certainement été diminué par rapport aux cycles au cours desquels la valeur de $+5^{\circ}\text{C}$ a pu être maintenue (1^e EPP3 et 2^e EPP1) tout au long des jours de réchauffement.

La température du fond de fosse fut réglée à $+7^{\circ}\text{C}$ pour les six premiers essais et à $+4^{\circ}\text{C}$ pour le dernier sur le champ No 1; cette valeur a été introduite lors du dessin des tautochrones. Comme cette température n'a pas pu être maintenue par

le système de régulation thermique du radier lorsque le front de froid s'abaissait trop, il en résulte un gradient thermique important entre les niveaux - 1,90 et - 2,0 m. Ce gradient, visible sur les courbes tautochrones, est certainement inexact, car la température du radier est descendue jusqu'à + 3°C ou + 4°C selon le niveau de l'isotherme zéro degré.

Lors des trois essais sur le champ No 1, la couverture isolante fut ramenée au bord du champ No 2 (annexe No 2.3). De ce fait, le modèle n'était plus isolé en profondeur à la limite des champs No 3 et 2 et ce dernier a subi un échauffement latéral. Nous nous sommes donc limités à la représentation des mesures faites sur le champ No 1.

3.2.2. Déformations superficielles

Les déformations élastiques superficielles enregistrées sous la charge périodique sont une à deux fois plus faibles que celles mesurées selon la procédure normalisée. Cette différence est due aux charges, respectivement de 40,8 et 50 kN, mais aussi à la vitesse d'application de la charge, car la stabilisation des déformations n'est pas possible dans le premier cas.

On remarquera le peu d'influence d'un cycle de gel et dégel sur la déflexion élastique. Les valeurs relevées avant et après le gel ne diffèrent pas, sauf dans les heures qui précèdent et suivent la rupture.

Les annexes No 9.31 et 6.21 décrivent le phénomène de rupture par poinçonnement, résultat de la mise en boullance de l'infrastructure limoneuse en raison de l'augmentation de la teneur en eau. Le poinçonnement de la chaussée, mesuré par les comparateurs, se produit quelques heures après la fermeture de l'isotherme zéro degré. Le temps nécessaire à la formation de la cuvette (annexes No 9.35 et 7.24) est de quelques minutes. La valeur de l'enfoncement n'est pas significative, la course du vérin ayant été limitée. La différence entre les valeurs lues sur les comparateurs et celles obtenues par nivellement d'un point éloigné de un mètre traduit l'évolution de la cuvette de déformation. Après cet enfoncement brutal, les tassements se poursuivent à un rythme accéléré, mais sans à coups, jusqu'à la stabilisation.

3.2.3. Déformations du modèle

La répartition des tassements de rupture sur la hauteur du modèle apparaît aux annexes No 9.34 et 6.24. On constate que la fondation n'est pas déformée, mais que le limon répercute très profondément ces déformations dont la plus grande partie se produit immédiatement sous la forme de l'infrastructure.

Ces diagrammes montrent également que la zone dans laquelle se produisent les plus forts gonflements est située sous la fondation. Les carottes prélevées nous ont permis de contrôler la

présence de nombreuses lentilles de glace à ce niveau (annexe No 2.4).

Les légers tassements observés en-dessous de la zone de formation des lentilles de glace, lors de la période de gel, sont probablement dus à la succion capillaire dont les valeurs élevées sont représentées sur les courbes de température.

3.2.4. Teneur en eau

Ces figures montrent l'évolution des teneurs en eau durant la période de gel. On observe une diminution de la teneur en eau au-dessous du niveau atteint par l'isotherme zéro degré et une augmentation en-dessus. Ce mouvement d'eau assure la formation des lentilles de glace dans la partie supérieure de l'infrastructure.

3.3. Caractéristiques géotechniques finales du modèle

Quelques mois après le dernier essai de perte de portance au dégel, le revêtement bitumineux et la grave de fondation furent enlevés pour permettre la réalisation d'une superstructure stabilisée au ciment.

Lors du démontage, les caractéristiques géotechniques relevées pendant la construction du modèle furent à nouveau mesurées.

3.3.1. Fondation

Le poids volumique et l'humidité ont été déterminés à l'aide d'un nucléodensimètre sur les champs No 1 à 3. Les teneurs en eau à chaque station de l'appareil ont été contrôlées par séchage d'échantillons. Une différence importante entre les deux types de mesure d'humidité apparaît dans le tableau ci-après.

Deux essais de plaque ont été effectués selon la procédure rapide sur chacun des champs No 1 à 3. Les valeurs moyennes de chaque champ figurent dans le tableau No 1. Par rapport aux mesures faites lors de la construction du modèle, la portance a augmenté. Cette augmentation est particulièrement sensible sur le champ de plus faible fondation qui, après le dernier cycle de froid, a supporté de nombreux passages de l'ornièreur. Les champs No 1 et 2, par contre, n'ont pas été compactés après la fin des essais de gel.

	Nombre de mesures n	Moyenne $\bar{m}$	Ecart- type σ
Poids volumique mesuré au nucléodensimètre [kN·m ⁻³]	6	22.5	1.7
Teneur en eau mesurée au nucléodensimètre [%]	6	5.40	0.38
Teneur en eau mesurée sur échantillons [%]	6	2.76	0.17
Essais M _E "rapides": $\Delta p = 30 - 180 \text{ kN} \cdot \text{m}^{-2}$		M _{E1} [kN·m ⁻²]	M _{E2} [kN·m ⁻²]
Champ No 3 : Epaisseur fondation 30 cm	2	114 783	631 312
Champ No 2 : Epaisseur fondation 40 cm	2	85 331	340 350
Champ No 1 : Epaisseur fondation 50 cm	2	76 090	364 218

Tableau No 1 : Résultats moyens des essais sur la
couche de fondation

3.3.2. Infrastructure

Les mêmes mesures de densité et d'humidité furent entreprises sur l'infrastructure limoneuse. Elles furent complétées par le relevé du coefficient CBR à l'aide de la sonde FARNELL. On remarque une très légère diminution du poids volumique et de la portance, la teneur en eau de surface étant égale à celle mesurée lors de la construction. Il convient de relever l'absence de tout mélange entre le sol limoneux et la grave de fondation au niveau de la forme de l'infrastructure (annexe No 10.1).

Les essais de plaque furent effectués selon la procédure normale et le programme suivant:

Paliers de charge : 50 - 100 - 150 - 200 - 50 - 250 kN·m⁻²

En concordance avec la mesure du coefficient CBR, on observe une réduction de la valeur moyenne de la portance. Le coefficient M_E, mesuré sur le champ No 3, compacté après le gel, n'est pas diminué. Les champs No 1 et 2, par contre, non compactés après le dernier cycle thermique, ont une portance sensiblement réduite par rapport aux valeurs relevées lors de la construction du modèle.

Le tableau ci-après donne les résultats des différentes mesures.

	Nombre de mesures n	Moyenne $\bar{m}$	Ecart- type σ
Coefficient CBR [%]	140	6.4	2.2
Poids volumique mesuré au nucléodensimètre [kN·m ⁻³]	18	20.8	0.9
Teneur en eau mesurée au nucléodensimètre [%]	18	18.5	2.5
Teneur en eau mesurée sur échantillons %	18	16.1	2.4
Essais M_E "lents": $\Delta p_1 = 50 - 150 \text{ kN} \cdot \text{m}^{-2}$ $\Delta p_2 = 50 - 250 \text{ kN} \cdot \text{m}^{-2}$		M_{E1} [kN·m ⁻²]	M_{E2} [kN·m ⁻²]
	2	21 100	38 800
	2	12 300	23 600
	2	12 800	16 300
	6	15 400	26 200

Tableau No 2 : Résultats moyens des essais sur la
forme de l'infrastructure

3.3.3. Conclusions

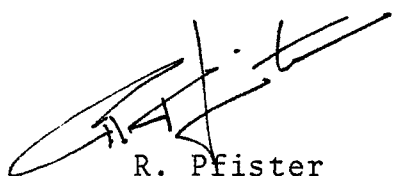
Ces derniers tableaux, comparés avec ceux du premier rapport, montrent la stabilité des caractéristiques géotechniques du modèle, en dépit de 10 cycles de gel - dégel et des nombreuses charges ponctuelles ou roulantes appliquées au cours de trois ans de recherches.

Ils montrent également que la portance, fortement réduite après le gonflement du sol, reprend sa valeur initiale sous l'effet de compactage du trafic.

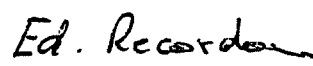
* * *

Les auteurs du rapport:

Le Professeur responsable:


R. Pfister


M. Dysli


E. Recordon

Tentative de quantification de la perte de portance au dégel

M. Dysli et R. Pfister, Laboratoire de mécanique des sols de l'Ecole polytechnique fédérale de Lausanne (EPFL)

Préambule

Quoiqu'elle se fasse de plus en plus rare en Suisse, de par le bon, voire le généreux dimensionnement de nos routes, la destruction des chaussées par perte de portance au dégel est un phénomène qualitativement bien connu. Il l'est même depuis fort longtemps: en janvier 1820, *McAdam* l'observait et le décrivait déjà. Par la suite, le rôle de la formation puis de la fonte des lentilles de glace dans les infrastructures de chaussées constituées de sols limoneux et limono-argileux fut mis en évidence, notamment par l'Américain *Taber* (1930) et le Suédois *Beskow* (1935).

Le dimensionnement des chaussées sur ces infrastructures dites gélives a tenu compte petit à petit de ce phénomène en fonction de l'évolution des charges sur les essieux de camions. La démarche qui a conduit aux méthodes modernes de dimensionnement au gel a été cependant presque exclusivement empirique.

Les mesures des gonflements et les mesures de portance sur la surface des chaussées, qui ont été réalisées dans la plupart des pays à climat froid ou tempéré pendant de nombreux hivers et printemps, n'ont pu être que ponctuelles dans le temps et dans l'espace topographique. Ainsi, elles n'ont jamais pu décrire exactement un phénomène destructif de perte de portance au dégel.

La quantification exacte de la perte de portance au dégel a pu, pour la première fois, être tentée dans la nouvelle installation d'essais en vraie grandeur que le Laboratoire de mécanique des sols de l'EPFL a construit sur le nouveau site de l'Ecole polytechnique fédérale, à Ecublens près de Lausanne.

Cet article résume les principaux résultats obtenus lors de ces essais qui ont reçu un appui financier important de la commission de recherche en matière de route du Département fédéral de l'intérieur.

Objectifs des essais

L'objectif général des essais de comportement au gel et au dégel d'une superstructure routière entrepris dans la fosse d'essais d'Ecublens est l'amélioration des critères de choix des coefficients de portance nécessaires au dimensionnement d'une superstructure classique, constituée d'une couche de grave pour fondation et d'un revêtement bitumineux. La construction en vraie grandeur d'une infrastructure et d'une superstructure de chaussée pourvue chacune d'une instrumentation très élaborée et la réalisation d'essais de comportement au gel étant une entreprise de très longue haleine, ce modèle a été utilisé pour les différents objectifs particuliers suivants:

- comportement mécanique du milieu stratifié constitué par les couches d'une chaussée,
- résistance à l'orniérage d'un revêtement hydrocarboné,
- étude des phénomènes liés au gel dans la zone non saturée de l'infra- et de la superstructure,
- tentative de quantification de la perte de portance au dégel.

Seuls les deux derniers objectifs sont traités dans cette communication et les résultats des mesures en vue de l'étude des phénomènes liés au gel dans la zone non saturée ne sont que très brièvement décrits. Les autres objectifs feront l'objet d'autres publications.

Dispositif et programme des essais

Le modèle de la chaussée est construit dans une fosse de 19 m de longueur, 5 m de largeur et 2 m de profondeur (fig. 1 et 2). Il comprend une infrastructure constituée d'un limon très gélif surmontée d'une superstructure routière constituée d'une fondation en grave d'épaisseur variable et d'un revêtement hydrocarboné de 12 cm d'épaisseur formé lui-même de 7 cm d'enrobé HMT25 et de 5 cm de tapis AB10. Les principales caractéristiques du limon et de la grave font l'objet de la figure 3.

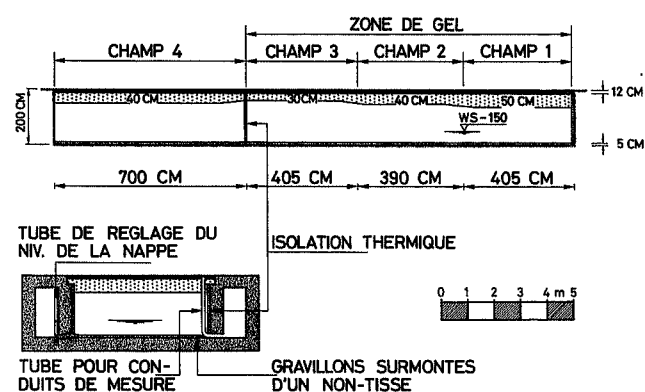


Fig. 1. Profil en long et coupe de la fosse d'essais.

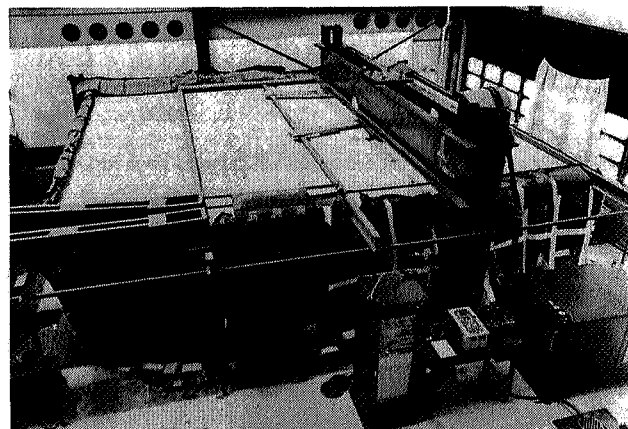


Fig. 2. Vue générale des installations de la chaussée d'essais.

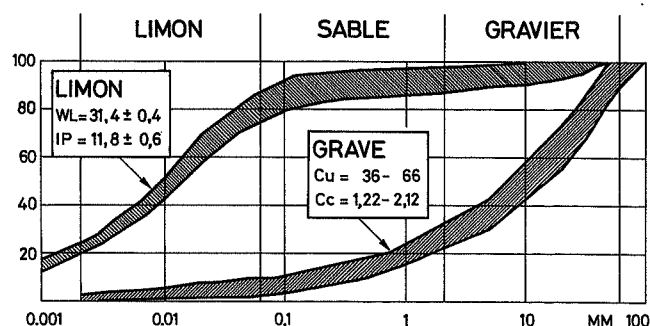


Fig. 3. Principales caractéristiques des matériaux de l'infra- et de la superstructure.

pour chaque champ d'essais d'épaisseur de fondation différente. La durée de chacune de ces périodes a été de cinquante jours environ. Les cycles de gel-dégel utilisés pour ces essais correspondent à un hiver froid mais pas exceptionnel ($I_G = 200$ à $400^\circ\text{C}\cdot\text{jour}$).

Sur chaque champ d'essais nous avons tenté – et réussi sur deux champs – à obtenir un cycle de gel-dégel ne provoquant que de légères déformations permanentes de la surface de roulement et un cycle de gel-dégel, correspondant à un hiver plus rigoureux, conduisant à la rupture par poinçonnement de l'infrastructure.

Résultats

Les principaux résultats obtenus lors des essais de perte de portance au dégel sont illustrés par les figures 5 à 10.

Cependant, seuls les résultats des essais de perte de portance au dégel entrepris sur le champ 2 (fondation de 40 cm) sont illustrés et discutés en détail ci-après car les résultats obtenus sur le champ 1 (fondation de 50 cm) et sur le champ 3 (fondation de 30 cm) ont la même allure générale. Les figures 5 et 6 décrivent l'évolution en fonction du temps :

- des déformations élastiques et permanentes de la surface de roulement,
- des températures de l'air et du revêtement,
- et de la position sous la chaussée des isothermes -1 et $+1^\circ\text{C}$.

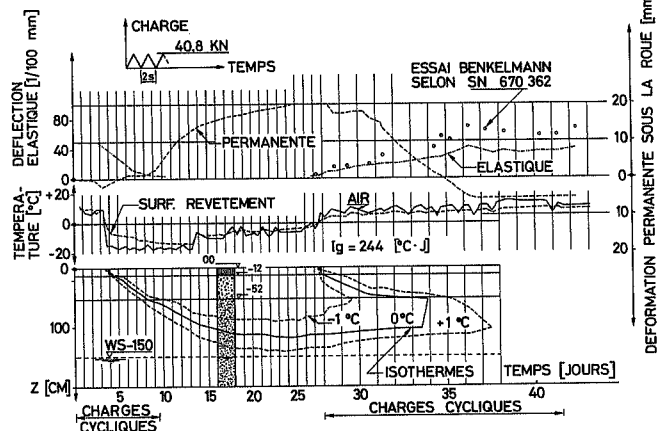


Fig. 5. Cycle de gel-dégel sans poinçonnement: variation des paramètres en fonction du temps.

La figure 5 décrit un cycle de gel-dégel où la fondation a résisté à la perte de portance au dégel ($I_G = 244^\circ\text{C}\cdot\text{jour}$) et la figure 6 un cycle de gel-dégel qui a conduit au poinçonnement de l'infrastructure ($I_G = 376^\circ\text{C}\cdot\text{jour}$).

Les tautochrones sous le champ 1 pendant le cycle de gel-dégel décrit par la figure 5 sont reproduits sur la figure 7; sur cette même figure on trouvera encore l'évolution des succions pendant ce même cycle thermique. Les valeurs de succion et de températures représentées sont celles du champ 1, car un des tensiomètres placés sous le champ 2 était défectueux.

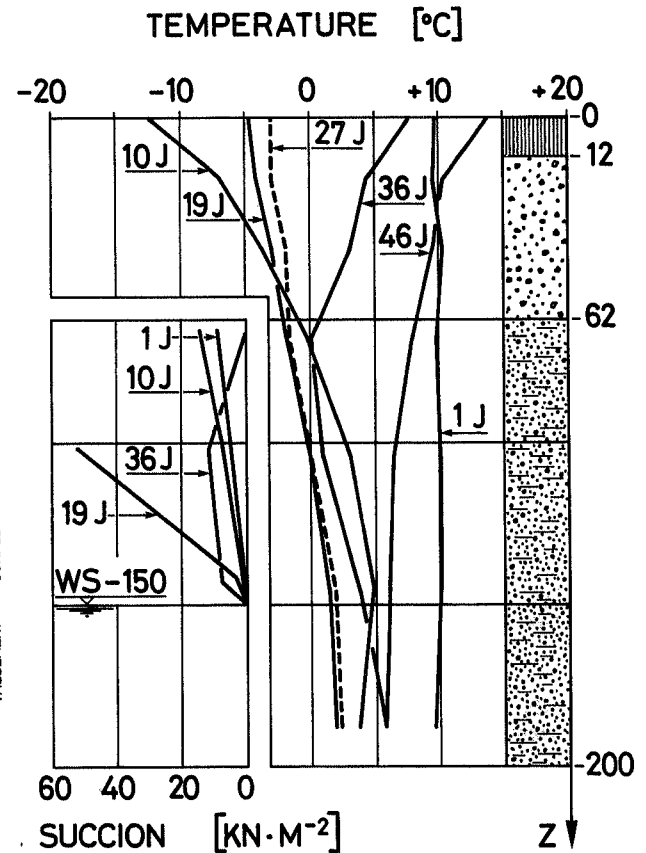


Fig. 7. Tautochrones et succion sous le champ 1 (cycle de gel-dégel de la fig. 5).

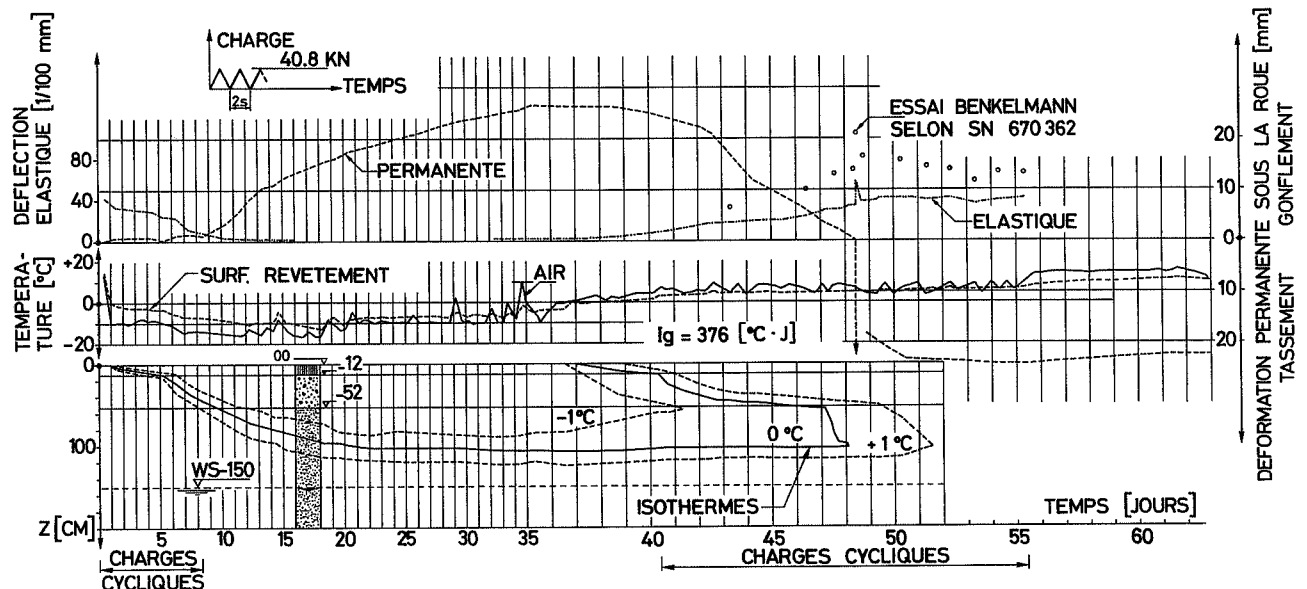


Fig. 6. Cycle de gel-dégel avec poinçonnement: variation des paramètres en fonction du temps.

ture. Après cette fermeture, les comparateurs situés à 4,0 m du jumelage se mettaient à osciller au même rythme que la charge, ce qui indique une mise en pression de l'eau interstitielle sur une très grande surface. En ce qui concerne les déflexions, on constate, comme pour l'essai décrit par la figure 5, que les valeurs mesurées pendant le dégel ne dépassent pour ainsi dire pas les valeurs mesurées avant ou après le cycle de gel-dégel, cela sauf au moment du poinçonnement où les déflexions augmentent brusquement sans pour autant atteindre des valeurs extrêmes (env. 1,0 mm selon SN 670362).

Sur les figures 5 et 6, la lente remontée de l'isotherme 0°C inférieure pendant le dégel nous montre l'importance de la chaleur latente de fusion de la glace.

Toute l'histoire des déformations sous la surface de roulement est écrite sur la figure 8. Au début du cycle de gel, on observe un léger phénomène de gélivité de la partie supérieure de la fondation: cette zone gonfle de quelque 1 à 2 mm (courbes du 1er et du 22e jour de la fig. 8). Ce gonflement est dû au transport de la vapeur d'eau de la zone chaude de l'infrastructure vers la zone froide constituée par le revêtement hydrocarboné. Ce transport d'eau est confirmé par la répartition des teneurs en eau dans la fondation, après le gel et après le dégel, décrite par la figure 9.

Lorsque l'isotherme 0°C atteint le limon et provoque la formation des premières lentilles de glace dans ce sol, la vapeur d'eau ne s'écoule pour ainsi dire plus dans la fondation de par le faible gradient thermique et la coupure étanche créée par les lentilles. Ce phénomène d'écoulement est alors limité à la couche de limon se situant en dessous de l'isotherme 0°C. Au-dessus, les lentilles de glace se forment petit à petit du haut vers le bas et provoquent les gonflements de plusieurs centimètres que l'on peut constater sur la figure 8 (courbes des 22e et 40e jour). Cette figure ne montre pas la croissance de l'épaisseur de la zone des lentilles de glace, car les capteurs magnétiques de déplacement n'avaient pas un espacement suffisamment petit.

En dessous de cette zone, on observe un léger tassement du limon dû très probablement à la succion capillaire engendrée par le gel de l'eau interstitielle et de la vapeur d'eau au-dessus de l'isotherme 0°C. Comme le montre la figure 7, cette succion capillaire est en effet importante et peut atteindre, dans le limon choisi pour l'infrastructure, 60 kPa, soit 6 mètres d'eau!

Dans les lignes ci-dessus, nous avons admis que l'isotherme 0°C constituait la limite inférieure de la formation des lentilles de glace; en réalité, ce phénomène se produit à une température légèrement inférieure du fait de la dépression à laquelle est soumise l'eau interstitielle.

Sur la figure 8, le dégel des lentilles de glace commence à partir du 40e jour et se poursuit jusqu'au 48e jour, moment où se produit le poinçonnement de la fondation décrit sur cette figure, par l'intervalle entre les courbes du 48e et du 50e jour. A l'intérieur de la fondation, les déformations sont négligeables; dans le limon, elle se produisent jusqu'à environ 1,50 m de profondeur. La valeur absolue de ces déformations dans le limon n'est pas caractéristique car, nous le rappelons, nous avons limité l'importance du poinçonnement. Seule l'allure des déformations est à considérer.

L'évolution des valeurs de la succion capillaire décrite sur la figure 7 est aussi pleine d'enseignements. Cette figure doit être interprétée en fonction de la position des tensiomètres sur l'axe de mesure, tensiomètres placés à -66, -101 et -144 cm. Avant le gel, la variation est quasi linéaire et correspond au régime permanent des succions d'un sol limoneux au-dessus d'une nappe phréatique (1er jour). Tant que l'isotherme 0°C est dans la fondation non gélive, l'ac-

croissement de la succion capillaire est très faible (10e jour). Dès que cette isotherme pénètre dans le limon, la succion augmente brutalement pour atteindre, sous la zone des lentilles de glace, des valeurs pouvant dépasser 60 kPa, cela bien entendu dans le limon utilisé pour les essais, limon que l'on peut qualifier de très gélif. A ce moment et sur la figure 7, le tensiomètre placé à -66 cm se trouve dans la zone gelée et ne fonctionne plus. Juste après le dégel, soit au 36e jour (la fig. 7 correspond au cycle de gel-dégel décrit par la fig. 5), la tension capillaire s'annule juste sous la fondation alors qu'elle dépasse encore le régime d'équilibre à -101 et -144 cm.

Le résultat du transport vertical de l'eau, essentiellement sous forme gazeuse, de la zone chaude vers la zone froide du limon, et de la formation des lentilles de glace est mis en évidence par la comparaison de la répartition des teneurs en eau mesurées avant le gel avec celles mesurées après une période de gel (fig. 9). Le débit moyen approximatif que l'on peut calculer en faisant le bilan, schématisé sur la figure 9, est de 0,3 l·m⁻²·jour⁻¹ pour un gradient thermique moyen et approximatif de 7°C·m⁻¹. Ce débit est proportionnel au gradient thermique vertical, ce qui explique la variation des vitesses de gonflement en fonction du temps. Le gradient du gonflement varie en effet comme le gradient thermique.

La figure 10 tente enfin de faire la synthèse des six essais de perte de portance au dégel et utilise pour cela une relation entre l'épaisseur de la fondation, le gonflement et la résistance ou le poinçonnement de l'infrastructure. Les déformations rémanentes après le dégel sont associées aux points décrivant les essais où la fondation a résisté à la perte de portance au dégel. Ces déformations rémanentes sont les seules valeurs qui permettent de quantifier la perte de portance au dégel car, comme nous l'avons montré plus haut, les déflexions élastiques ne peuvent être utilisées pour cela. Ces déformations rémanentes permettent aussi, sur cette figure et dans une certaine mesure seulement, d'interpoler la limite entre le poinçonnement et la résistance, avec perte de portance, de la fondation.

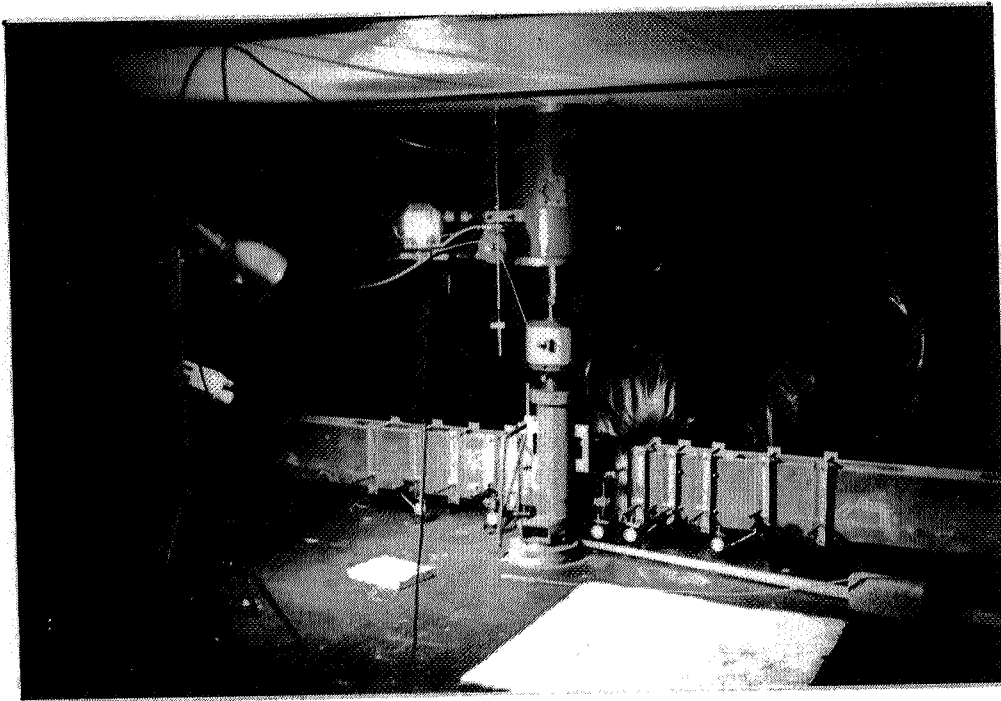
Conclusions

Les conclusions que l'on peut tirer aujourd'hui des essais de perte de portance au dégel entrepris dans la fosse d'essais en vraie grandeur d'Ecublens sont provisoires. En effet, ces essais viennent de se terminer et un long travail de synthèse des très nombreux résultats obtenus est encore à faire. Cependant, nous pouvons déjà tenter d'en tirer certains enseignements.

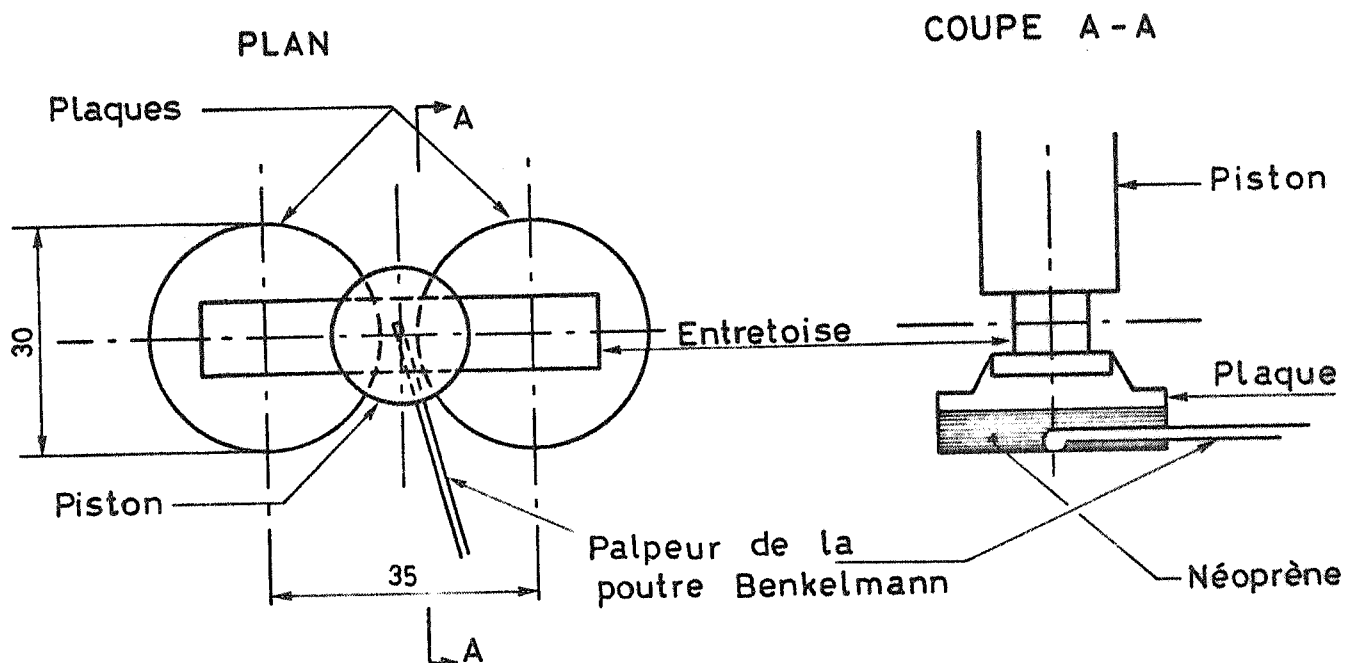
Les résultats de ces essais montrent, tout d'abord, que la norme de dimensionnement SN 640328: prévention des dégâts dus au gel, tend à surdimensionner les chaussées construites sur terrain gélif. Par exemple, si l'on compare les 40 cm d'épaisseur de la fondation du champ d'essais qui a été discuté dans cette communication et qui a subi sans dommage un cycle de gel-dégel donnant un indice de gel de 244°C·jour avec une même chaussée dimensionnée selon la norme SN 640328, on pourra conclure que l'application de cette norme conduit à un léger surdimensionnement de la superstructure: 60 cm selon SN 640328 et environ 50 cm selon nos essais. La fondation de 50 cm, qui a résisté sans dommage à un cycle de gel-dégel donnait un indice de gel de 416°C·jour, aurait, elle, dû avoir une épaisseur d'environ 70 cm si elle avait été dimensionnée au moyen de cette même norme. Dans ce cas, l'application de cette norme conduit à un surdimensionnement important.

Un autre enseignement des plus importants que l'on peut

SIMULATEUR DE TRAFIC



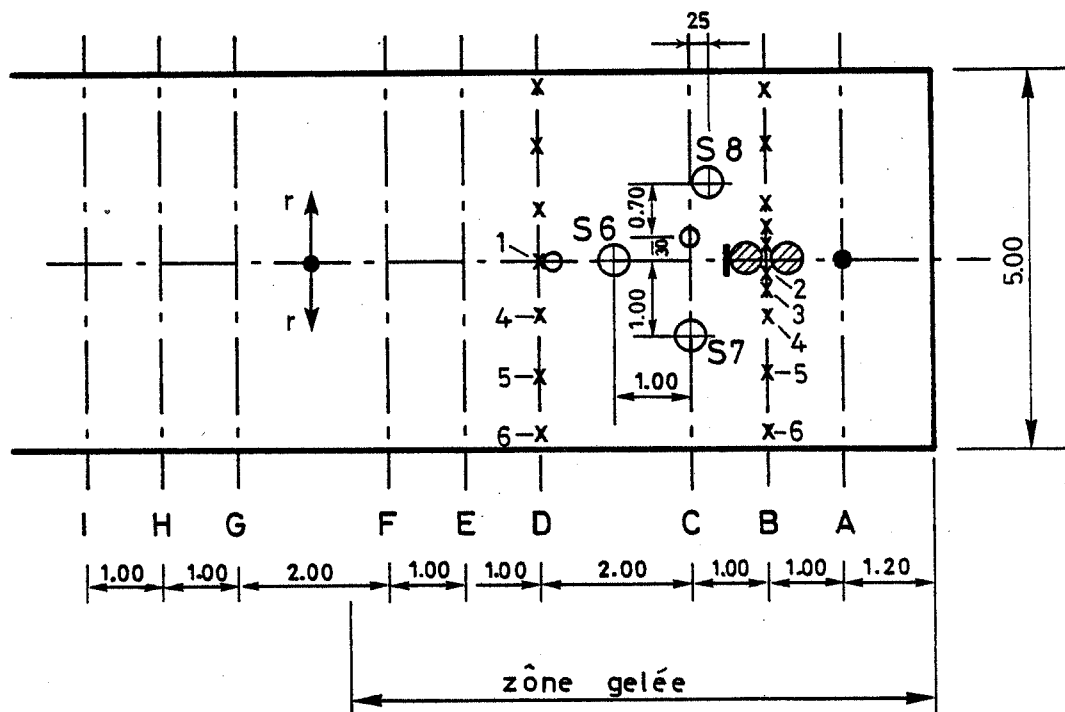
APPAREIL DE CHARGE



ESSAIS DE PERTE DE PORTANCE SUR LE CHAMP N°1

Situation des mesures superficielles et des sondages

1^{er}, 2^e et 3^e essais sur le champ n°1



⊗	Charge	1 : $r = 0$
●	Capteur magnétique	2 : $r = 17$
○	Nivellement	3 : $r = 33$
x	Comparateur	4 : $r = 71$
⊕	Sondage	5 : $r = 151$
	Thermomètre	6 : $r = 230$

S6 : 1^{er} EPP1 avant gel

S7 : 1^{er} EPP1 32^e jour

S8 : 2^e EPP1 32^e jour

ESSAIS DE PERTE DE PORTANCE SUR LES CHAMPS N° 2 ET 3

Situation des mesures superficielles et des sondages

X^e EPP_n: xième essai de perte de portance sur le champ n

1^{er} et 2^e essais sur le champ n° 3

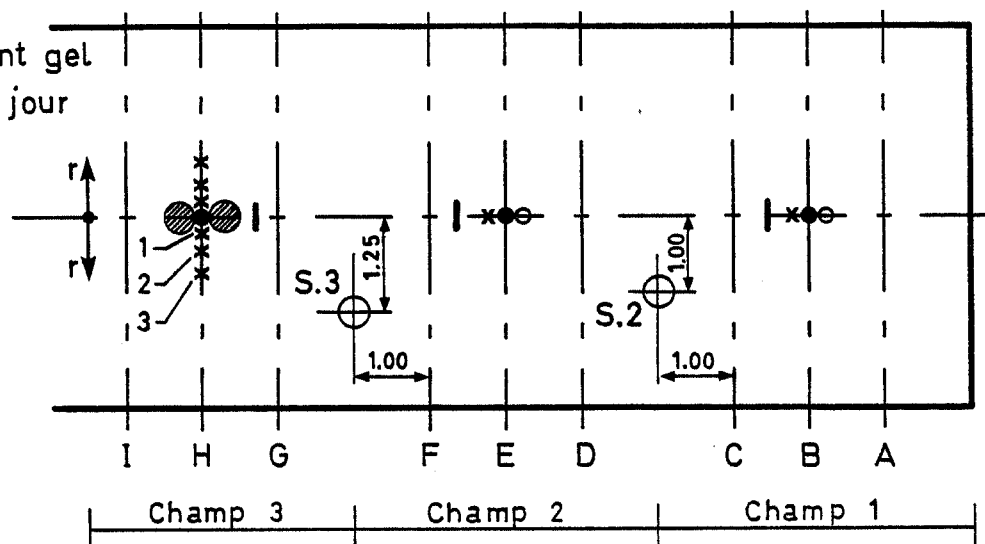
S2 : 1^{er} EPP3 avant gel

S3 : 1^{er} EPP3 11^e jour

1 : r = 17 cm

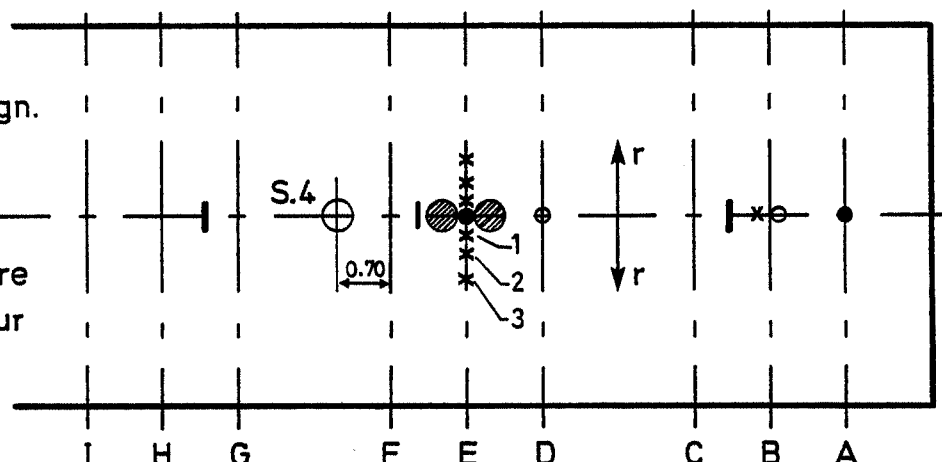
2 : r = 33 cm

3 : r = 71 cm



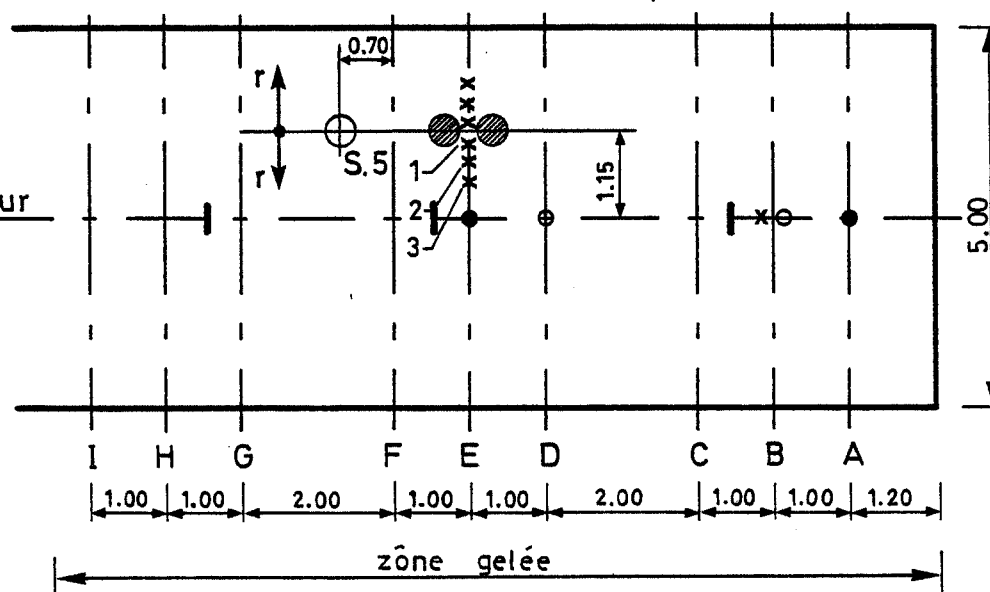
1^{er} essai sur le champ n° 2

- Charge
 - Capteur magn.
 - Nivellement
 - x Comparateur
 - ⊕ Sondage
 - | Thermomètre
- S4 : 1^{er} EPP2 34^e jour



2^e essai sur le champ n° 2

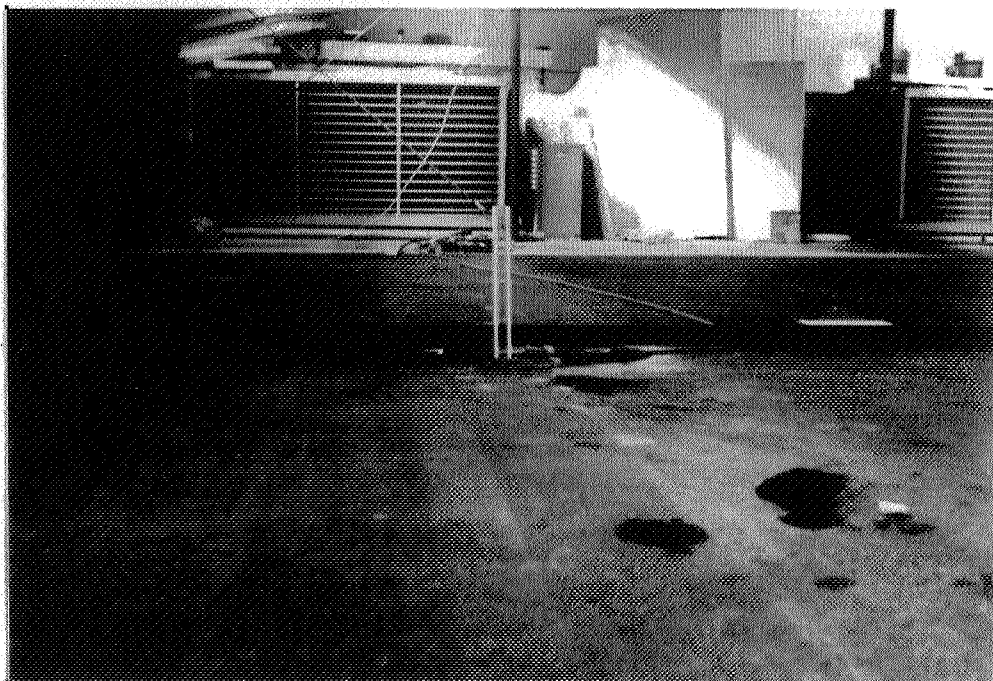
S5 : 2^e EPP2 24^e jour



NIVEAU SUPERIEUR DE L'INFRASTRUCTURE EN PERIODE DE GEL



ZONE CHARGEE APRES RUPTURE



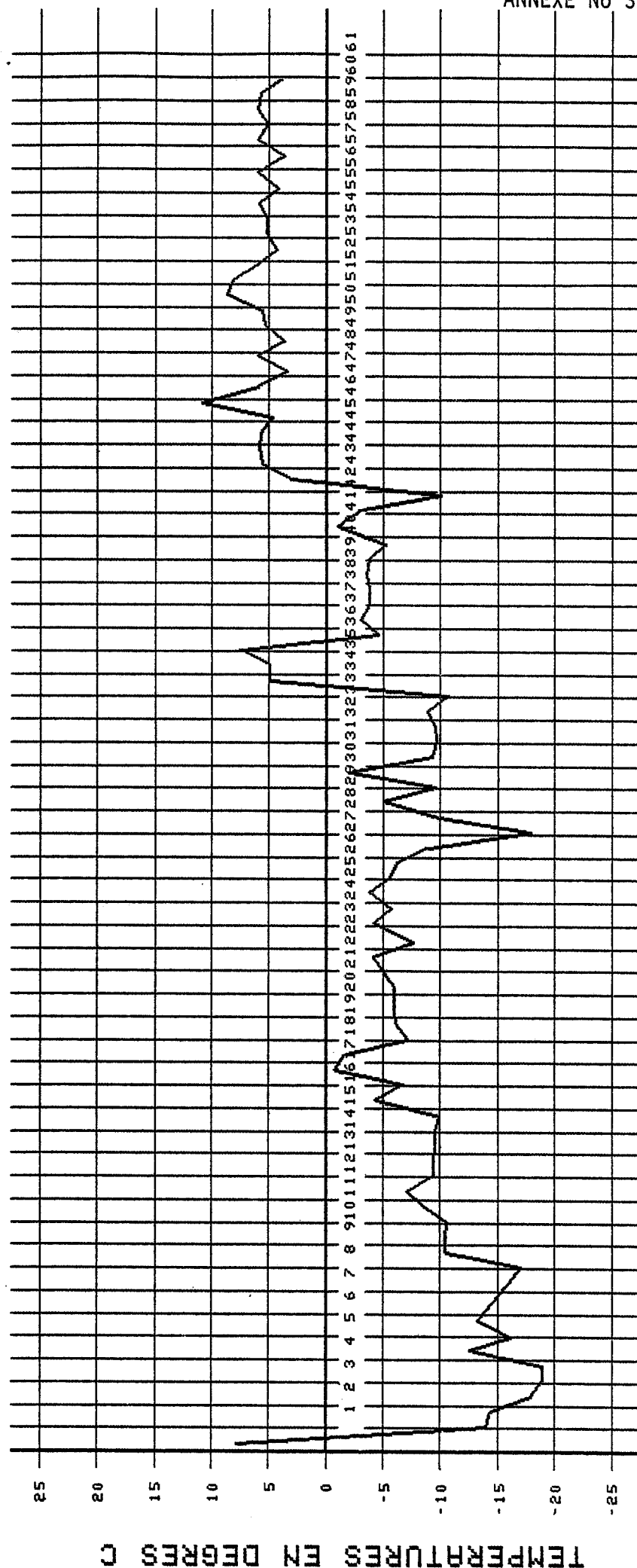
1^e ESSAI DE PERTE DE PORTANCE SUR LE CHAMP No 1

TEMPERATURES A LA SONDE NO 1210 = TEMPERATURE DE L'AIR

CHAMP NO 2 EPAISSEUR DE LA FONDATION 40 CM

NIVEAU DE LA SONDE 100 CM

DATE ET HEURE DU DEBUT DE L'ESSAI 17-JAN-80/0700H



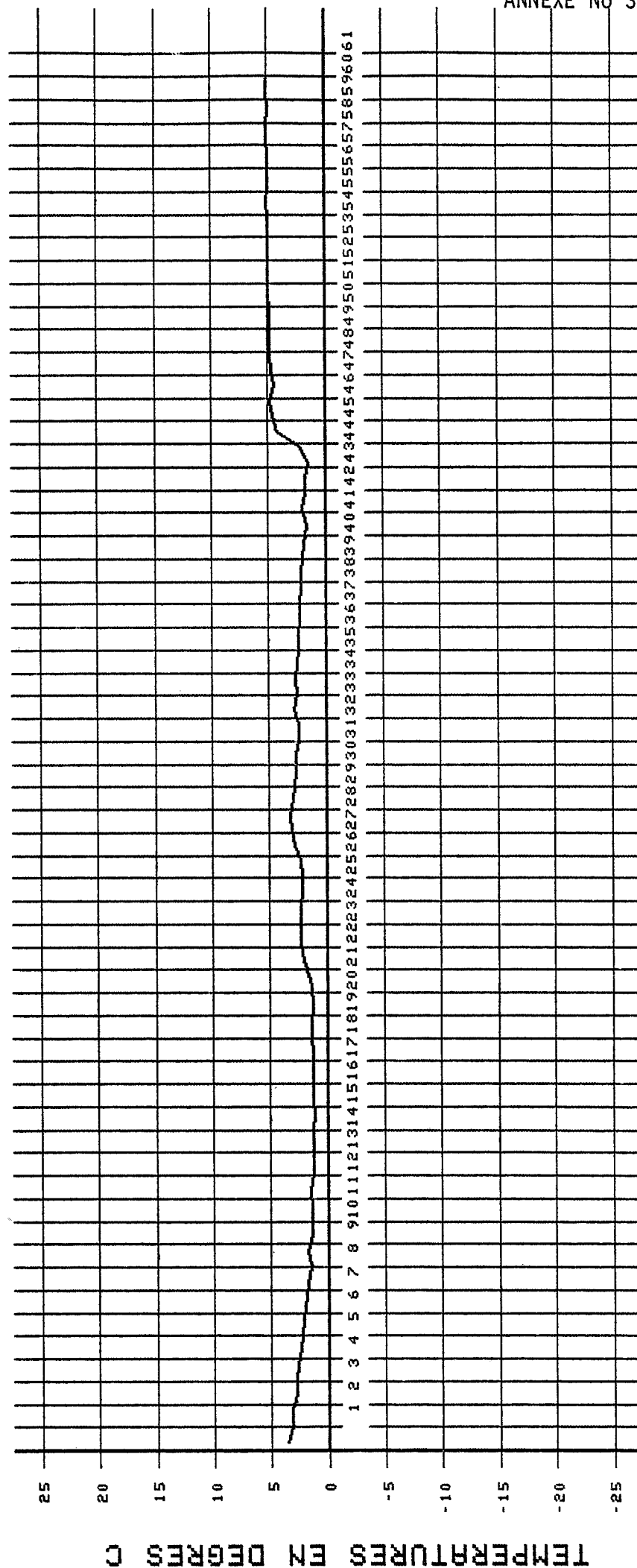
1^{er} ESSAI DE PERTE DE PORTANCE SUR LE CHAMP No 1

TEMPERATURES A LA SONDE NO 1101

CHAMP NO 1 EPAISSEUR DE LA FONDATION 50 CM

NIVEAU DE LA SONDE -187 CM

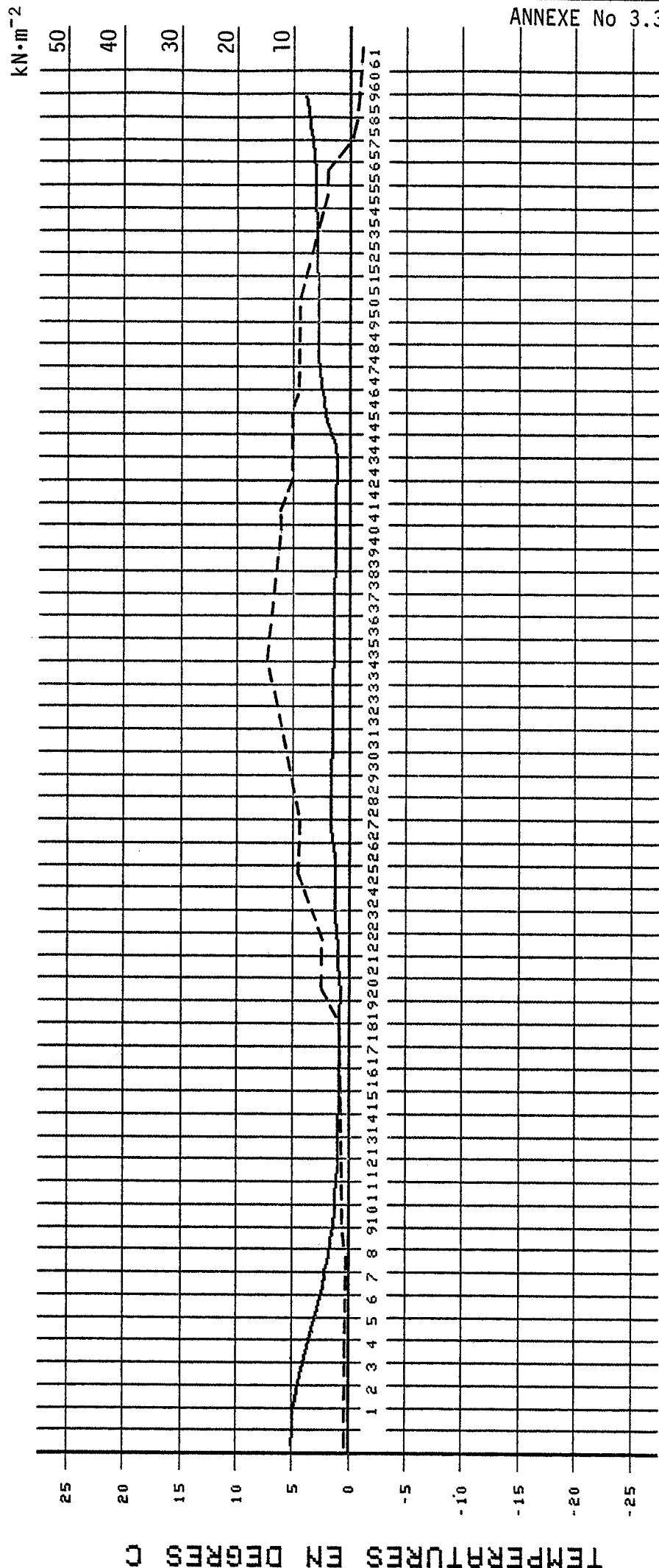
DATE ET HEURE DU DEBUT DE L'ESSAI 17-JAN-80/0700H



1^{er} ESSAI DE PERTE DE PORTANCE SUR LE CHAMP No 1

TEMPERATURES A LA SONDE NO 1102 — TENSIOMETRE No 5101 -----
CHAMP NO 1 EPAISSEUR DE LA FONDATION 50 CM
NIVEAU DES SONDES -145 CM

DATE ET HEURE DU DEBUT DE L'ESSAI 17-JAN-80/0700H

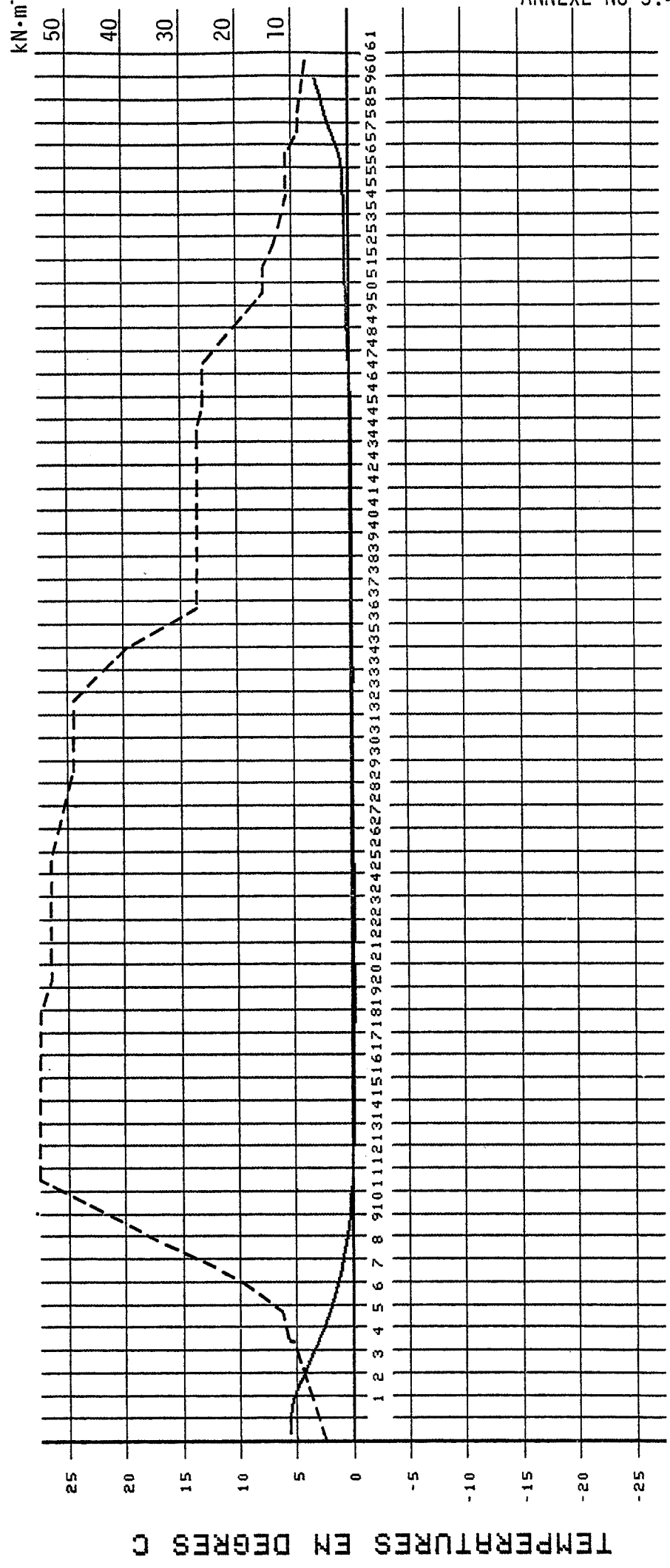


TEMPS EN JOURS 24H = 0.4 CM

1^{er} ESSAI DE PERTE DE PORTANCE SUR LE CHAMP No 1

TEMPERATURES A LA SONDE NO 1103 ——— TENSIOMETRE No 5102 - - - - -
CHAMP NO 1 EPAISSEUR DE LA FONDATION 50 CM
NIVEAU DES SONDES -104 CM

DATE ET HEURE DU DEBUT DE L'ESSAI 17-JAN-80/0700H

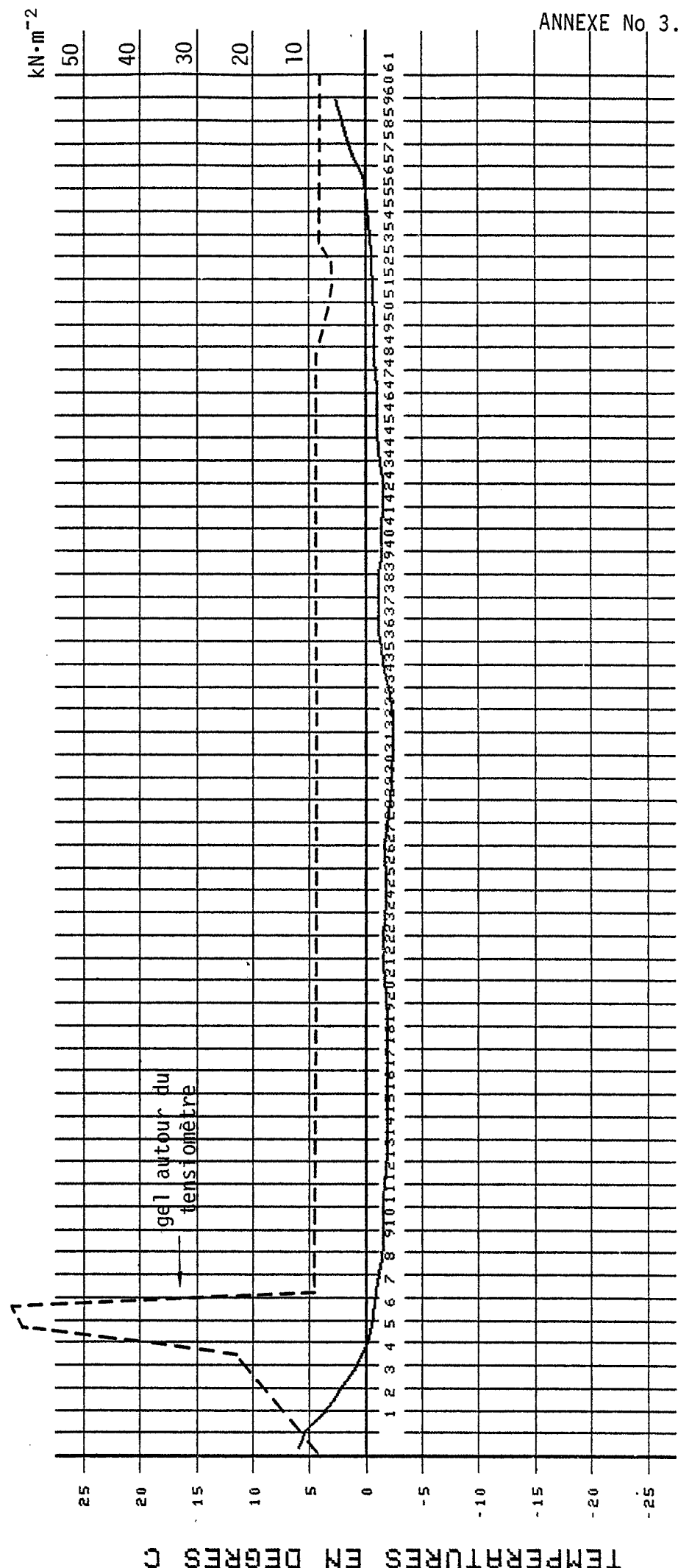


TEMPS EN JOURS 24H = 0.4 CM

1^{er} ESSAI DE PERTE DE PORTANCE SUR LE CHAMP No 1

TEMPERATURES A LA SONDE NO 1104 — TENSIOMETRE No 5103 — — —
CHAMP NO 1 EPAISSEUR DE LA FONDATION 50 CM
NIVEAU DES SONDES -68 CM

DATE ET HEURE DU DEBUT DE L'ESSAI 17-JAN-80/0700H



TEMPS EN JOURS 24H= 0.4 CM

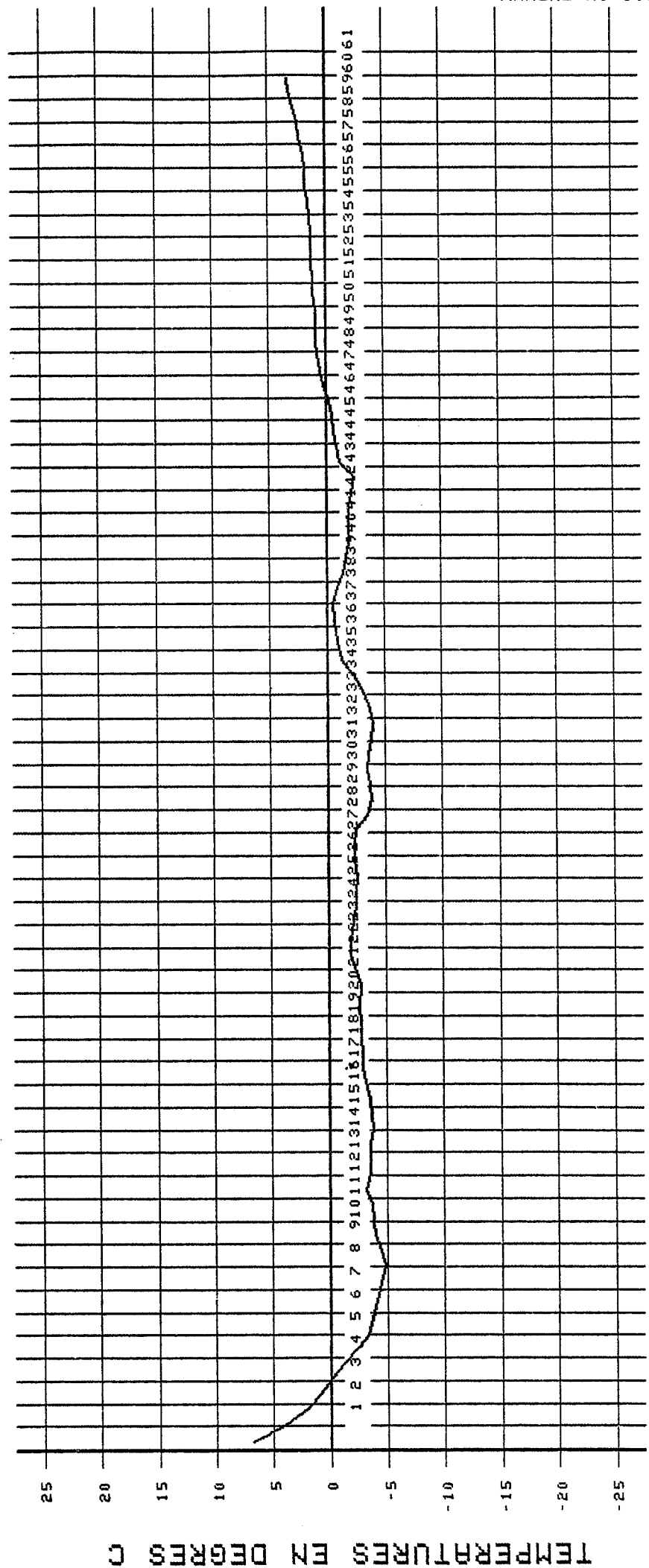
1^{er} ESSAI DE PERTE DE PORTANCE SUR LE CHAMP No 1

TEMPERATURES A LA SONDE NO 1105

CHAMP NO 1 EPAISSEUR DE LA FONDATION 50 CM

NIVEAU DE LA SONDE -40 CM

DATE ET HEURE DU DEBUT DE L'ESSAI 17-JAN-80/0700H



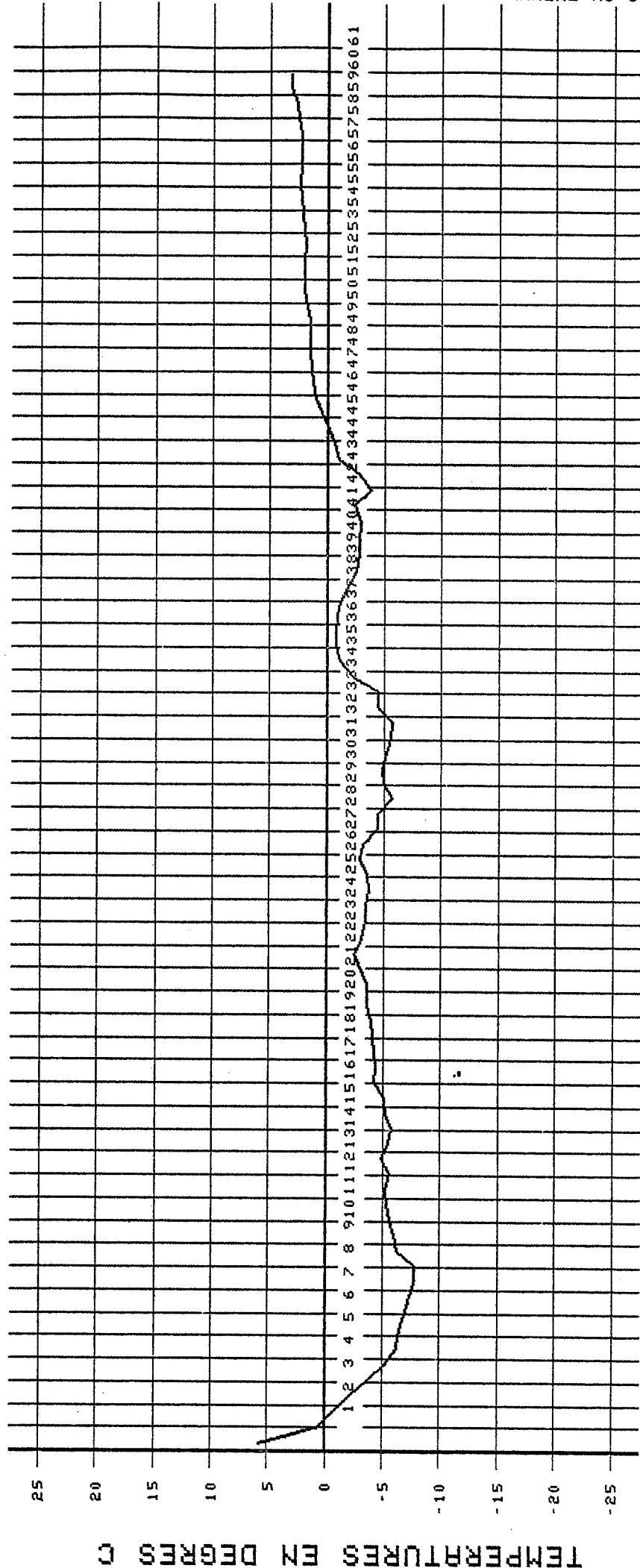
1^{er} ESSAI DE PERTE DE PORTANCE SUR LE CHAMP No 1

TEMPERATURES A LA SONDE NO 1106

CHAMP NO 1 EPAISSEUR DE LA FONDATION 50 CM

NIVEAU DE LA SONDE -19 CM

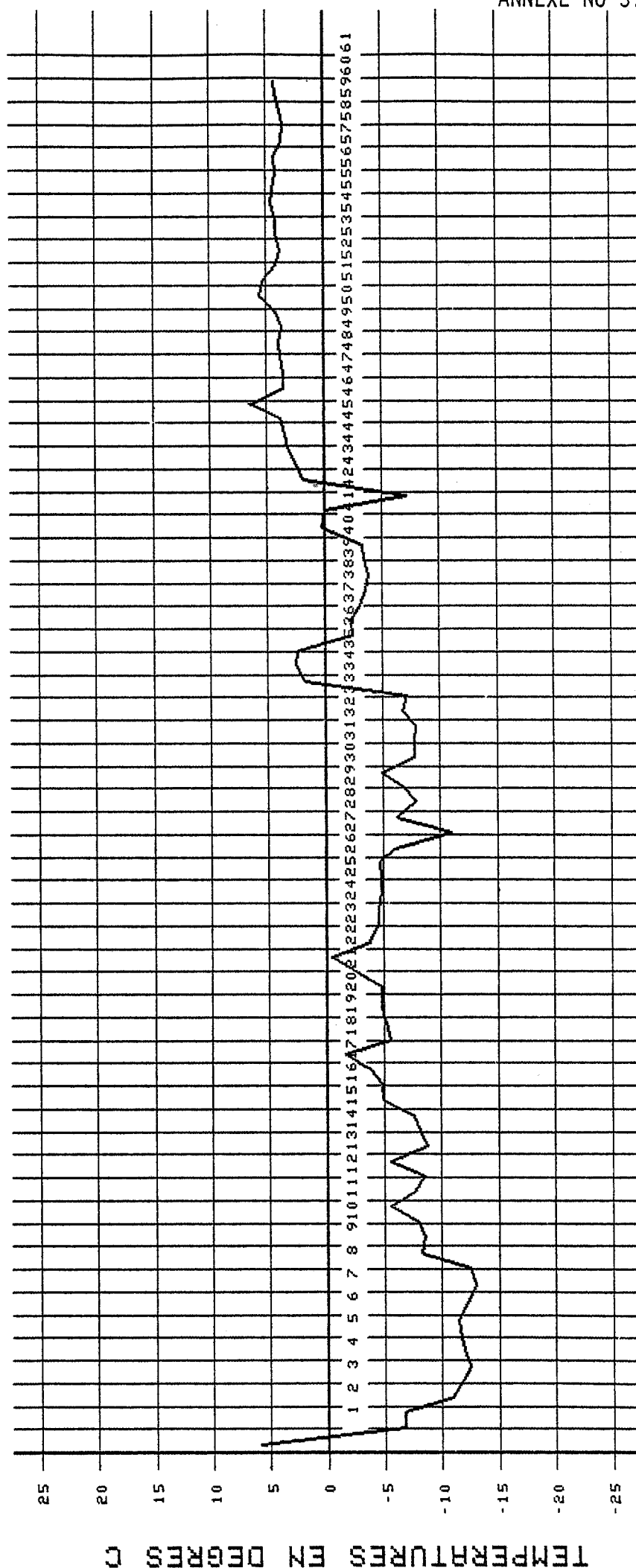
DATE ET HEURE DU DEBUT DE L'ESSAI 17-JAN-80/0700H



TEMPS EN JOURS 24H=0.4 CM

ANNEXE NO 3.7

DATE ET HEURE DU DEBUT DE L'ESSAI 17-JAN-80/0700H



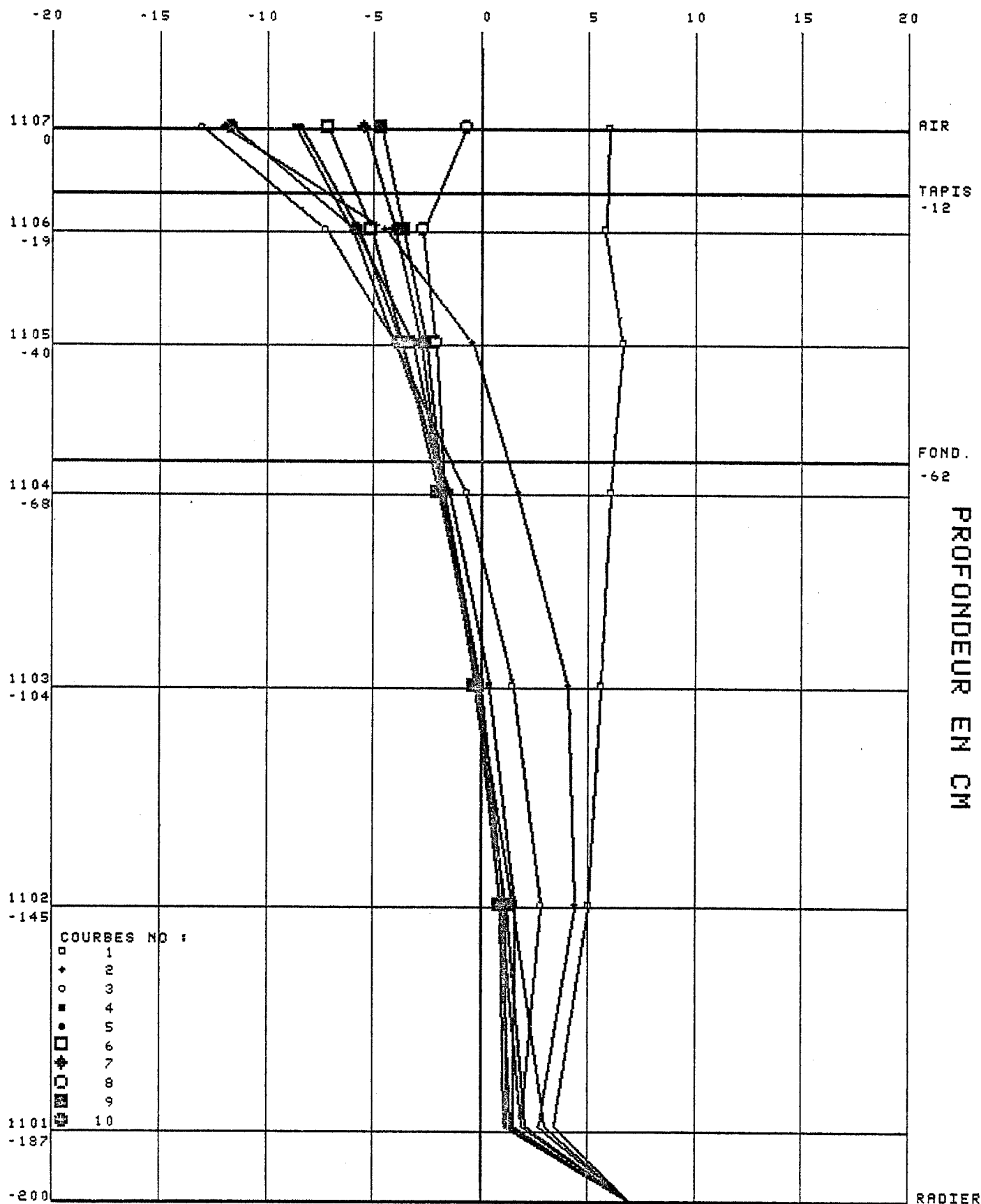
1^{er} ESSAI DE PERTE DE PORTANCE SUR LE CHAMP No 1

TAUTOCHRONES DU CHAMP NO 1 ECART = 72 H.

EPAISSEUR DE LA FONDATION 50 CM

JOUR ET HEURE DU PREMIER TAUTOCHRONE 0J 7H

TEMPERATURE EN DEGRES C



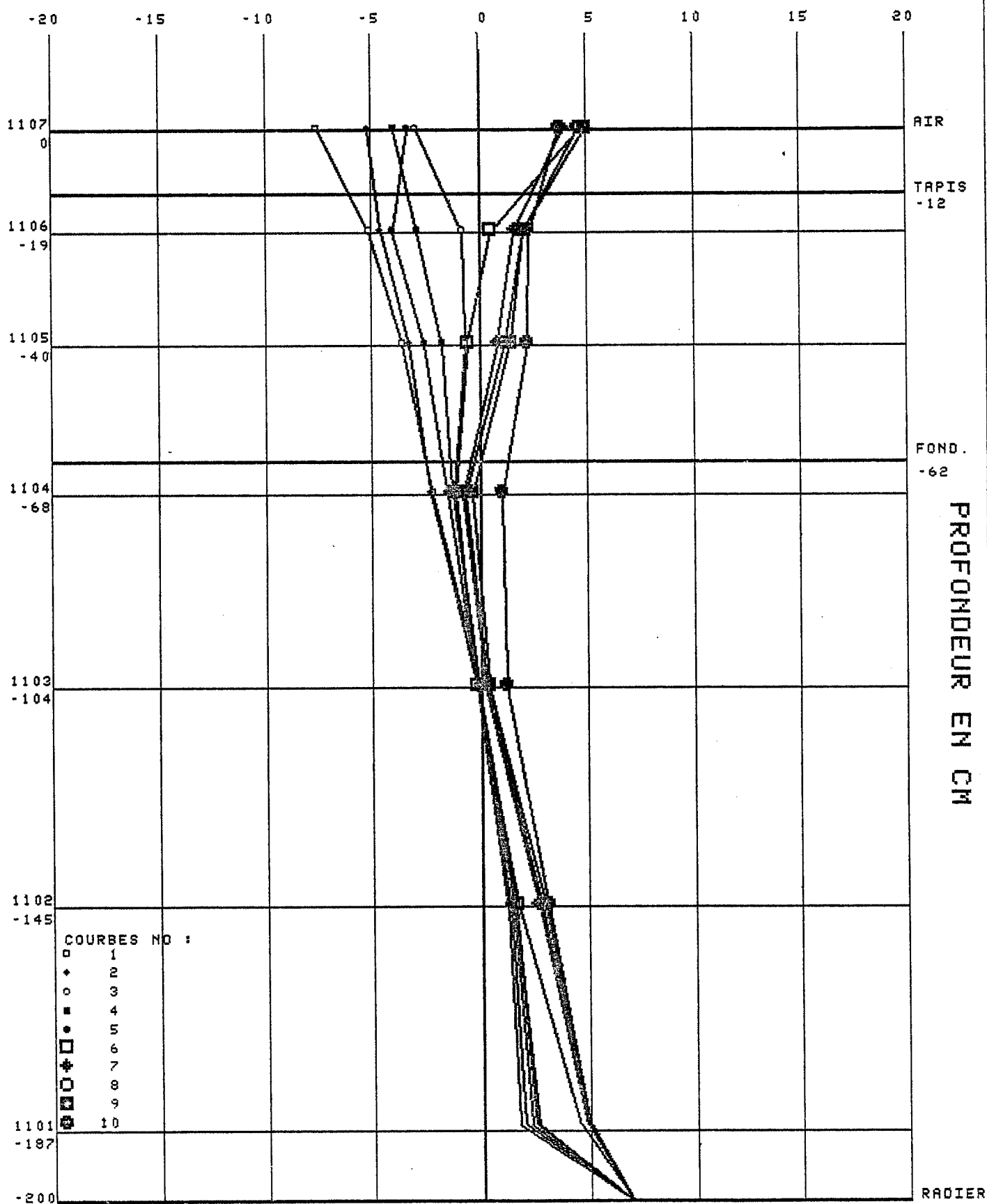
1^e ESSAI DE PERTE DE PORTANCE SUR LE CHAMP No 1

TAUTOCHRONES DU CHAMP NO 1 ECART= 72 H.

EPAISSEUR DE LA FONDATION 50 CM

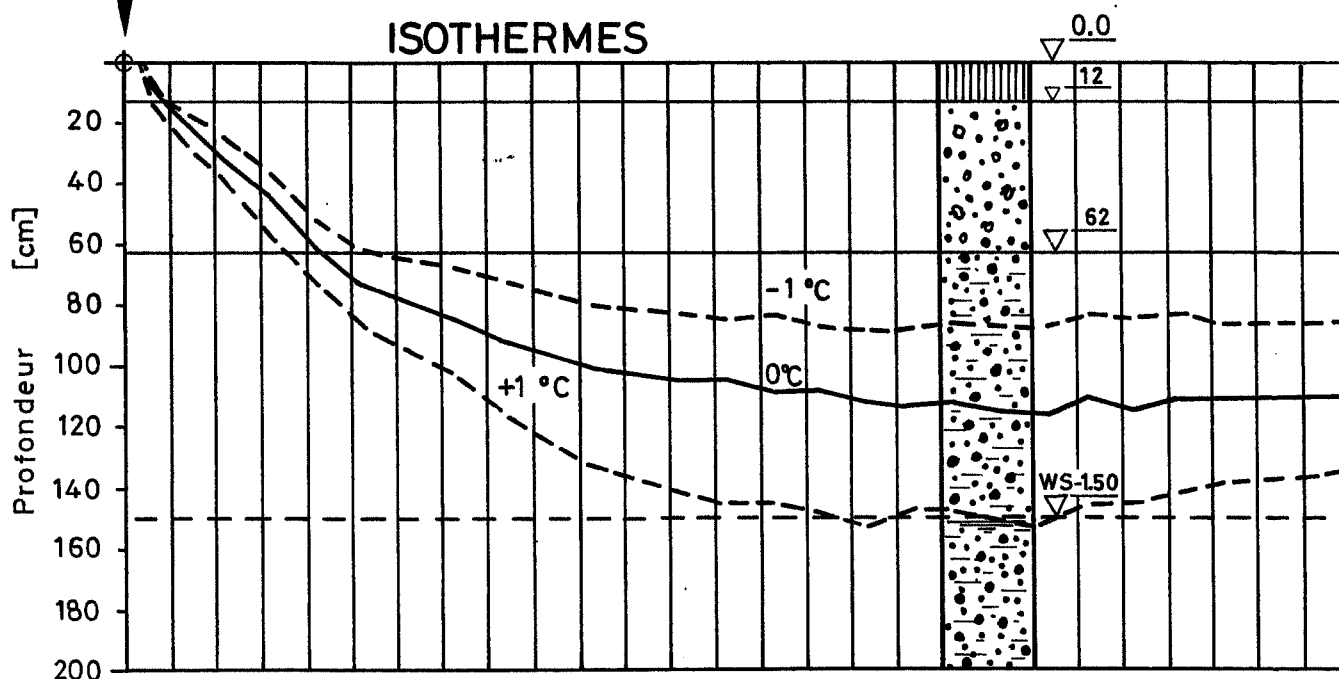
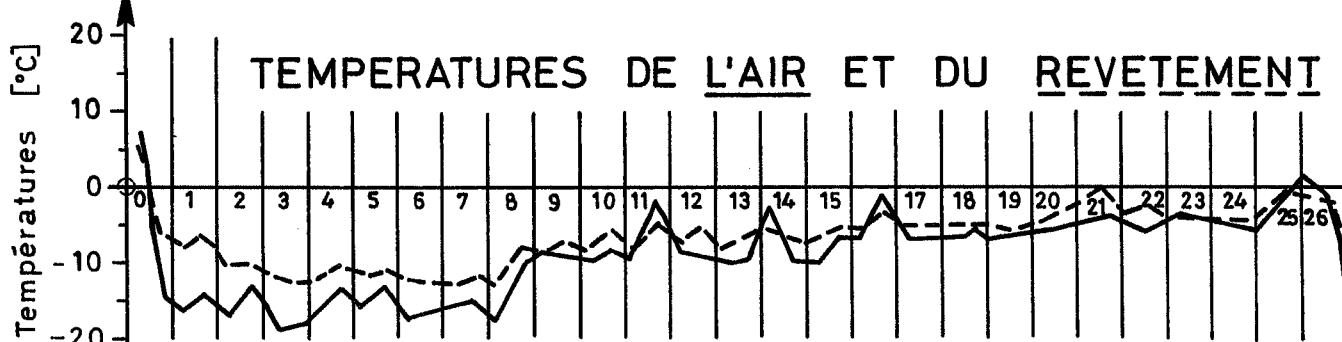
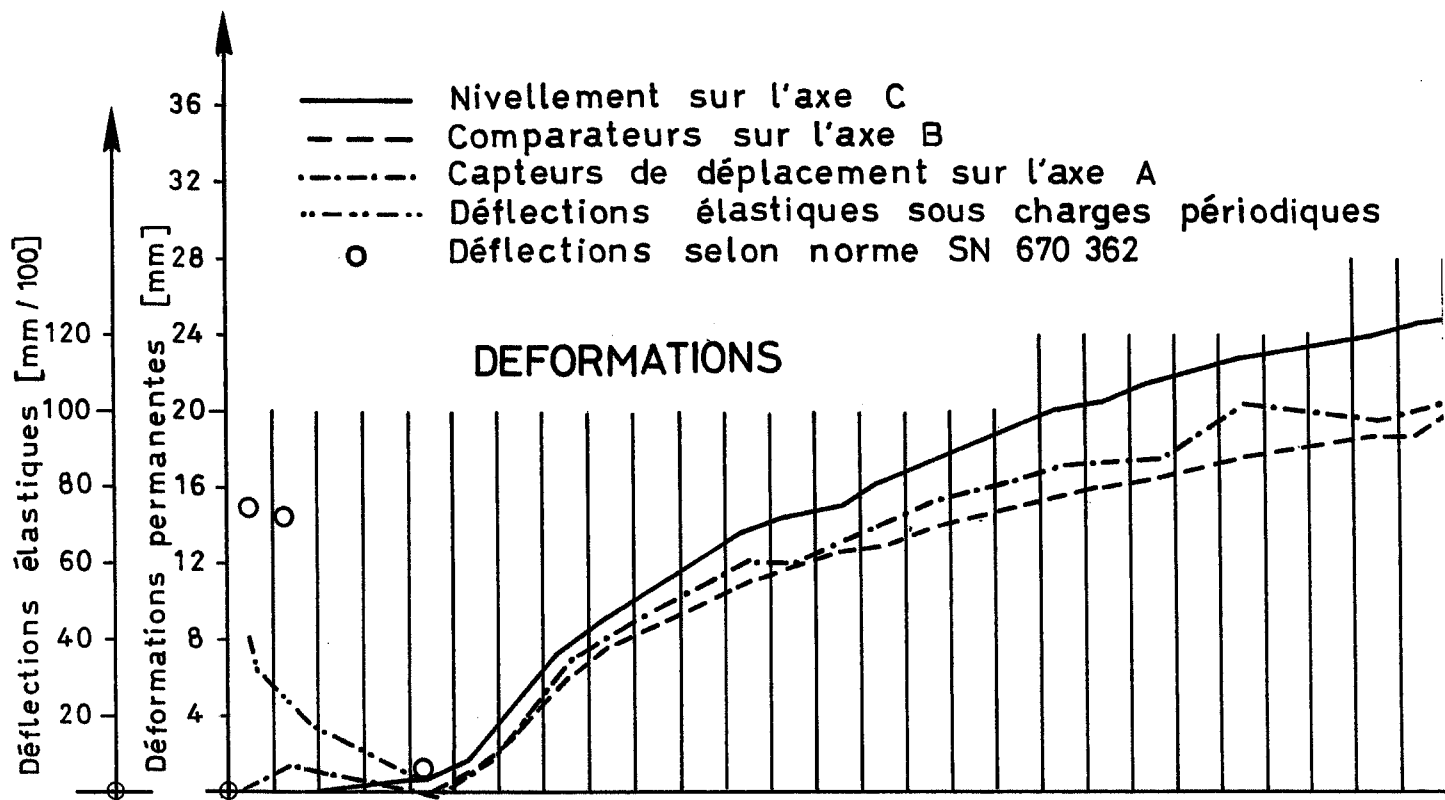
JOUR ET HEURE DU PREMIER TAUTOCHRONE 30 J 7 H

TEMPERATURE EN DEGRES C



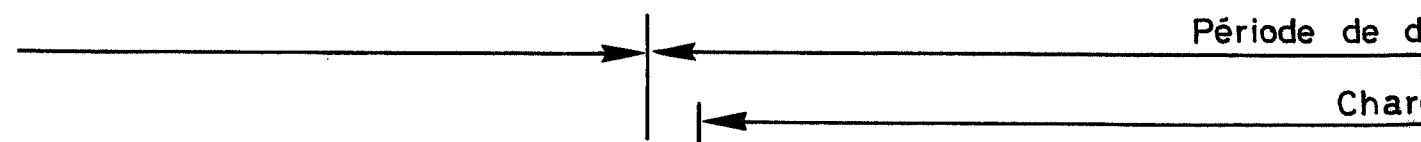
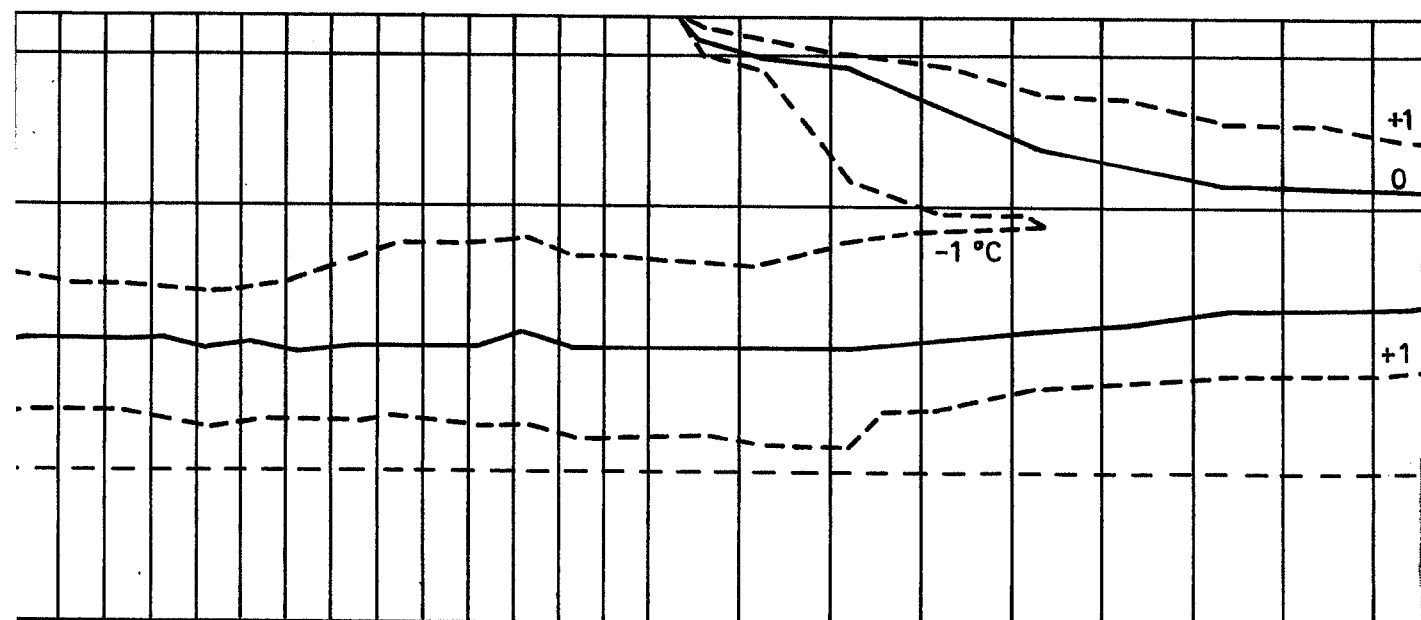
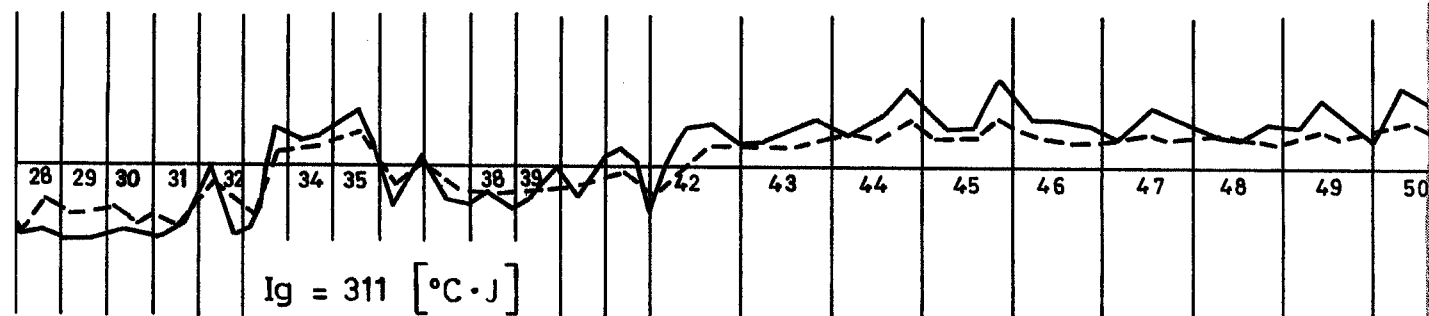
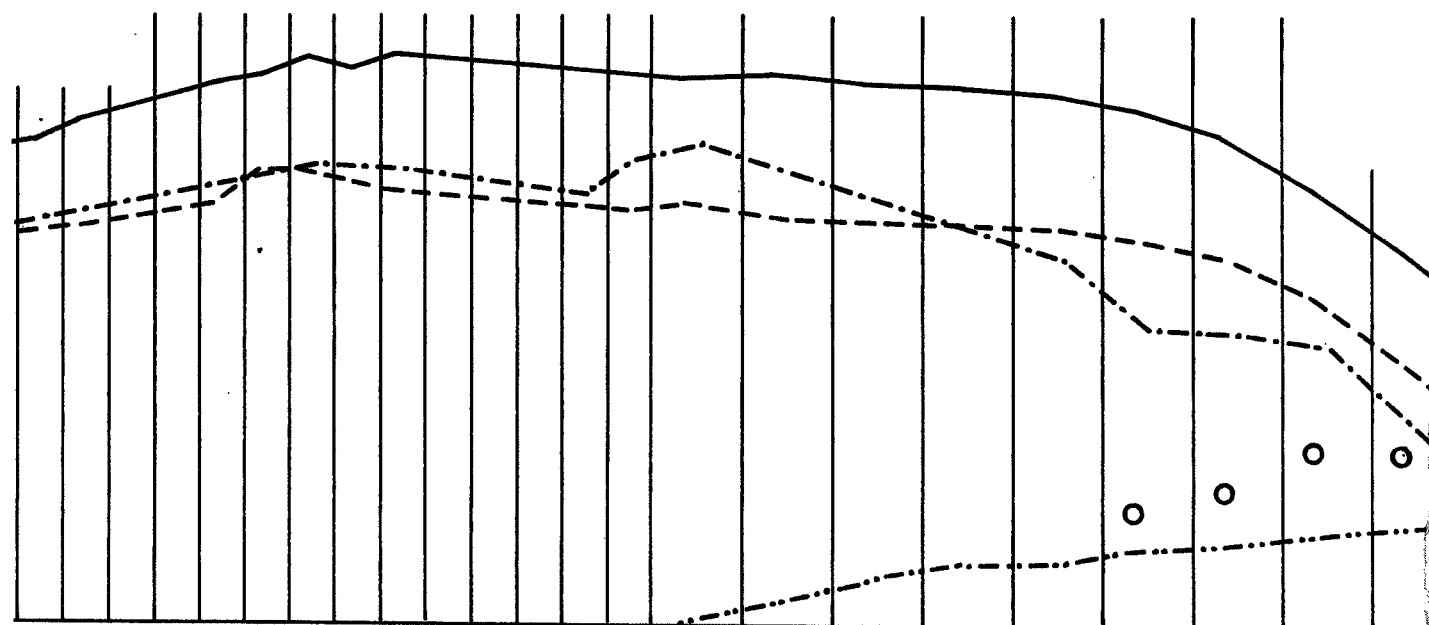
1ER ESSAI DE PERTE DE PORTANCE SUR LE CHAMP N°1

MESURES EFFECTUEES SUR LE CHAMP N°1

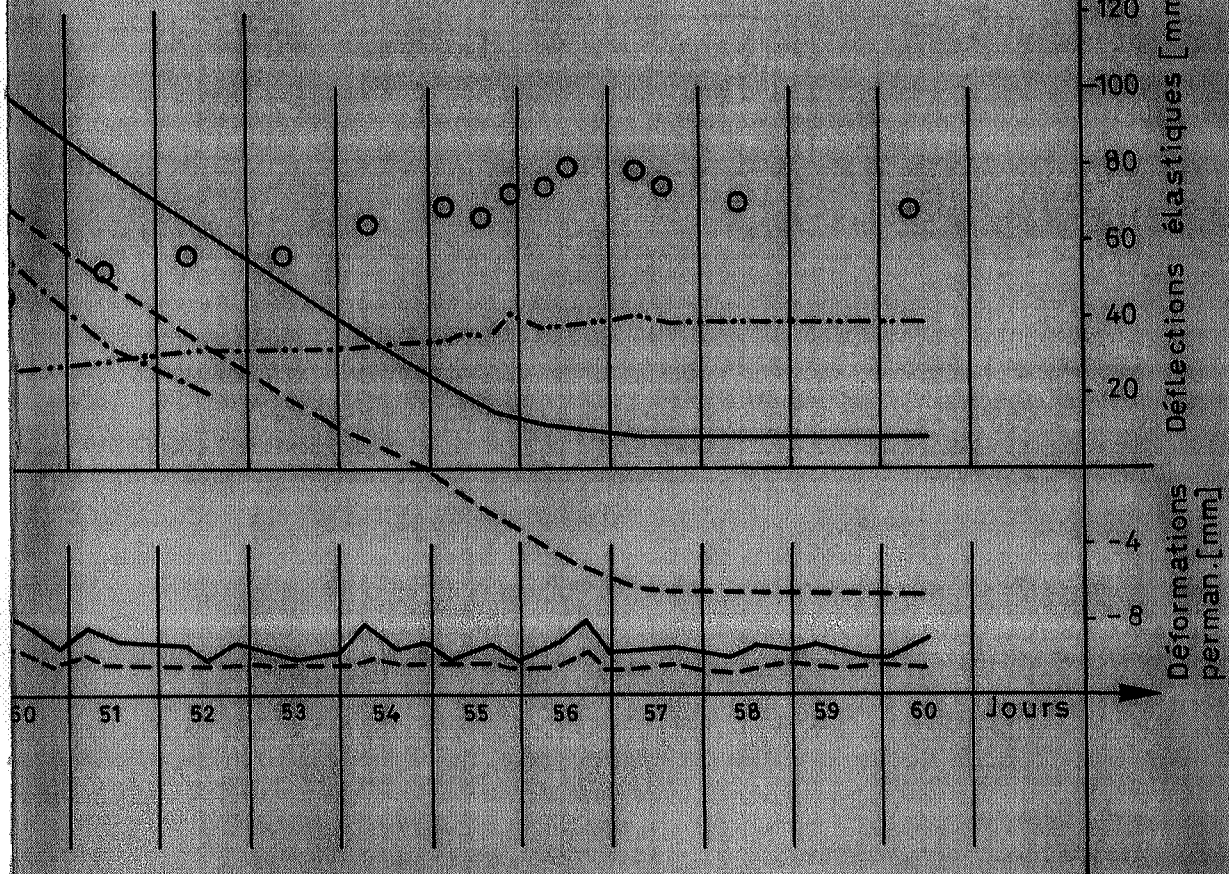
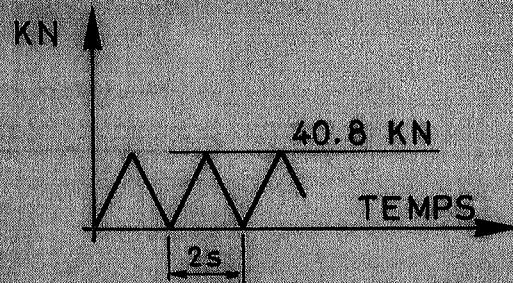


Période de gel : 1 jour = 0,6 cm

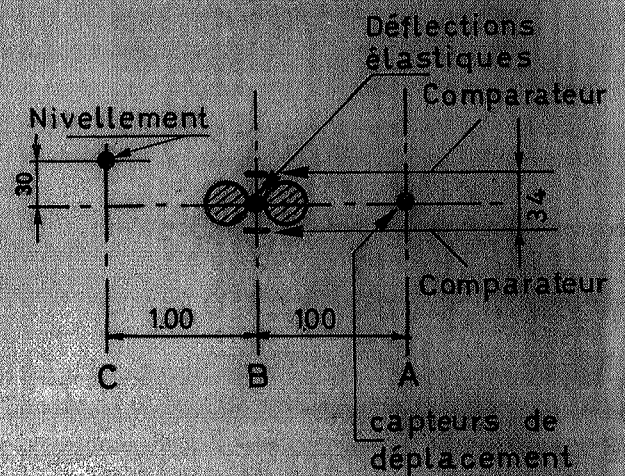
Charge périod.



CHARGE



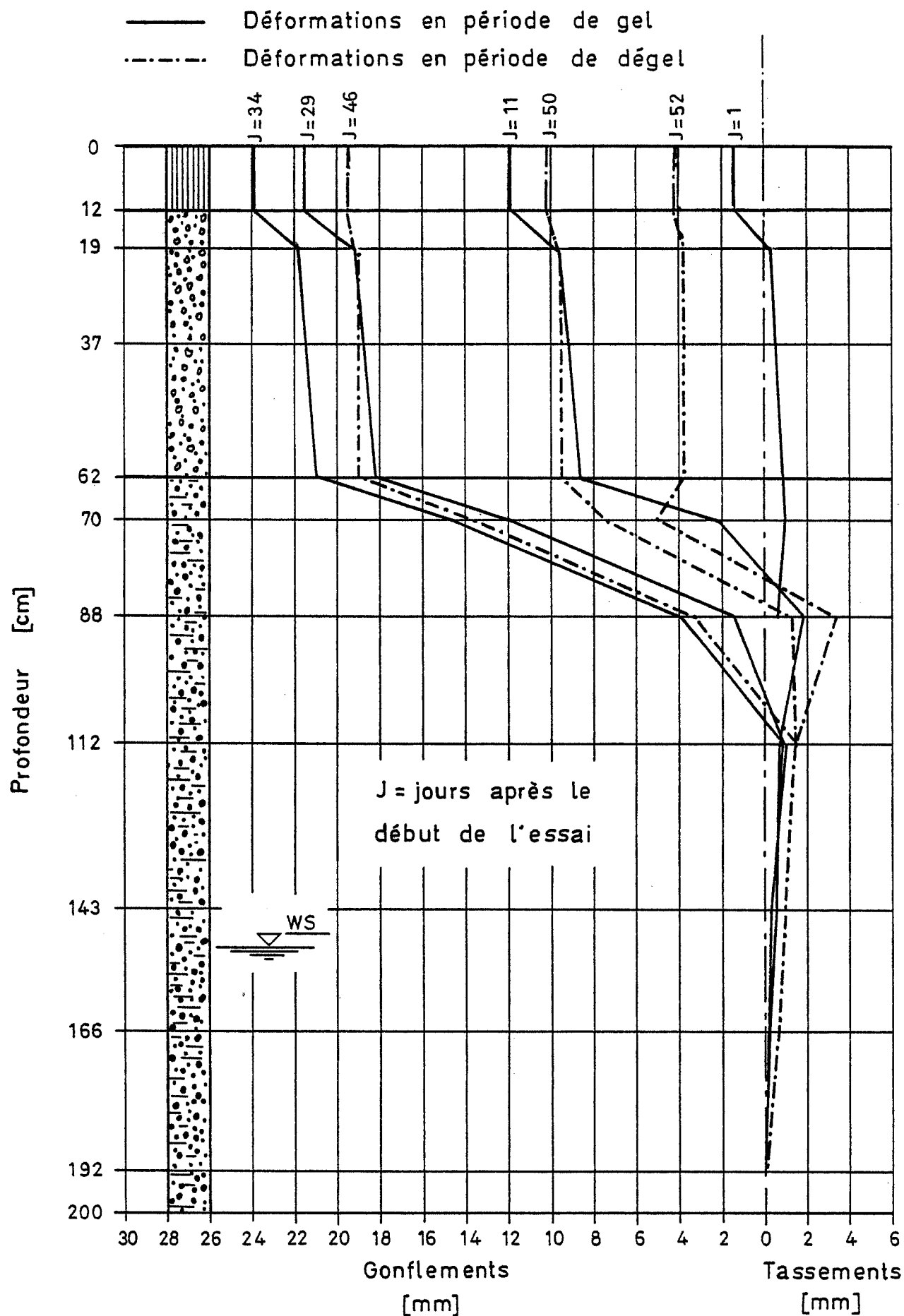
SITUATION



dégel éch. 1j = 1.2 cm

arge périodique

1^{er} ESSAI DE PERTE DE PORTANCE SUR LE CHAMP N° 1
 DEFORMATIONS DU MODELE
 CHAMP N°1 AXE A

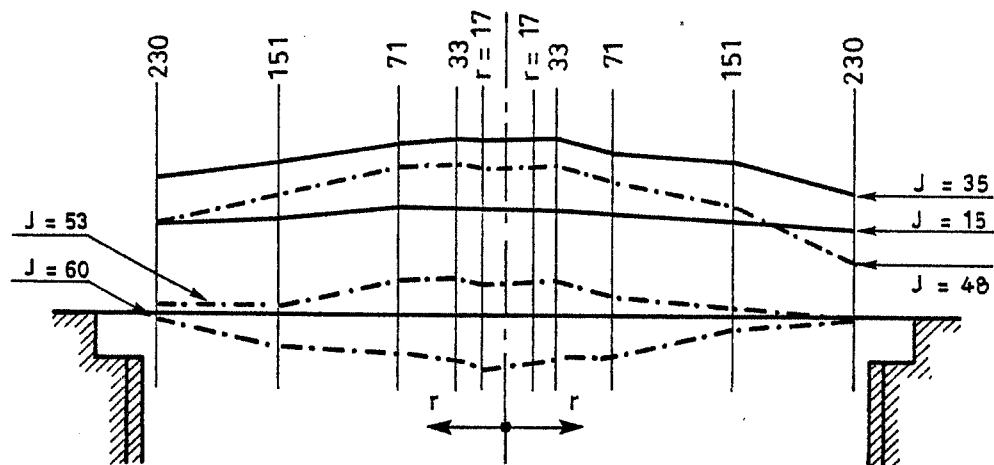


1^{er} ESSAI DE PERTE DE PORTANCE SUR LE CHAMP N°1

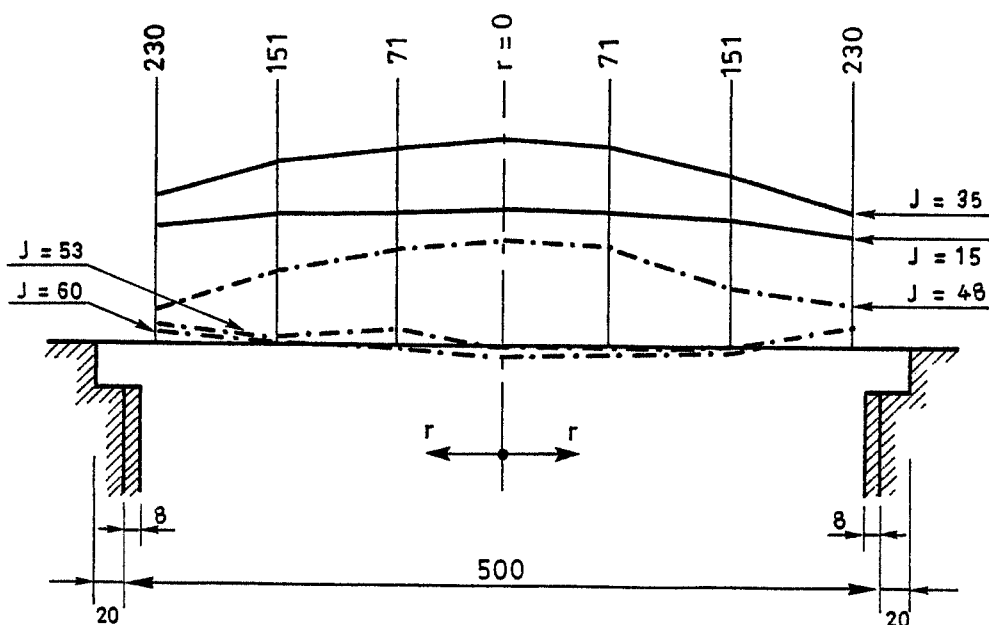
Déformation superficielle transversale

————— Déformation en période de gel
 - - - - - Déformation en période de dégel
 Echelles : long. 1:50 - haut. 1:1

CHAMP N°1 AXE B



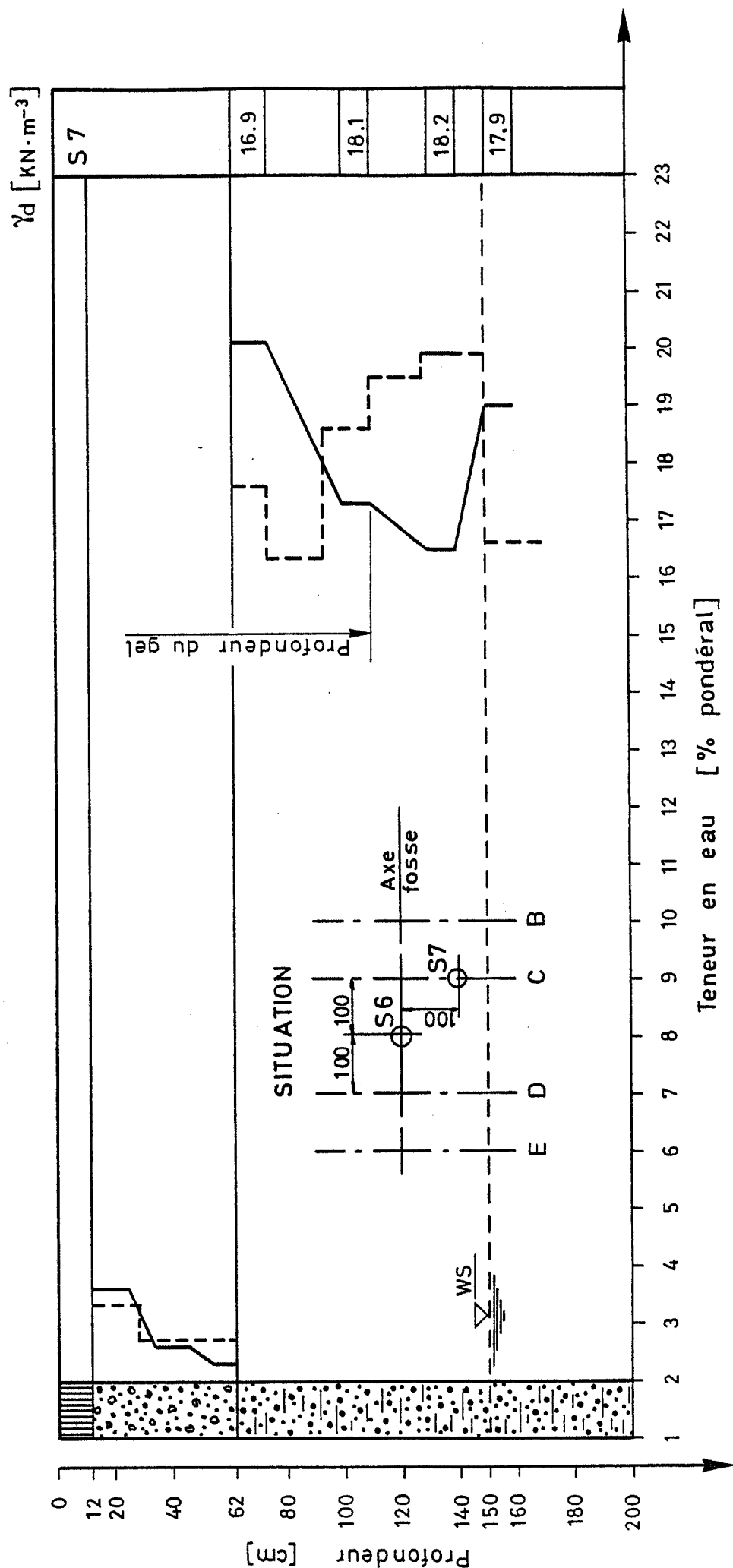
CHAMP N°2 AXE D



1^{er} ESSAI DE PERTE DE PORTANCE SUR LE CHAMP N°1 TENEUR EN EAU

— S7: Sondage effectué le 32^e jour de l'essai en période de gel

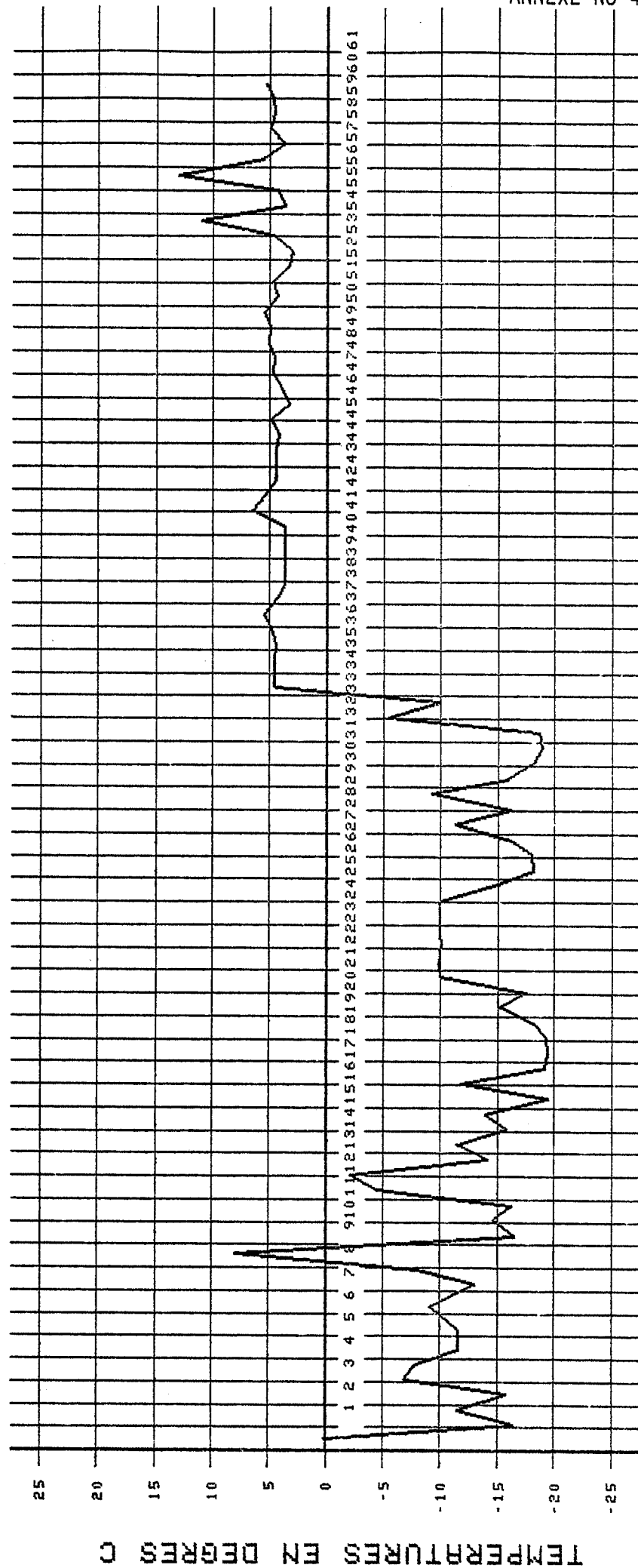
- - - S6: Sondage de référence effectué avant les périodes de gel



2^e ESSAI DE PERTE DE PORTANCE SUR LE CHAMP No 1

TEMPERATURES A LA SONDE NO 1210 = TEMPERATURE DE L'AIR
CHAMP NO 2 EPAISSEUR DE LA FONDATION 40 CM
NIVEAU DE LA SONDE 100 CM

DATE ET HEURE DU DEBUT DE L'ESSAI 11-AVR-80 H



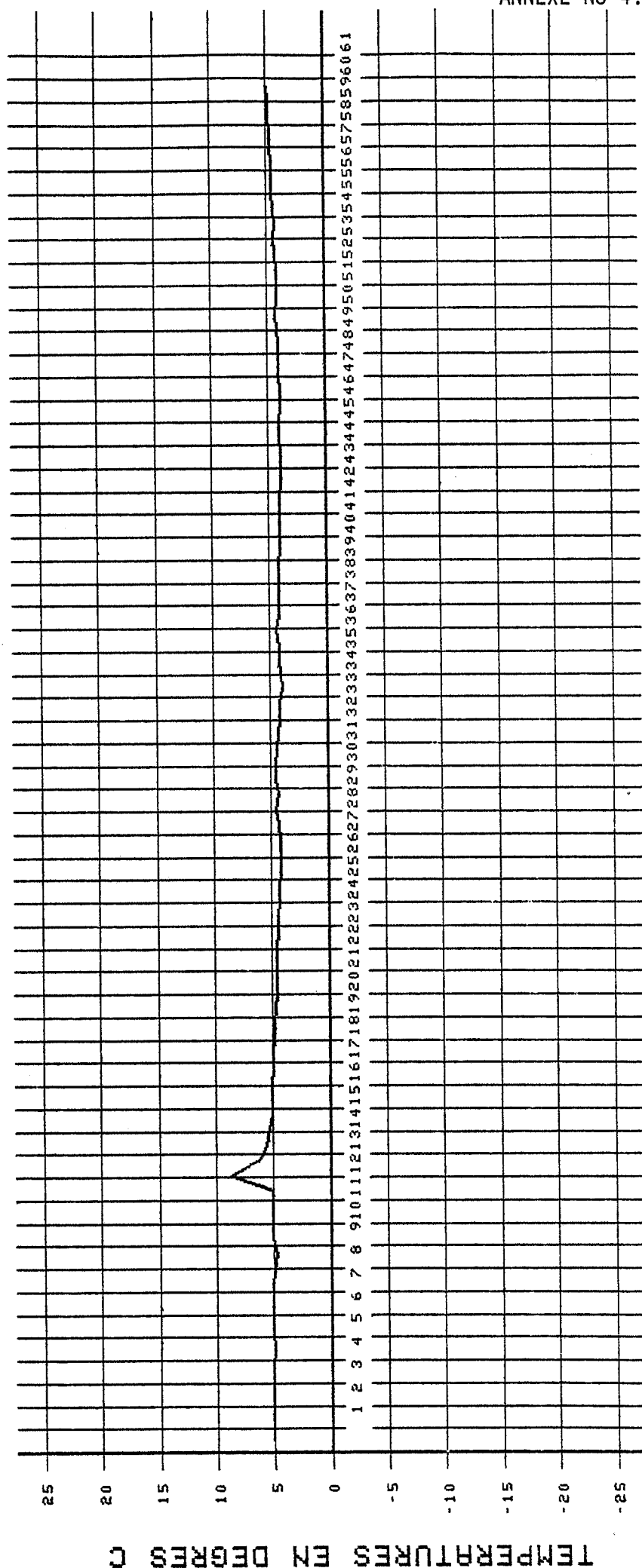
2^e ESSAI DE PERTE DE PORTANCE SUR LE CHAMP No 1

TEMPERATURES A LA SONDE NO 1101

CHAMP NO 1 EPAISSEUR DE LA FONDATION 50 CM

NIVEAU DE LA SONDE -187 CM

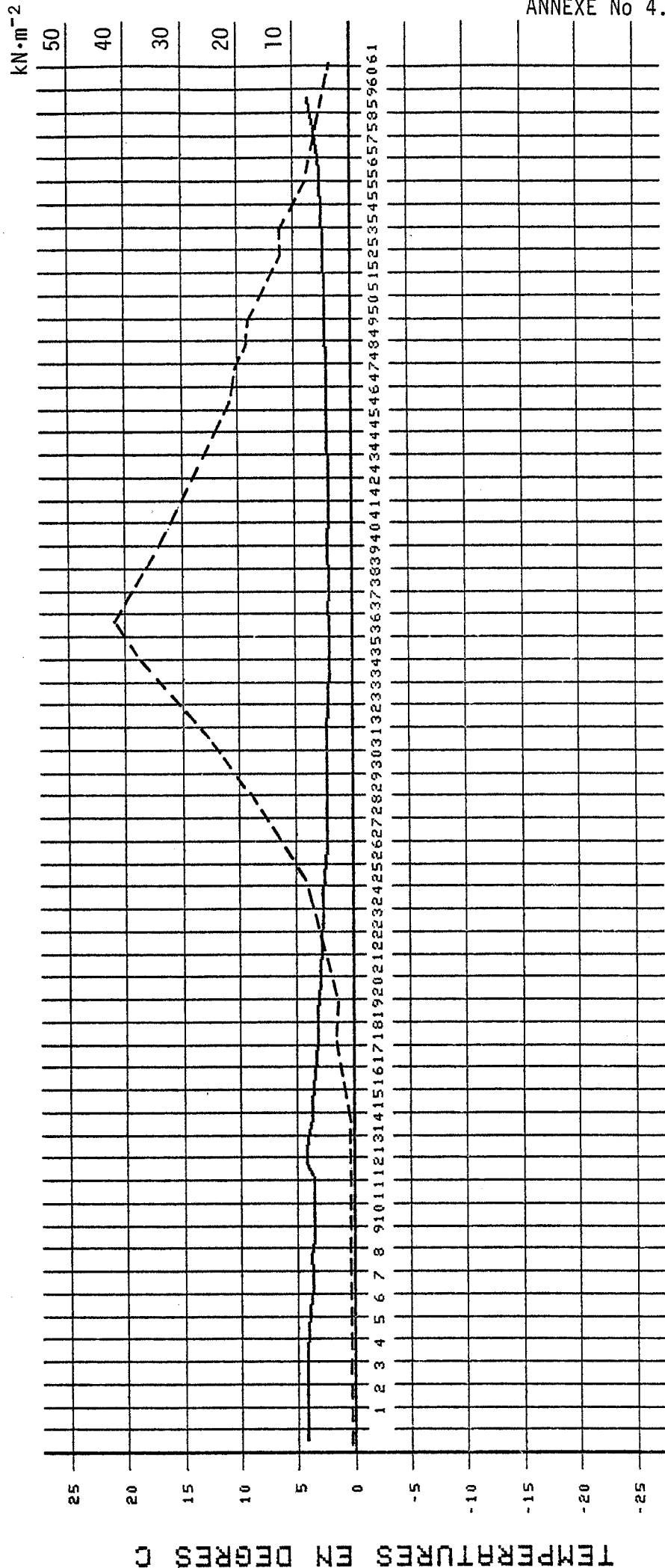
DATE ET HEURE DU DEBUT DE L'ESSAI 11-AVR-80 H



2^e ESSAI DE PERTE DE PORTANCE SUR LE CHAMP No 1

TEMPERATURES A LA SONDE NO 1102 ——— TENSIOMETRE No 5101 -----
CHAMP NO 1 EPAISSEUR DE LA FONDATION 50 CM
NIVEAU DES SONDES -145 CM

DATE ET HEURE DU DEBUT DE L'ESSAI 11-APR-80 H



TEMPS EN JOURS 24H= 0.4 CM

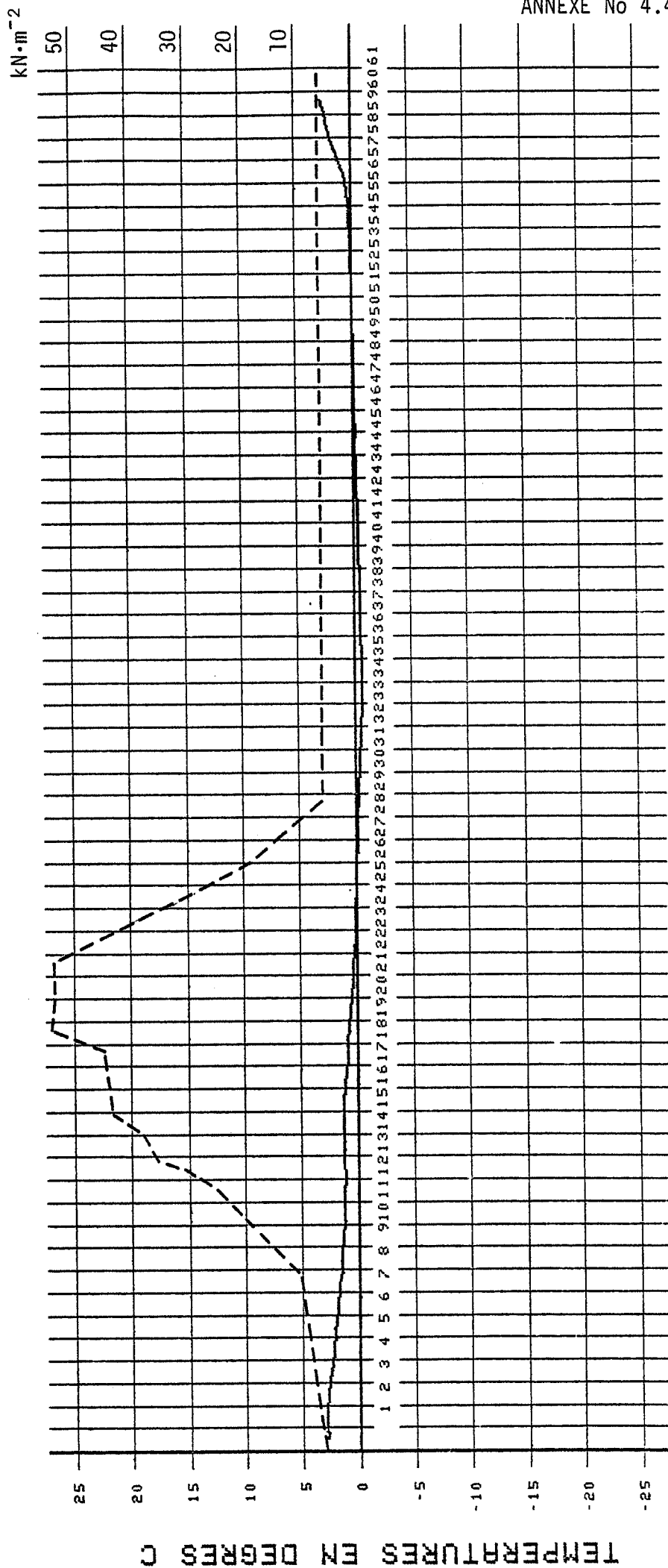
2^e ESSAI DE PERTE DE PORTANCE SUR LE CHAMP No 1

TEMPERATURES A LA SONDE NO 1103 — TENSIOMETRE No 5102 — — —

CHAMP NO 1 EPAISSEUR DE LA FONDATION 50 CM

NIVEAU DES SONDES -104 CM

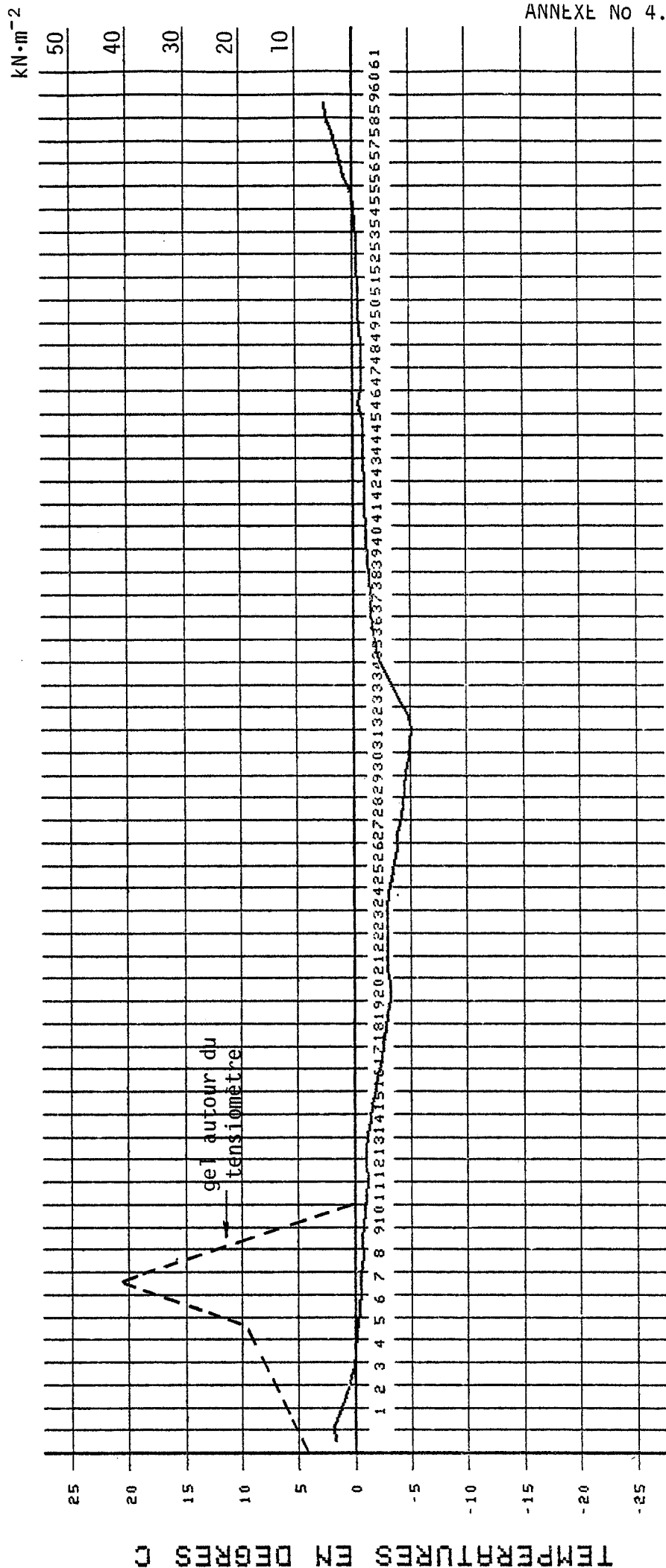
DATE ET HEURE DU DEBUT DE L'ESSAI 11- AVR-80 H



2^e ESSAI DE PERTE DE PORTANCE SUR LE CHAMP No 1

TEMPERATURES A LA SONDE NO 1104 — TENSIOMETRE No 5103 -----
CHAMP NO 1 EPAISSEUR DE LA FONDATION 50 CM
NIVEAU DES SONDES -68 CM

DATE ET HEURE DU DEBUT DE L'ESSAI 11-APR-80 H



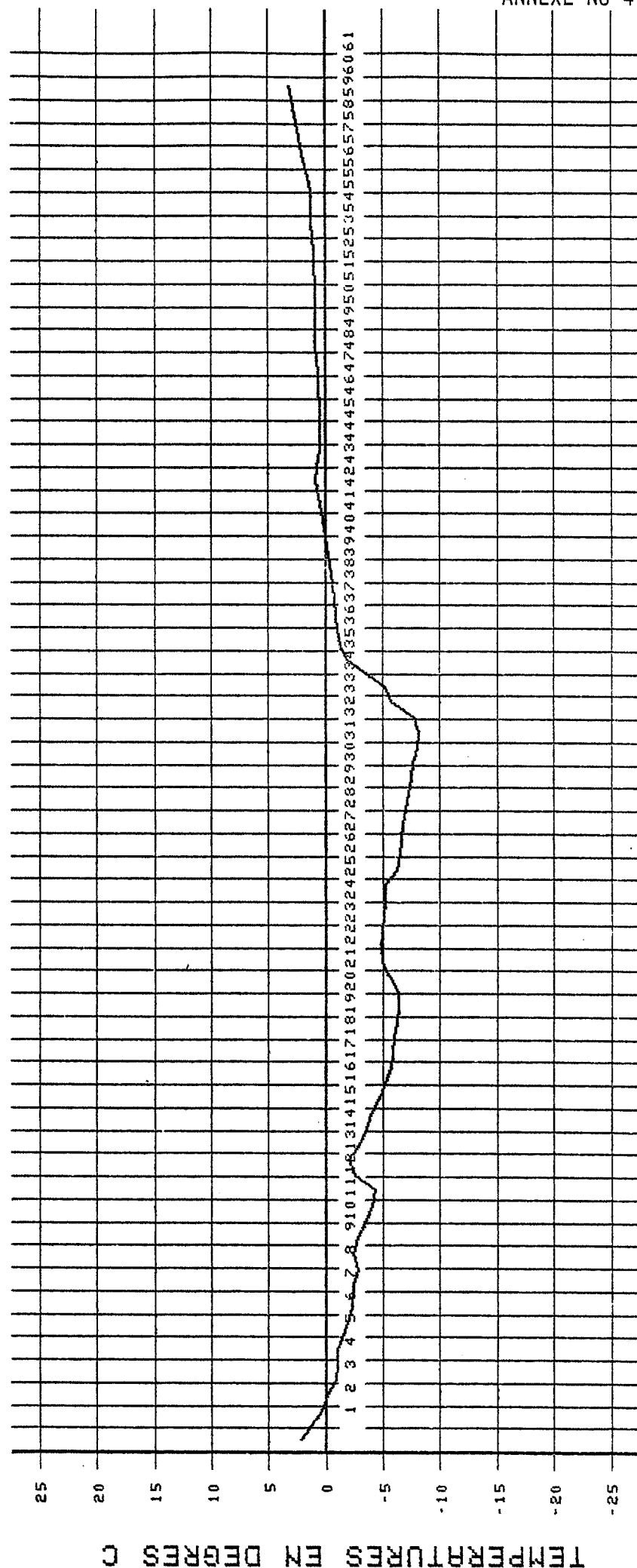
2^e ESSAI DE PERTE DE PORTANCE SUR LE CHAMP No 1

TEMPERATURES A LA SONDE NO 1105

CHAMP NO 1 EPAISSEUR DE LA FONDATION 50 CM

NIVEAU DE LA SONDE -40 CM

DATE ET HEURE DU DEBUT DE L'ESSAI 11-AVR-80 H



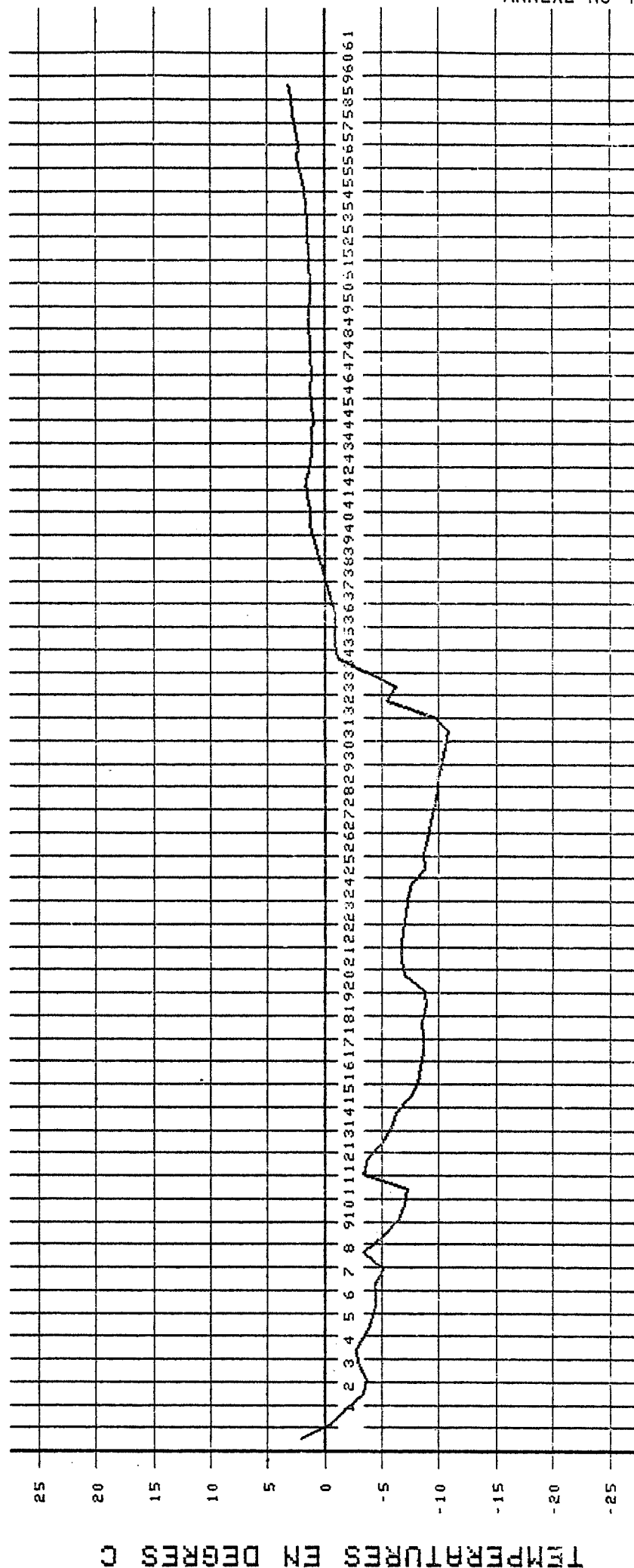
2^e ESSAI DE PERTE DE PORTANCE SUR LE CHAMP No 1

TEMPERATURES A LA SONDE NO 1106

CHAMP NO 1 EPAISSEUR DE LA FONDATION 50 CM

NIVEAU DE LA SONDE -19 CM

DATE ET HEURE DU DEBUT DE L'ESSAI 11-avr-80 H



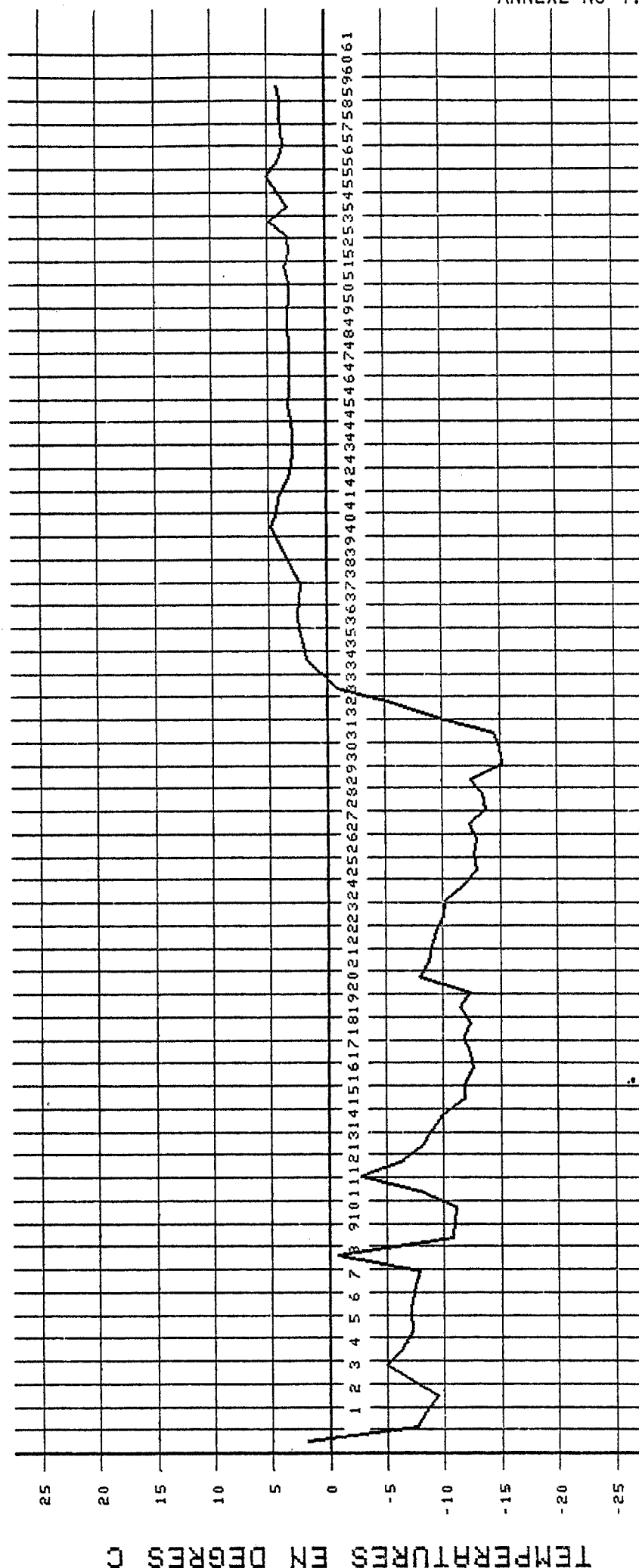
2^e ESSAI DE PERTE DE PORTANCE SUR LE CHAMP No 1

TEMPERATURES A LA SONDE NO 1107

CHAMP NO 1 EPAISSEUR DE LA FONDATION 50 CM

NIVEAU DE LA SONDE 0 CM

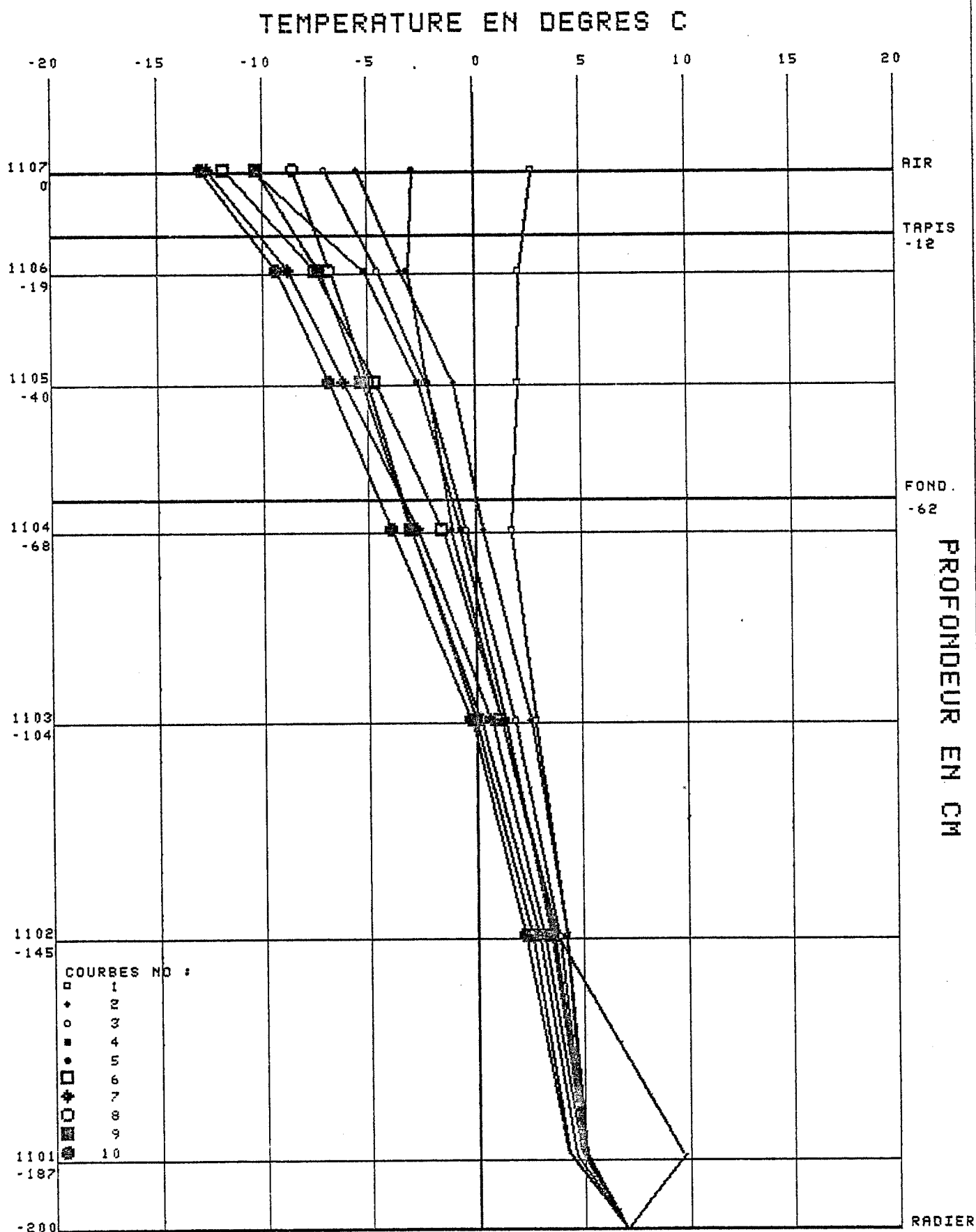
DATE ET HEURE DU DEBUT DE L'ESSAI 11-APR-80 H



TEMPS EN JOURS 24H= 0.4 CM

TAUTOCHRONES DU CHAMP NO 1 ECART = 72 H.
EPAISSEUR DE LA FONDATION 50 CM

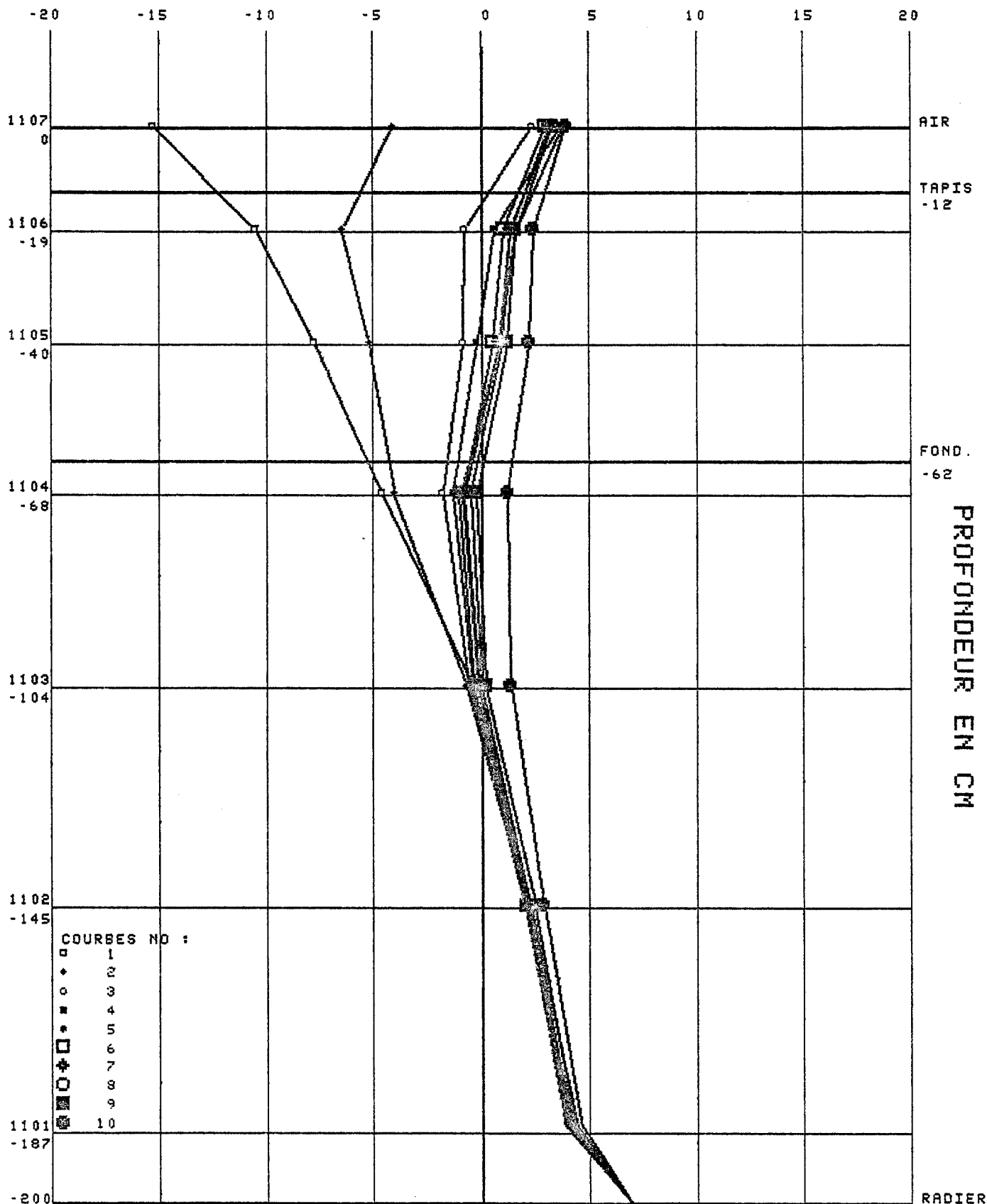
JOUR ET HEURE DU PREMIER TAUTOCHRONE 0 J 7 H



TAUTOCHRONES DU CHAMP NO 1 ECART = 72 H.
EPAISSEUR DE LA FONDATION 50 CM

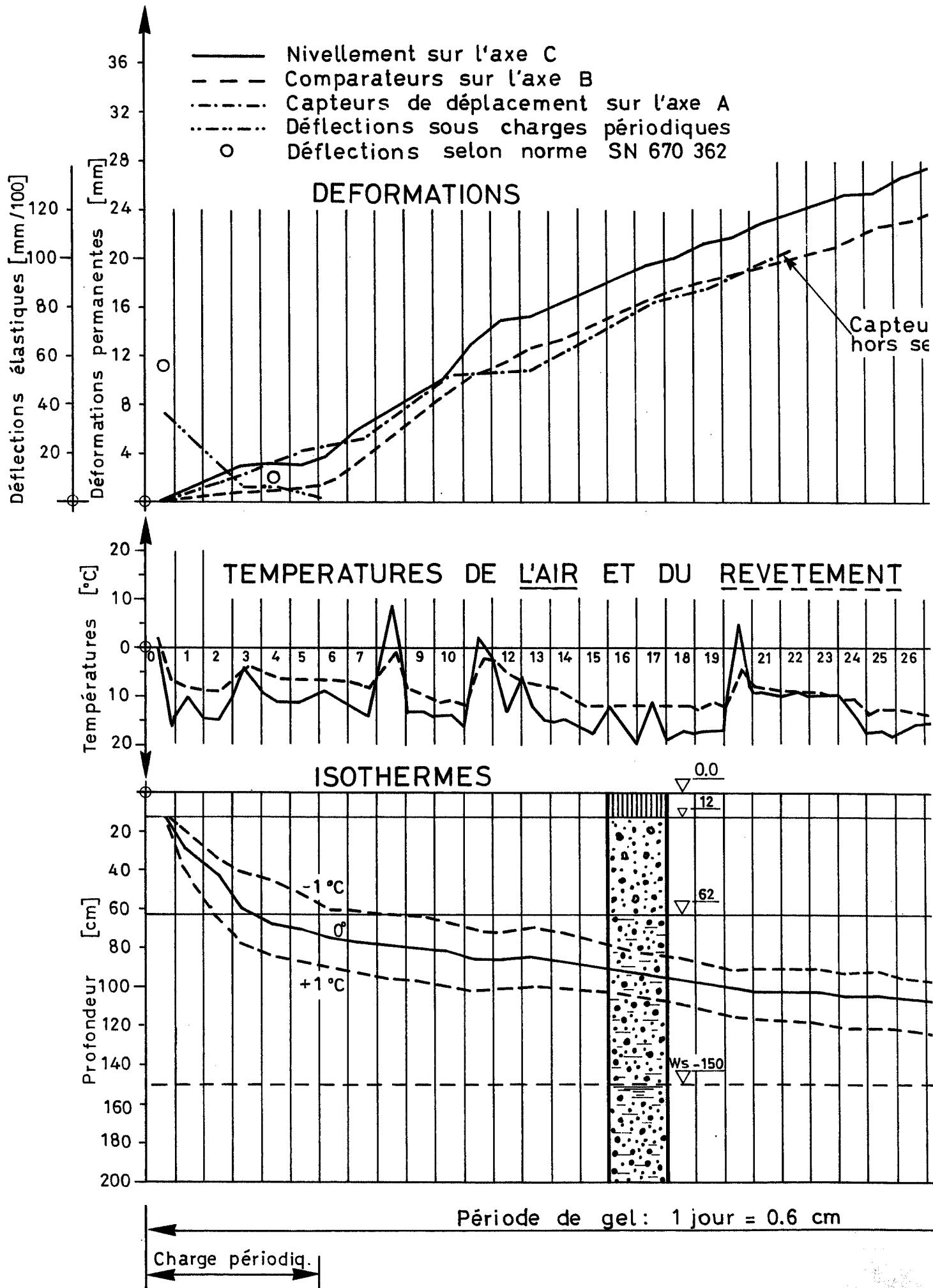
JOUR ET HEURE DU PREMIER TAUTOCHRONE 30 J 7 H

TEMPERATURE EN DEGRES C

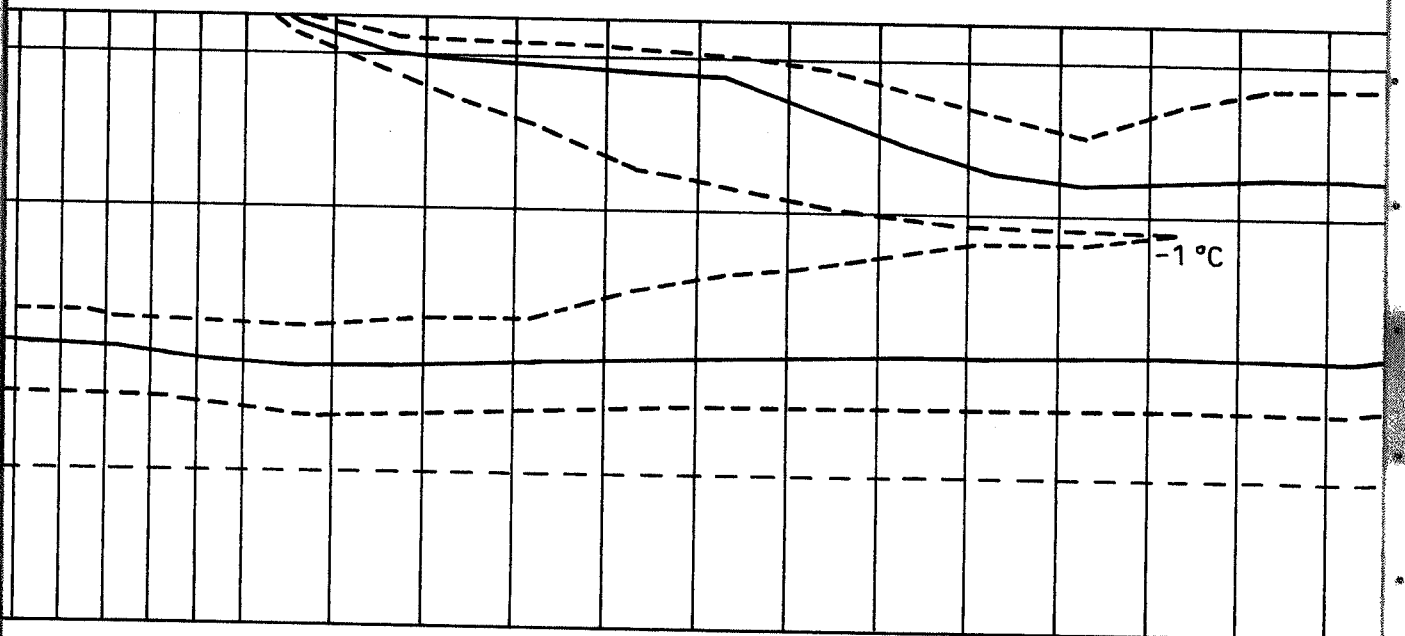
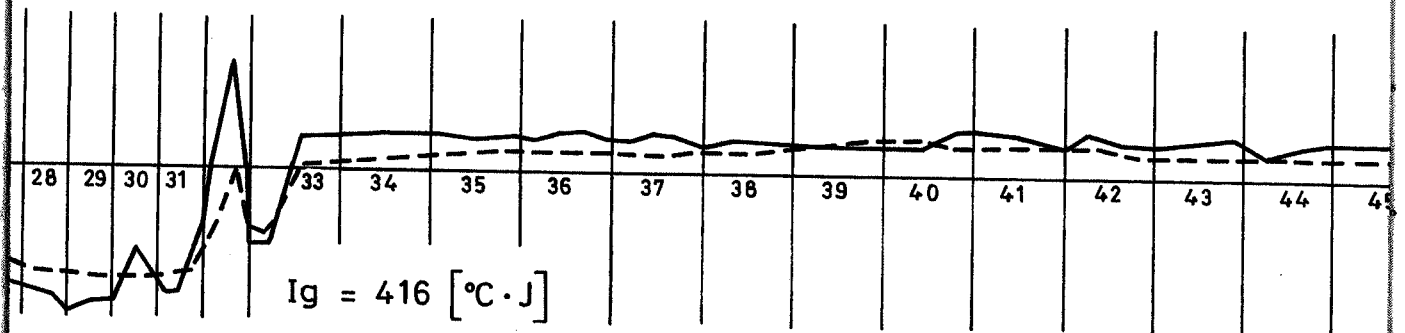


2^e ESSAI DE PERTE DE PORTANCE SUR LE CHAMP N°1

MESURES EFFECTUEES SUR LE CHAMP N°1



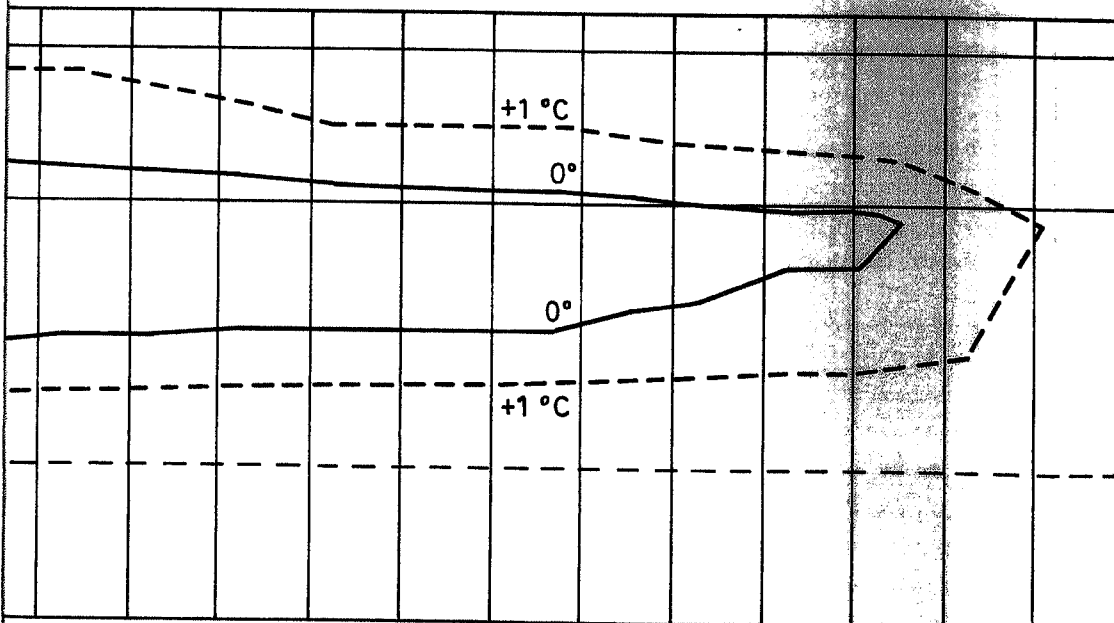
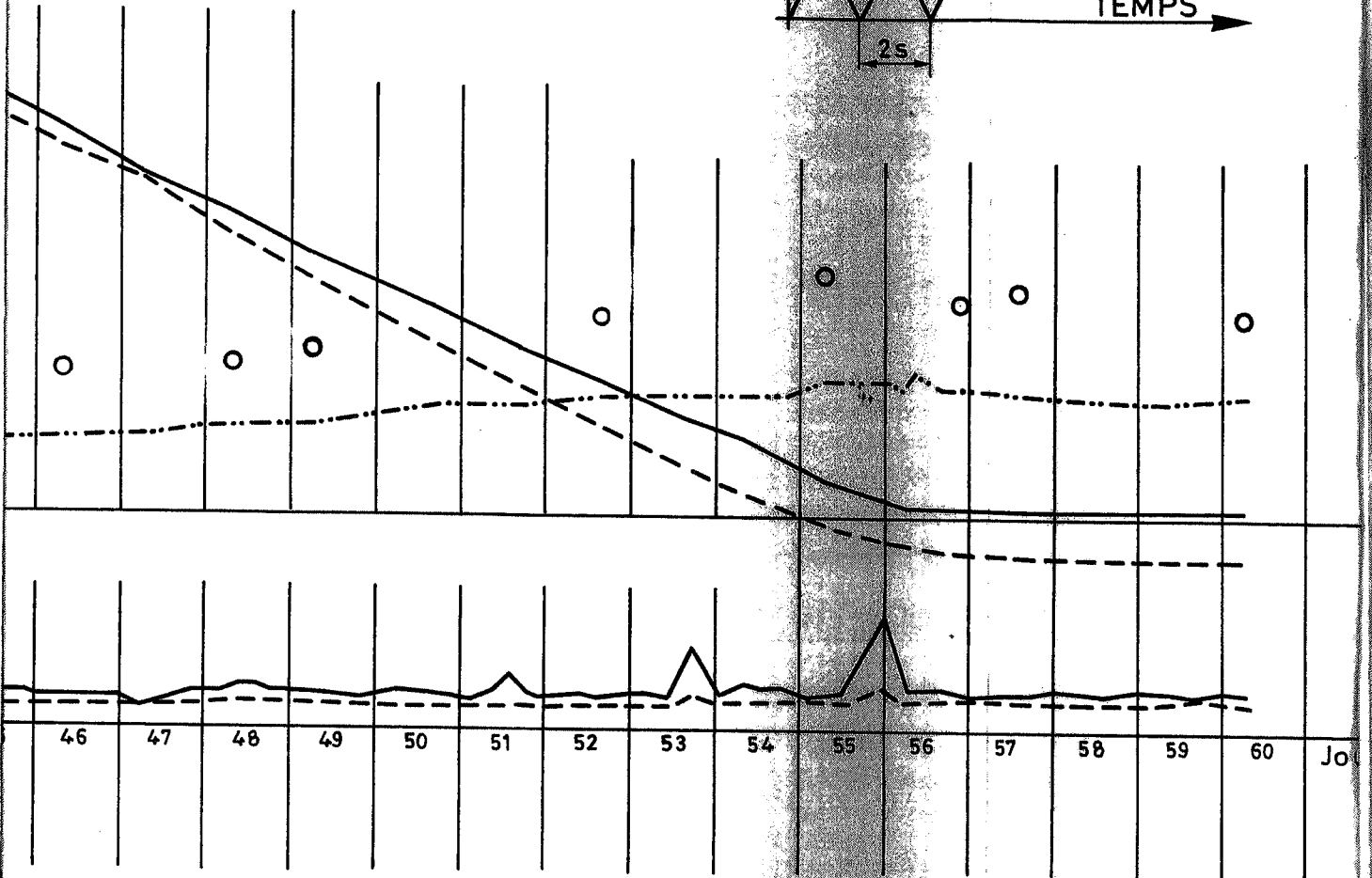
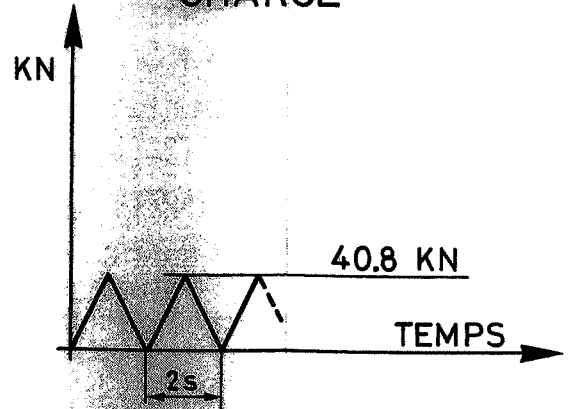
vice



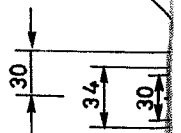
Période de d

Charg

CHARGE

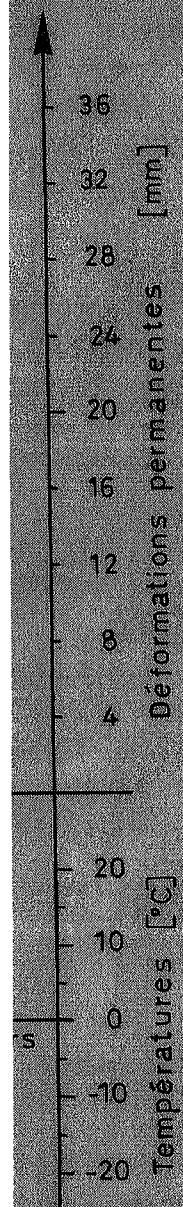


Nivellement

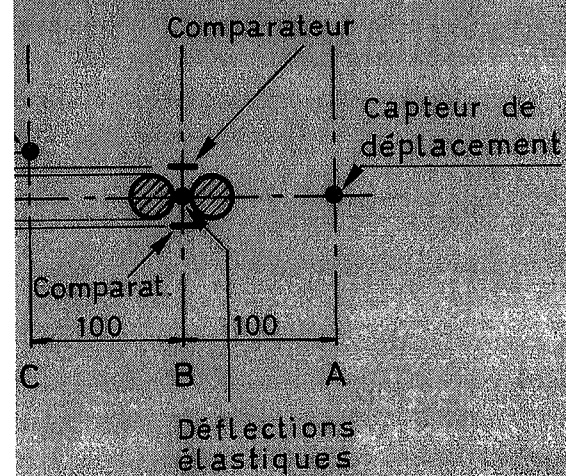


éché : éch. 1j = 1.2 cm

le périodique



SITUATION

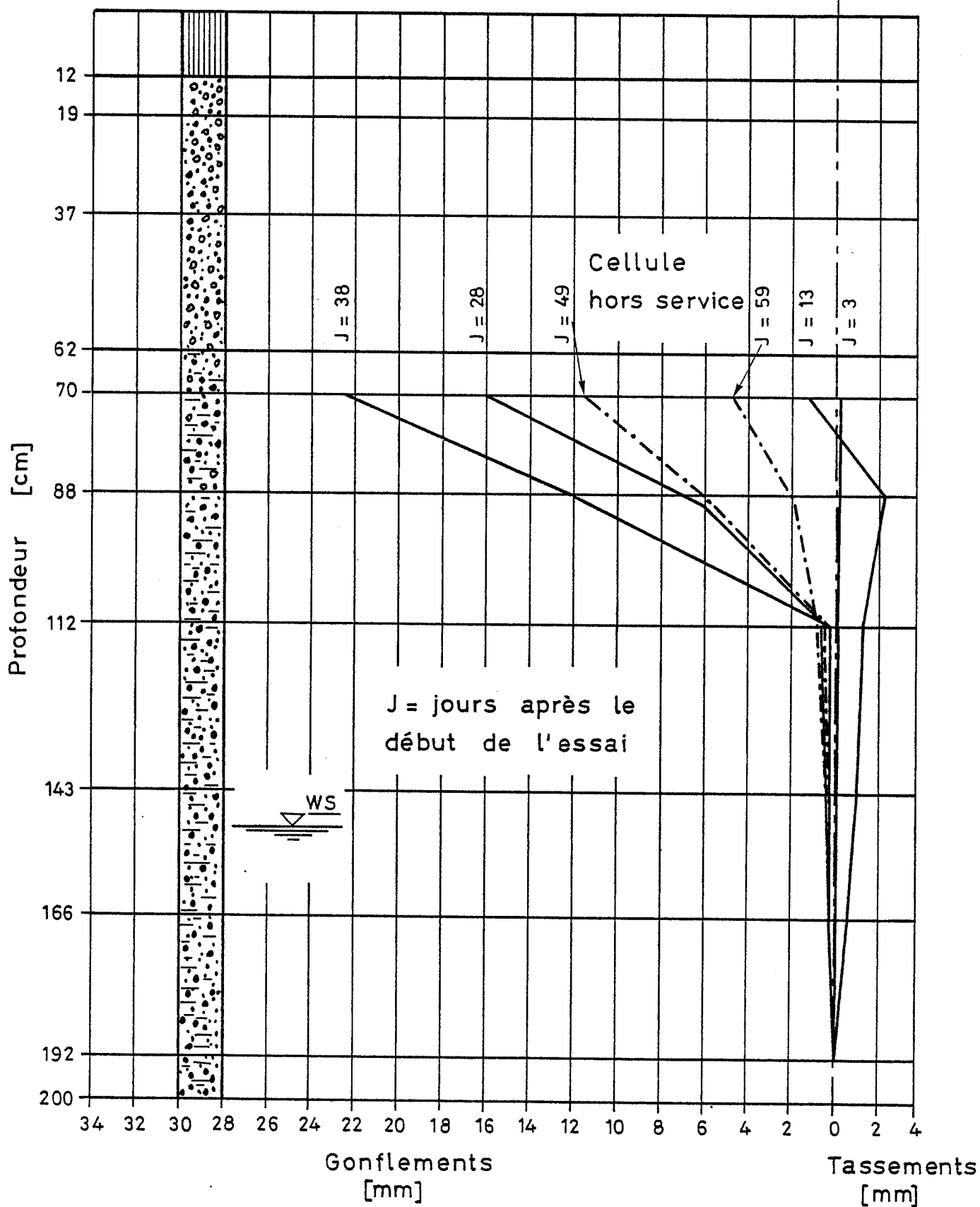


2^e ESSAI DE PERTE DE PORTANCE SUR LE CHAMP N°1

DEFORMATIONS DU MODELE

CHAMP N°1 AXE A

— Déformations en période de gel
 - - - - - Déformations en période de dégel



2^e ESSAI DE PERTE DE PORTANCE SUR LE CHAMP N°1

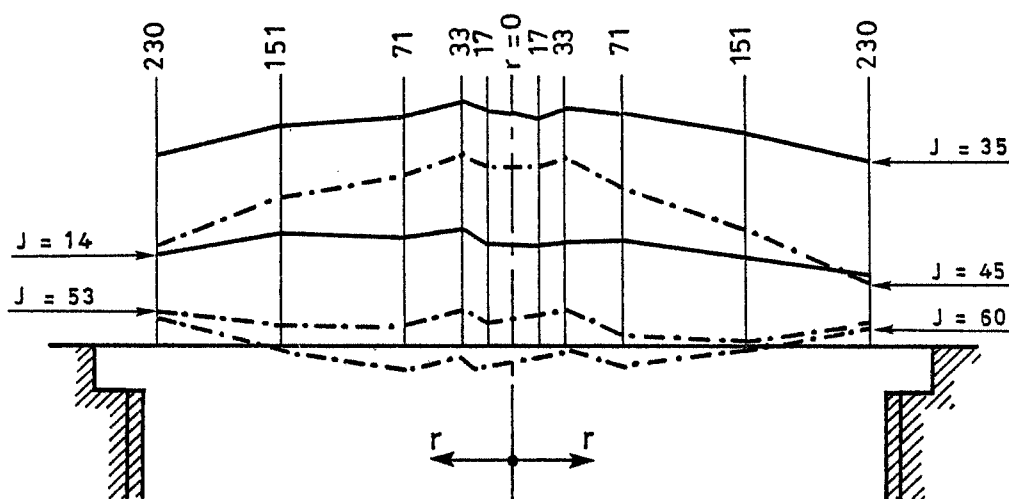
Déformation superficielle transversale

————— Déformation en période de gel

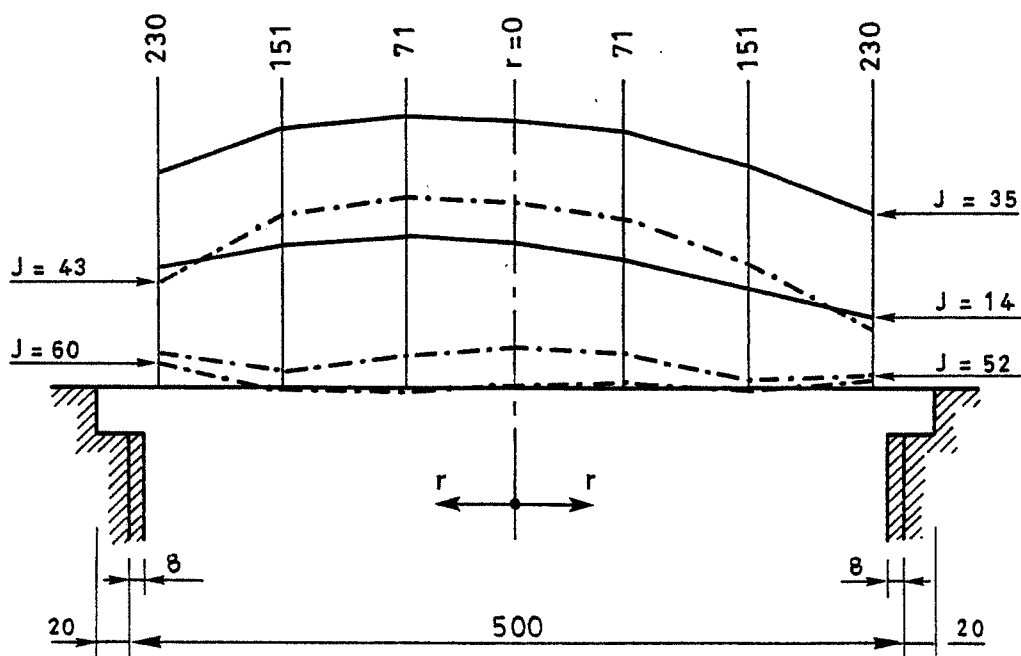
..... Déformation en période de dégel

Echelles : long. 1:50 - haut. 1:1

CHAMP N°1 AXE B



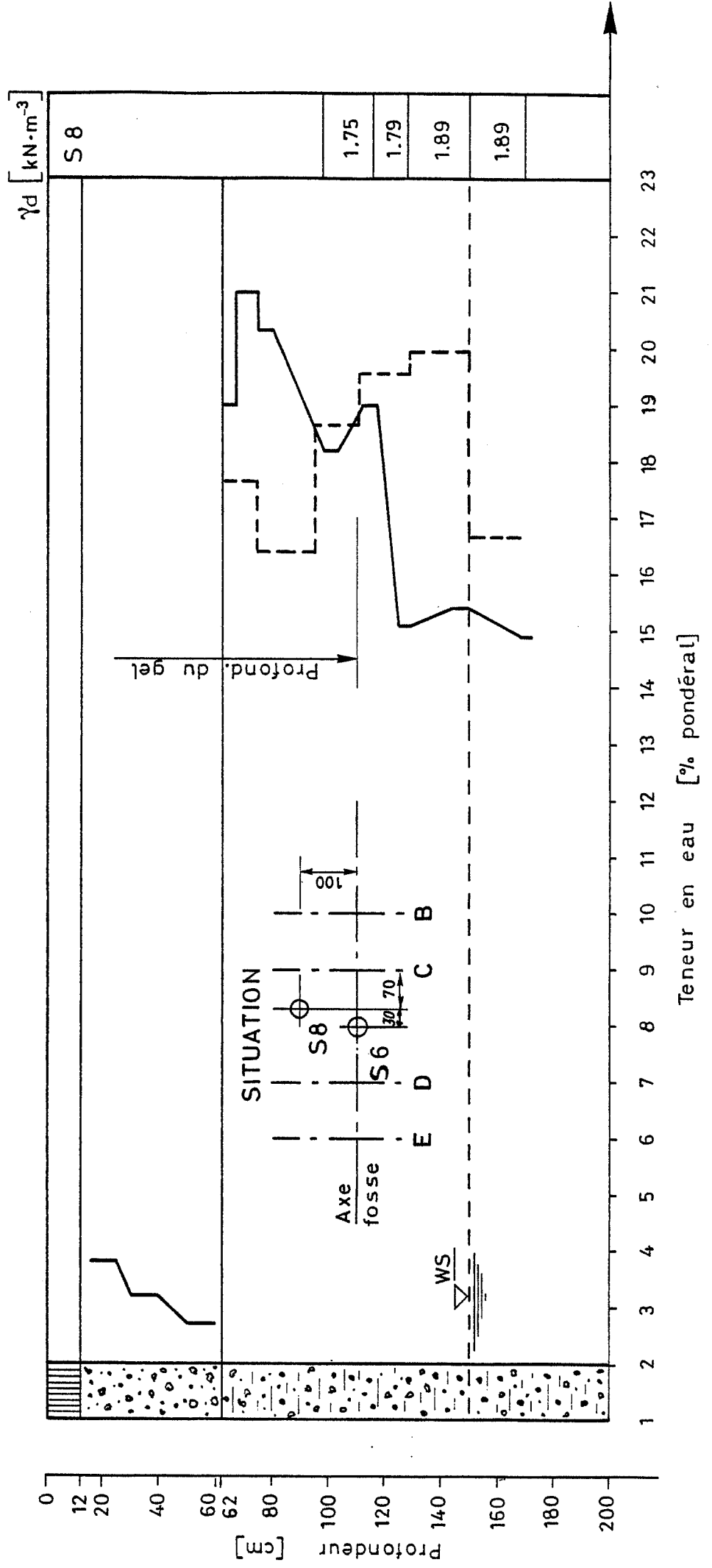
CHAMP N°2 AXE D



2^e ESSAI DE PERTE DE PORTANCE SUR LE CHAMP N°1

TENEUR EN EAU

- S8: Sondage effectué le 32^e jour de l'essai en période de gel
- - - S6: Sondage de référence effectué avant les périodes de gel



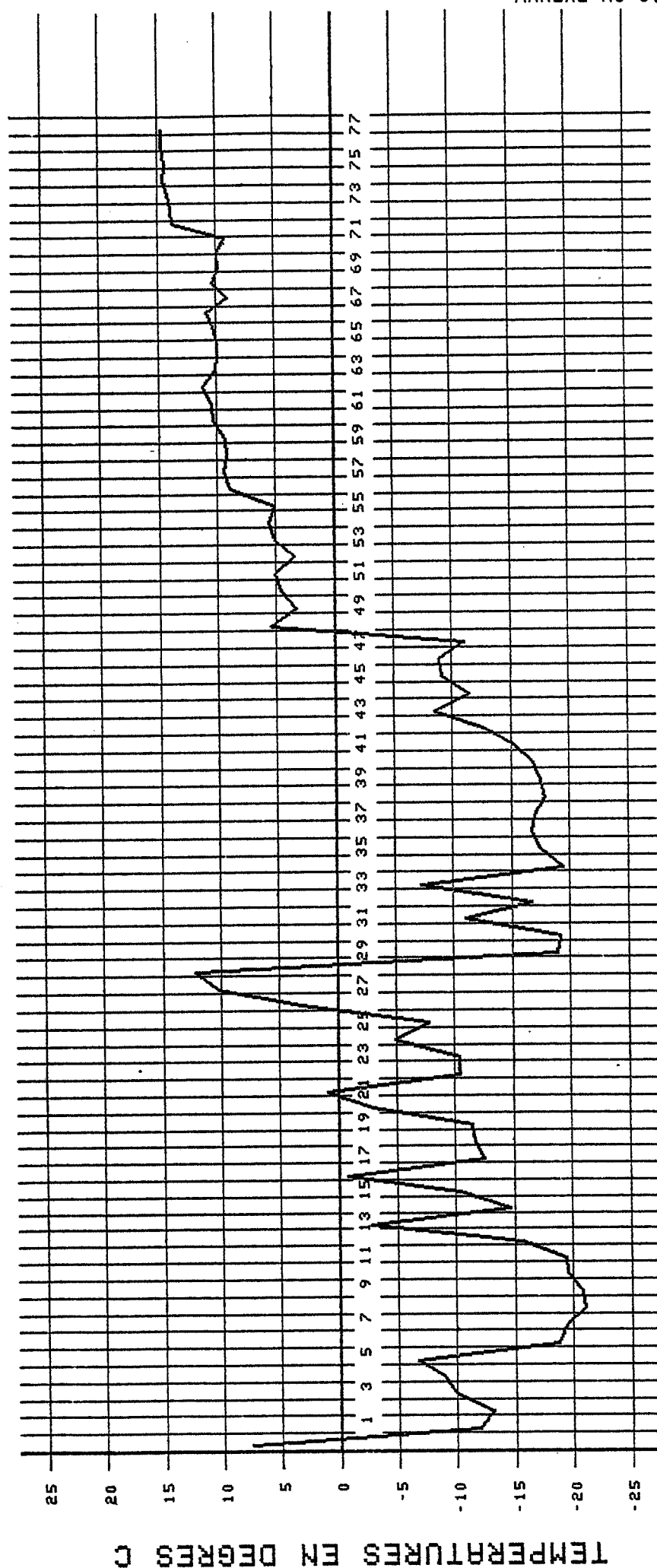
3^e ESSAI DE PERTE DE PORTANCE SUR LE CHAMP No 1

TEMPERATURES A LA SONDE NO 1210 = TEMPERATURE DE L'AIR

CHAMP NO 2 EPAISSEUR DE LA FONDATION 40 CM

NIVEAU DE LA SONDE 100 CM

DATE ET HEURE DU DEBUT DE L'ESSAI 03-SEP-80/0800H

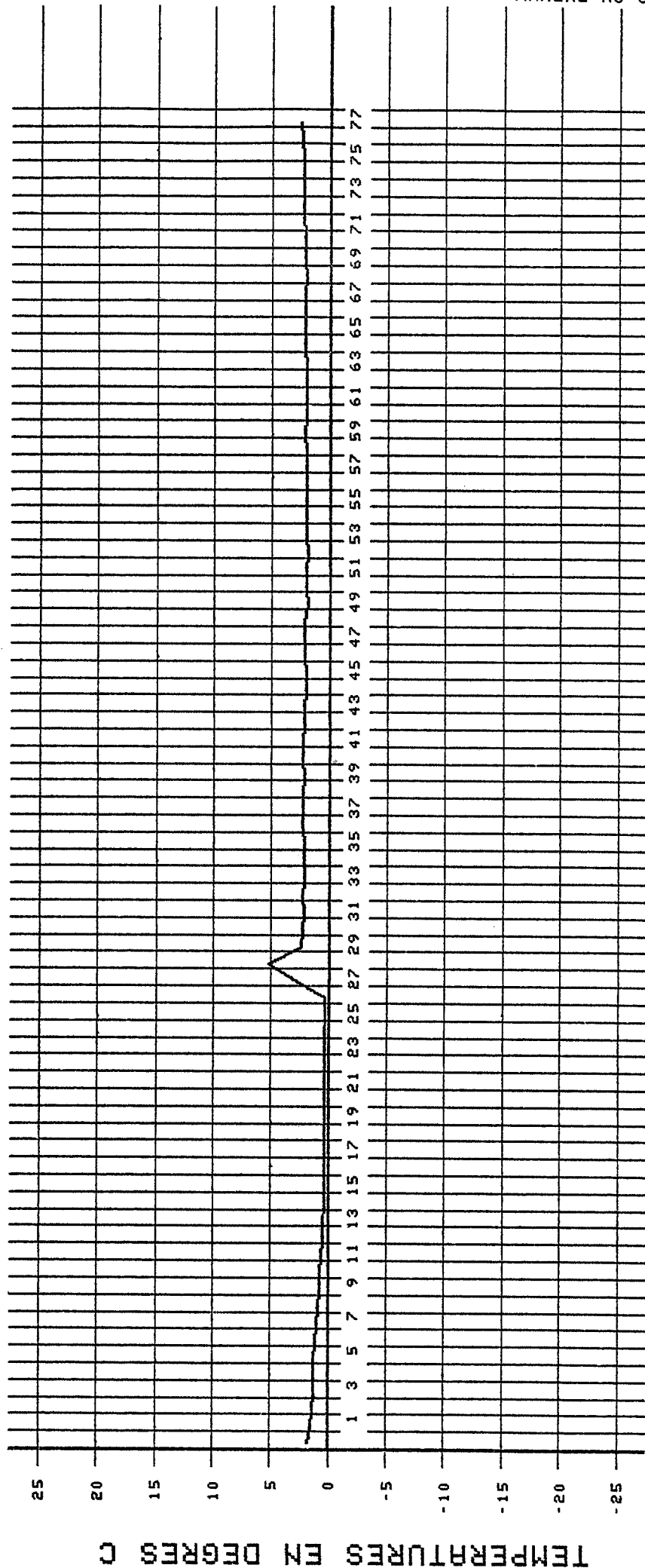


TEMPS EN JOURS 24H = 0.3 CM

3^e ESSAI DE PERTE DE PORTANCE SUR LE CHAMP No 1

TEMPERATURES A LA SONDE NO 1101
CHAMP NO 1 EPAISSEUR DE LA FONDATION 50 CM
NIVEAU DE LA SONDE -187 CM

DATE ET HEURE DU DEBUT DE L'ESSAI 03-SEP-80/0800H



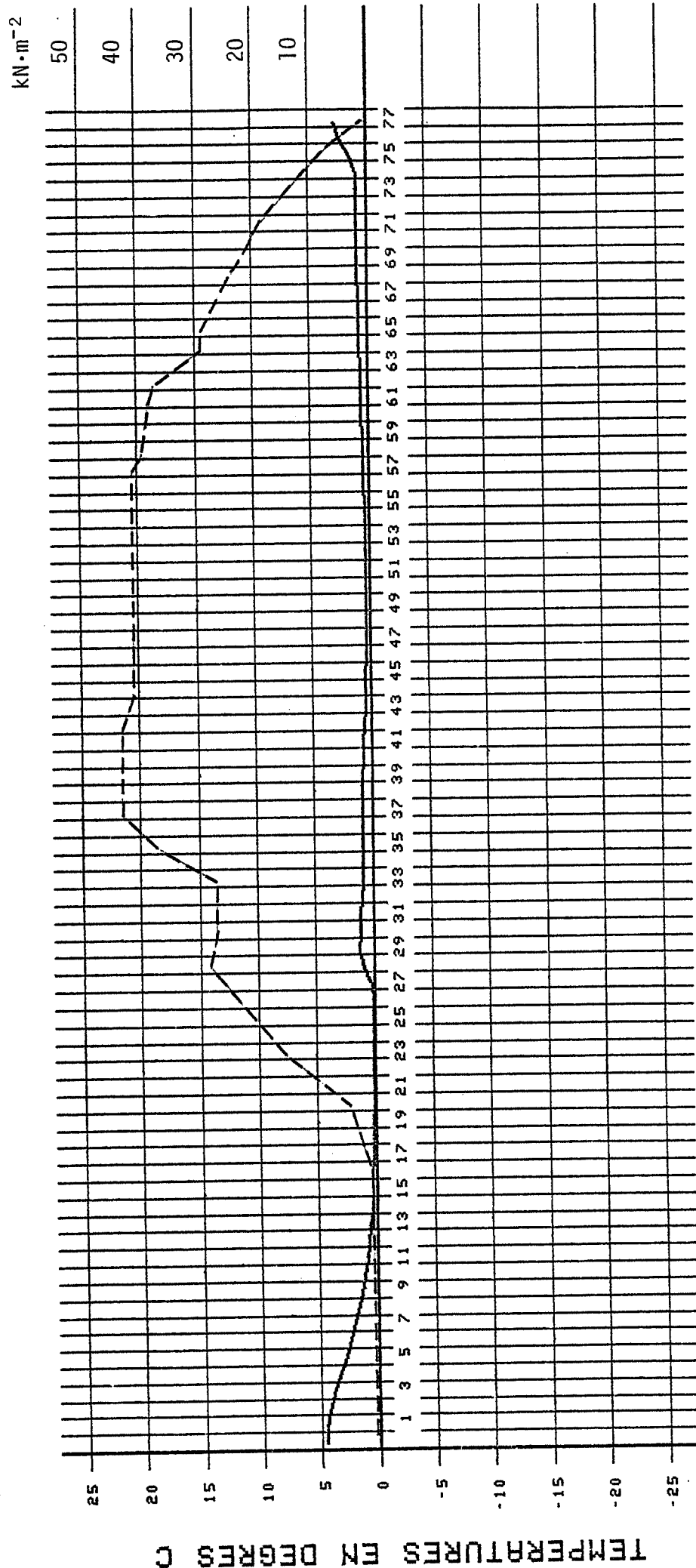
3^e ESSAI DE PERTE DE PORTANCE SUR LE CHAMP No 1

TEMPERATURES A LA SONDE NO 1102 TENSIOMETRE No 5101

CHAMP NO 1 EPAISSEUR DE LA FONDATION 50 CM

NIVEAU DES SONDES -145 CM

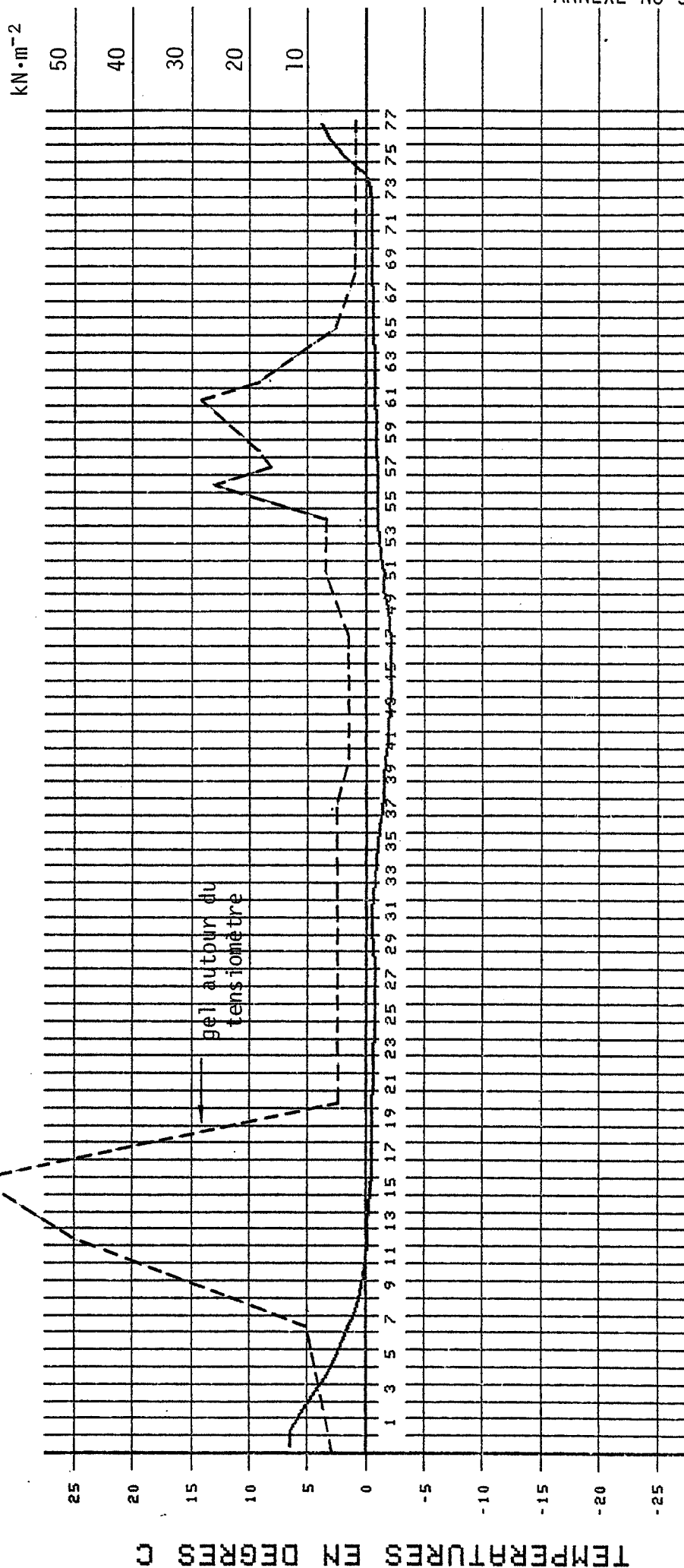
DATE ET HEURE DU DEBUT DE L'ESSAI 03-SEP-80/0800H



3^e ESSAI DE PERTE DE PORTANCE SUR LE CHAMP No 1

TEMPERATURES A LA SONDE NO 1103 TENSIOMETRE No 5102
CHAMP NO 1 EPAISSEUR DE LA FONDATION 50 CM
NIVEAU DES SONDES -104 CM

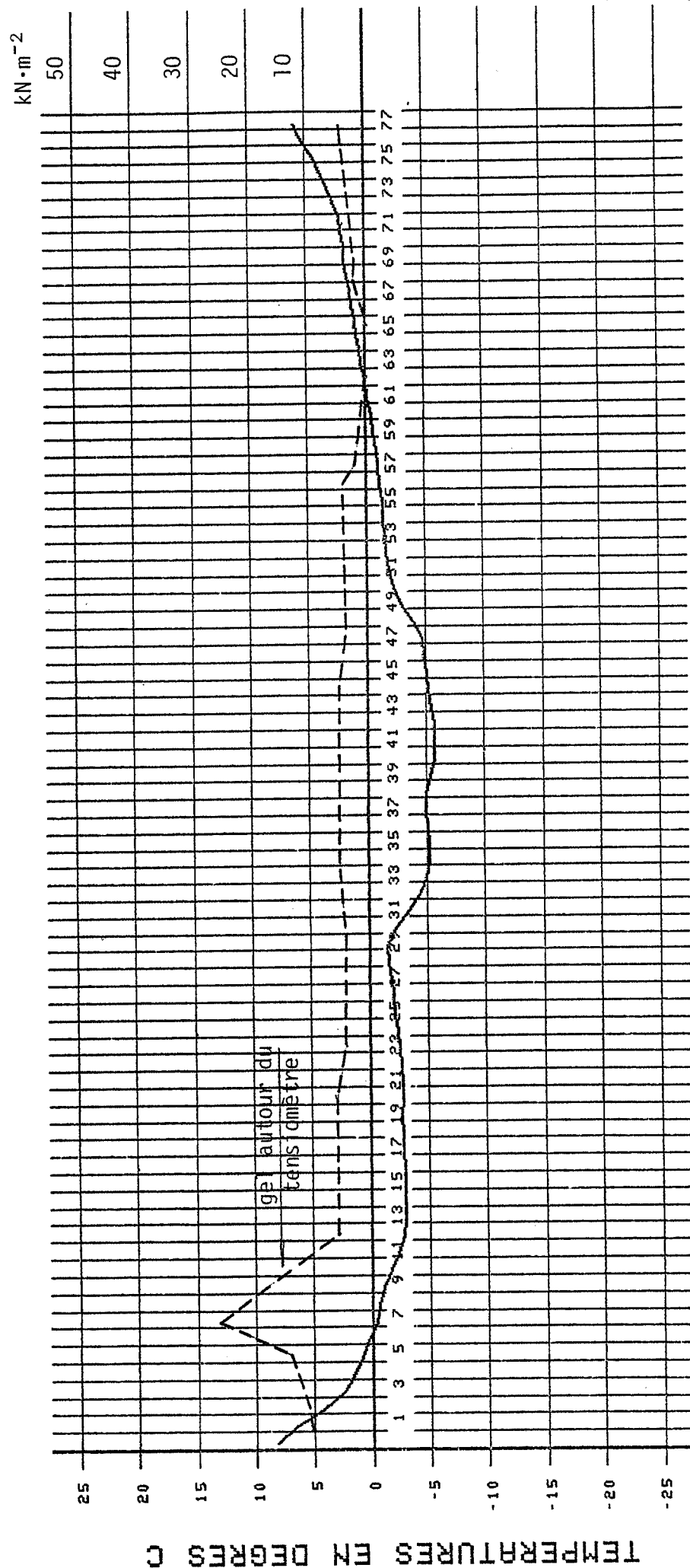
DATE ET HEURE DU DEBUT DE L'ESSAI 03-SEP-80/0800H



3^e ESSAI DE PERTE DE PORTANCE SUR LE CHAMP No 1

TEMPERATURES A LA SONDE NO 1104 _____ TENSIOMETRE No 5103 -----
CHAMP NO 1 EPAISSEUR DE LA FONDATION 50 CM
NIVEAU DES SONDES -68 CM

DATE ET HEURE DU DEBUT DE L'ESSAI 03-SEP-80/0800H



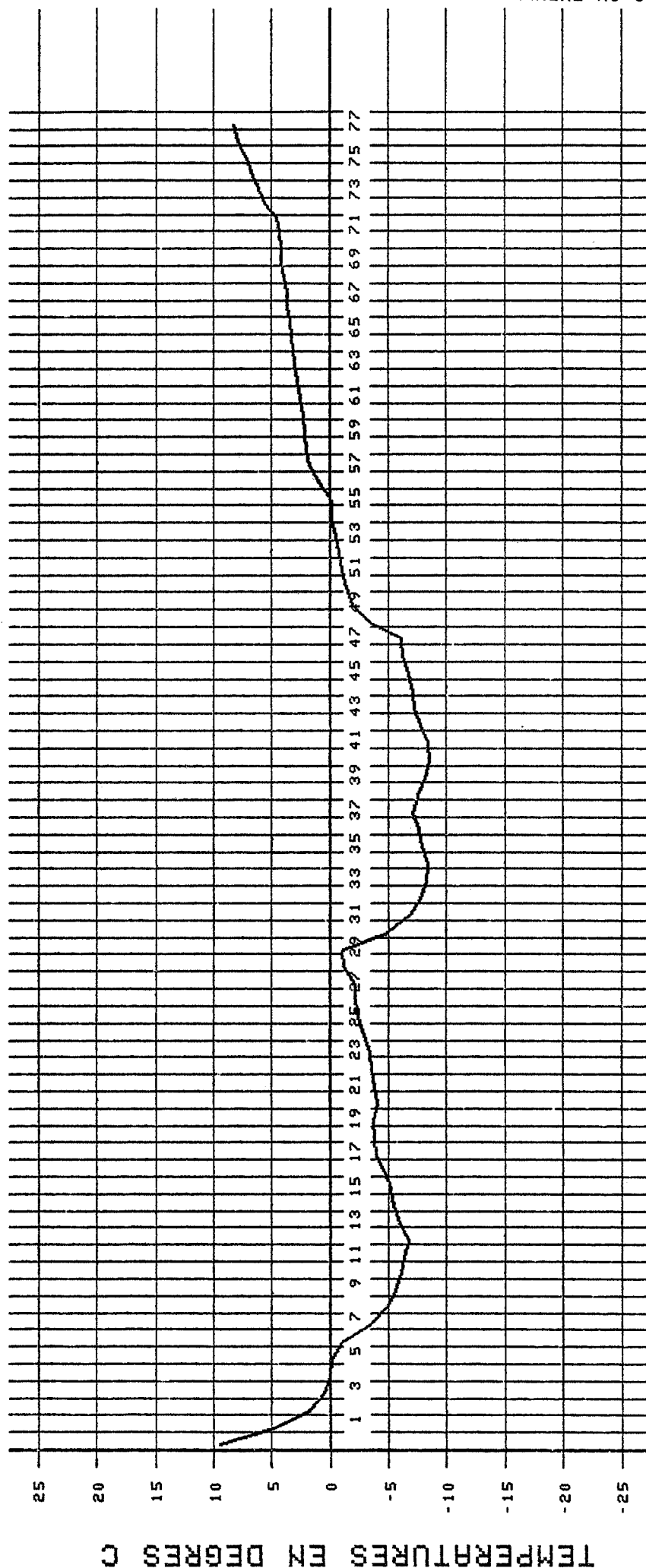
3^e ESSAI DE PERTE DE PORTANCE SUR LE CHAMP No 1

TEMPERATURES A LA SONDE NO 1105

CHAMP NO 1 EPAISSEUR DE LA FONDATION 50 CM

NIVEAU DE LA SONDE -40 CM

DATE ET HEURE DU DEBUT DE L ESSAI 03-SEP-80/0800H



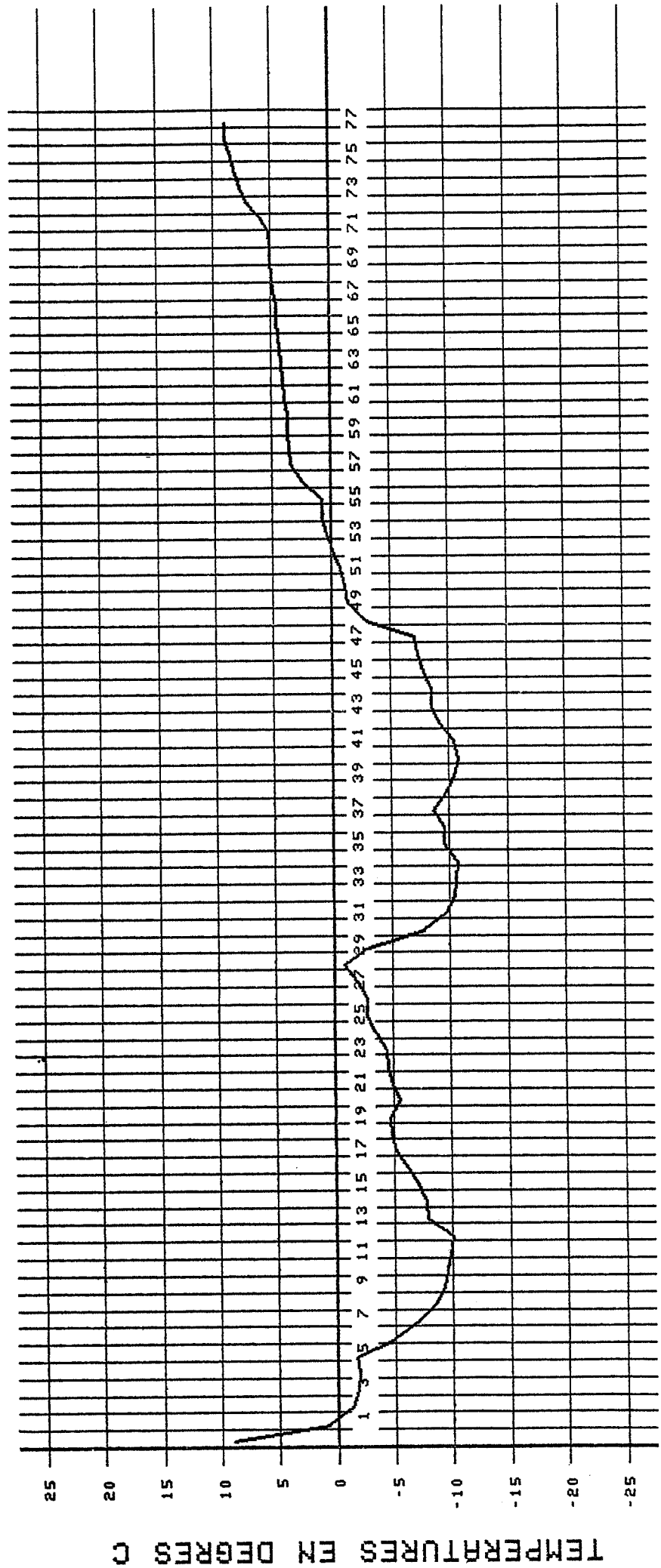
3^e ESSAI DE PERTE DE PORTANCE SUR LE CHAMP No 1

TEMPERATURES A LA SONDE NO 1106

CHAMP NO 1 EPAISSEUR DE LA FONDATION 50 CM

NIVEAU DE LA SONDE -19 CM

DATE ET HEURE DU DEBUT DE L'ESSAI 03-SEP-80/0800H



TEMPS EN JOURS 24H= 0.3 CM

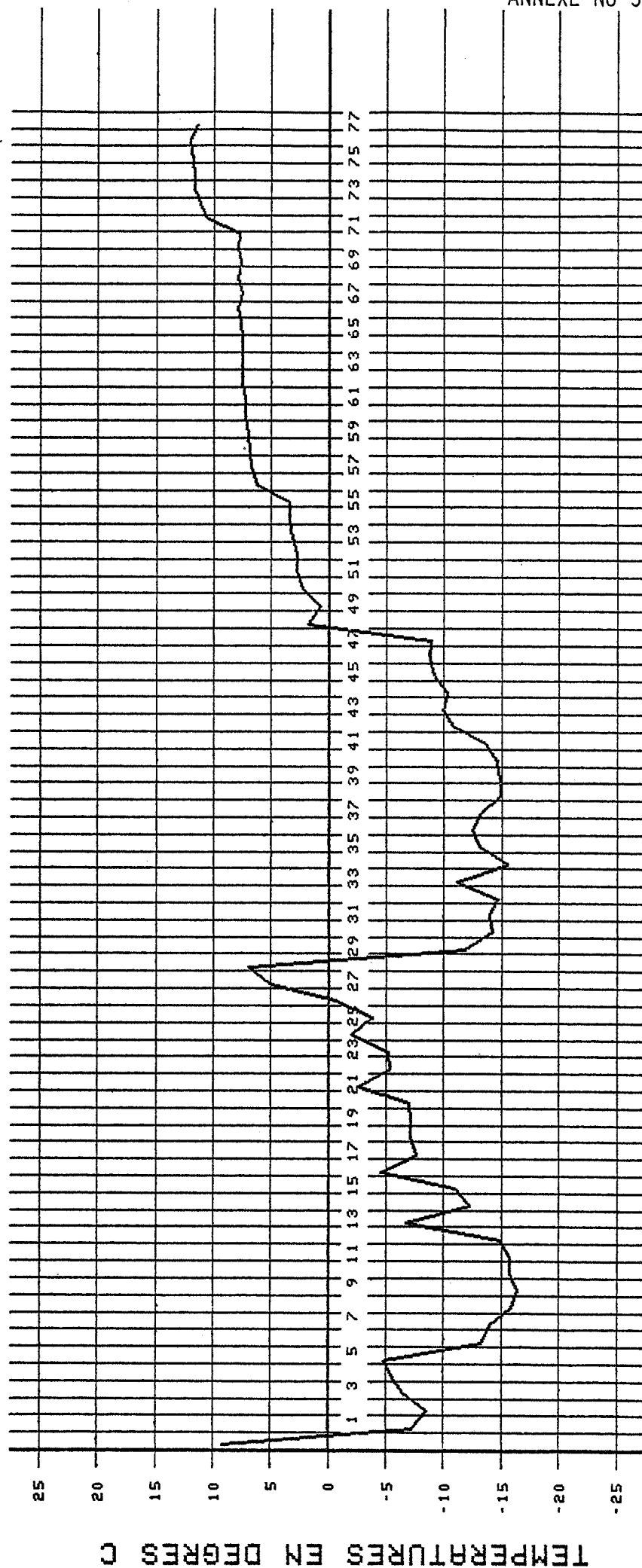
3^e ESSAI DE PERTE DE PORTANCE SUR LE CHAMP No 1

TEMPERATURES A LA SONDE NO 1107

CHAMP NO 1 EPAISSEUR DE LA FONDATION 50 CM

NIVEAU DE LA SONDE 0 CM

DATE ET HEURE DU DEBUT DE L'ESSAI 03-SEP-80/0800H



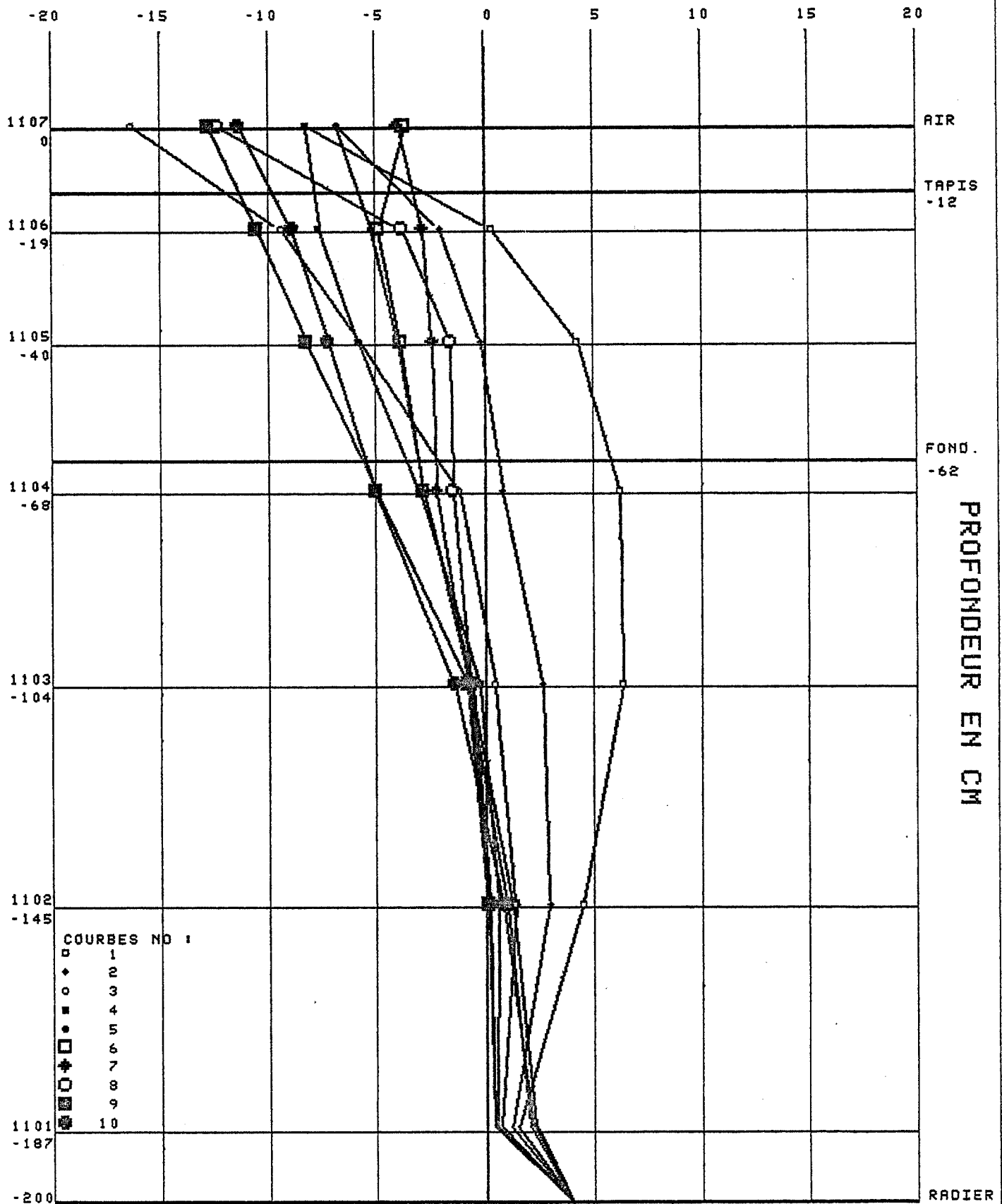
3^e ESSAI DE PERTE DE PORTANCE SUR LE CHAMP No 1

TAUTOCHRONES DU CHAMP NO 1 ECART = 96 H.

EPAISSEUR DE LA FONDATION 50 CM

JOUR ET HEURE DU PREMIER TAUTOCHRONE 1J 8H

TEMPERATURE EN DEGRES C



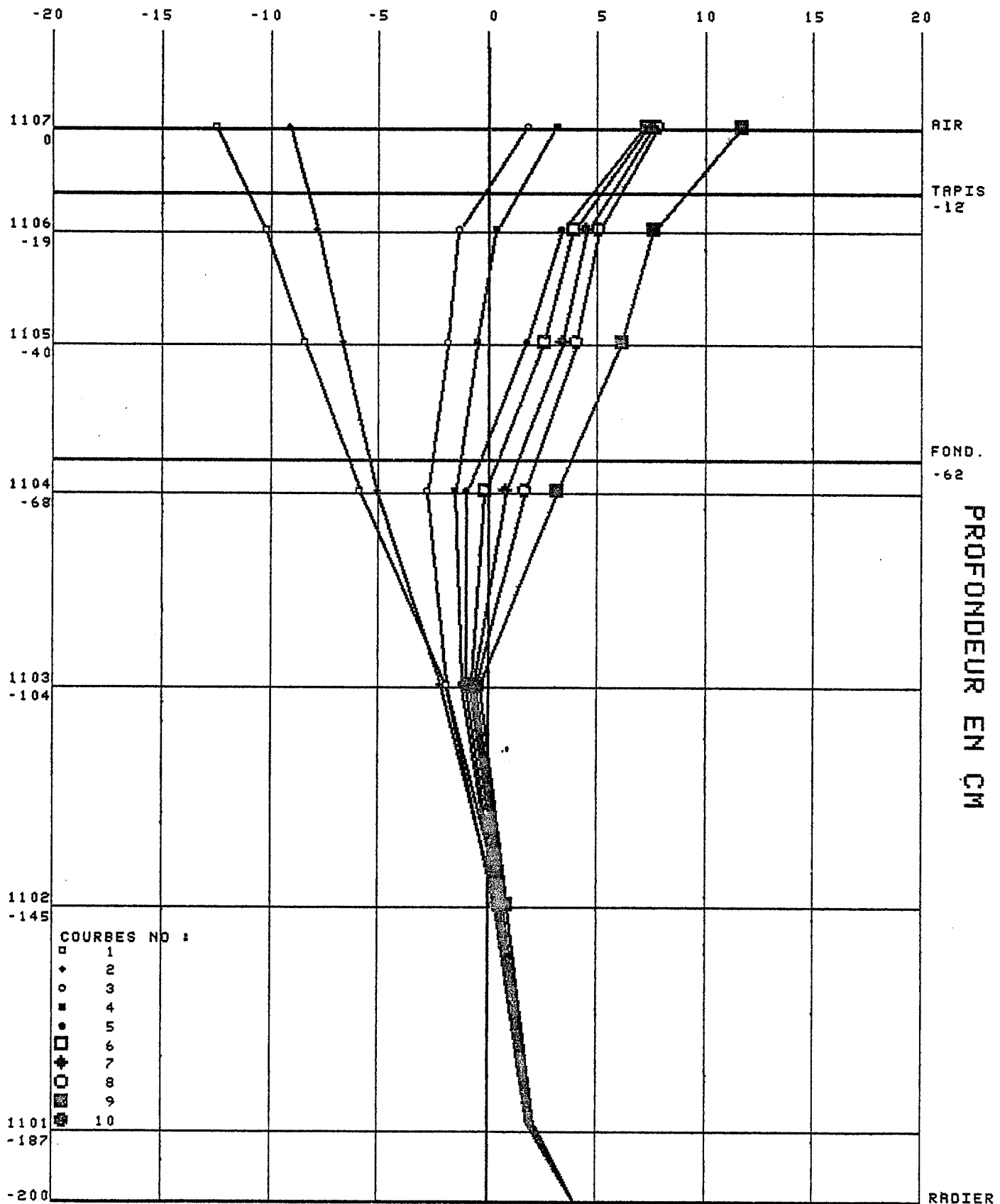
3^e ESSAI DE PERTE DE PORTANCE SUR LE CHAMP No 1

TAUTOCHRONES DU CHAMP NO 1 ECART= 96 H.

EPAISSEUR DE LA FONDATION 50 CM

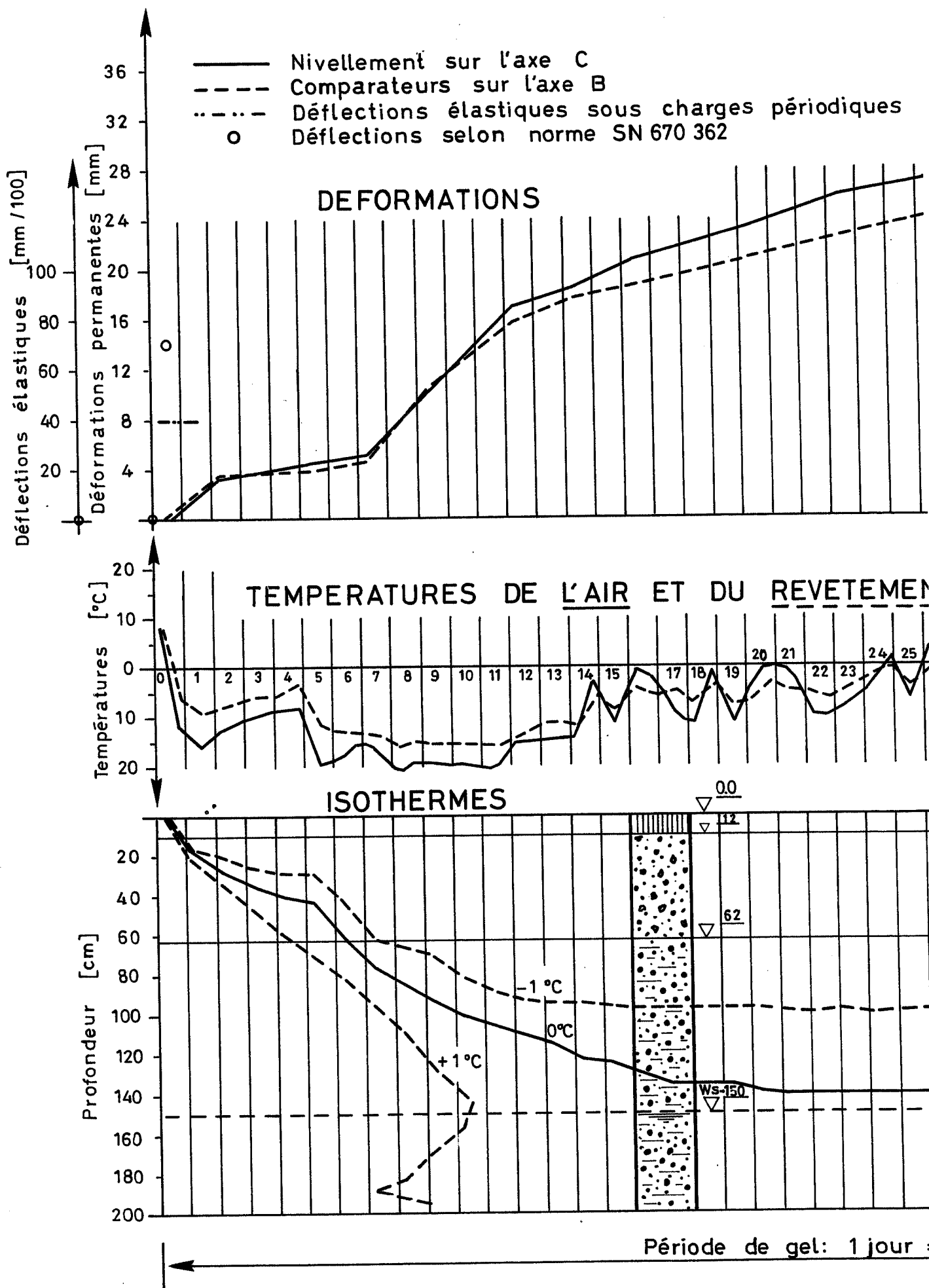
JOUR ET HEURE DU PREMIER TAUTOCHRONE 41J 8H

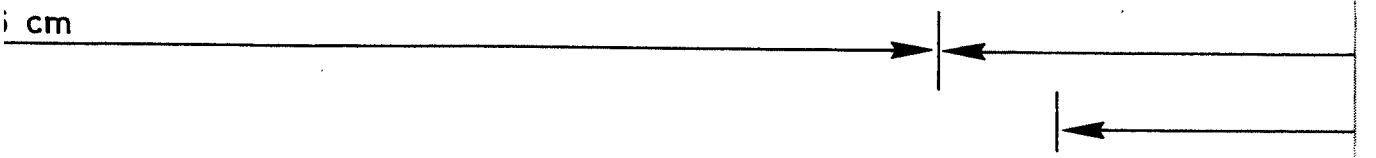
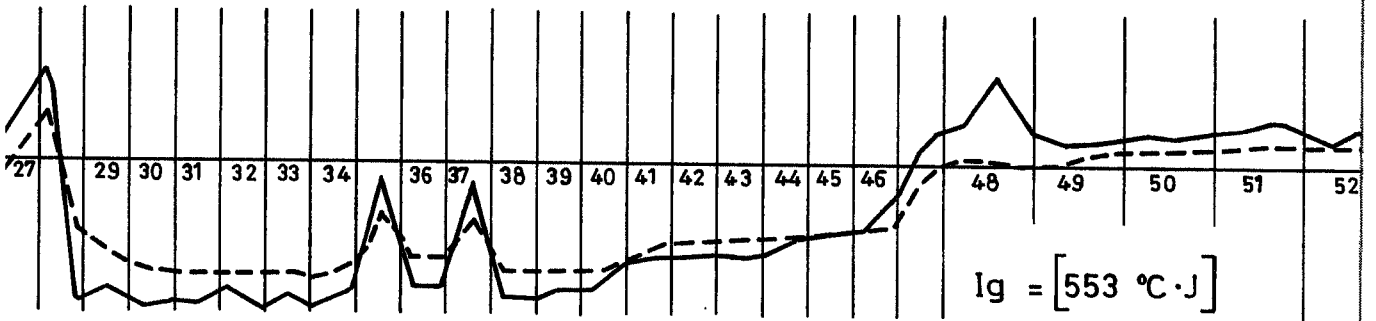
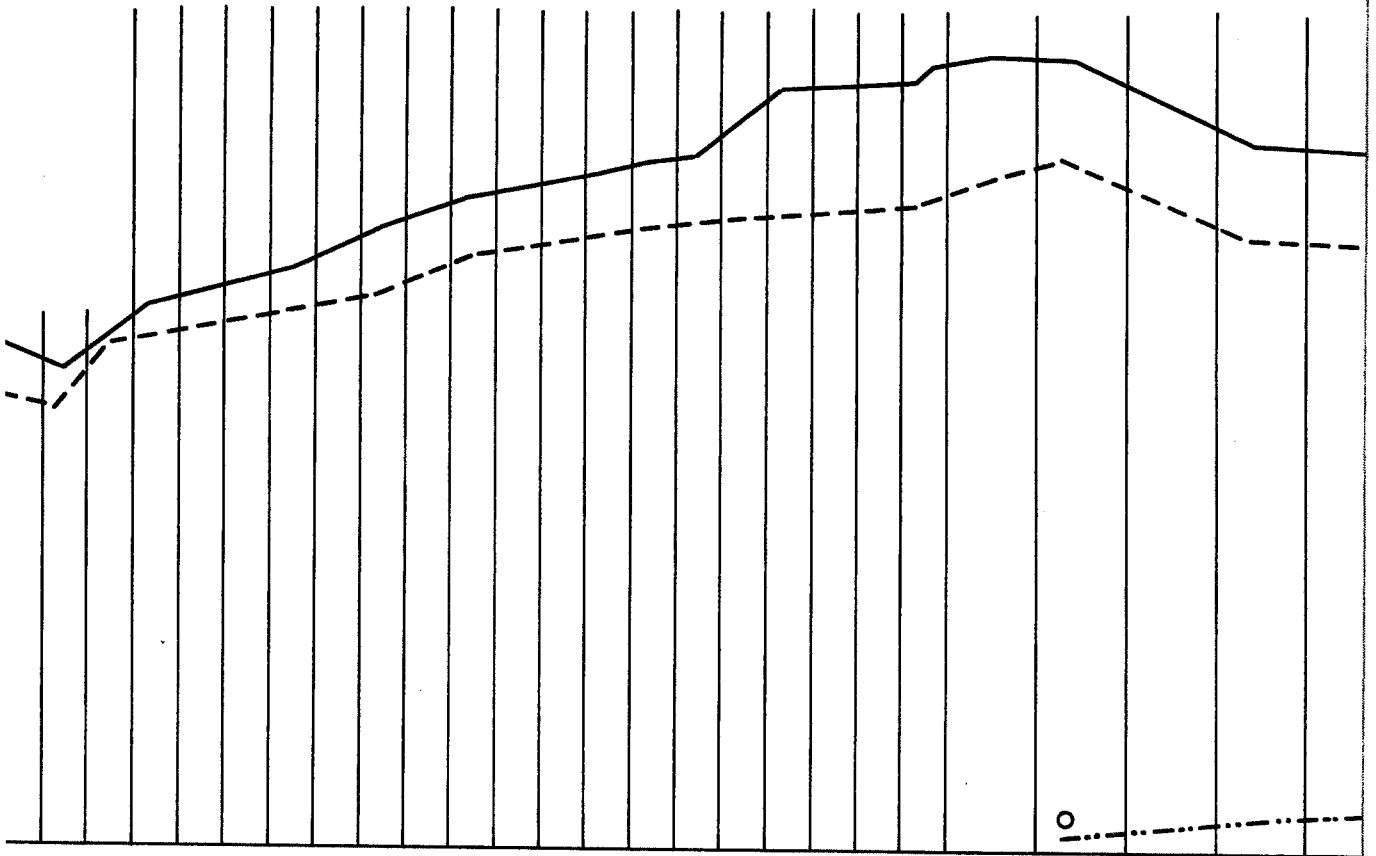
TEMPERATURE EN DEGRES C

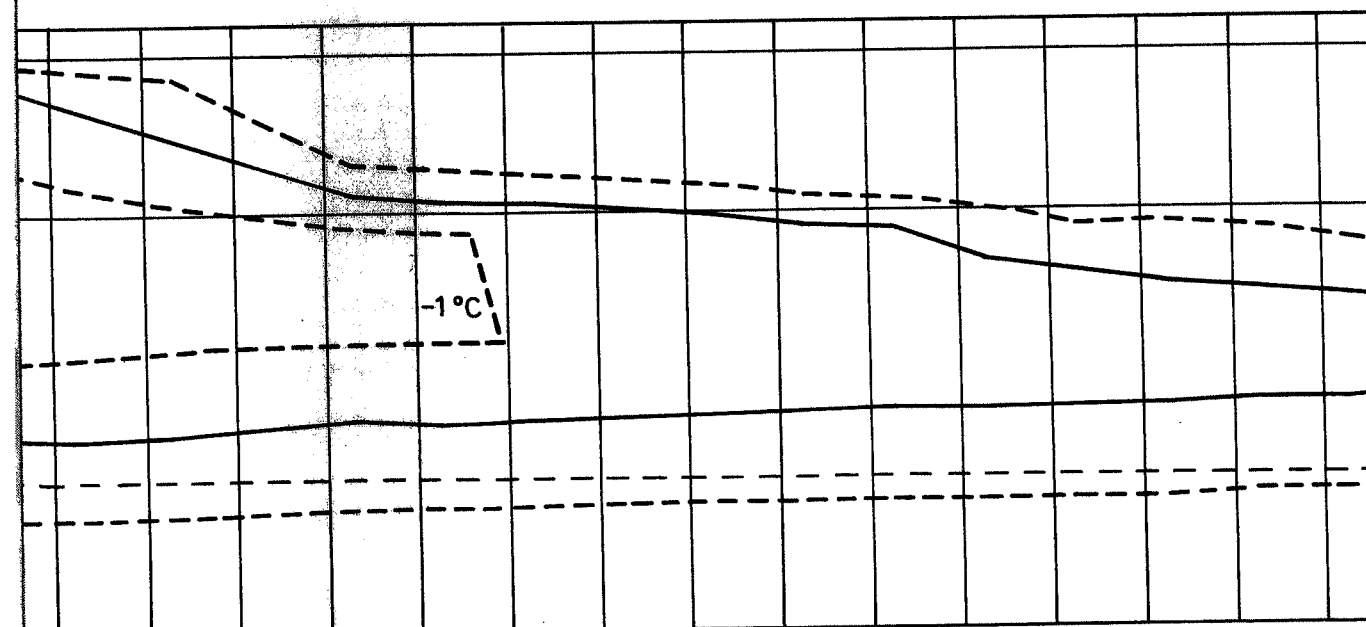
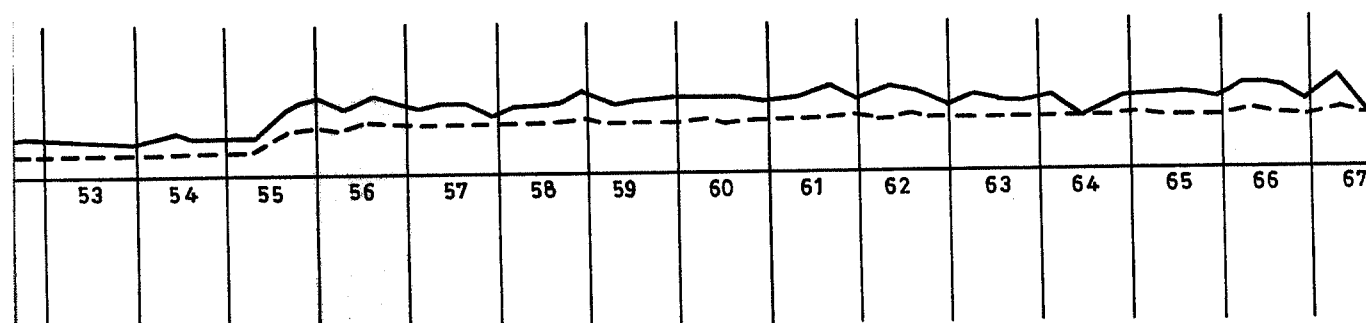
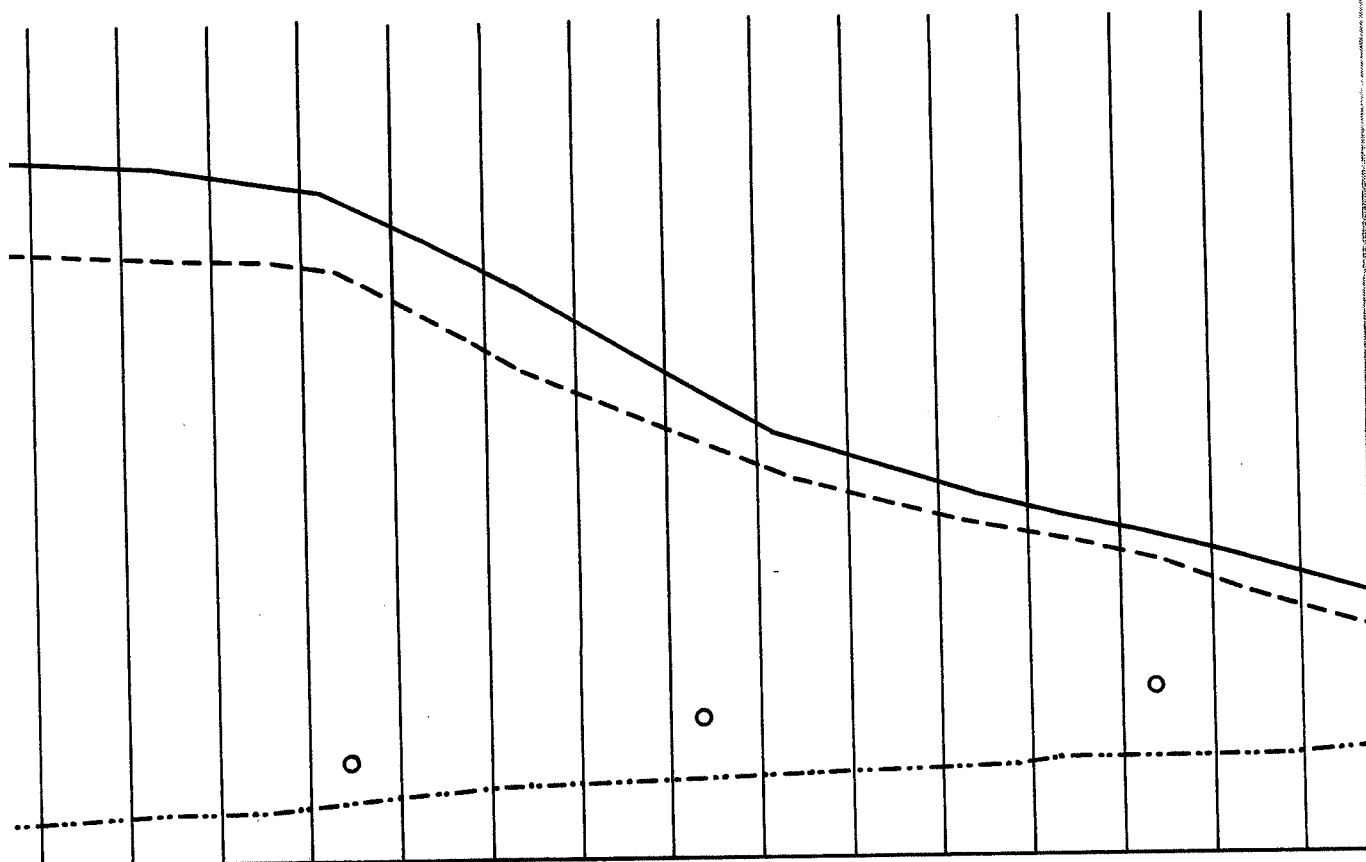


3^e ESSAI DE PERTE DE PORTANCE SUR LE CHAMP N° 1

MESURES EFFECTUEES SUR LE CHAMP N°1



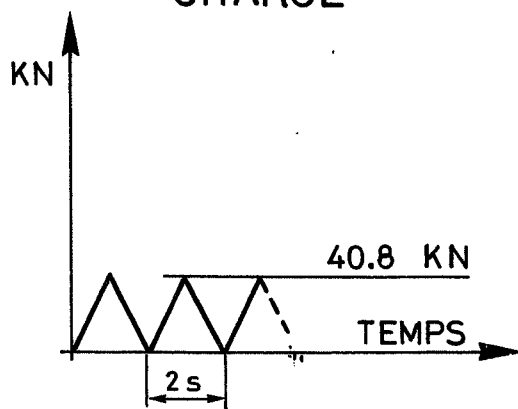




Période de dégel: éch. 1 j = 1.2 cm

Charge périodique

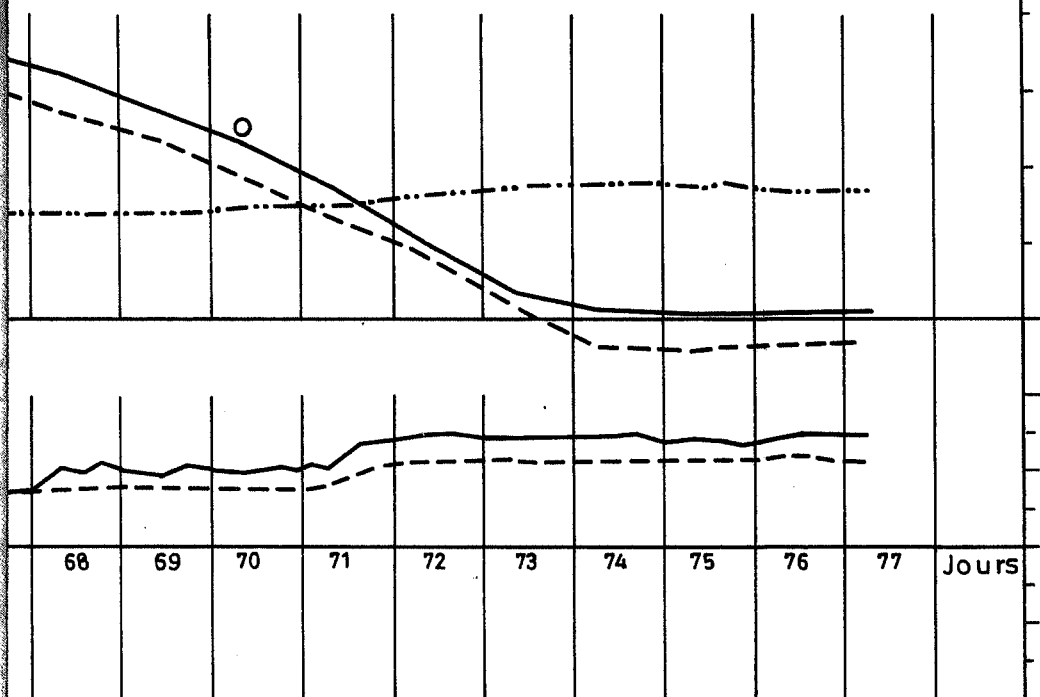
CHARGE



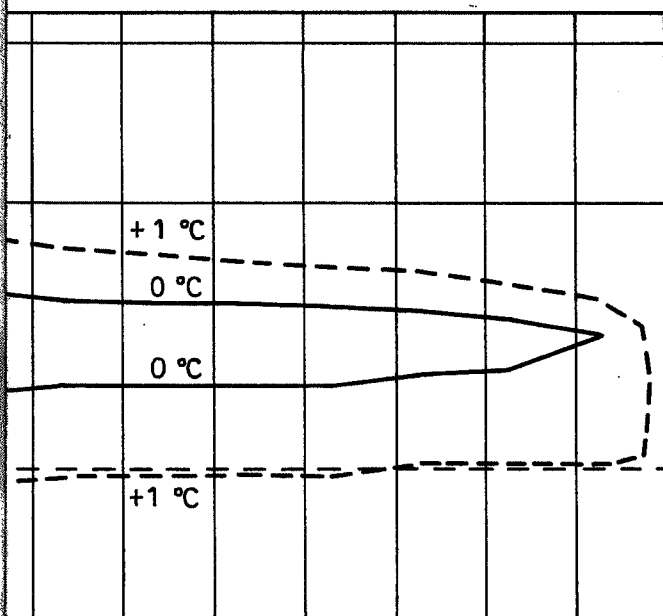
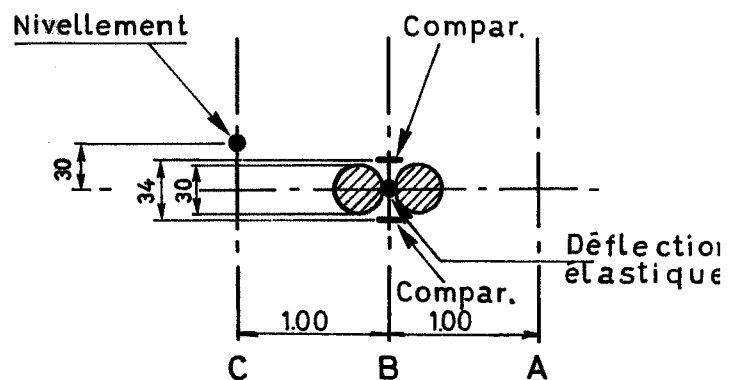
36
32
28
24
20
16
12
8
4
Déformations permanentes [mm]

20
10
0
10
20
Températures [°C]

Jours



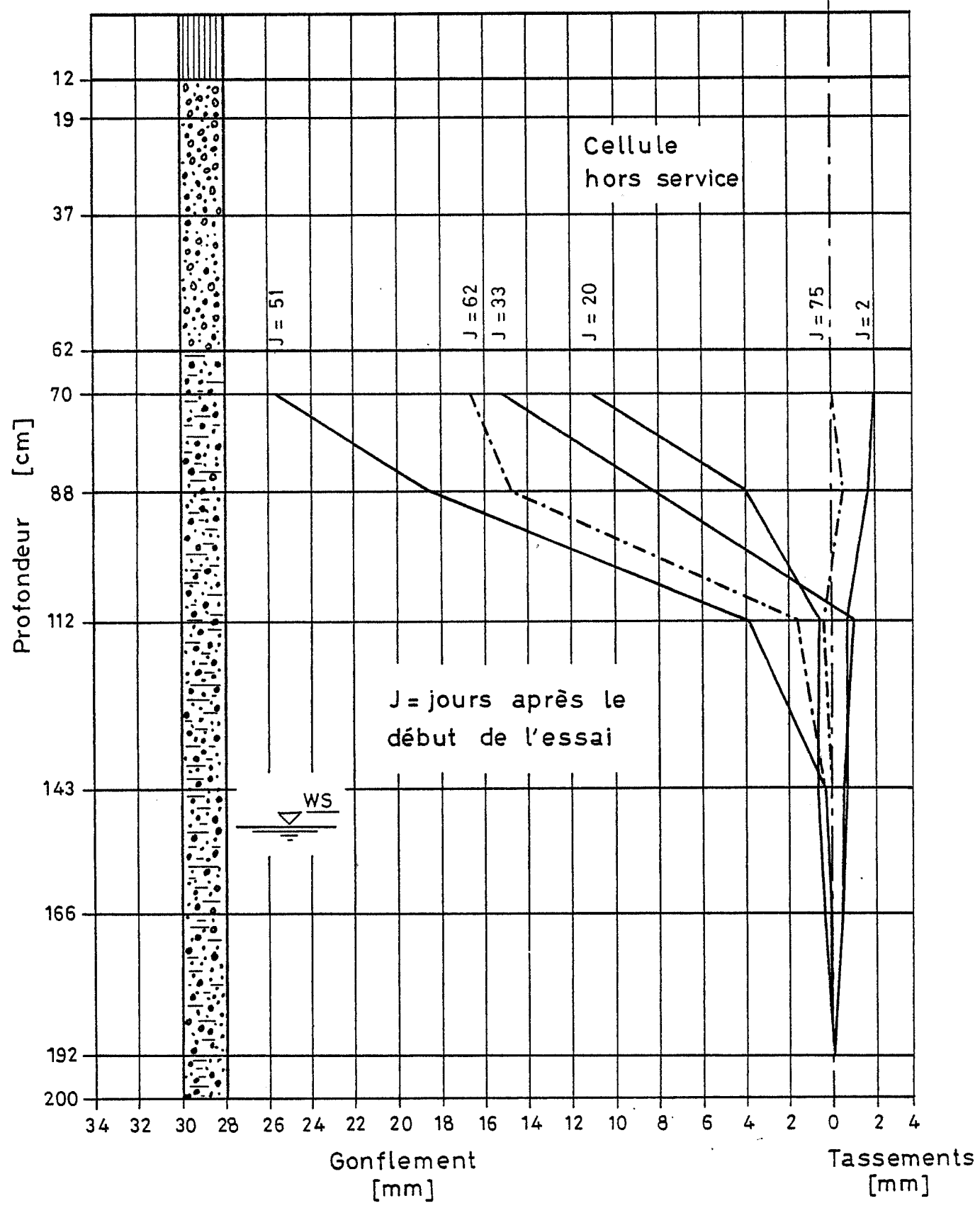
SITUATION



3^e ESSAI DE PERTE DE PORTANCE SUR LE CHAMP N°1 DEFORMATIONS DU MODELE CHAMP N°1 AXE A

— Déformations en période de gel

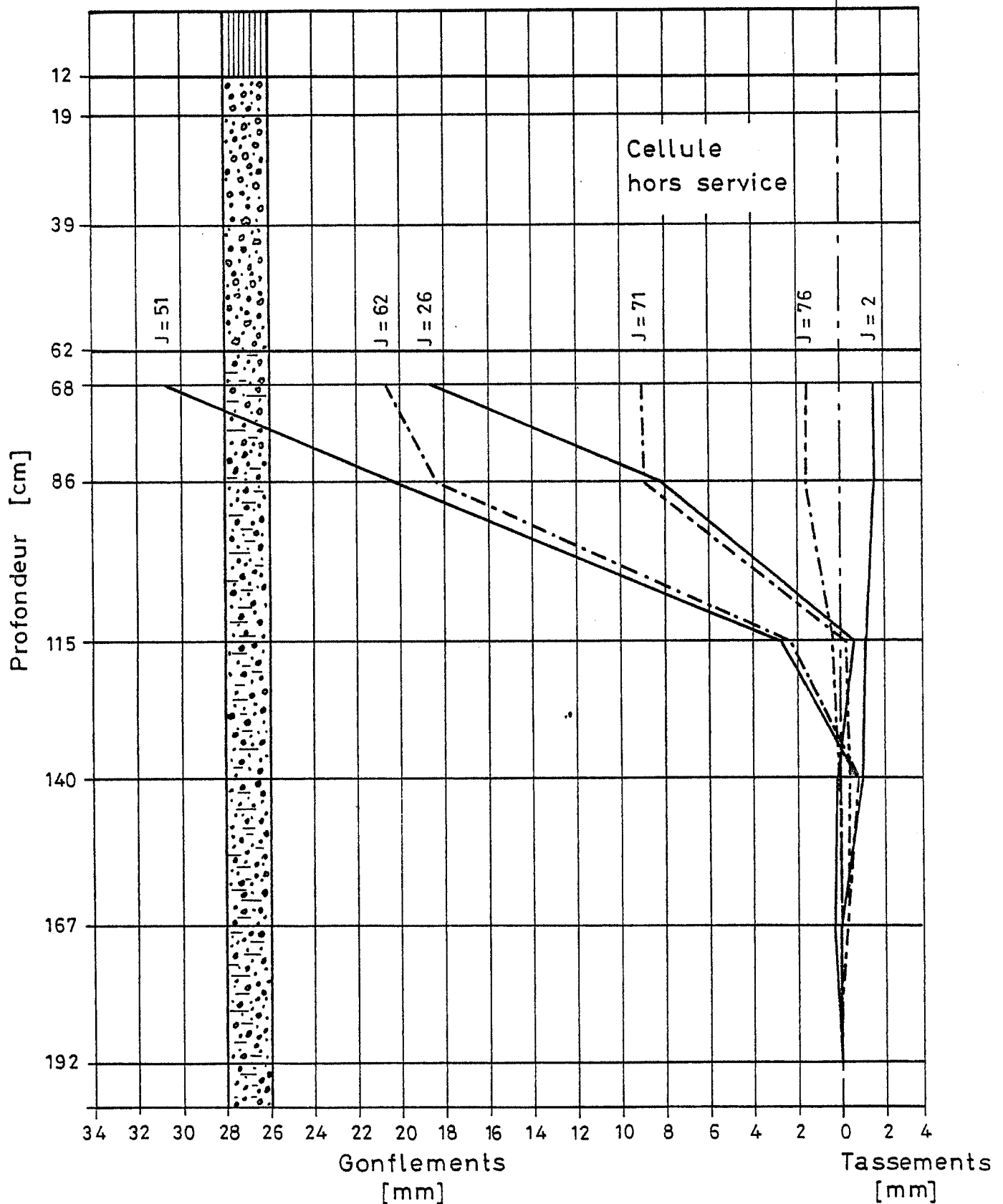
..... Déformations en période de dégel



3^e ESSAI DE PERTE DE PORTANCE SUR LE CHAMP N°1 DEFORMATIONS DU MODELE CHAMP N°1 AXE B

— Déformations en période de gel

- - - - - Déformations en période de dégel



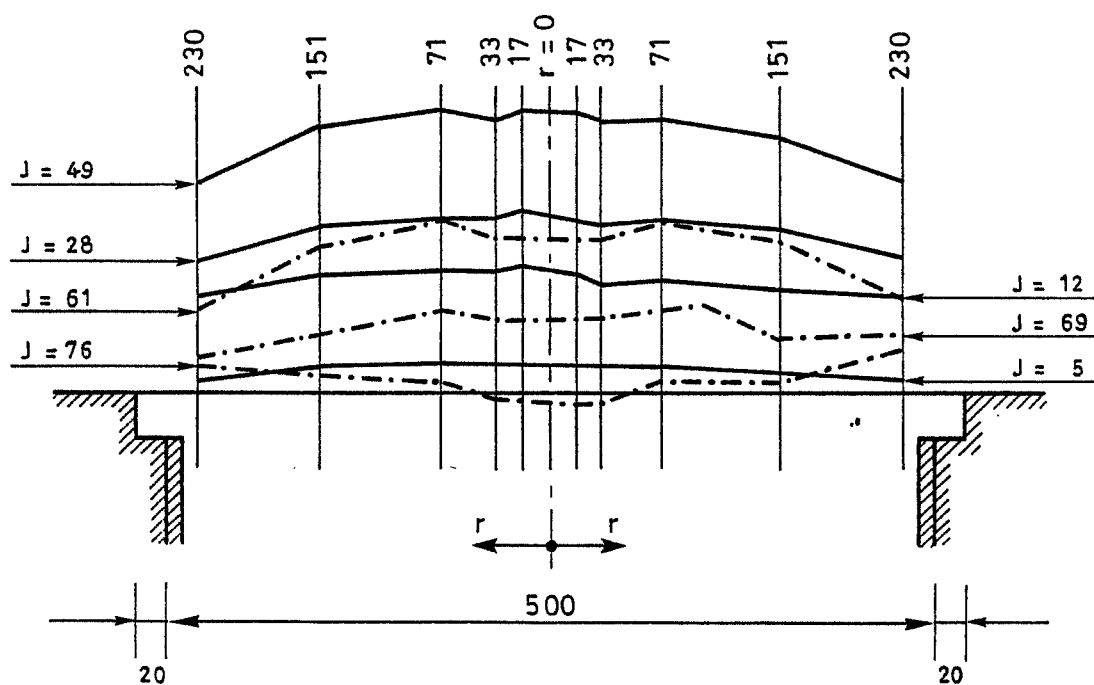
3^e ESSAI DE PERTE DE PORTANCE SUR LE CHAMP N°1

Déformation superficielle transversale

— Déformation en période de gel
 -.-.-.-.- Déformation en période de dégel

Echelles: long. 1:50 haut. 1:1

CHAMP N°1 AXE B



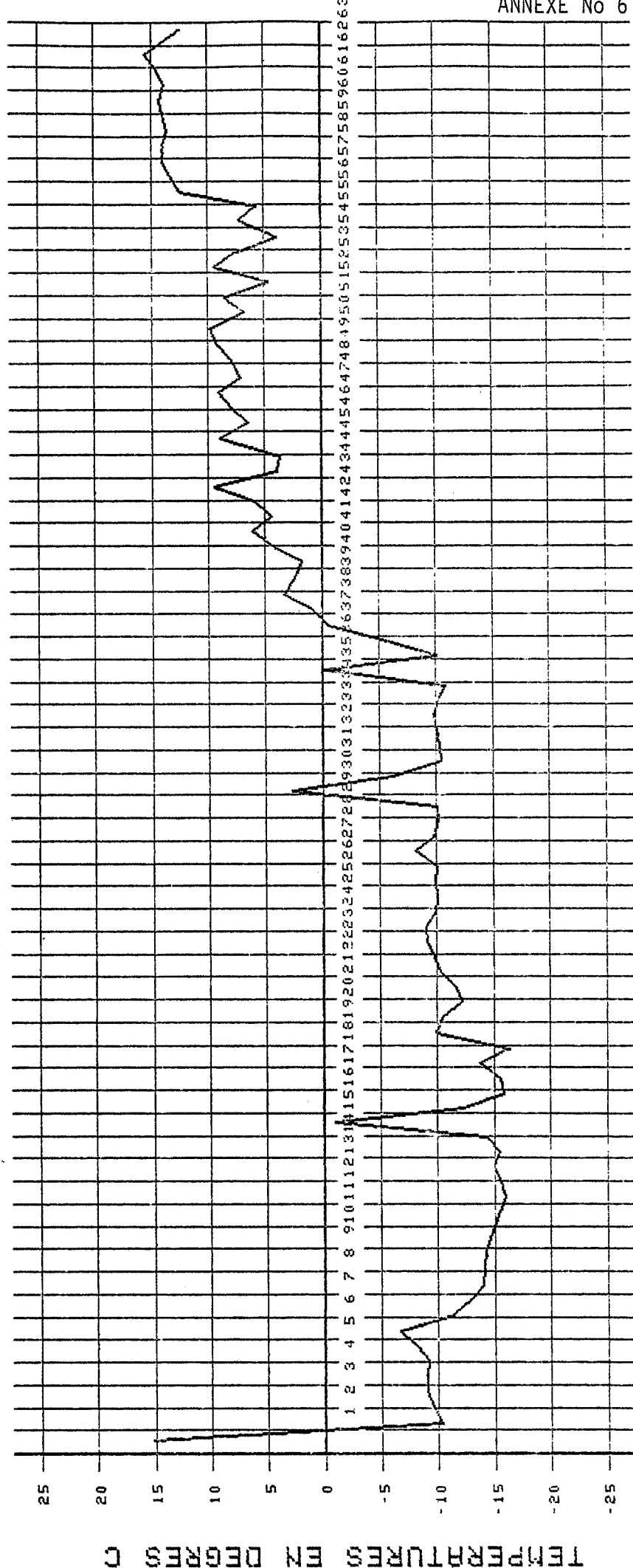
1^{er} ESSAI DE PERTE DE PORTANCE SUR LE CHAMP No 2

TEMPERATURES A LA SONDE NO 1210 = TEMPERATURE DE L'AIR

CHAMP NO 2 EPAISSEUR DE LA FONDATION 40 CM

NIVEAU DE LA SONDE 100 CM

DATE ET HEURE DU DEBUT DE L'ESSAI 09-AOU-79/1400H



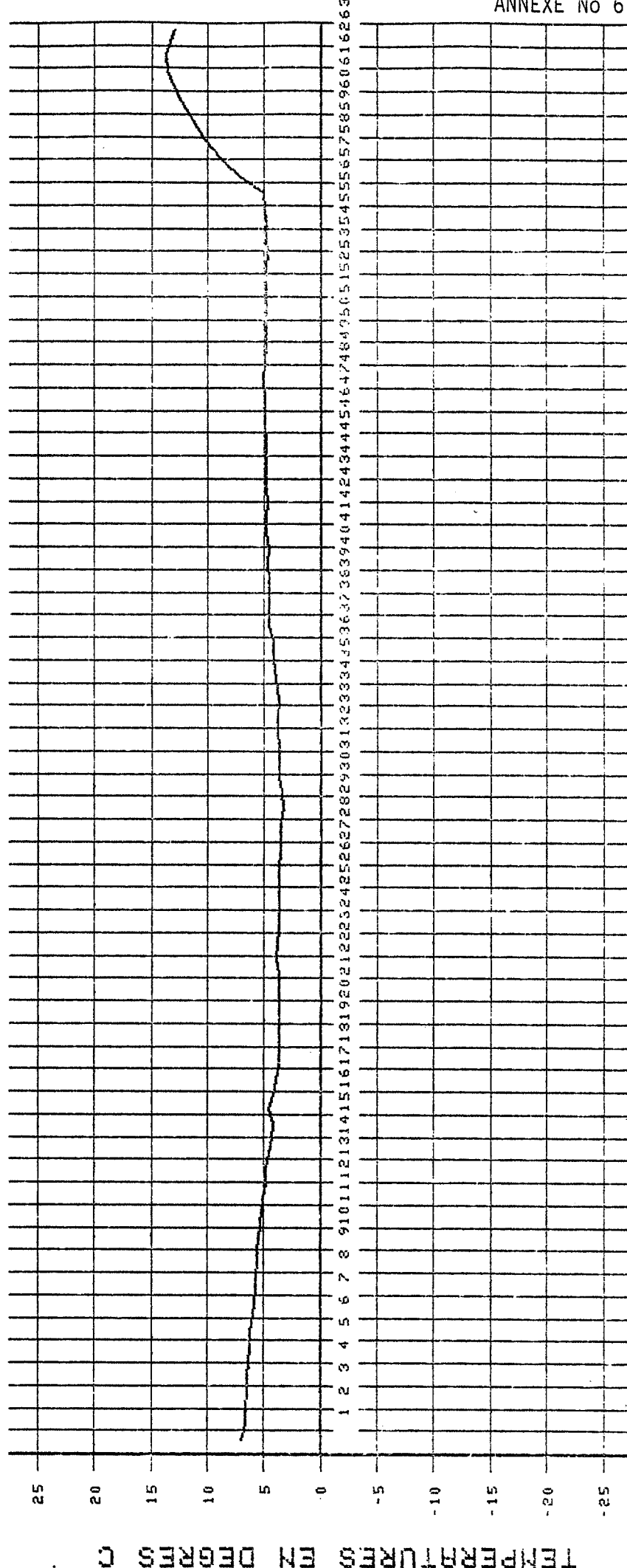
1^{er} ESSAI DE PERTE DE PORTANCE SUR LE CHAMP NO 2

TEMPERATURES A LA SONDE NO 1101

CHAMP NO 1 EPAISSEUR DE LA FONDATION 50 CM

NIVEAU DE LA SONDE -187 CM

DATE ET HEURE DU DEBUT DE L'ESSAI 09-AOU-79/1400H



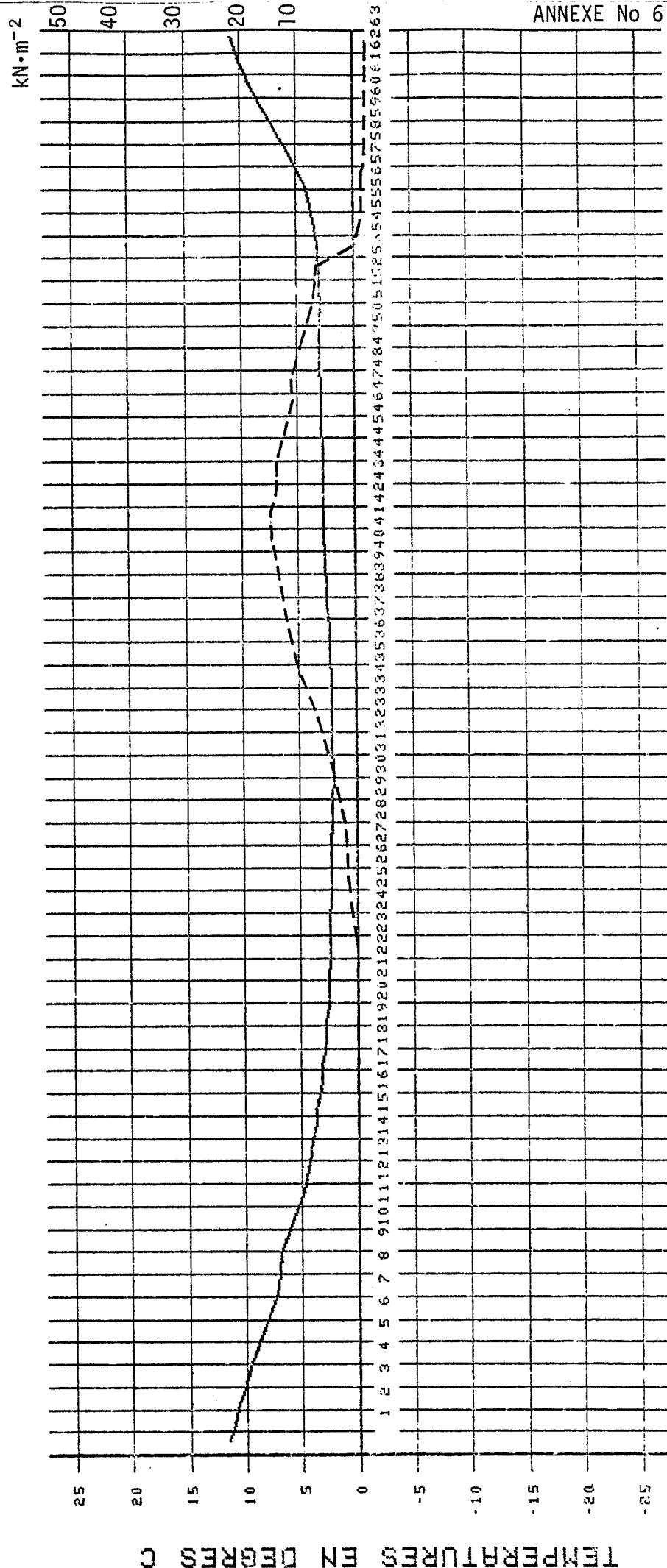
1^{er} ESSAI DE PERTE DE PORTANCE SUR LE CHAMP No 2

TEMPERATURES A LA SONDE NO 1102 — TENSIOMETRE No 5101 — — —

CHAMP NO 1 EPAISSEUR DE LA FONDATION 50 CM

NIVEAU DES SONDES -145 CM

DATE ET HEURE DU DEBUT DE L'ESSAI 09-AOU-79/1400H



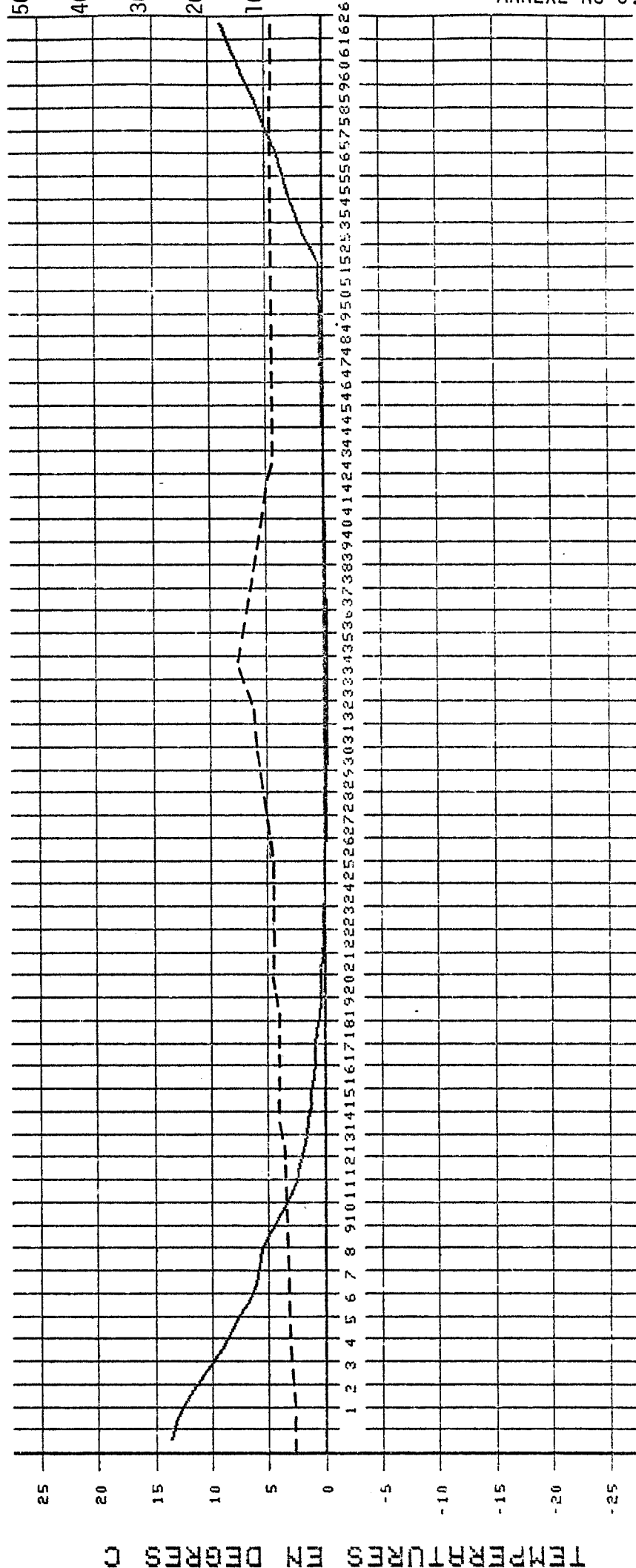
TEMPS EN JOURS 24H = 0.4 CM

1^e ESSAI DE PERTE DE PORTANCE SUR LE CHAMP No 2

TEMPERATURES A LA SONDE NO 1103 — TENSIOMETRE No 5102 — — — —
CHAMP NO 1 EPAISSEUR DE LA FONDATION 50 CM
NIVEAU DES SONDES -104 CM

DATE ET HEURE DU DEBUT DE L'ESSAI 09-ROU-79/1400H

KN·m⁻²



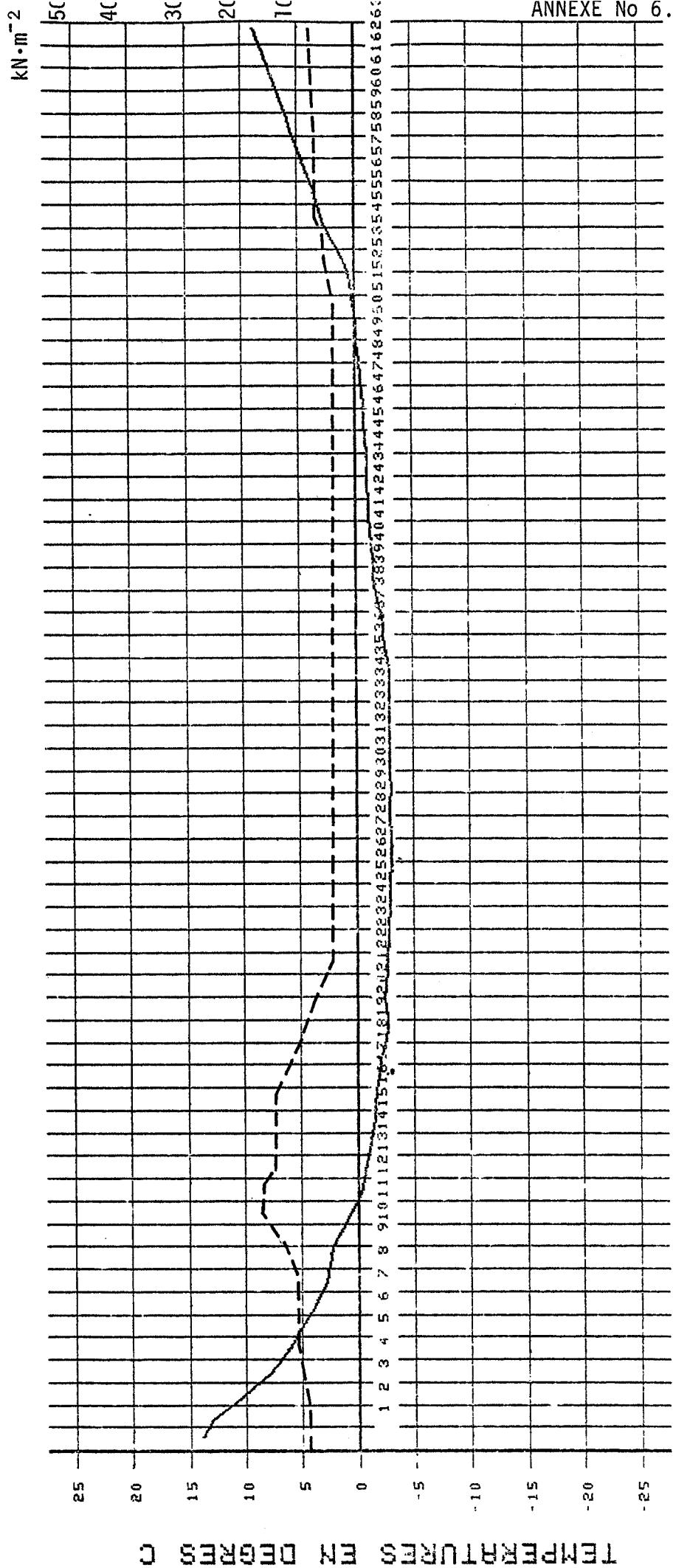
TEMPS EN JOURS 24H = 0.4 CM

ANNEXE NO 0.4

1^{er} ESSAI DE PERTE DE PORTANCE SUR LE CHAMP No 2

TEMPERATURES A LA SONDE NO 1104 — TENSIOMETRE No 5103 —
CHAMP NO 1 EPAISSEUR DE LA FONDATION 50 CM
NIVEAU DES SONDES -68 CM

DATE ET HEURE DU DEBUT DE L'ESSAI 09-AOU-79/1400H



TEMPS EN JOURS 24H = 0.4 CM

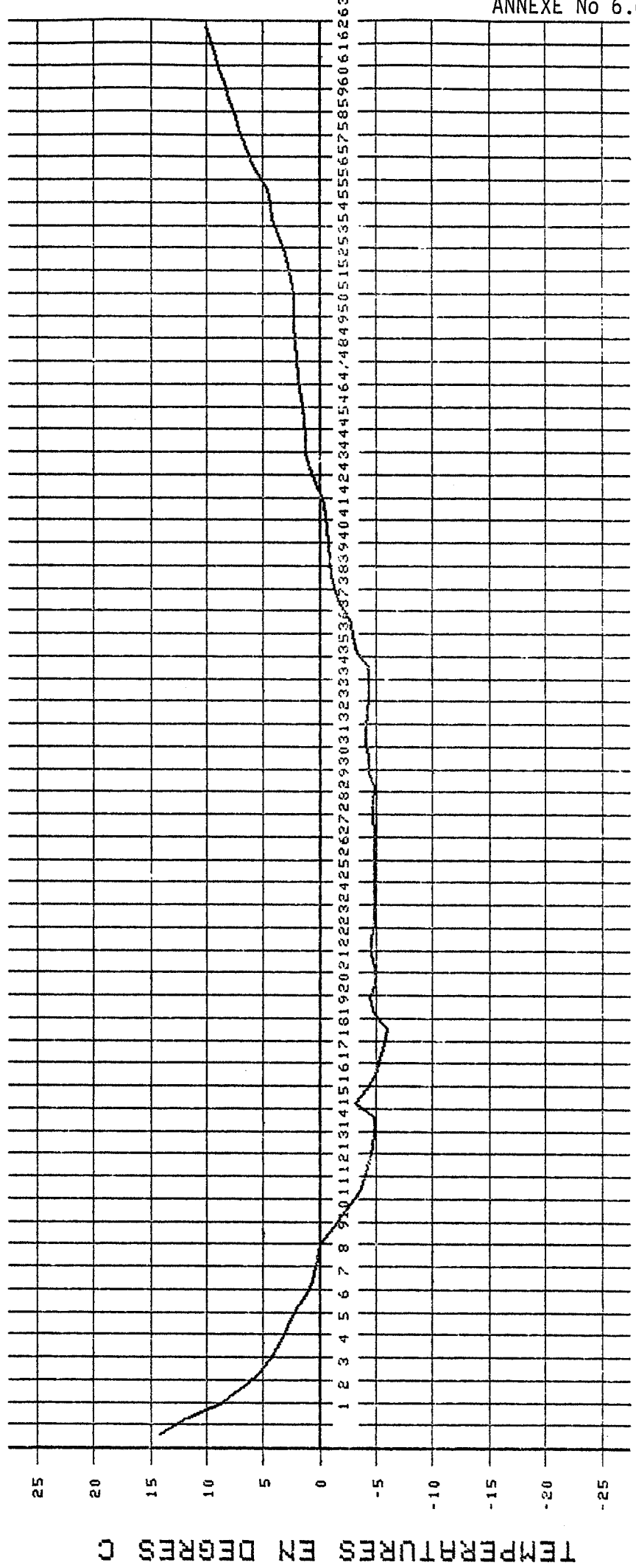
1^{er} ESSAI DE PERTE DE PORTANCE SUR LE CHAMP No 2

TEMPERATURES A LA SONDE NO 1105

CHAMP NO 1 EPAISSEUR DE LA FONDATION 50 CM

NIVEAU DE LA SONDE -40 CM

DATE ET HEURE DU DEBUT DE L'ESSAI 09-00U-79/1400H



TEMPS EN JOURS 24H= 0.4 CM

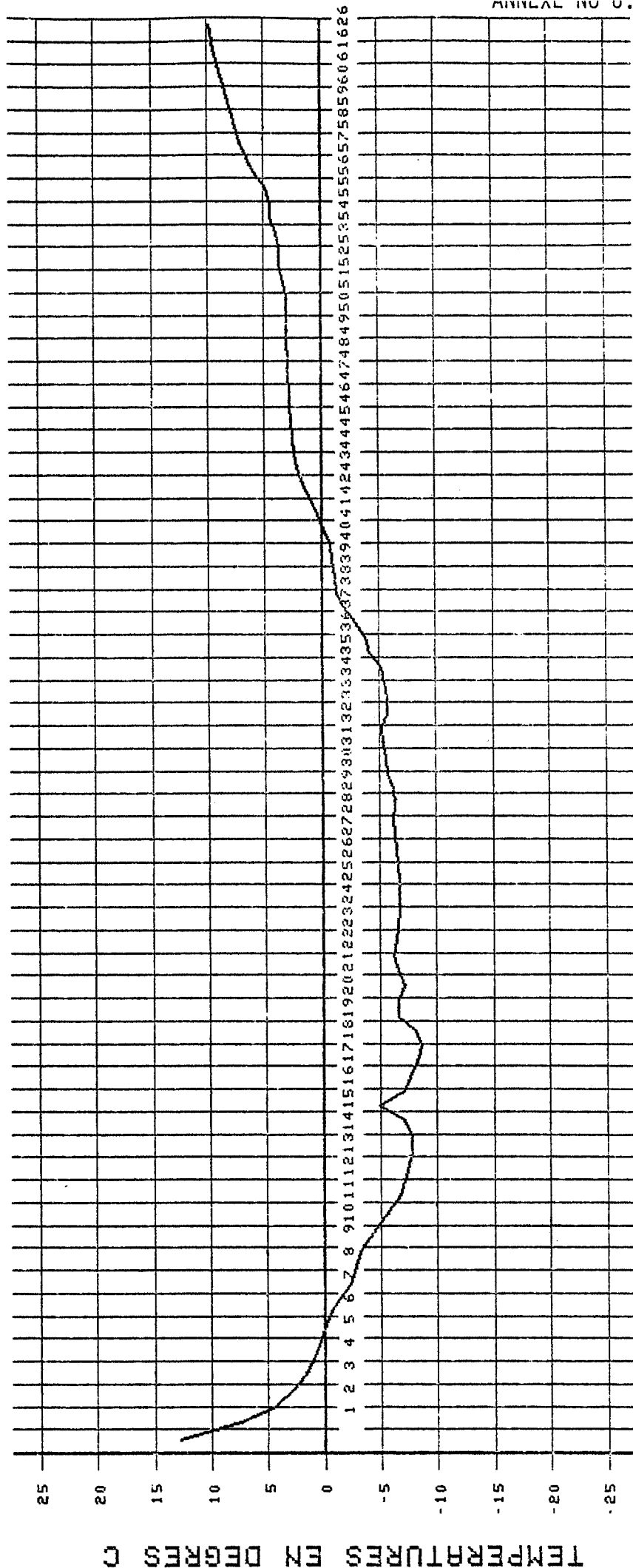
1^{er} ESSAI DE PERTE DE PORTANCE SUR LE CHAMP No 2

TEMPERATURES A LA SONDE NO 1106

CHAMP NO 1 EPAISSEUR DE LA FONDATION 50 CM

NIVEAU DE LA SONDE -19 CM

DATE ET HEURE DU DEBUT DE L'ESSAI 09-AOU-79/1400H



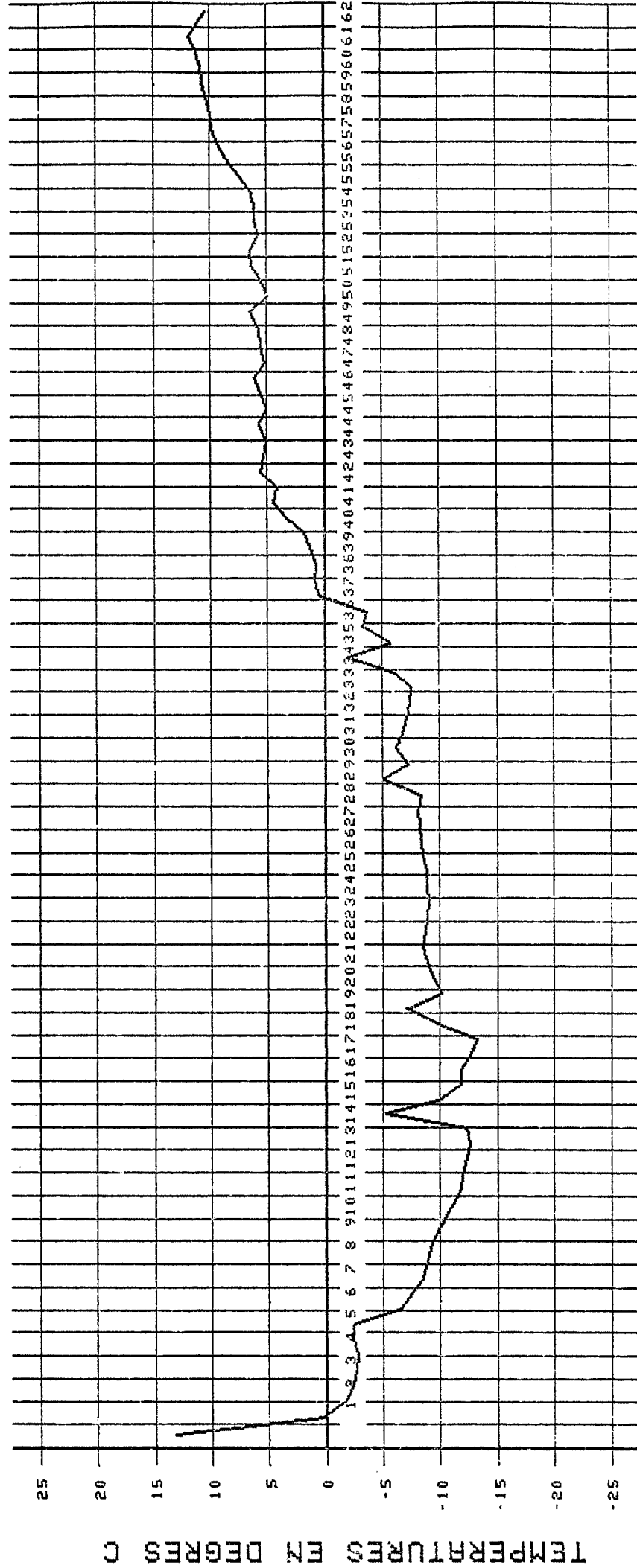
1^{er} ESSAI DE PERTE DE PORTANCE SUR LE CHAMP No 2

TEMPERATURES A LA SONDE NO 1107

CHAMP NO 1 EPAISSEUR DE LA FONDATION 50 CM

NIVEAU DE LA SONDE 0 CM

DATE ET HEURE DU DEBUT DE L'ESSAI 09-AOU-79/1400H



TEMPS EN JOURS 24H = 0.4 CM

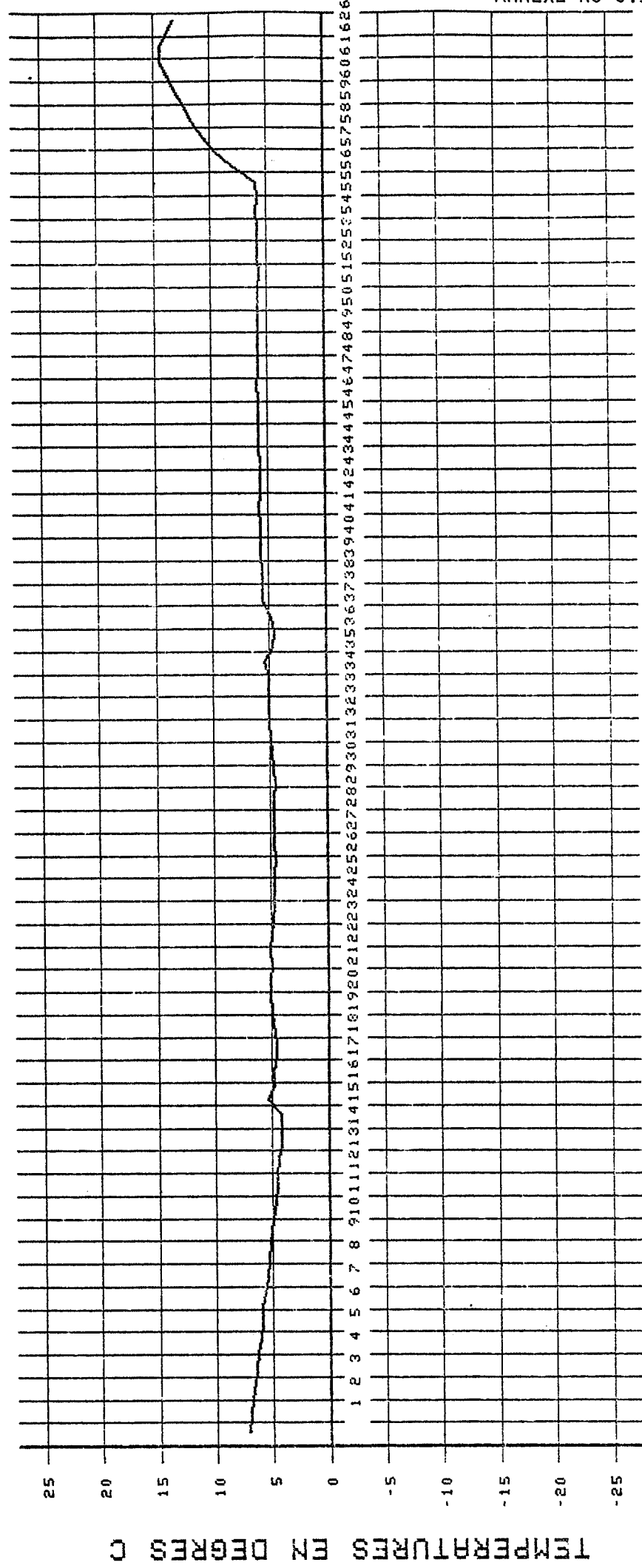
1^{er} ESSAI DE PERTE DE PORTANCE SUR LE CHAMP No 2

TEMPERATURES A LA SONDE NO 1201

CHAMP NO 2 EPAISSEUR DE LA FONDATION 40 CM

NIVEAU DE LA SONDE -189 CM

DATE ET HEURE DU DEBUT DE L'ESSAI 09-AOU-79/1400H



TEMPS EN JOURS 24H= 0.4 CM

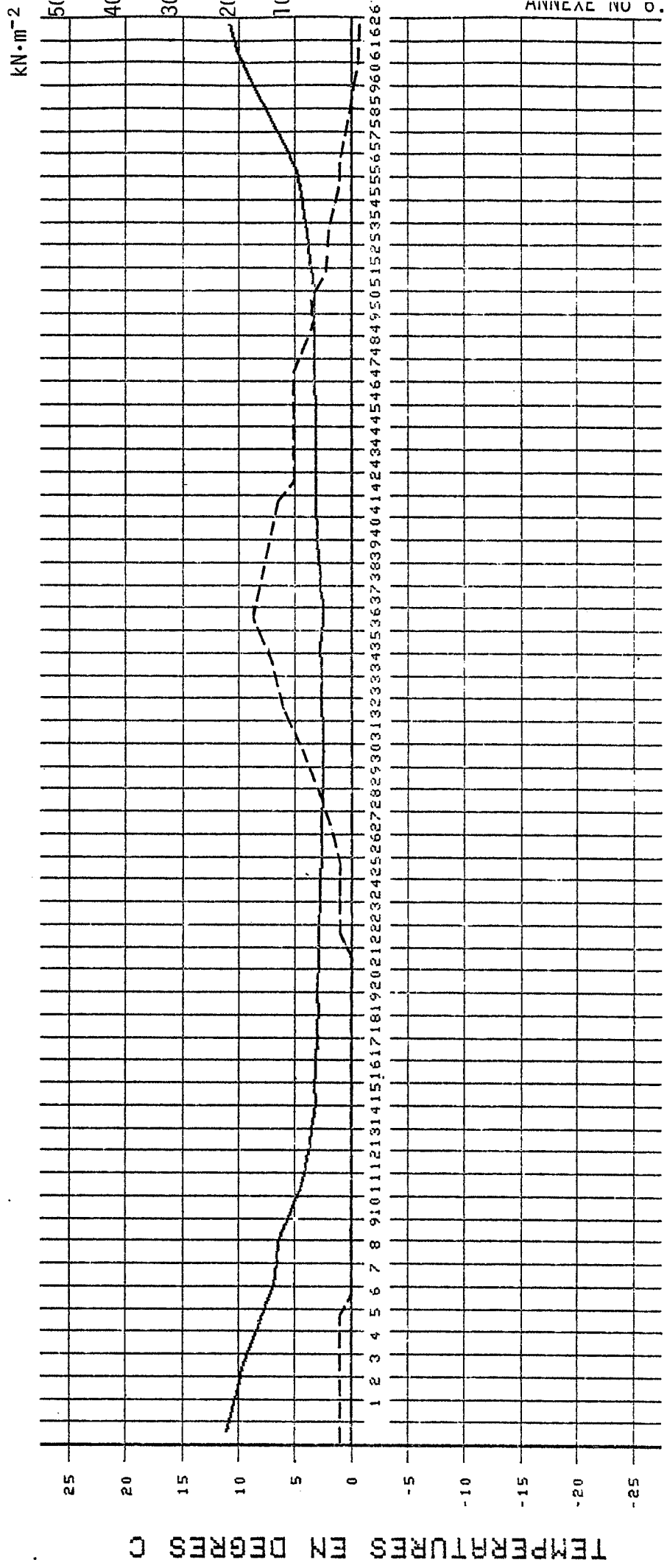
1^{er} ESSAI DE PERTE DE PORTANCE SUR LE CHAMP NO 2

TEMPERATURES A LA SONDE NO 1202 — TENSIOMETRE No 5201 — — —

CHAMP NO 2 EPAISSEUR DE LA FONDATION 40 CM

NIVEAU DES SONDES -148 CM

DATE ET HEURE DU DEBUT DE L'ESSAI 09-AOU-79/1400H



TEMPS EN JOURS 24H= 0.4 CM

ANNEXE NO 0.10

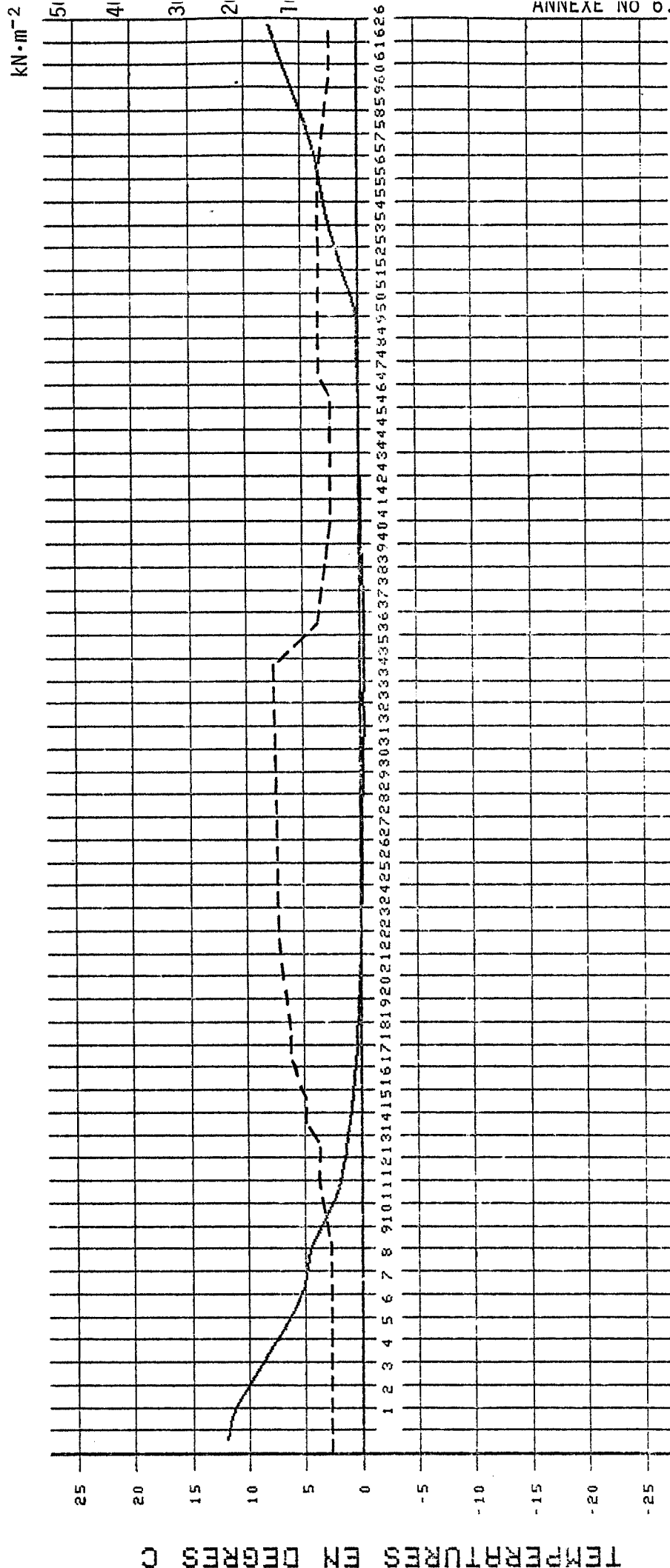
1^{er} ESSAI DE PERTE DE PORTANCE SUR LE CHAMP No 2

TEMPERATURES A LA SONDE NO 1203 — TENSIOMETRE No 5202 — — —

CHAMP No 2 EPAISSEUR DE LA FONDATION 40 CM

NIVEAU DES SONDES -103 CM

DATE ET HEURE DU DEBUT DE L'ESSAI 09-ROU-79/1400H

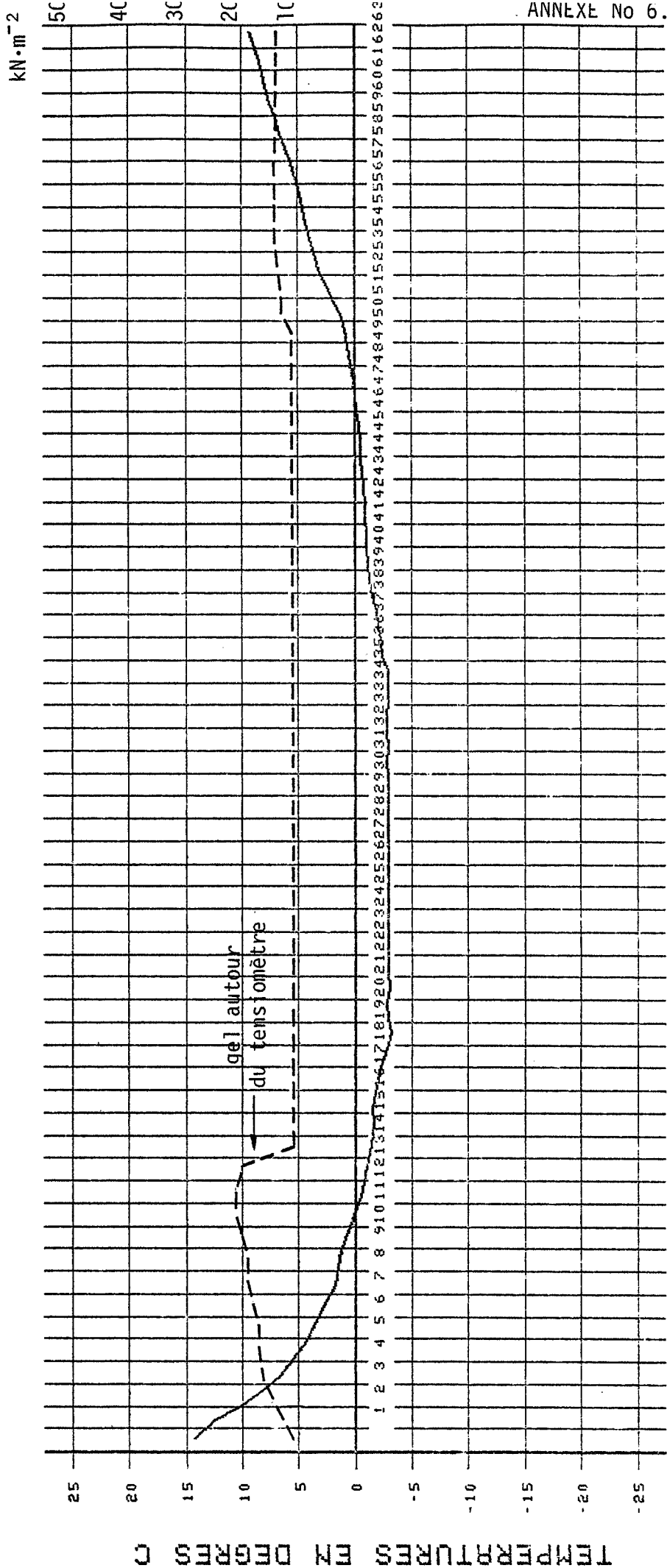


TEMPS EN JOURS 24H = 0.4 CM

1^{er} ESSAI DE PERTE DE PORTANCE SUR LE CHAMP No 2

TEMPERATURES A LA SONDE NO 1204 — TENSIOMETRE No 5203 — — — —
CHAMP NO 2 EPAISSEUR DE LA FONDATION 40 CM
NIVEAU DES SONDES -55 CM

DATE ET HEURE DU DEBUT DE L'ESSAI 09-ROU-79/1400H



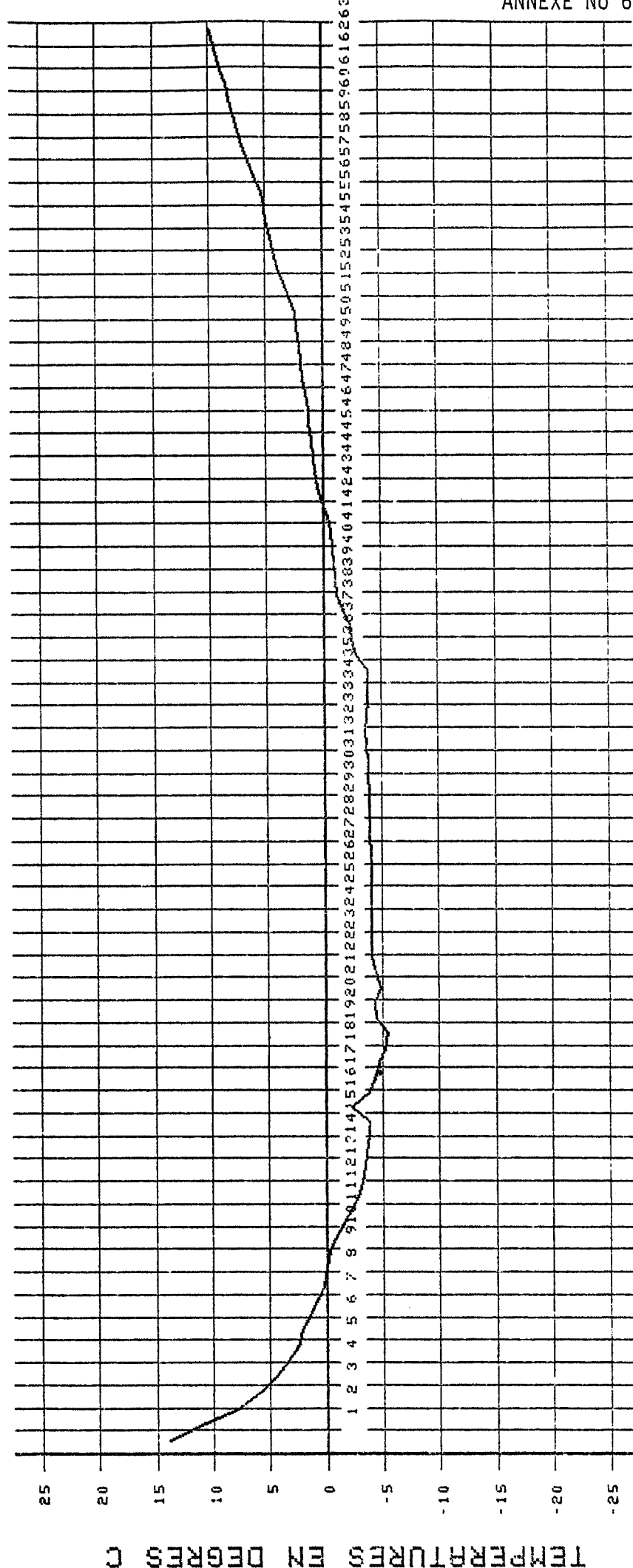
1^{er} ESSAI DE PERTE DE PORTANCE SUR LE CHAMP No 2

TEMPERATURES A LA SONDE NO 1205

CHAMP NO 2 EPAISSEUR DE LA FONDATION 40 CM

NIVEAU DE LA SONDE -39 CM

DATE ET HEURE DU DEBUT DE L'ESSAI 09-AOU-79/1400H



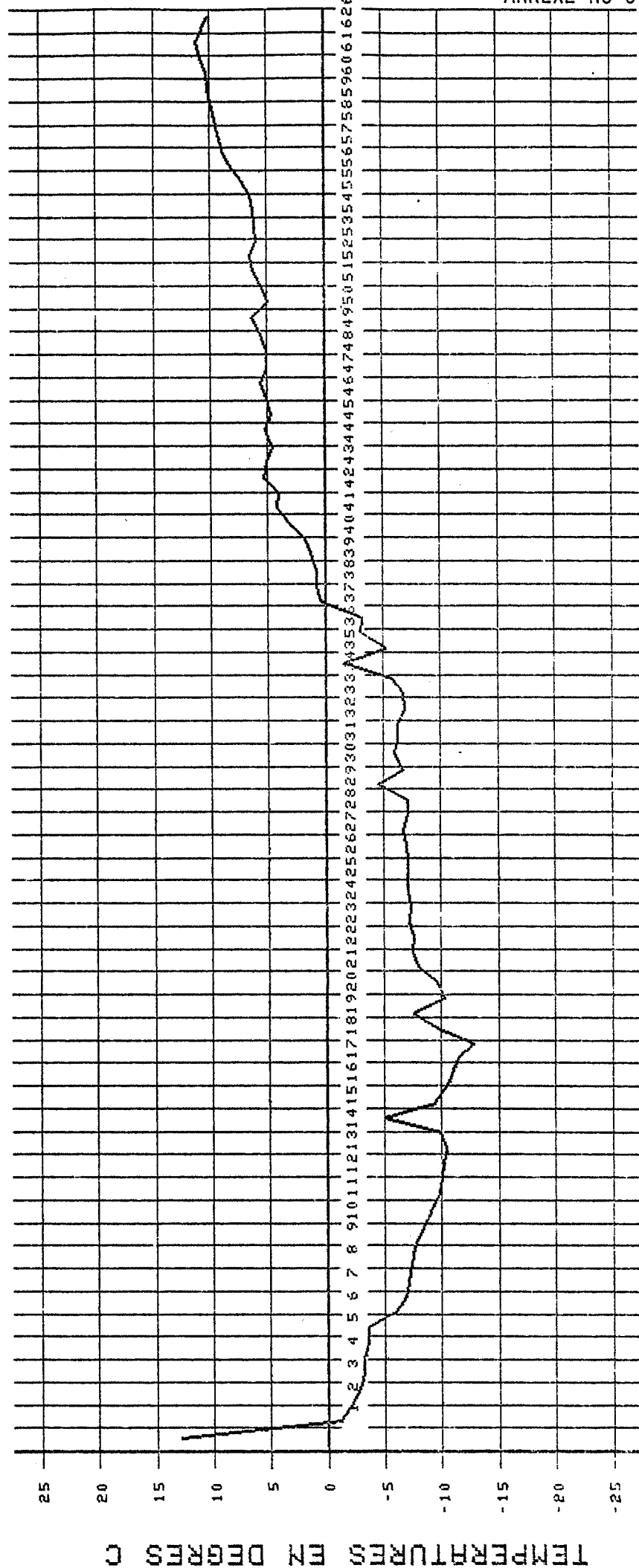
1^{er} ESSAI DE PERTE DE PORTANCE SUR LE CHAMP No 2

TEMPERATURES A LA SONDE NO 1207

CHAMP NO 2 EPAISSEUR DE LA FONDATION 40 CM

NIVEAU DE LA SONDE 0 CM

DATE ET HEURE DU DEBUT DE L'ESSAI 09-AOU-79/1400H



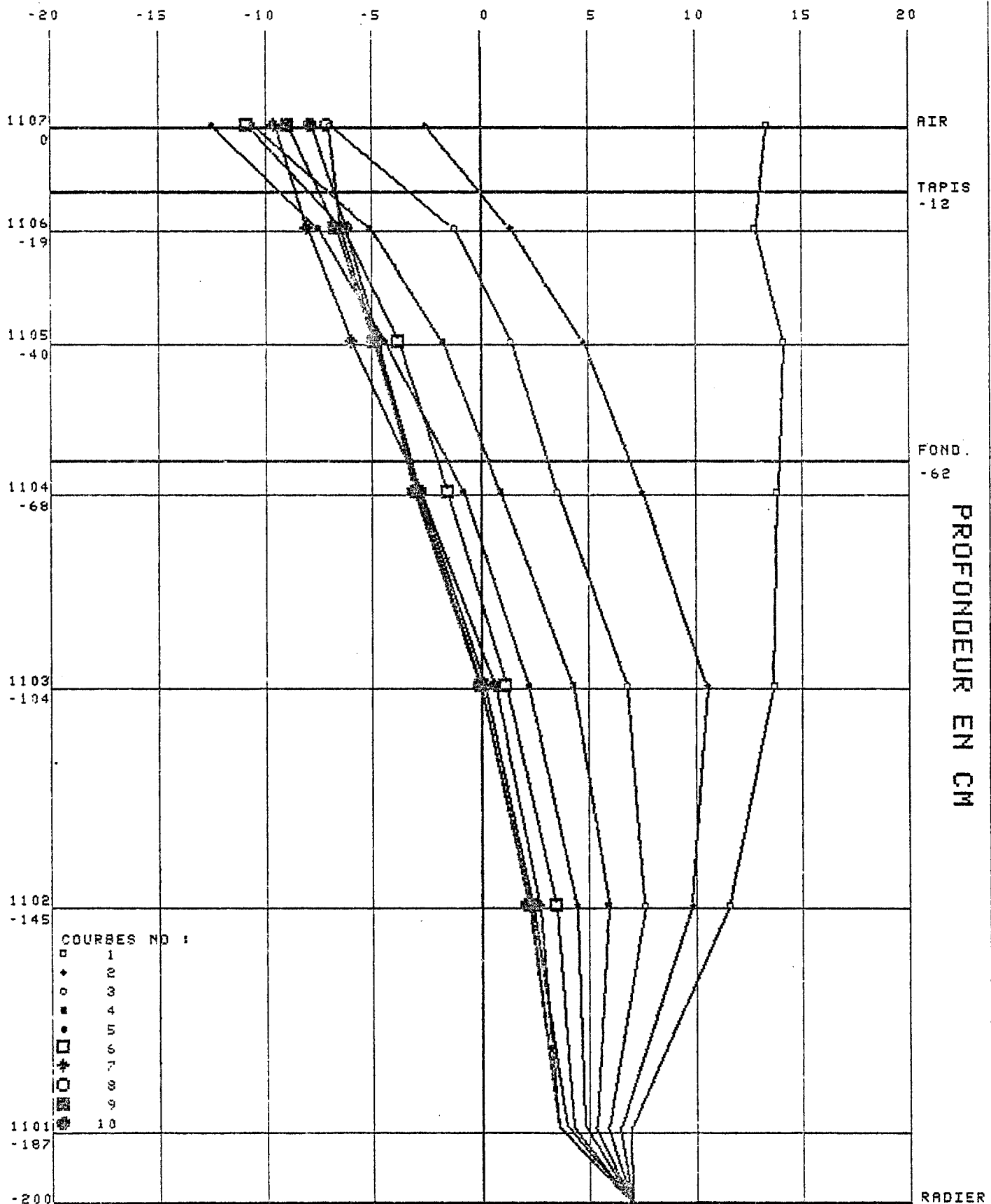
1^{er} ESSAI DE PERTE DE PORTANCE SUR LE CHAMP No 2

TAUTOCHRONES DU CHAMP NO 1 ECART = 72 H.

EPAISSEUR DE LA FONDATION 50 CM

JOUR ET HEURE DU PREMIER TAUTOCHRONE 0J 14 H

TEMPERATURE EN DEGRES C



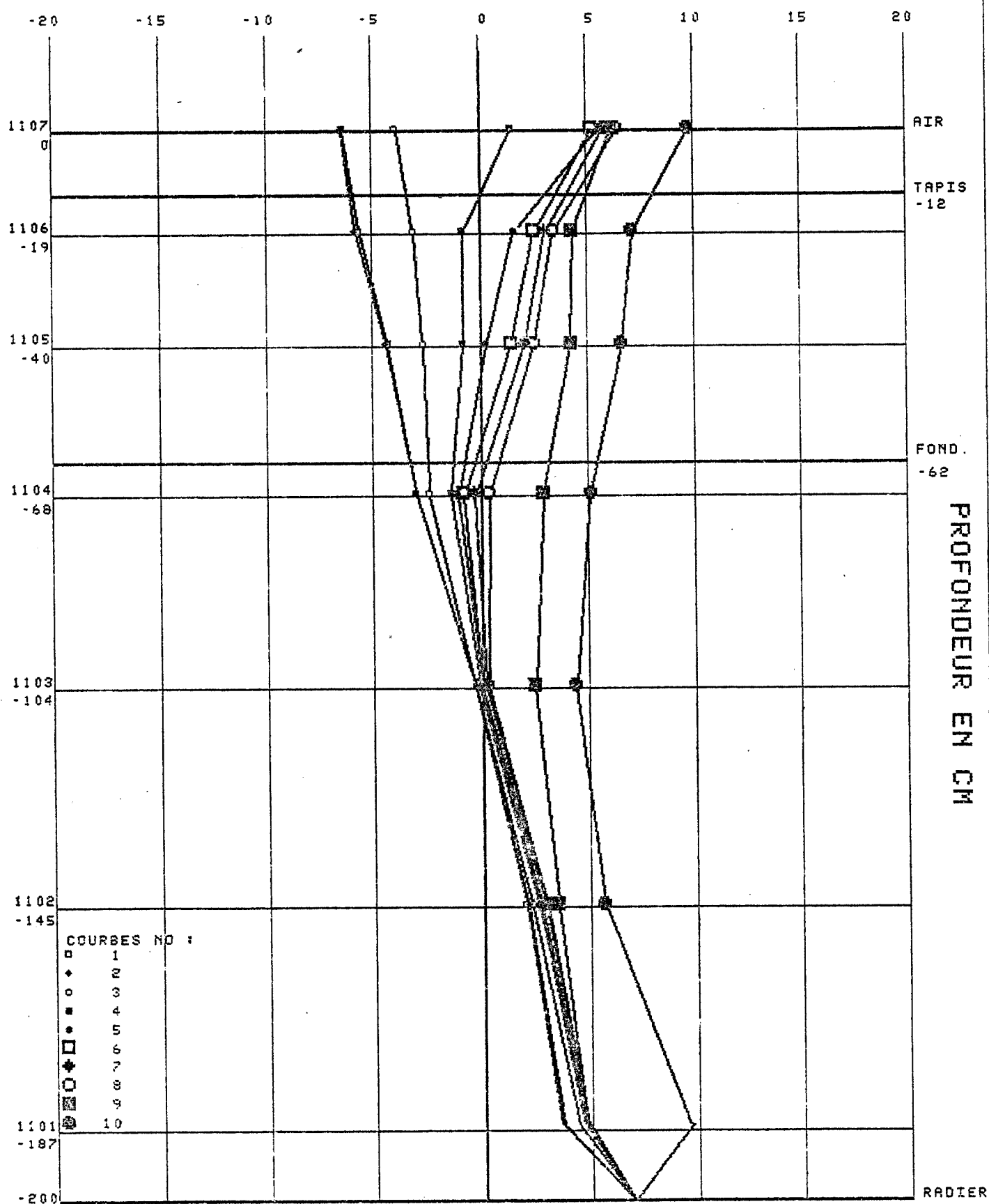
1^e ESSAI DE PERTE DE PORTANCE SUR LE CHAMP No 2

TAUTOCHRONES DU CHAMP NO 1 ECART = 72 H.

EPAISSEUR DE LA FONDATION 50 CM

JOUR ET HEURE DU PREMIER TAUTOCHRONE 30 J 14 H

TEMPERATURE EN DEGRES C



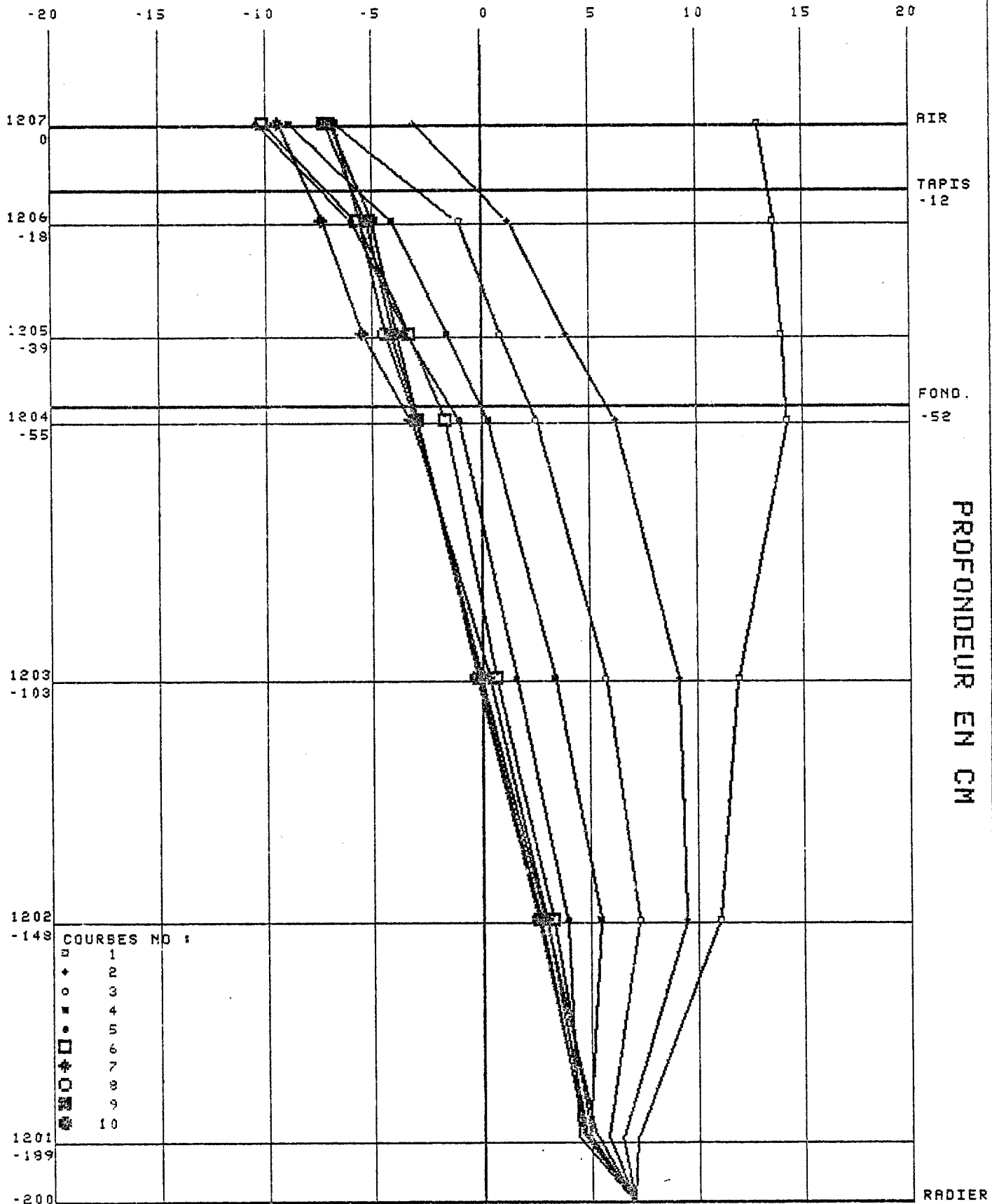
1^{er} ESSAI DE PERTE DE PORTANCE SUR LE CHAMP NO 2

TAUTOCHRONES DU CHAMP NO 2 ECART = 72 H.

EPAISSEUR DE LA FONDATION 40 CM

JOUR ET HEURE DU PREMIER TAUTOCHRONE 03 14 H

TEMPERATURE EN DEGRES C



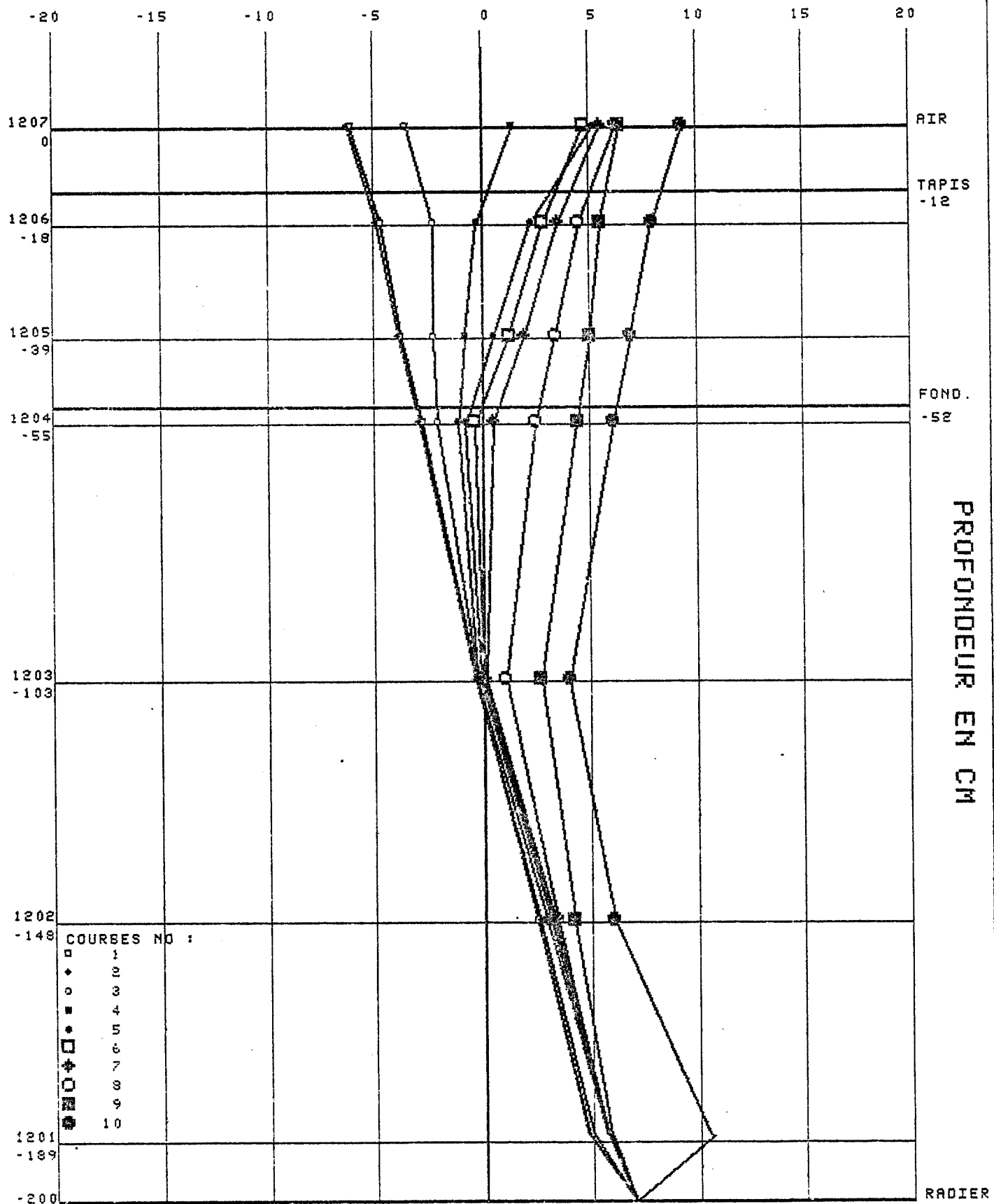
1^{er} ESSAI DE PERTE DE PORTANCE SUR LE CHAMP No 2

TAUTOCHRONES DU CHAMP NO 2 ECART = 72 H.

EPAISSEUR DE LA FONDATION 40 CM

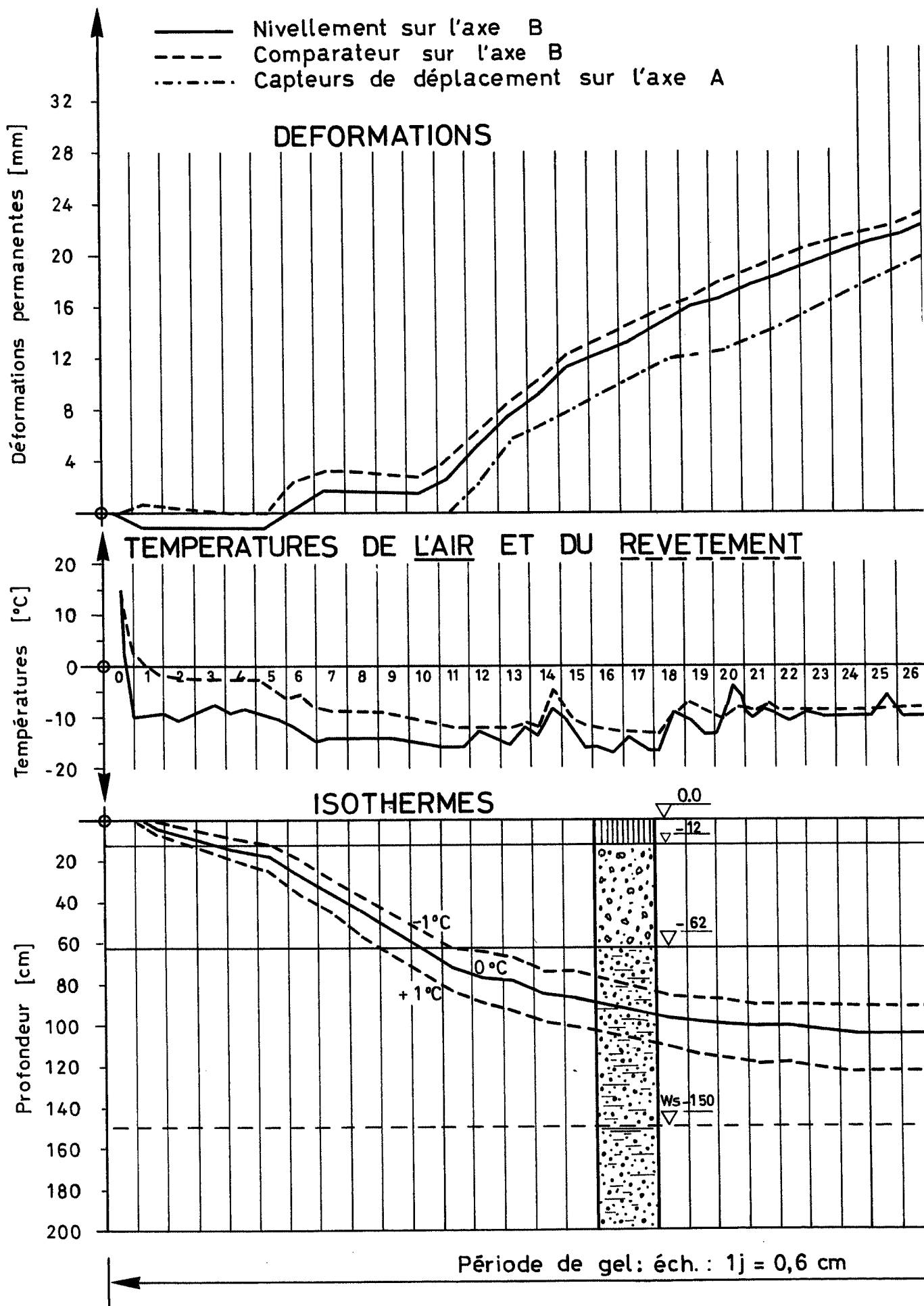
JOUR ET HEURE DU PREMIER TAUTOCHRONE 30 J 14 H

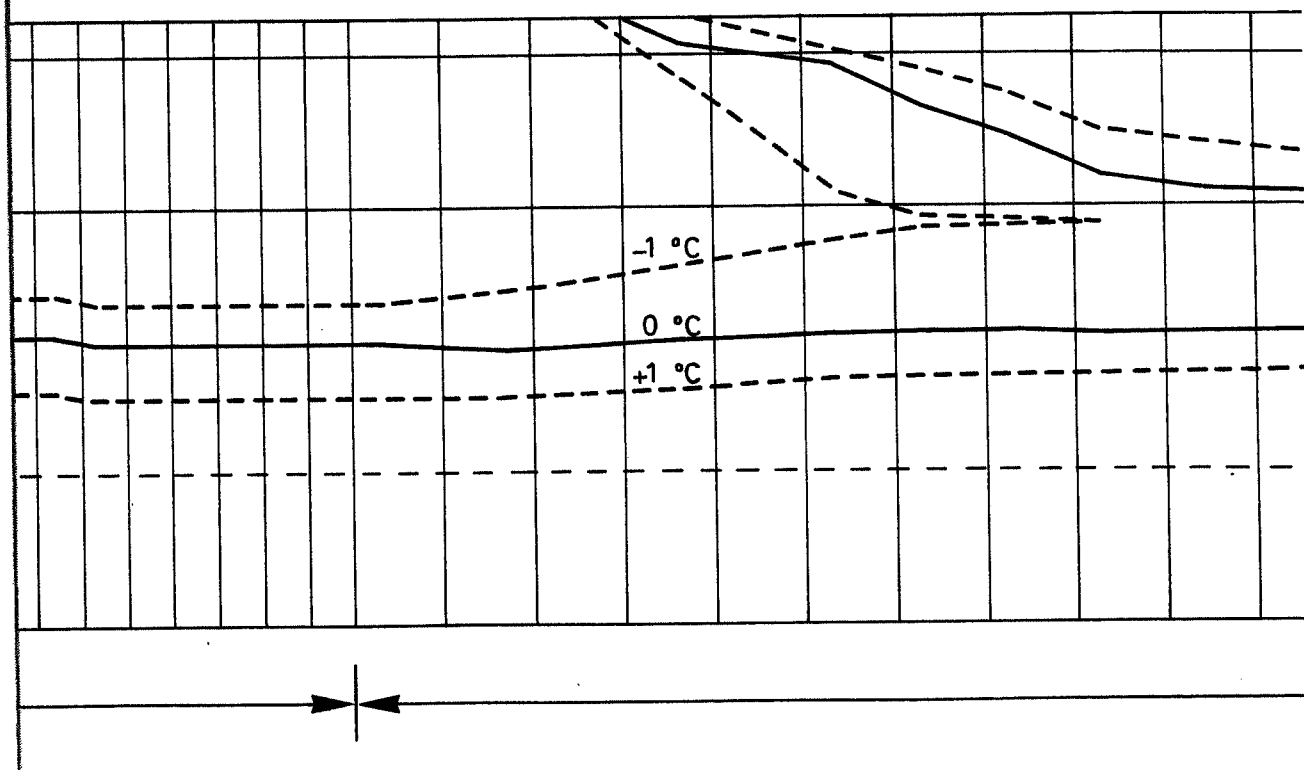
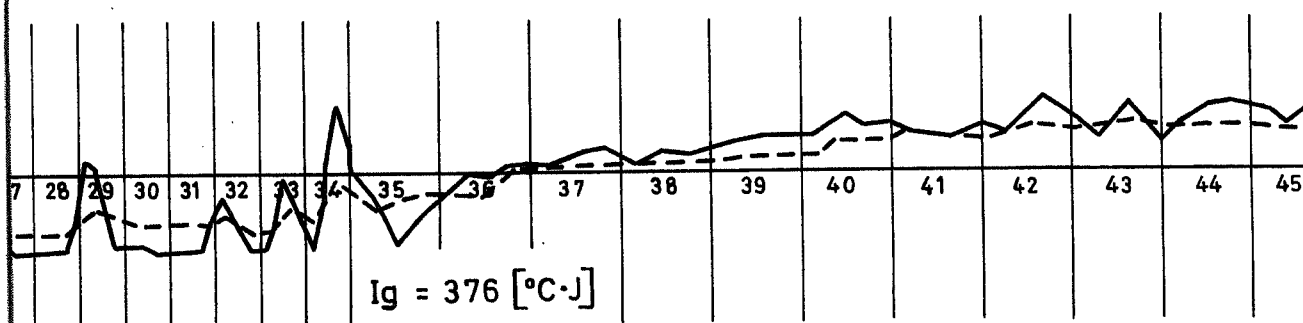
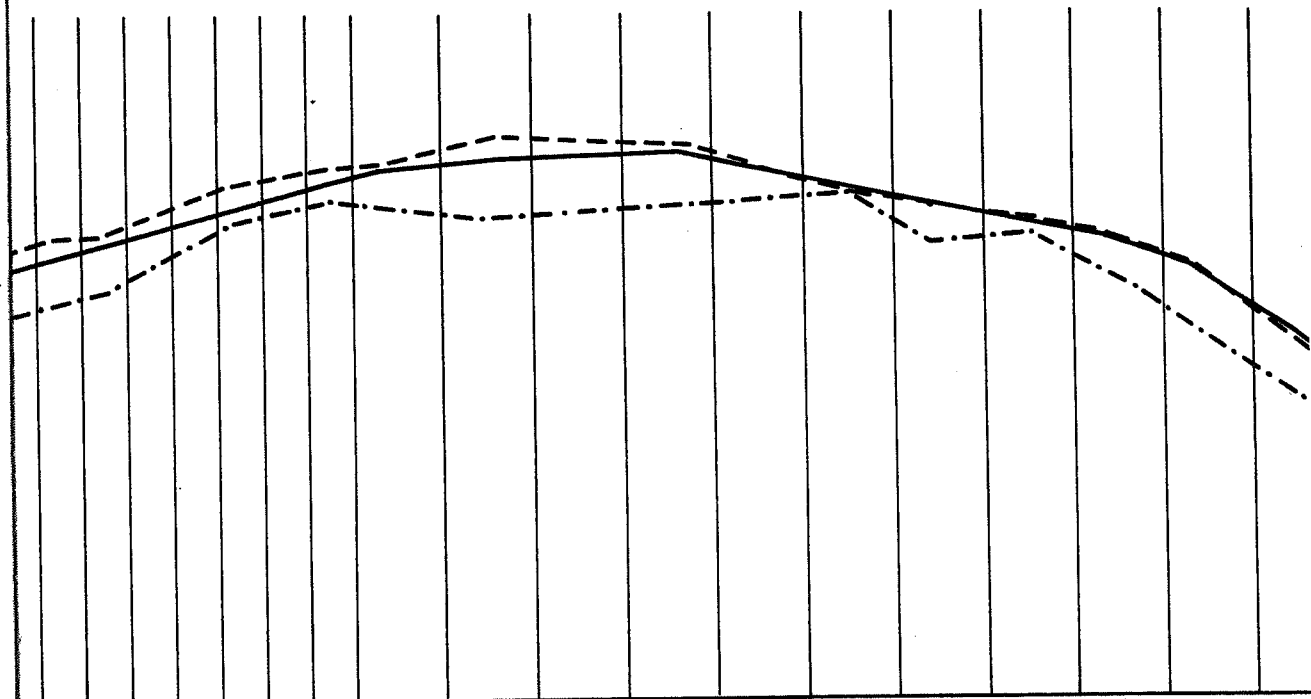
TEMPERATURE EN DEGRES C

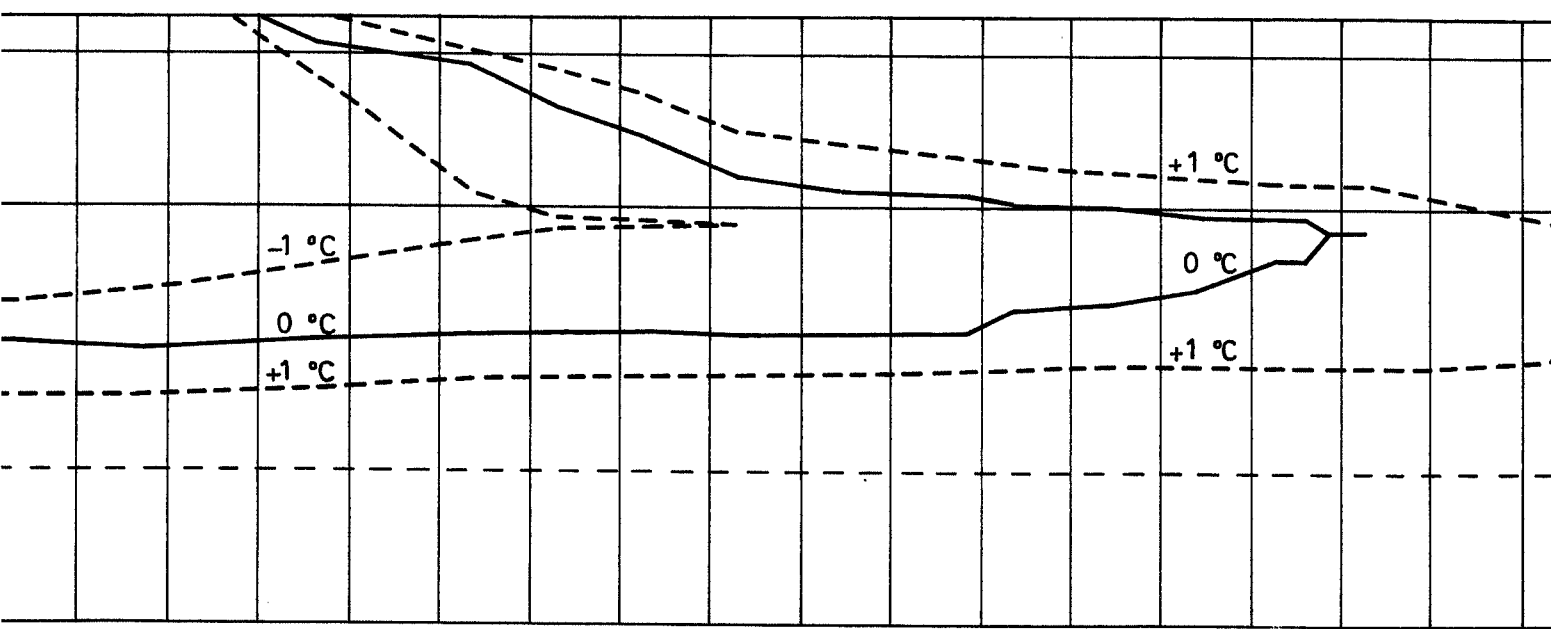
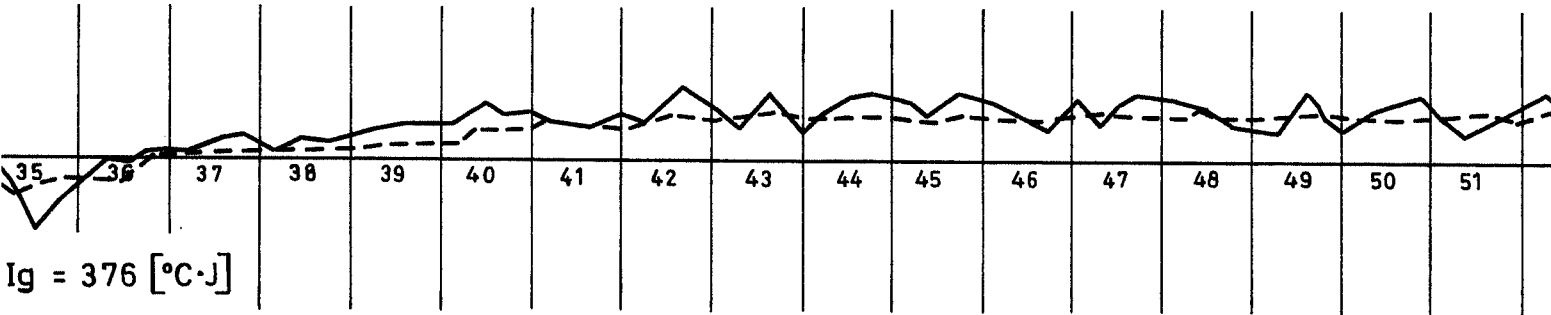
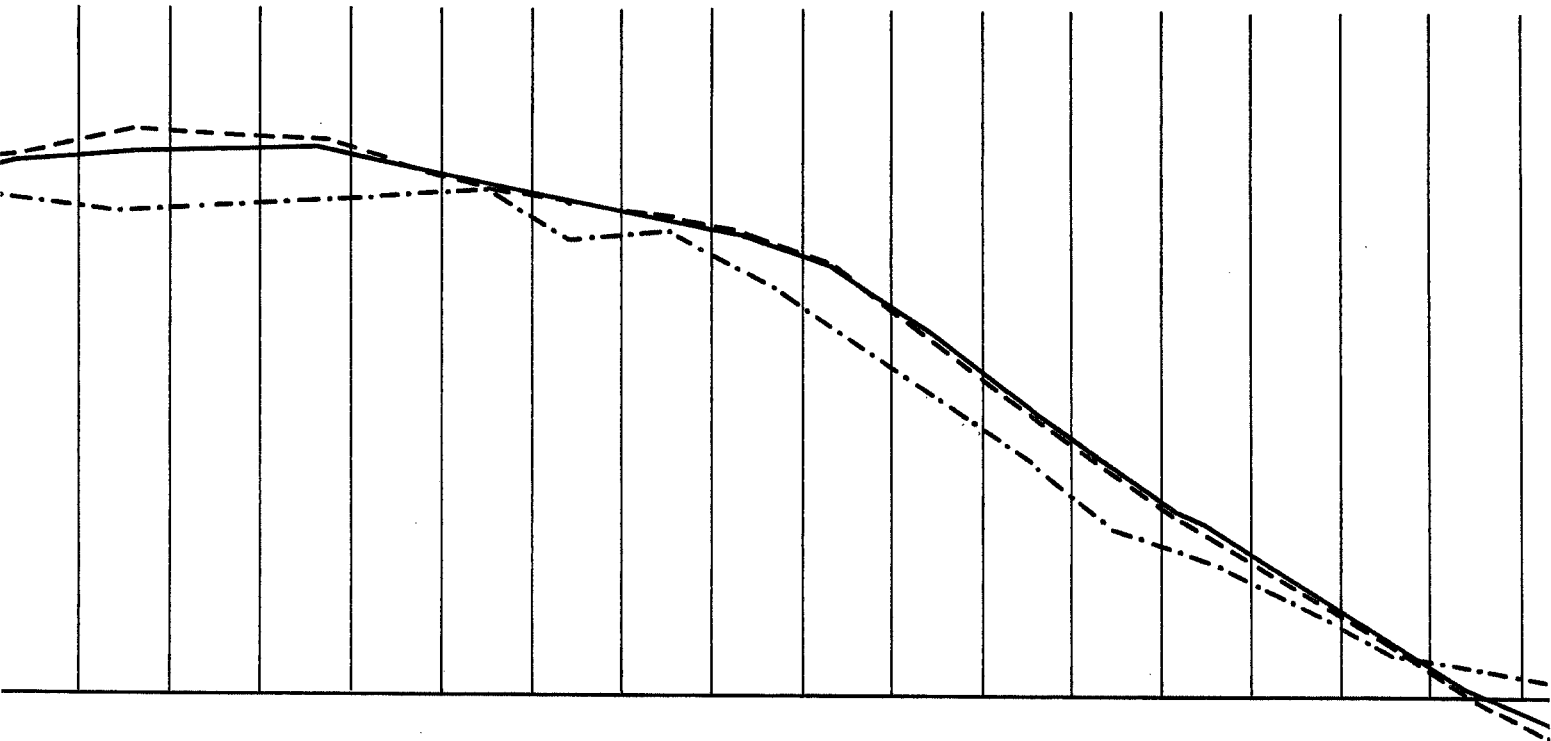


1^{ER} ESSAI DE PERTE DE PORTANCE SUR LE CHAMP N° 2

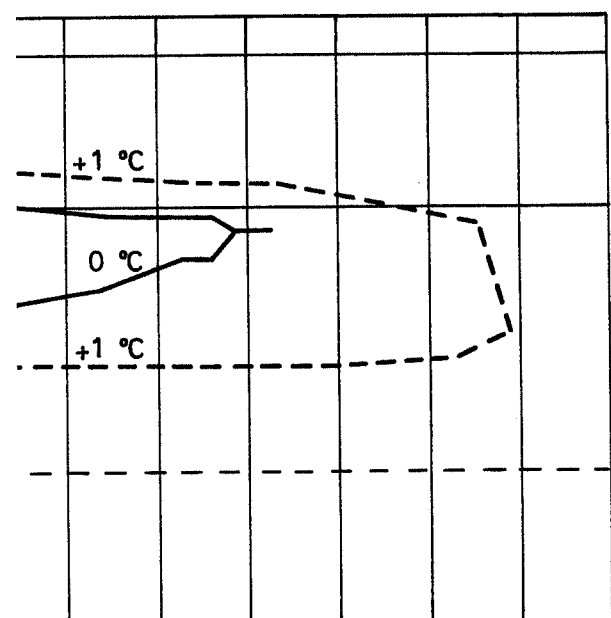
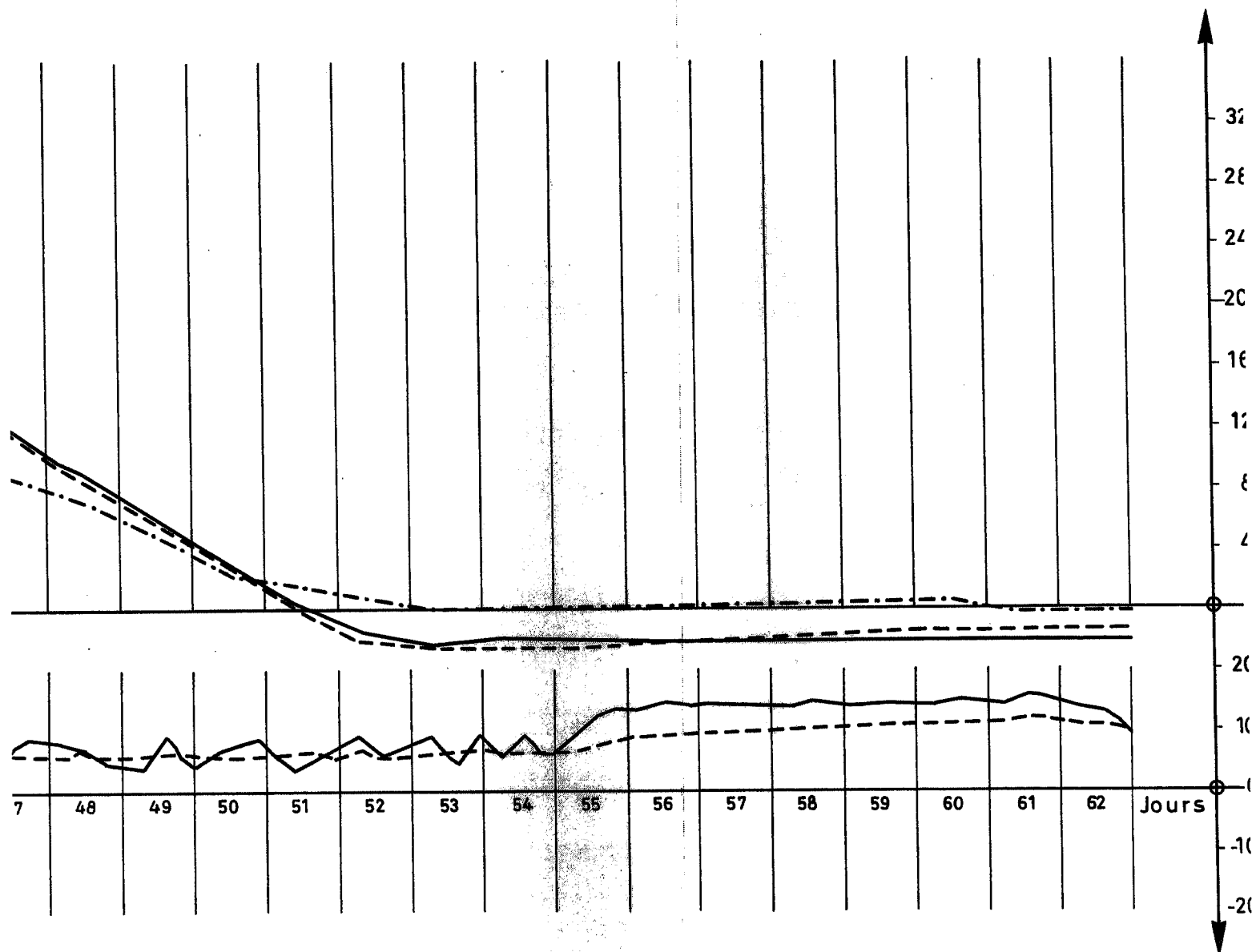
MESURES EFFECTUEES SUR LE CHAMP N°1



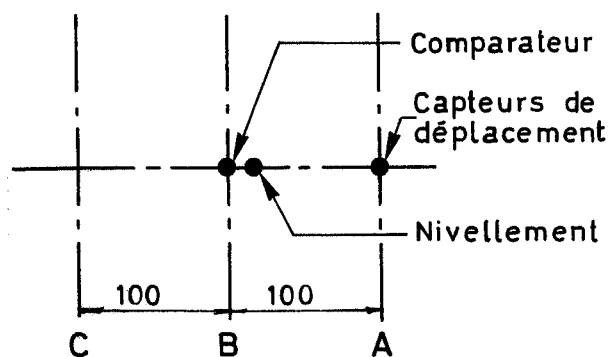




Période de dégel: éch.: 1 j = 1,2 cm



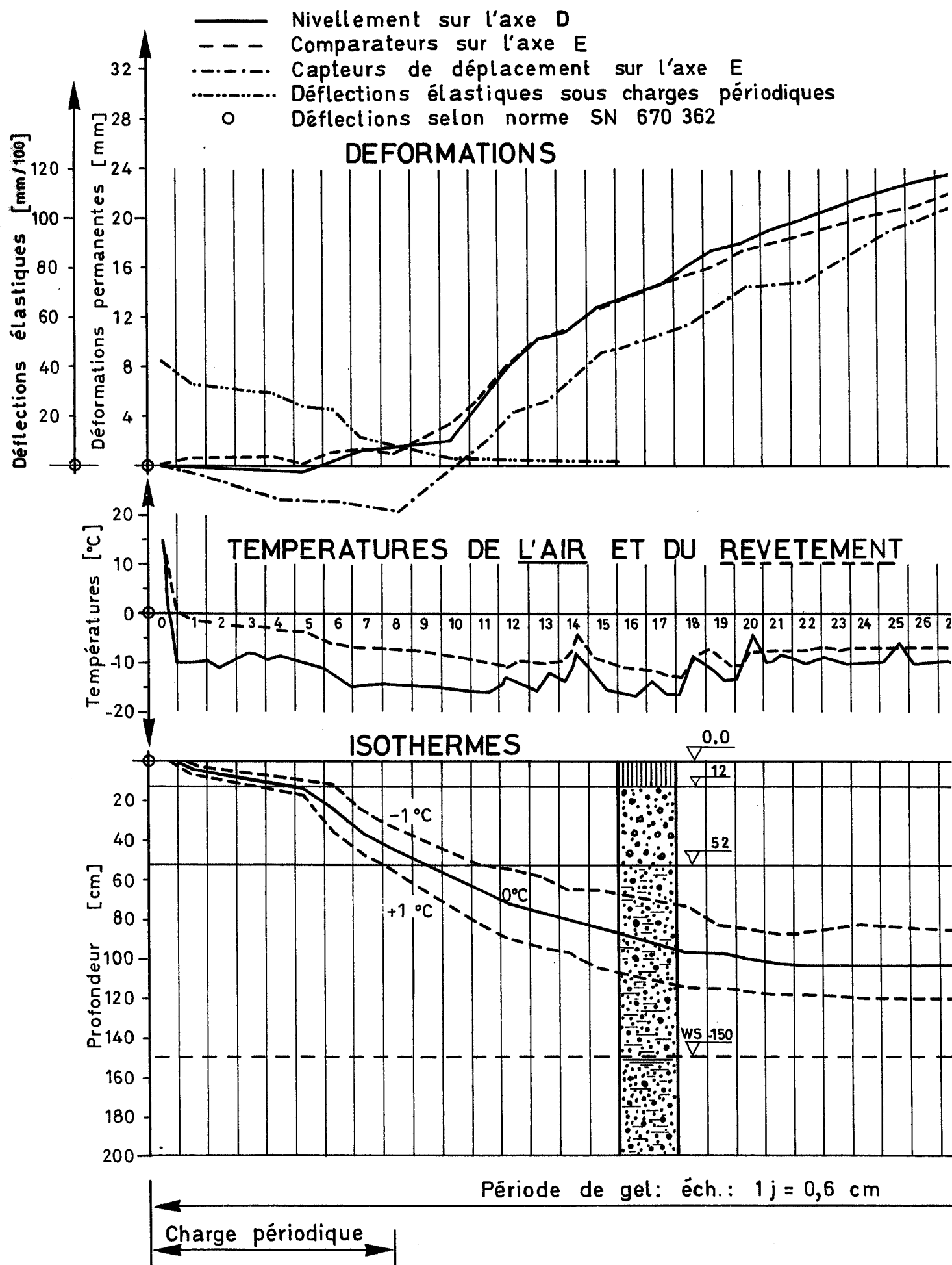
SITUATION

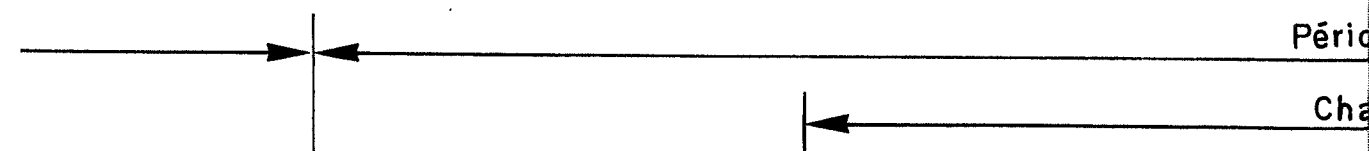
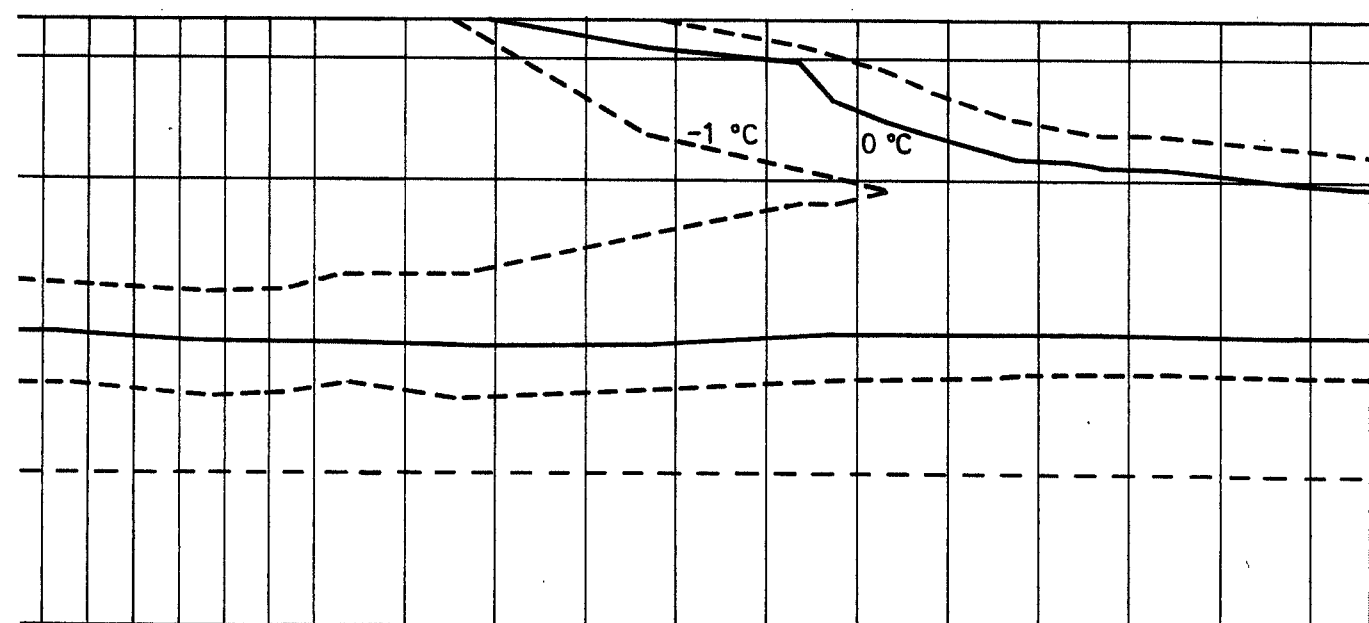
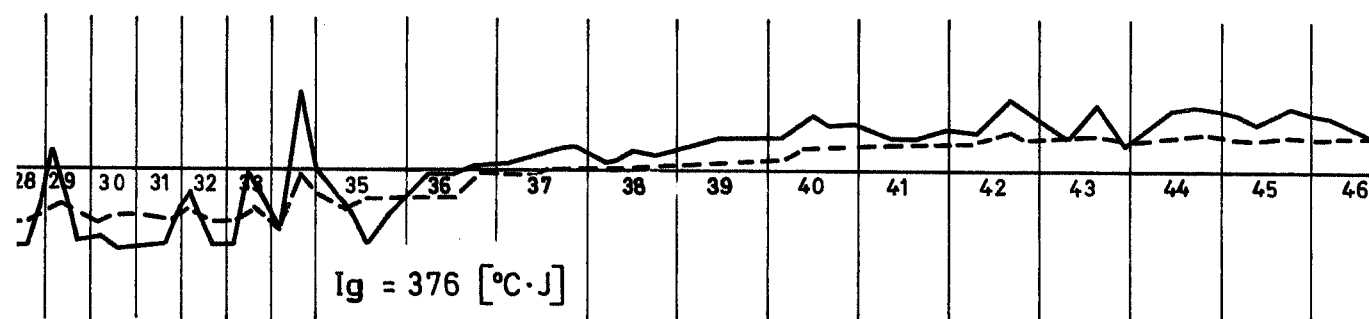
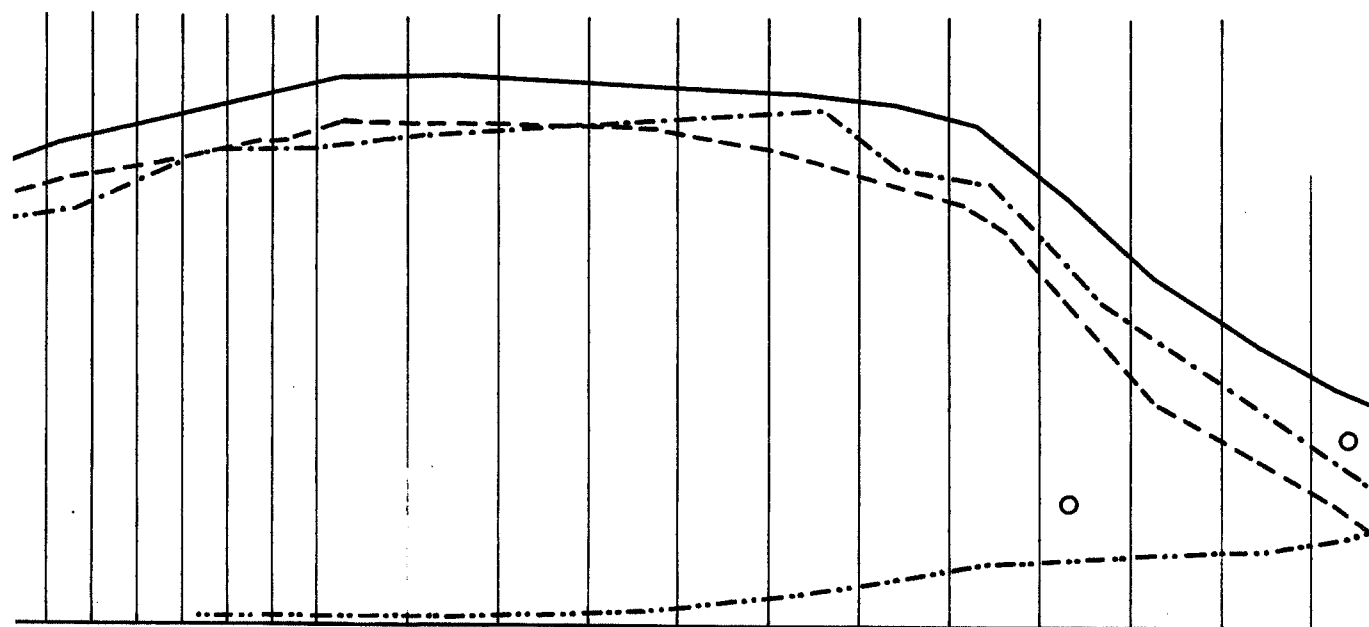


de dégel: éch.: 1 j = 1,2 cm

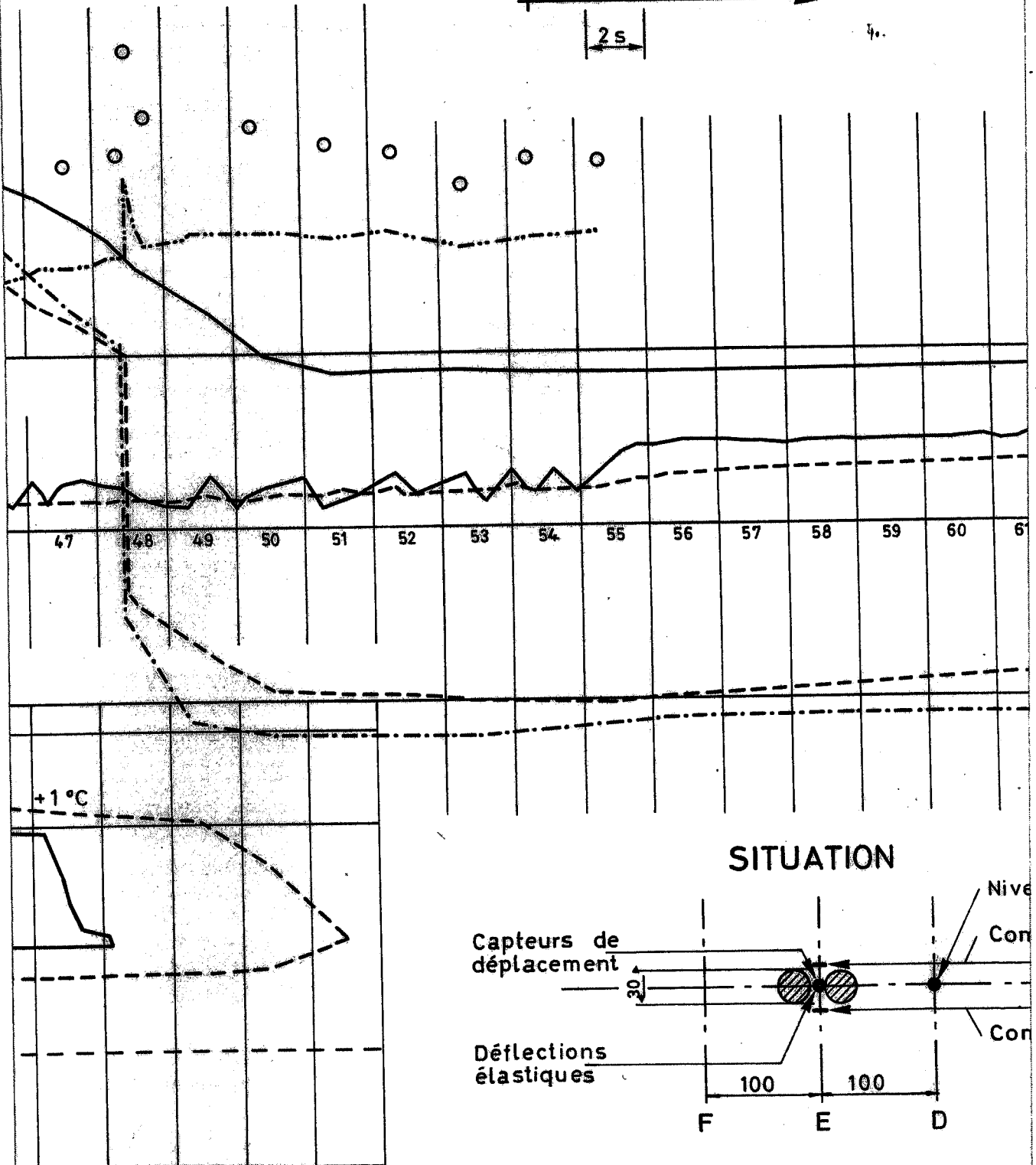
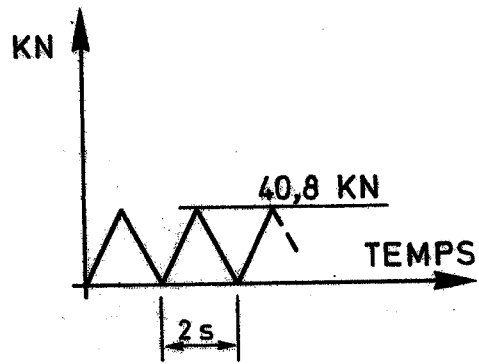
1ER ESSAI DE PERTE DE PORTANCE SUR LE CHAMP N°2

MESURES EFFECTUEES SUR LE CHAMP N°2

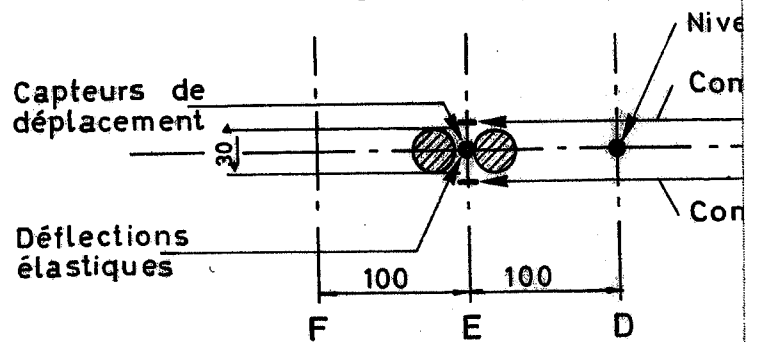




CHARGE

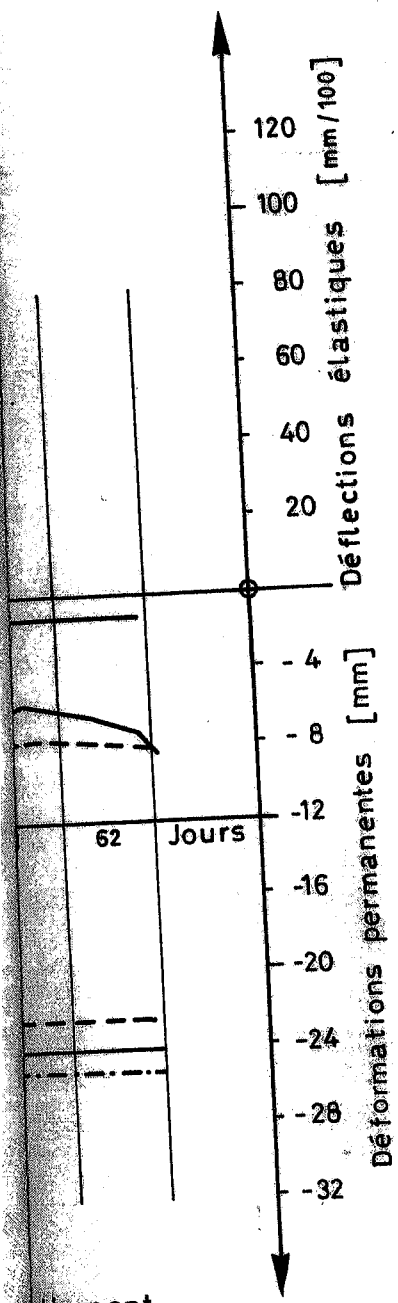


SITUATION



de de dégel: éch.: 1j = 1,2 cm

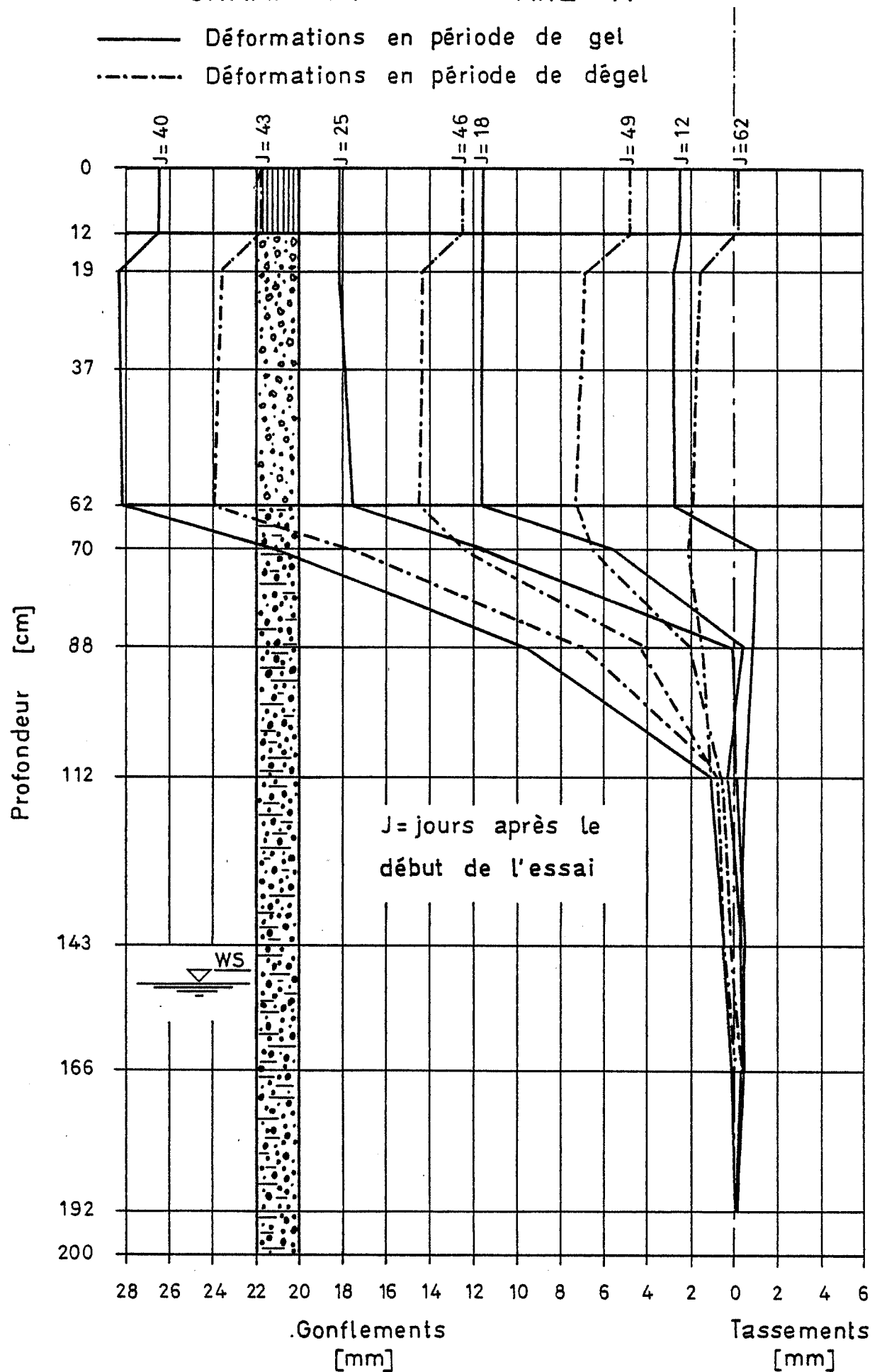
arge périodique



Ellement
 nparateur
 34
 nparateur



1^{er} ESSAI DE PERTE DE PORTANCE SUR LE CHAMP N° 2
 DEFORMATIONS DU MODELE
 CHAMP N°1 AXE A



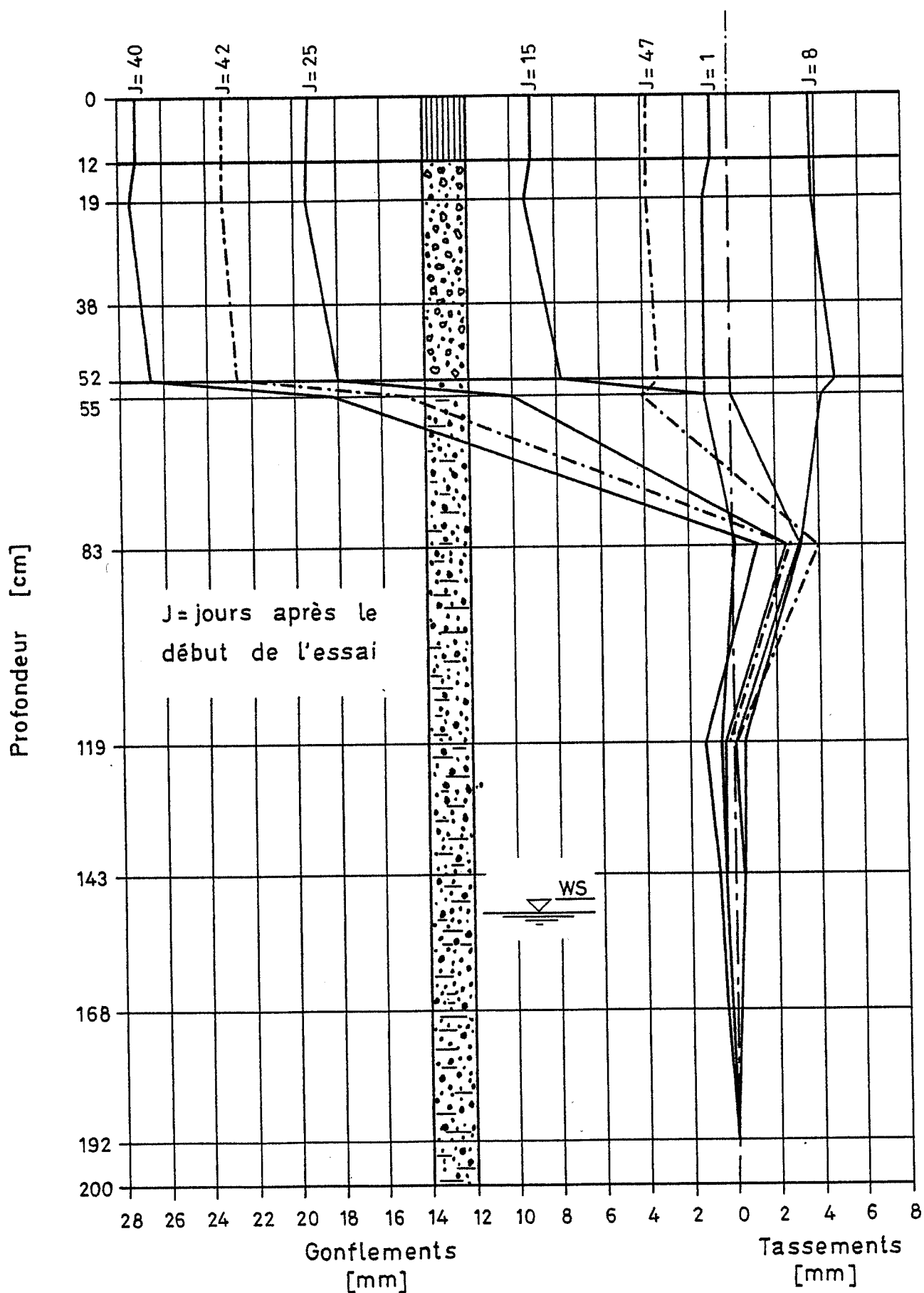
1^{er} ESSAI DE PERTE DE PORTANCE SUR LE CHAMP N°2

DEFORMATIONS DU MODELE

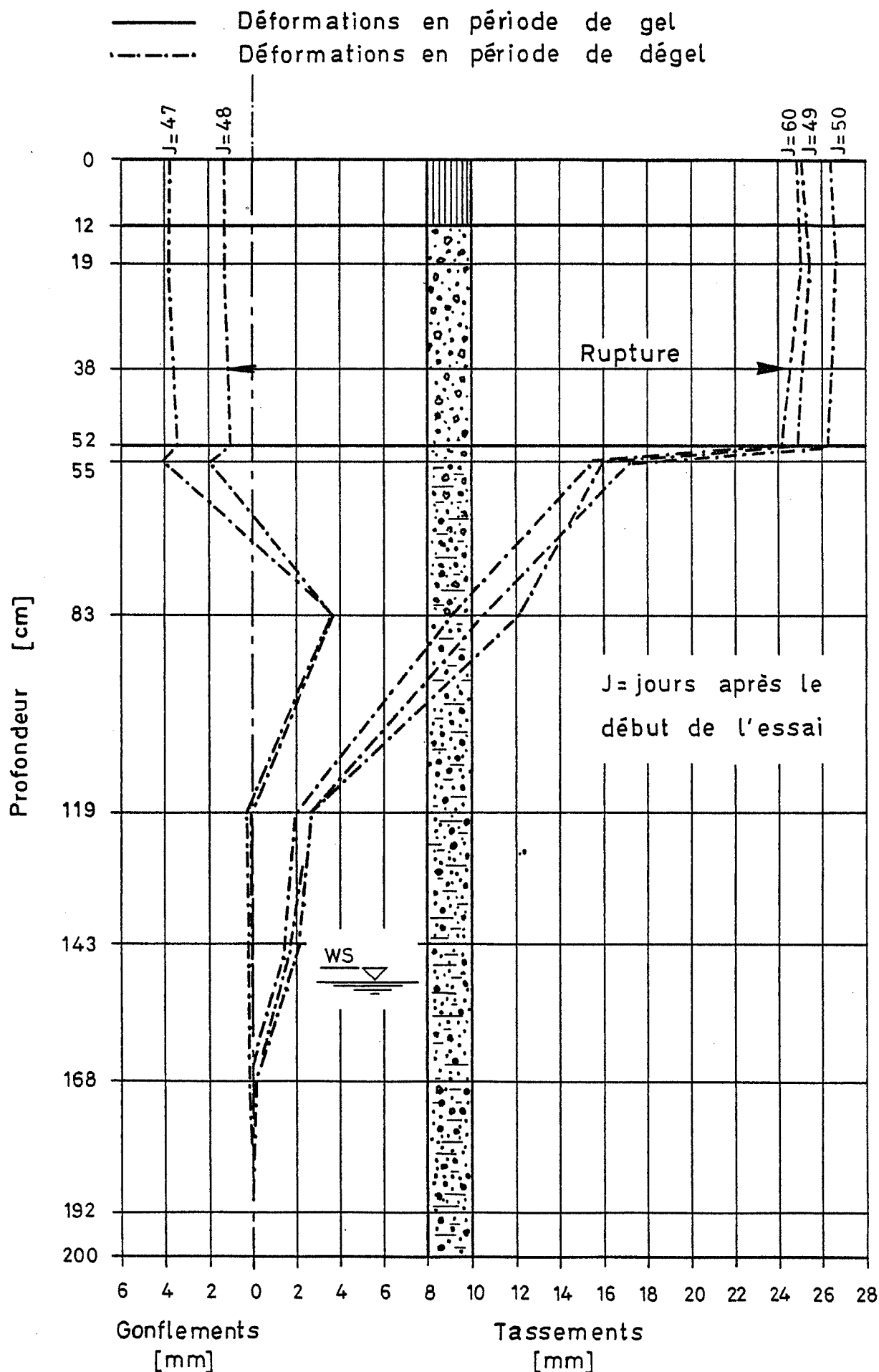
AVANT RUPTURE

CHAMP N°2 AXE E = AXE DE CHARGE

— Déformations en période de gel
 - - - - - Déformations en période de dégel



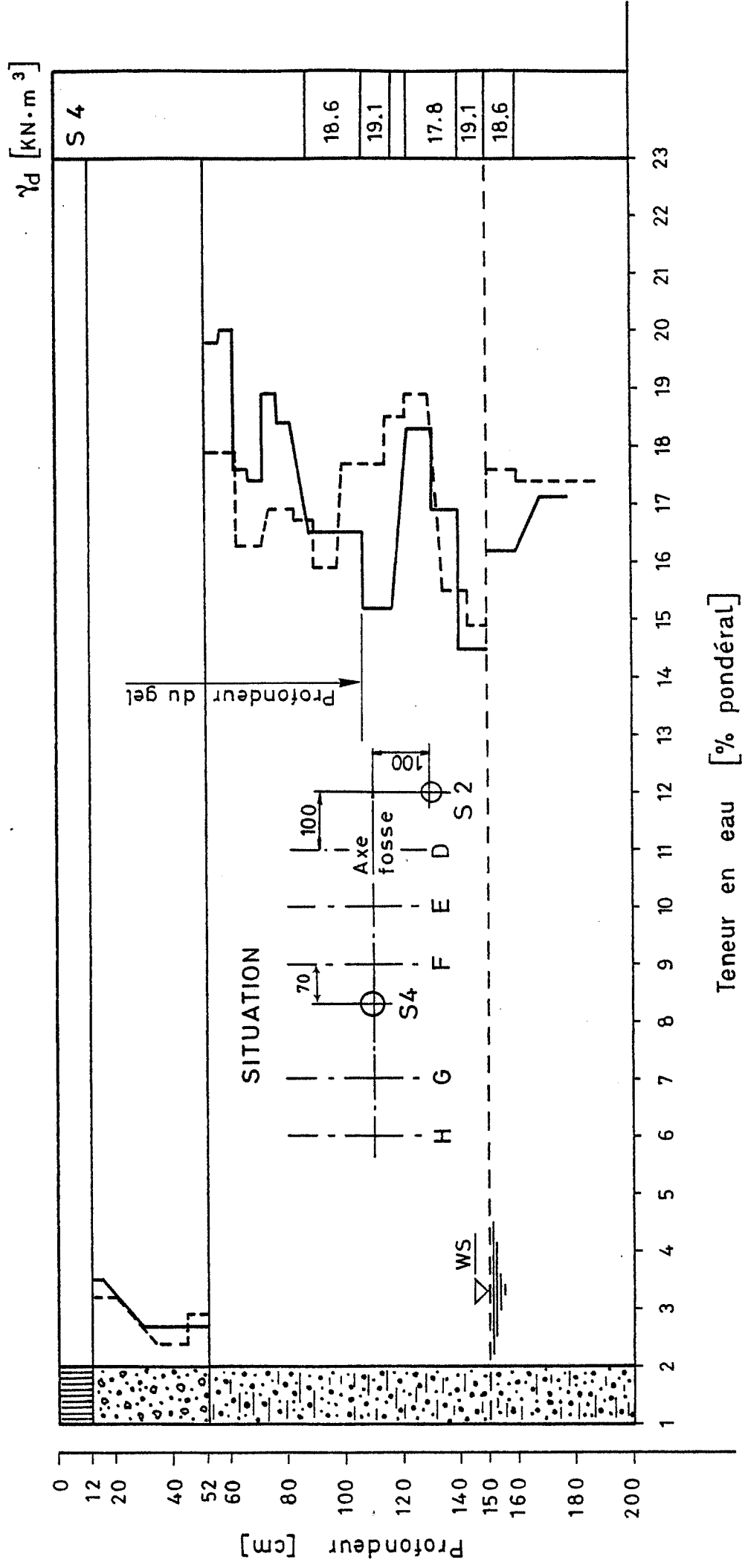
1^{er} ESSAI DE PERTE DE PORTANCE SUR LE CHAMP N° 2
 DEFORMATIONS DU MODELE RUPTURE
 CHAMP N° 2 AXE E = AXE DE CHARGE



1^{er} ESSAI DE PERTE DE PORTANCE SUR LE CHAMP N°2 TENEUR EN EAU

— S4: Sondage effectué le 34^e jour de l'essai en période de gel

----- S2: Sondage de référence effectué avant les périodes de gel



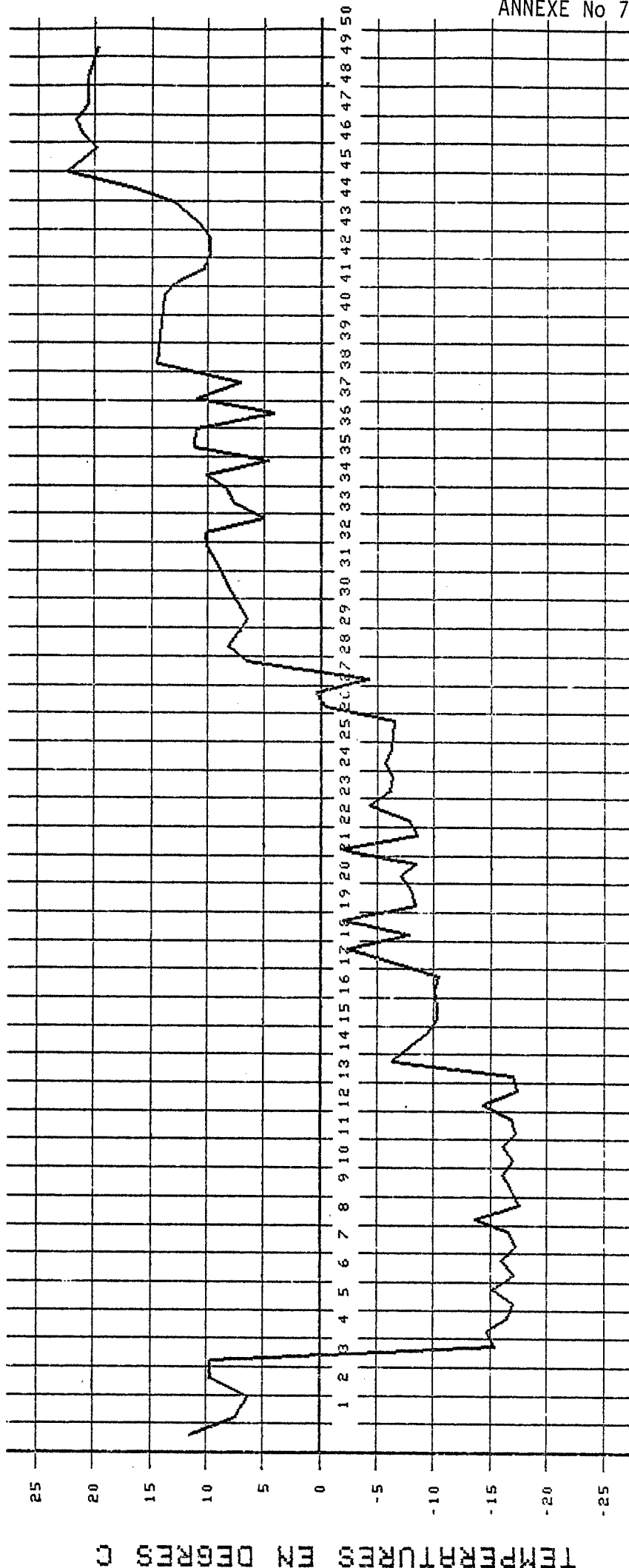
2^e ESSAI DE PERTE DE PORTANCE SUR LE CHAMP No 2

TEMPERATURES A LA SONDE NO 1210 = TEMPERATURE DE L'AIR

CHAMP NO 2 EPAISSEUR DE LA FONDATION 40 CM

NIVEAU DE LA SONDE 100 CM

DATE ET HEURE DU DEBUT DE L'ESSAI 16-OCT-79/1400H



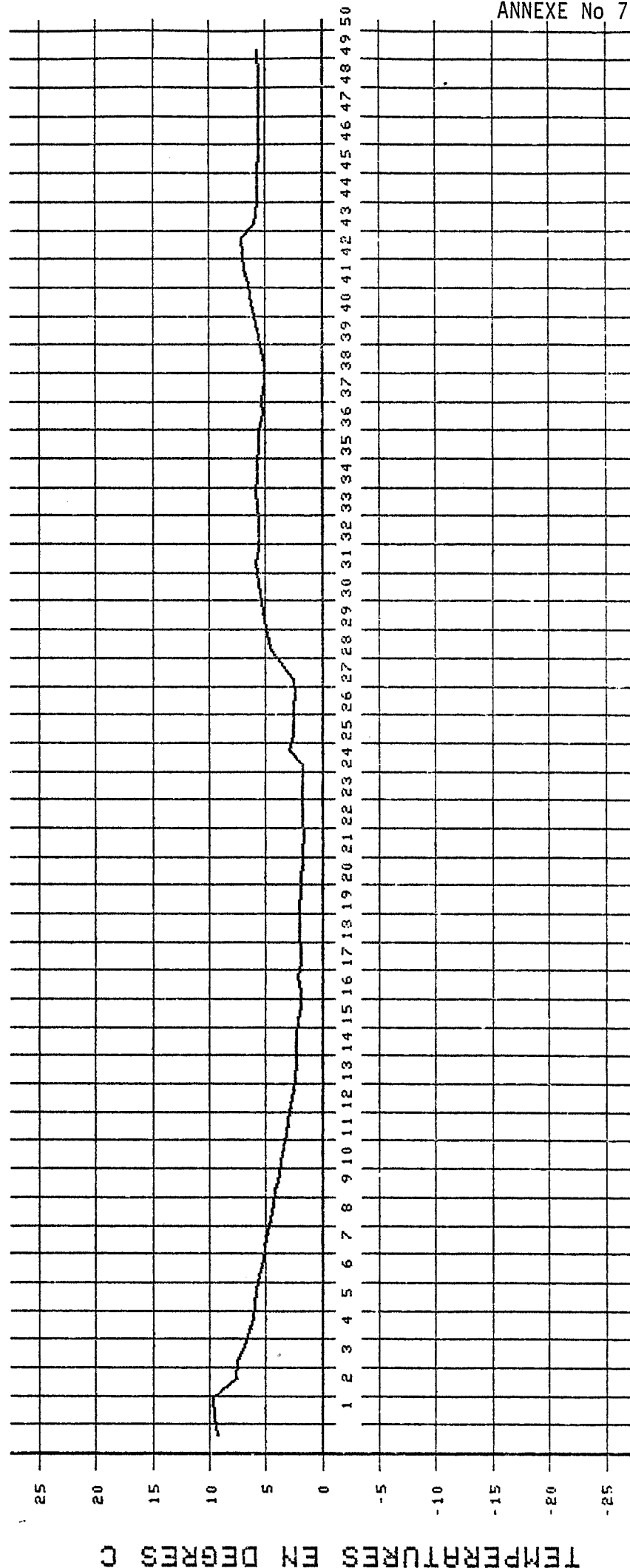
2^e ESSAI DE PERTE DE PORTANCE SUR LE CHAMP No 2

TEMPERATURES A LA SONDE NO 1101

CHAMP NO 1 EPAISSEUR DE LA FONDATION 50 CM

NIVEAU DE LA SONDE -187 CM

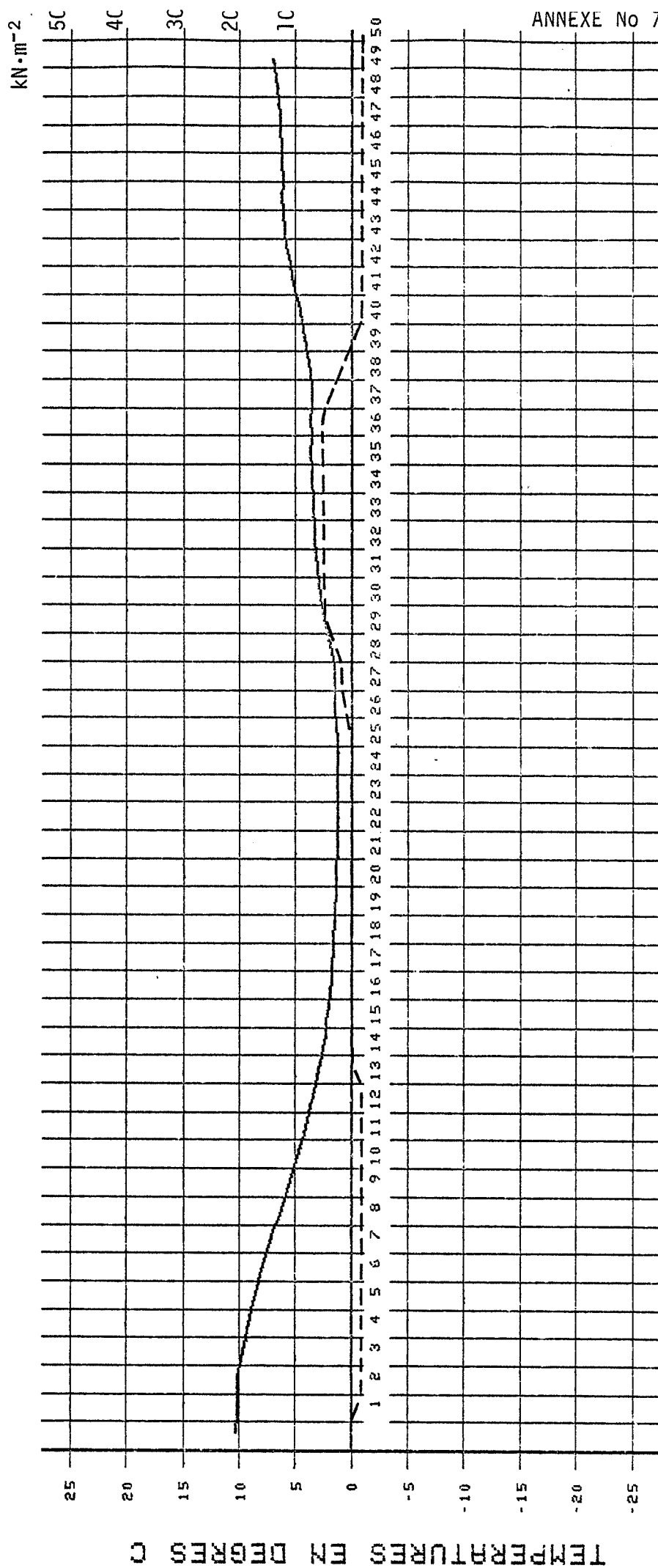
DATE ET HEURE DU DEBUT DE L'ESSAI 16-OCT-79/1400H



2^e ESSAI DE PERTE DE PORTANCE SUR LE CHAMP No 2

TEMPERATURES A LA SONDE NO 1102 ——— TENSIOMETRE No 5101 - - - -
CHAMP NO 1 EPAISSEUR DE LA FONDATION 50 CM
NIVEAU DES SONDES -145 CM

DATE ET HEURE DU DEBUT DE L'ESSAI 16-OCT-79/1400H



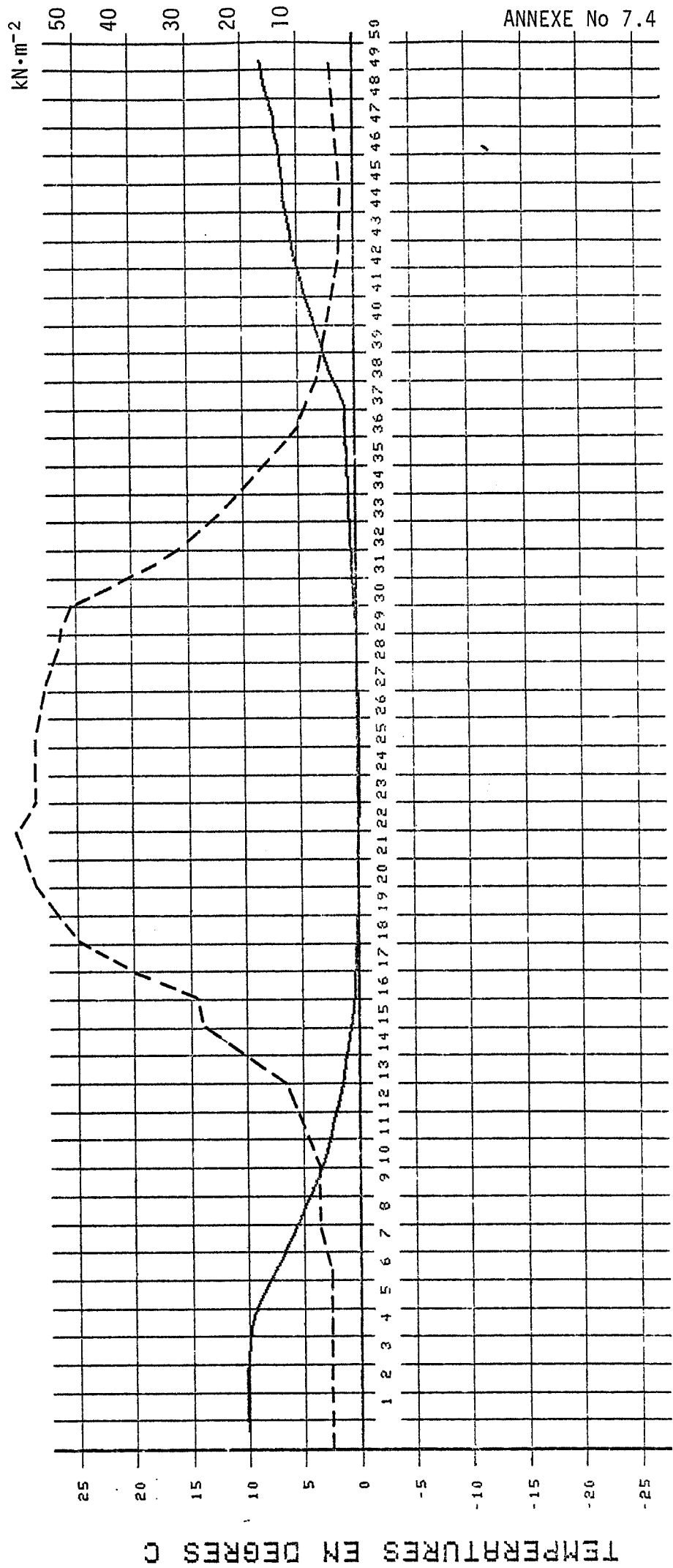
2e ESSAI DE PERTE DE PORTANCE SUR LE CHAMP No 2

TEMPERATURES A LA SONDE NO 1103 — TENSIOMETRE No 5102 - - - -

CHAMP NO 1 EPAISSEUR DE LA FONDATION 50 CM

NIVEAU DES SONDES -104 CM

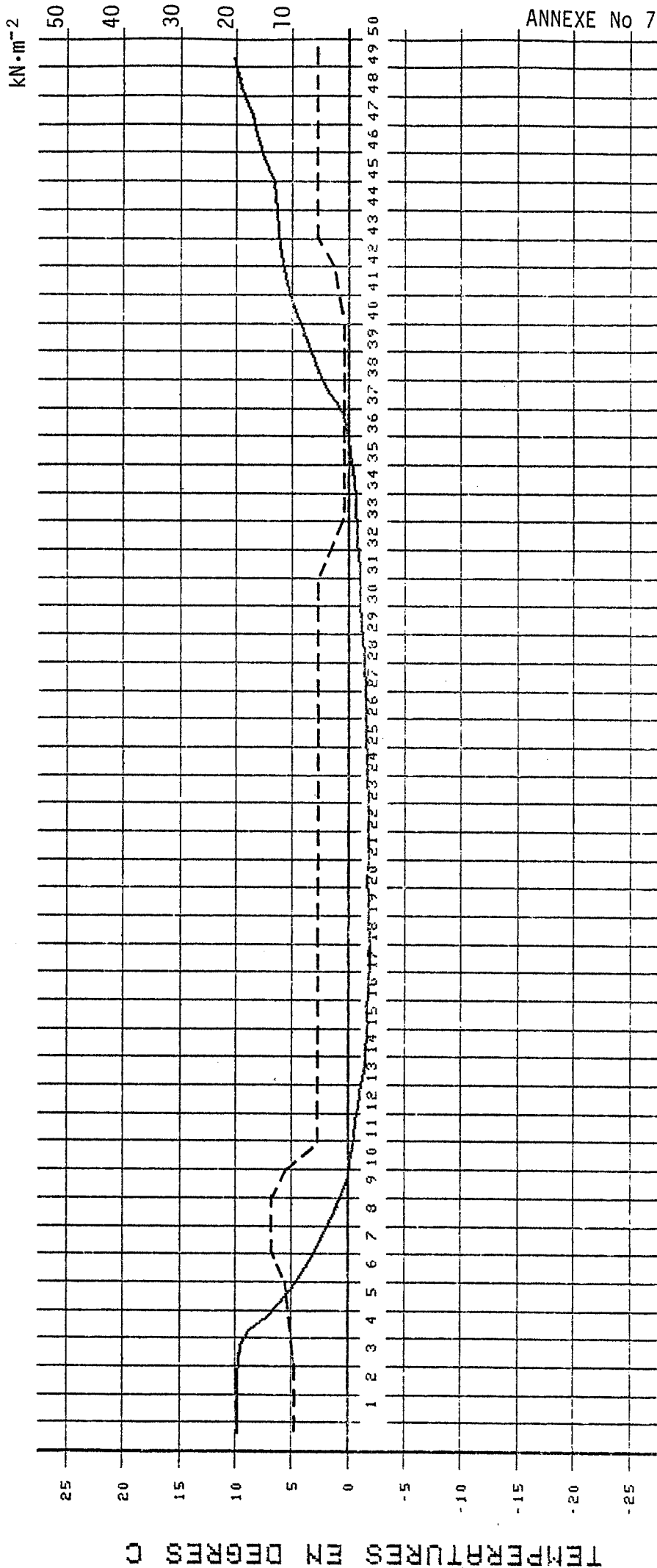
DATE ET HEURE DU DEBUT DE L'ESSAI 16-OCT-79/1400H



2^e ESSAI DE PERTE DE PORTANCE SUR LE CHAMP No 2

TEMPERATURES A LA SONDE NO 1104 — TENSIOMETRE No 5103 —
CHAMP NO 1 EPAISSEUR DE LA FONDATION 50 CM
NIVEAU DES SONDES -68 CM

DATE ET HEURE DU DEBUT DE L'ESSAI 16-OCT-79/1400H



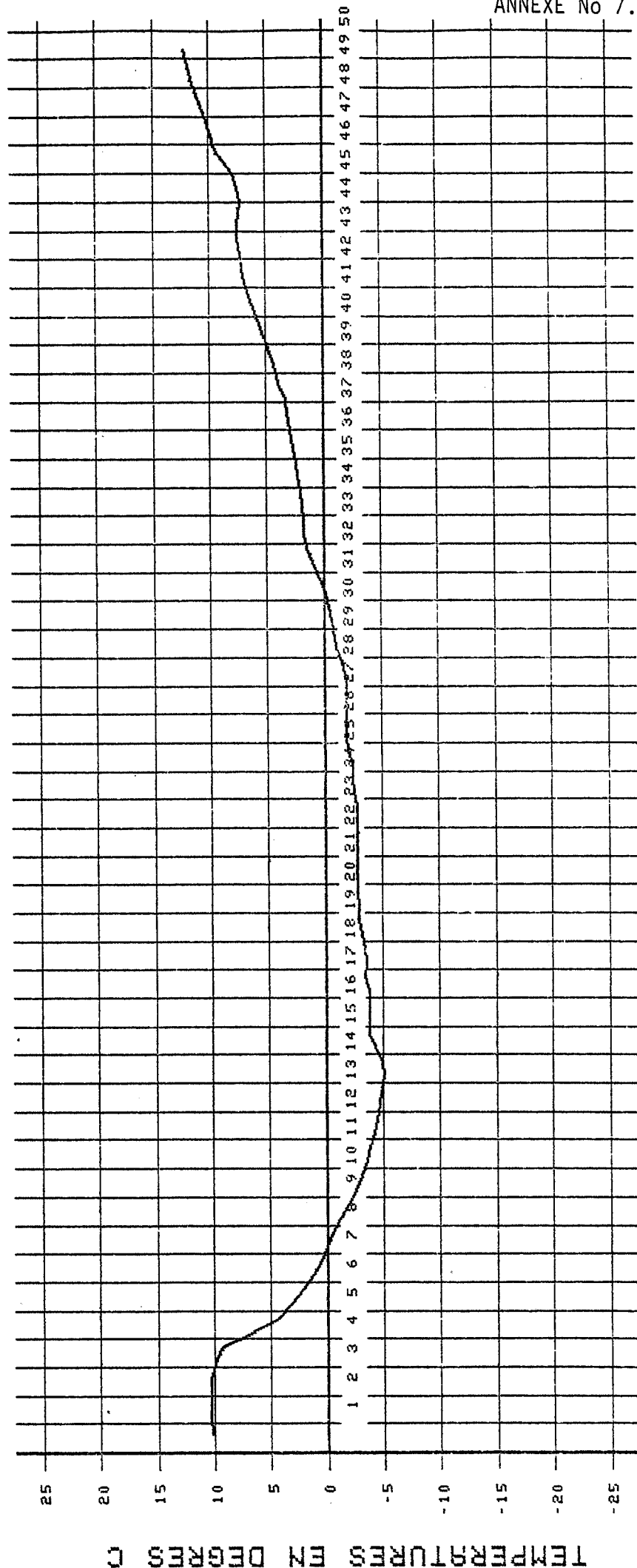
2^e ESSAI DE PERTE DE PORTANCE SUR LE CHAMP No 2

TEMPERATURES A LA SONDE NO 1105

CHAMP NO 1 EPAISSEUR DE LA FONDATION 50 CM

NIVEAU DE LA SONDE -40 CM

DATE ET HEURE DU DEBUT DE L'ESSAI 16-OCT-79/1400H



ANNEXE No 7.6

TEMPS EN JOURS 24H= 0.5 CM

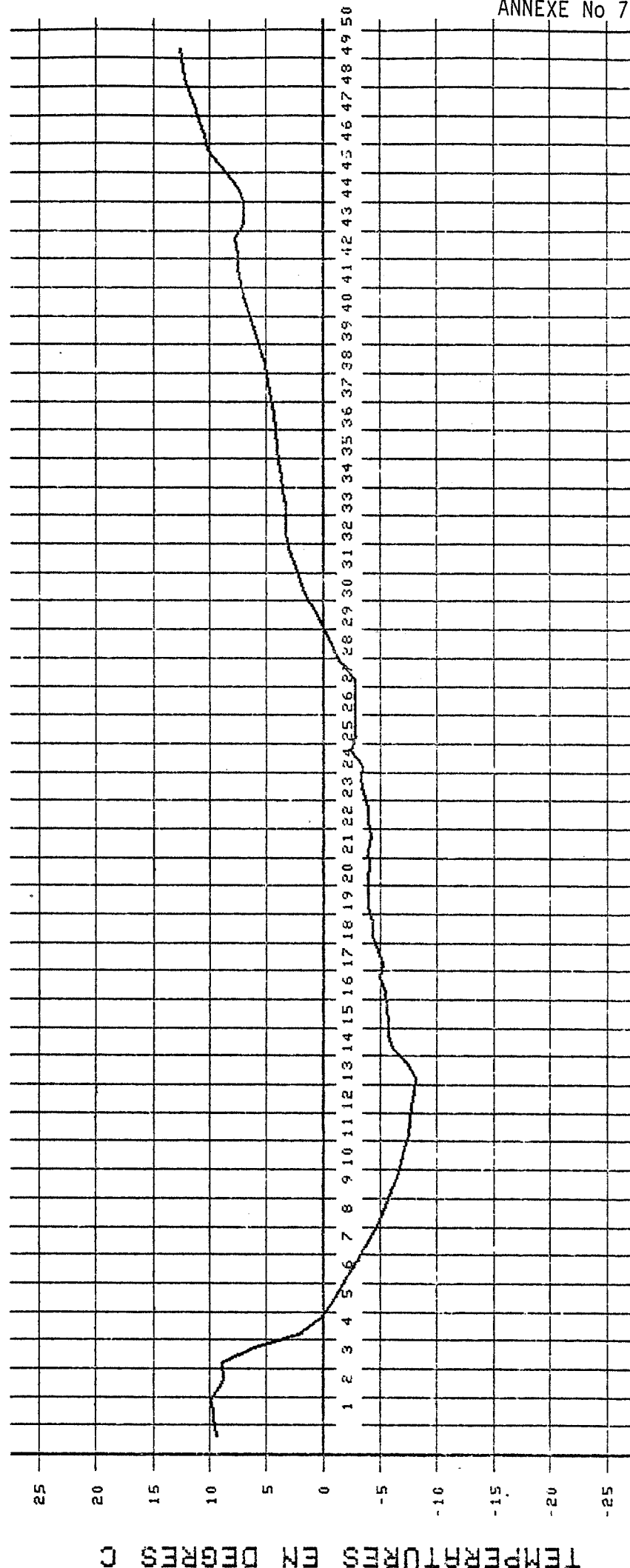
2^e ESSAI DE PERTE DE PORTANCE SUR LE CHAMP No 2

TEMPERATURES A LA SONDE NO 1106

CHAMP NO 1 EPAISSEUR DE LA FONDATION 50 CM

NIVEAU DE LA SONDE -19 CM

DATE ET HEURE DU DEBUT DE L'ESSAI 16-OCT-79/1400H



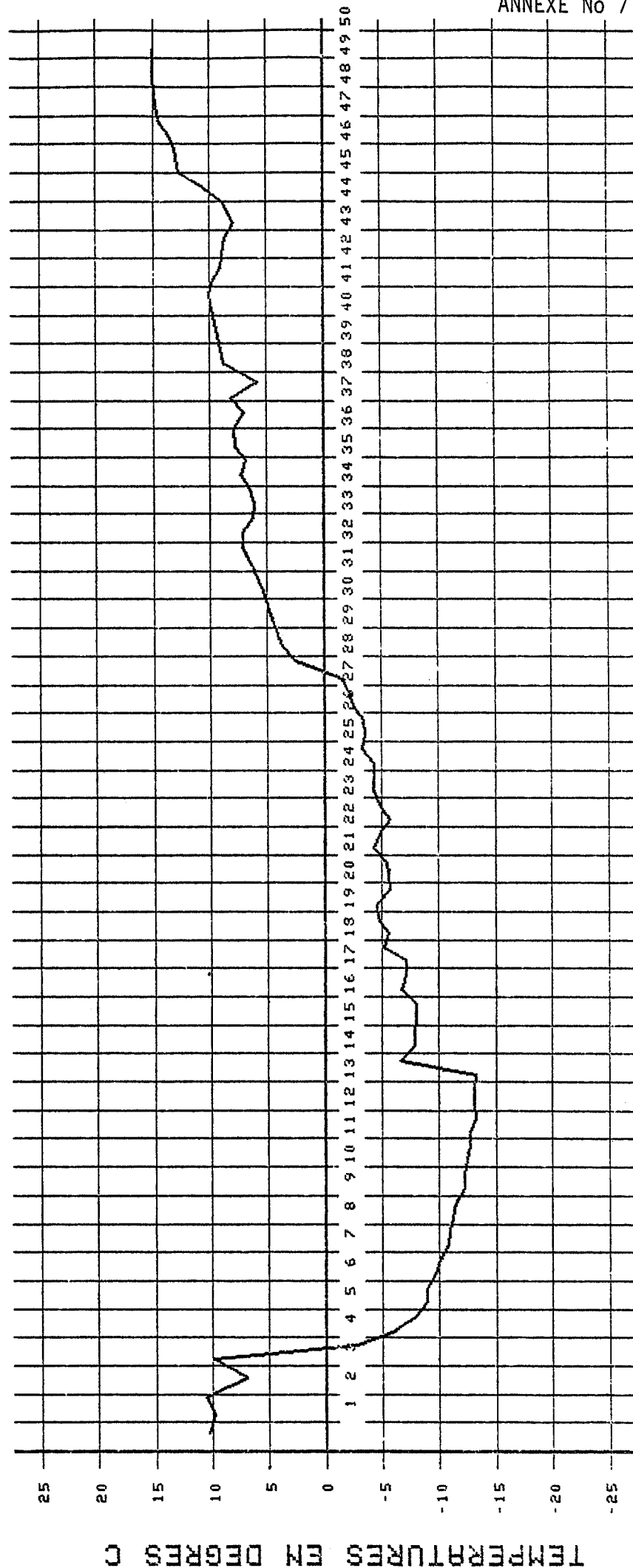
2^e ESSAI DE PERTE DE PORTANCE SUR LE CHAMP No 2

TEMPERATURES A LA SONDE NO 1107

CHAMP NO 1 EPAISSEUR DE LA FONDATION 50 CM

NIVEAU DE LA SONDE 0 CM

DATE ET HEURE DU DEBUT DE L'ESSAI 16-OCT-79/1400H



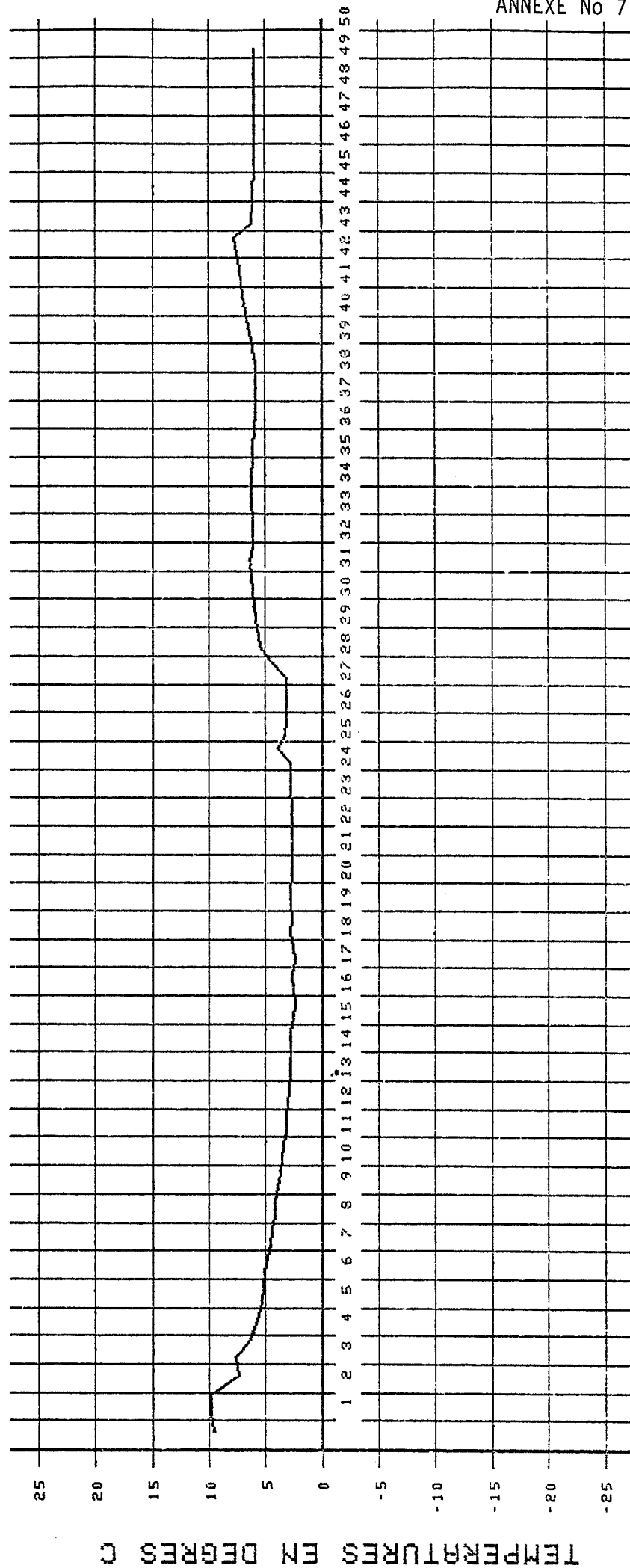
2^e ESSAI DE PERTE DE PORTANCE SUR LE CHAMP No 2

TEMPERATURES A LA SONDE NO 1201

CHAMP NO 2 EPAISSEUR DE LA FONDATION 40 CM

NIVEAU DE LA SONDE -189 CM

DATE ET HEURE DU DEBUT DE L'ESSAI 16-OCT-79/1400H



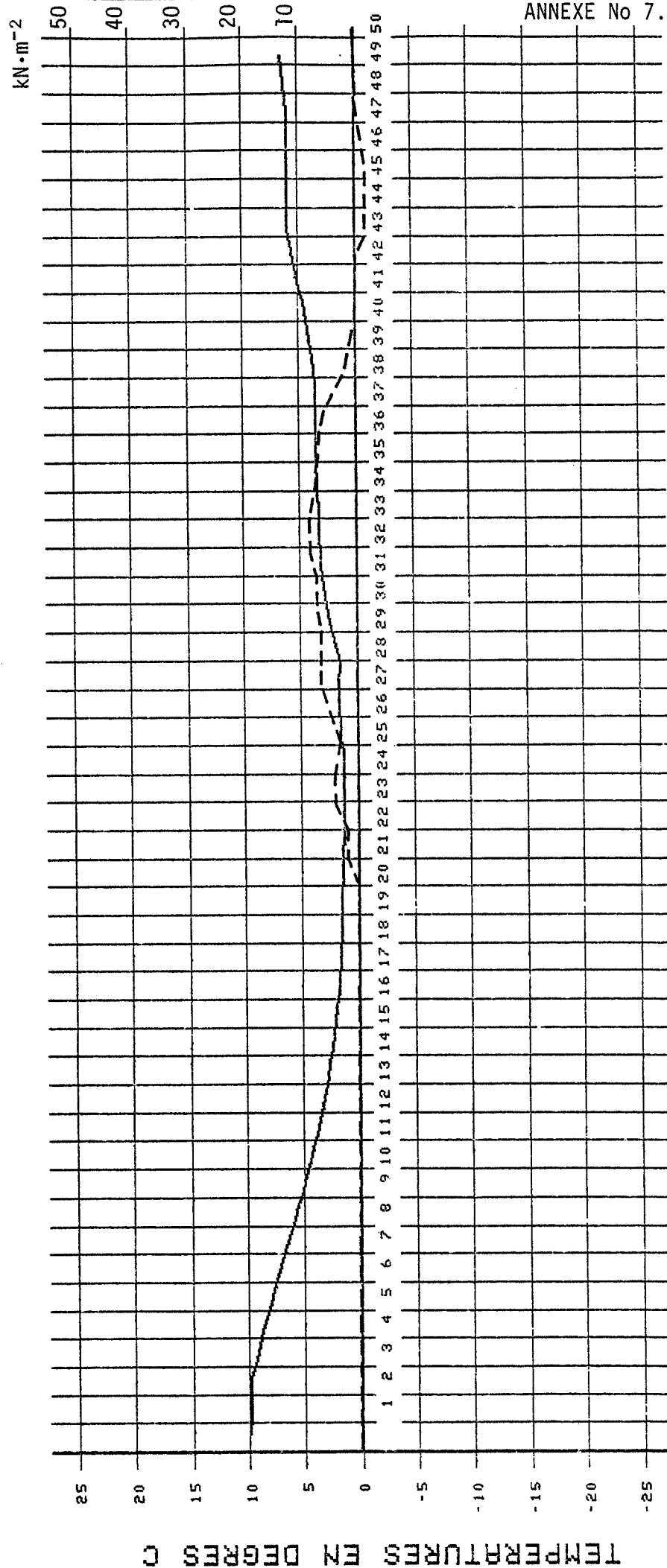
2e ESSAI DE PERTE DE PORTANCE SUR LE CHAMP No 2

TEMPERATURES A LA SONDE NO 1202 — TENSIOMETRE No 5201 — — — —

CHAMP NO 2 EPAISSEUR DE LA FONDATION 40 CM

NIVEAU DES SONDES -148 CM

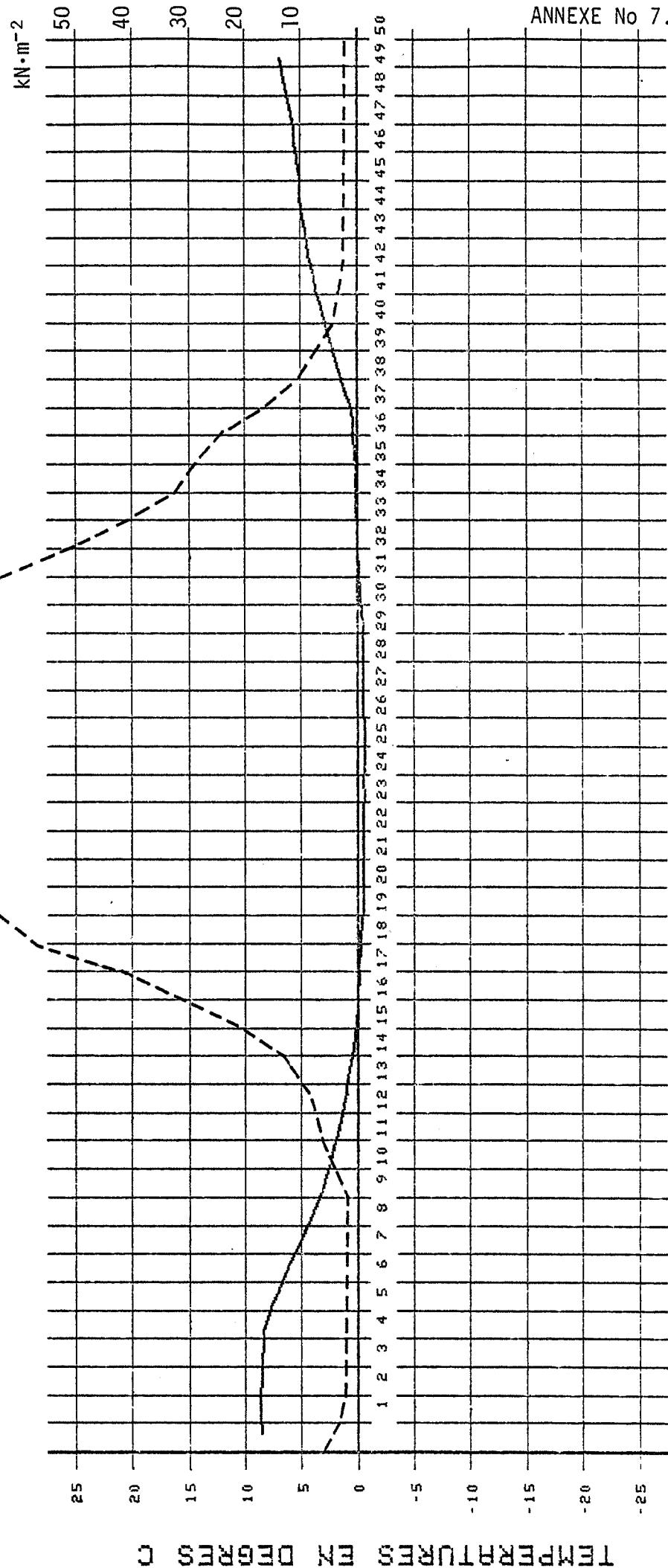
DATE ET HEURE DU DEBUT DE L'ESSAI 16-OCT-79/1400H



2^e ESSAI DE PERTE DE PORTANCE SUR LE CHAMP NO 2

TEMPERATURES A LA SONDE NO 1203 — TENSIOMETRE NO 5202 - - - -
CHAMP NO 2 EPAISSEUR DE LA FONDATION 40 CM
NIVEAU DES SONDES -103 CM

DATE ET HEURE DU DEBUT DE L'ESSAI 16-OCT-79/1400H



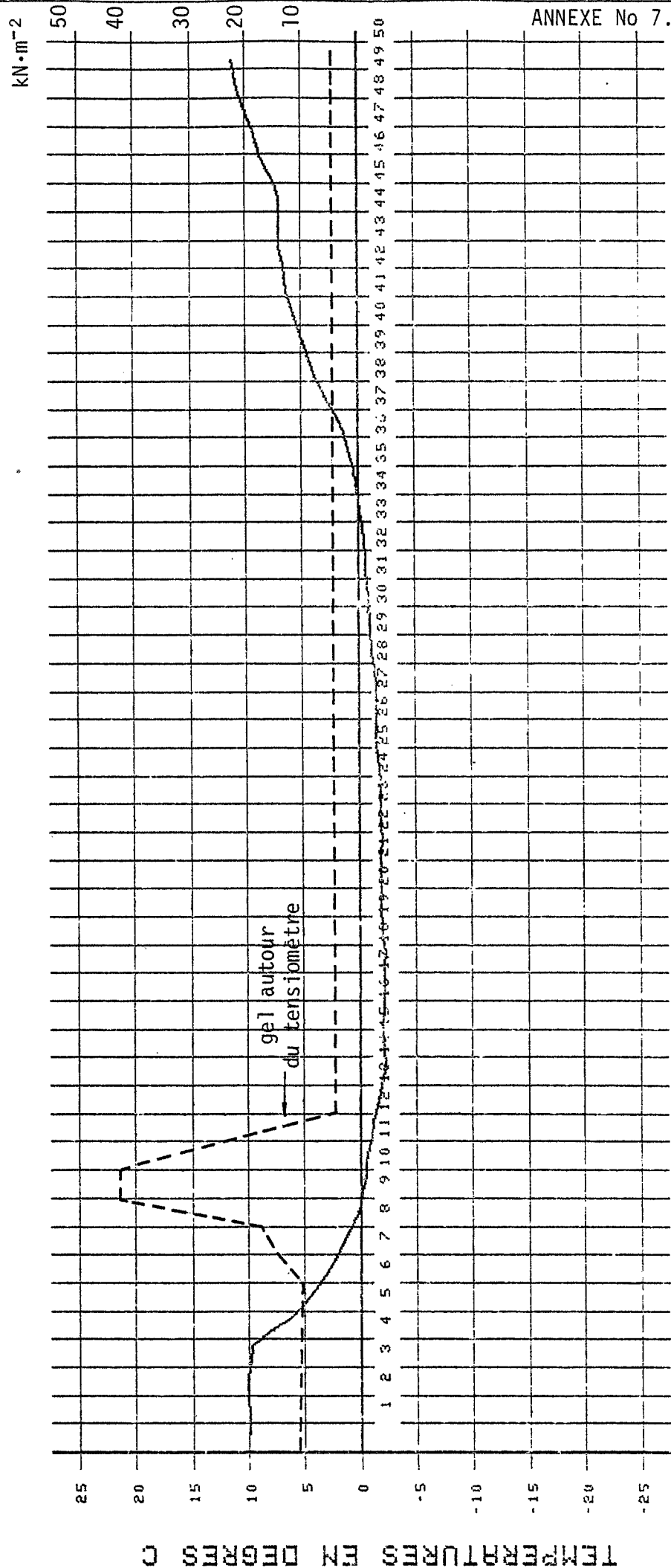
2^e ESSAI DE PERTE DE PORTANCE SUR LE CHAMP No 2

TEMPERATURES A LA SONDE NO 1204 — TENSIOMETRE No 5203 — — — —

CHAMP NO 2 EPAISSEUR DE LA FONDATION 40 CM

NIVEAU DES SONDES -55 CM

DATE ET HEURE DU DEBUT DE L'ESSAI 16-OCT-79/1400H



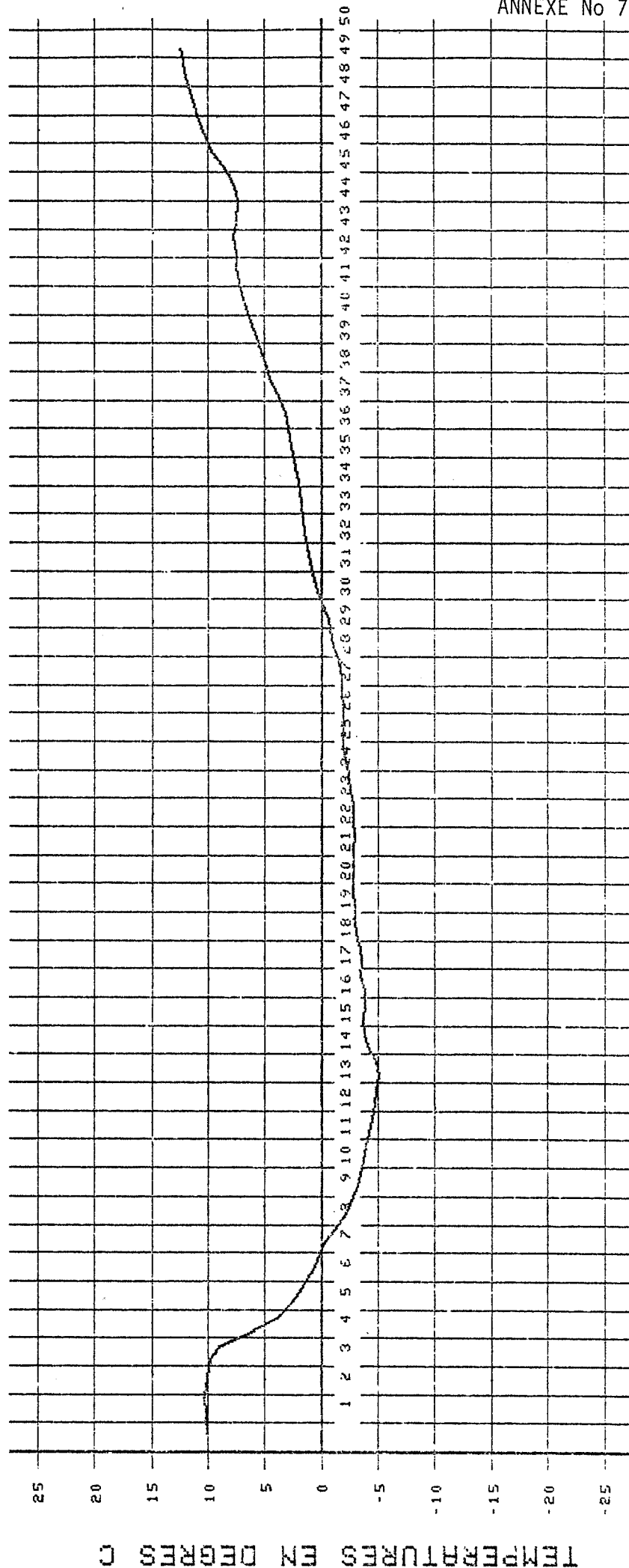
2e ESSAI DE PERTE DE PORTANCE SUR LE CHAMP No 2

TEMPERATURES A LA SONDE NO 1205

CHAMP NO 2 EPAISSEUR DE LA FONDATION 40 CM

NIVEAU DE LA SONDE -39 CM

DATE ET HEURE DU DEBUT DE L'ESSAI 16-OCT-79/1400H



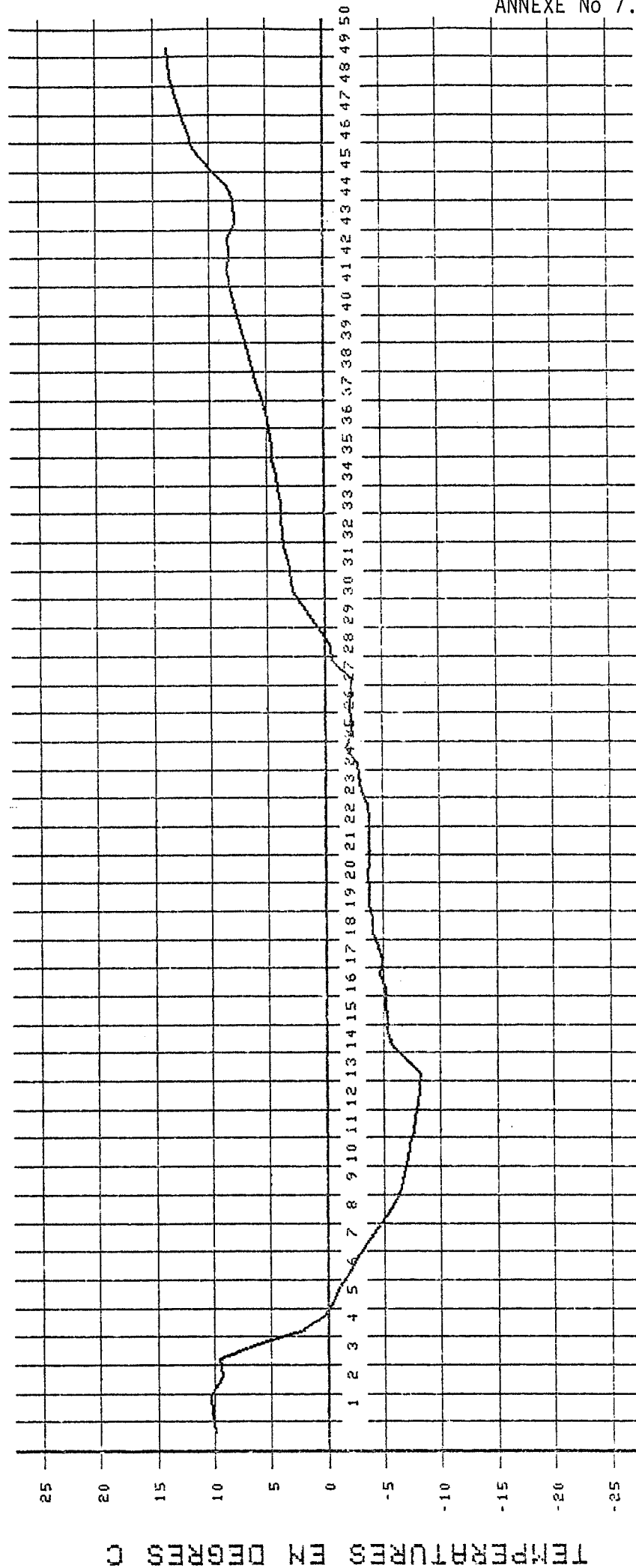
2^e ESSAI DE PERTE DE PORTANCE SUR LE CHAMP No 2

TEMPERATURES A LA SONDE NO 1206

CHAMP NO 2 EPAISSEUR DE LA FONDATION 40 CM

NIVEAU DE LA SONDE -18 CM

DATE ET HEURE DU DEBUT DE L'ESSAI 16-OCT-79/1400H



TEMPERATURES EN DEGRES C

TEMPS EN JOURS 24H= 0.5 CM

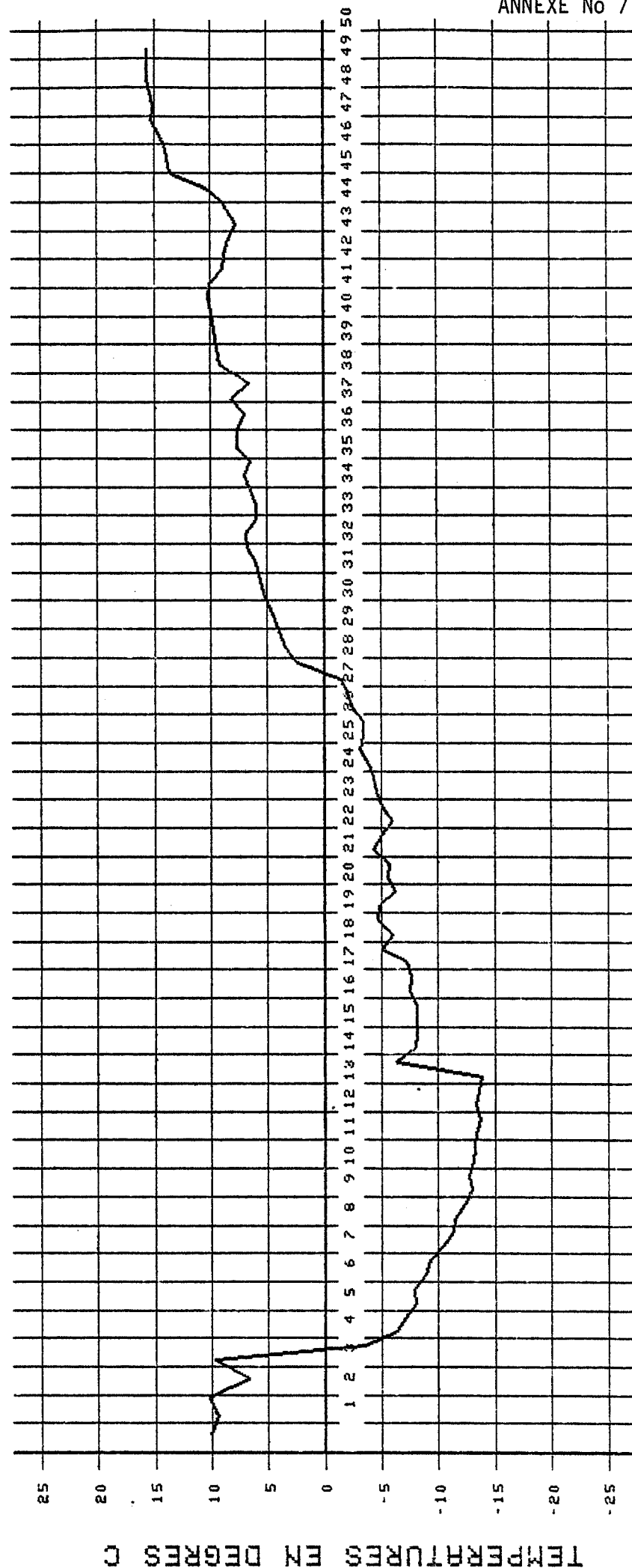
2^e ESSAI DE PERTE DE PORTANCE SUR LE CHAMP No 2

TEMPERATURES A LA SONDE NO 1207

CHAMP NO 2 EPAISSEUR DE LA FONDATION 40 CM

NIVEAU DE LA SONDE 0 CM

DATE ET HEURE DU DEBUT DE L'ESSAI 16-OCT-79/1400H



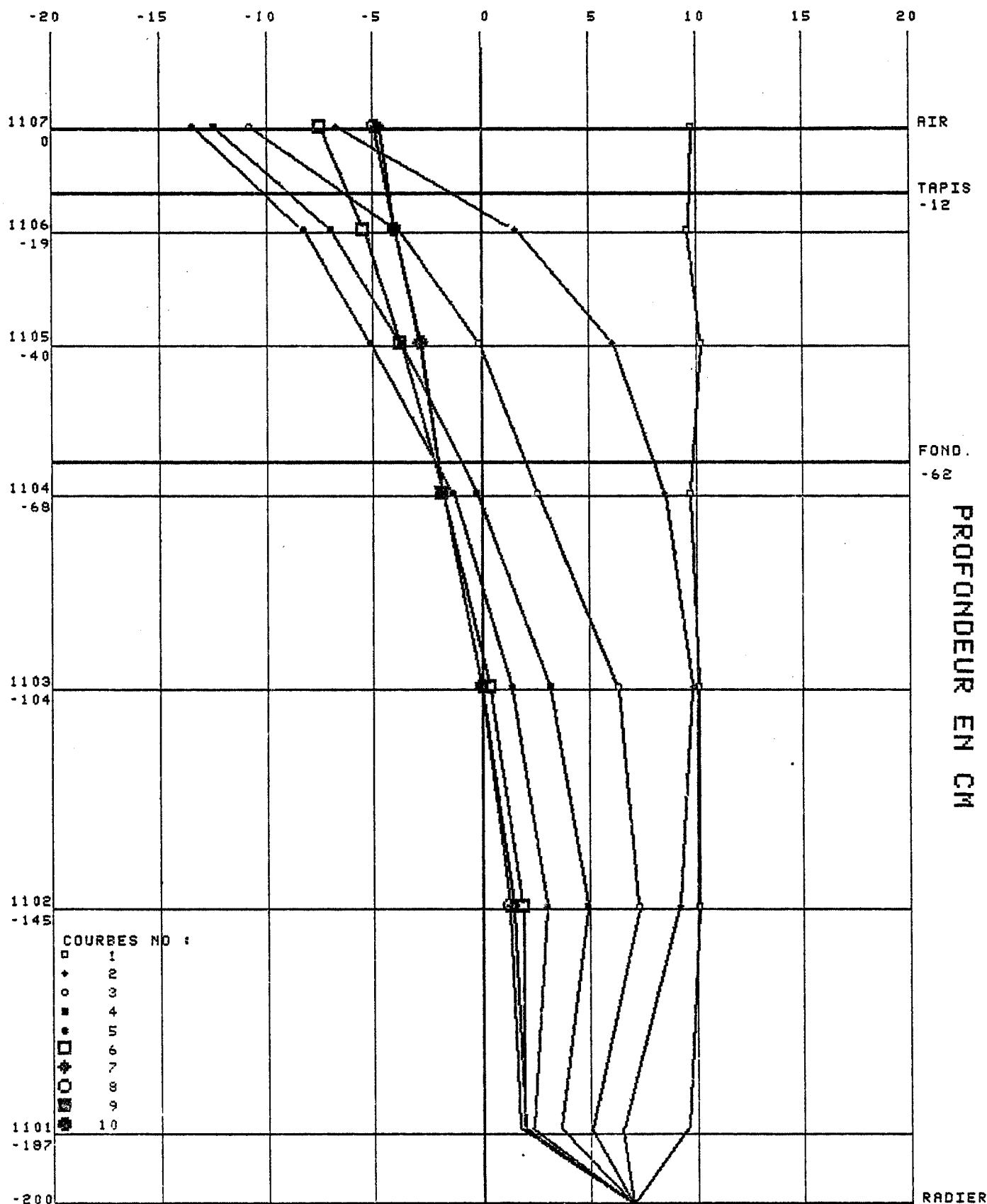
2^e ESSAI DE PERTE DE PORTANCE SUR LE CHAMP No 2

TAUTOCHRONES DU CHAMP NO 1 ECART = 72 H.

EPAISSEUR DE LA FONDATION 50 CM

JOUR ET HEURE DU PREMIER TAUTOCHRONE 1 J 7 H

TEMPERATURE EN DEGRES C

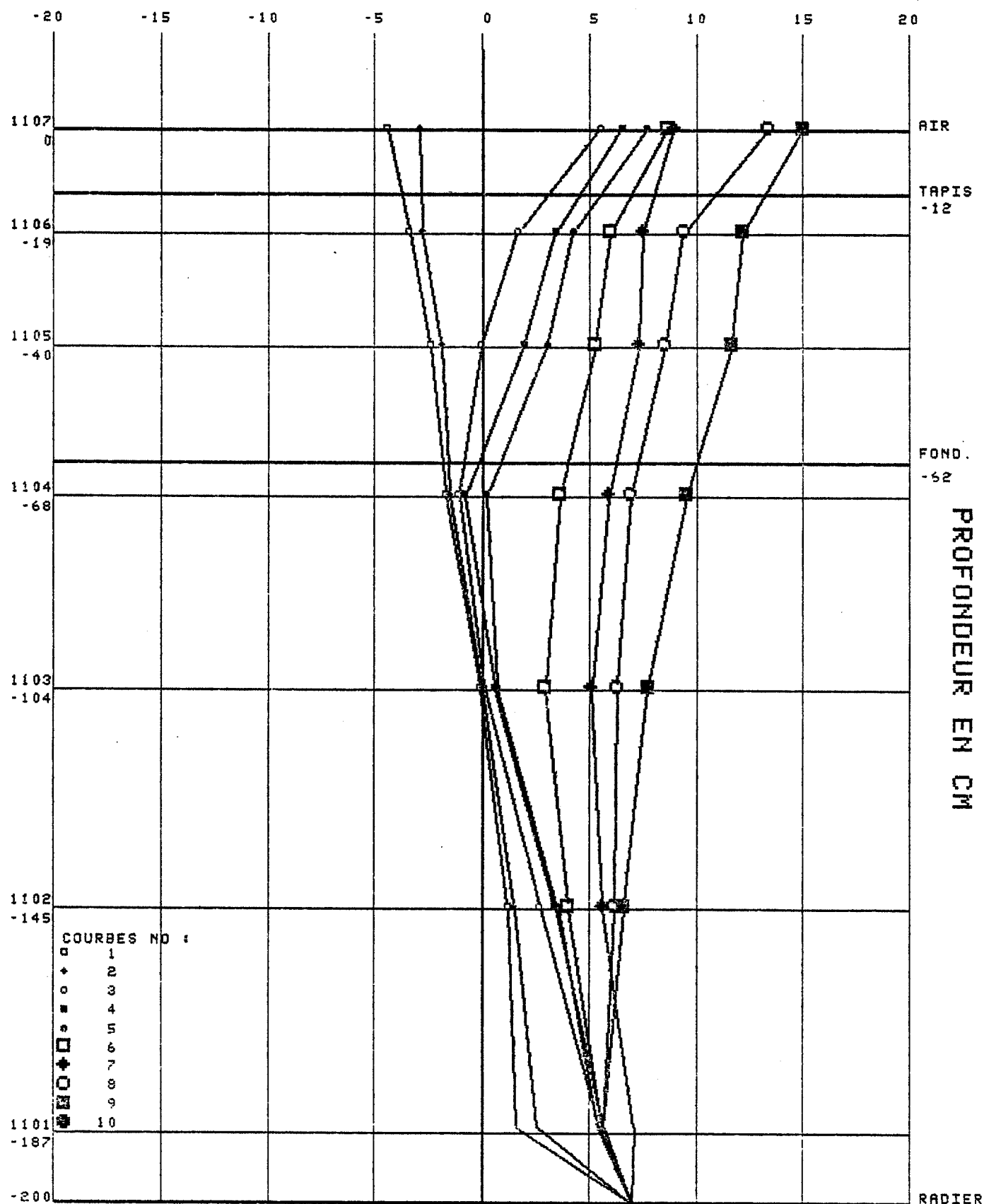


2^e ESSAI DE PERTE DE PORTANCE SUR LE CHAMP No 2

TAUTOCHRONES DU CHAMP NO 1 ECART = 72 H.
EPAISSEUR DE LA FONDATION 50 CM

JOUR ET HEURE DU PREMIER TAUTOCHRONE 24 J 7 H

TEMPERATURE EN DEGRES C



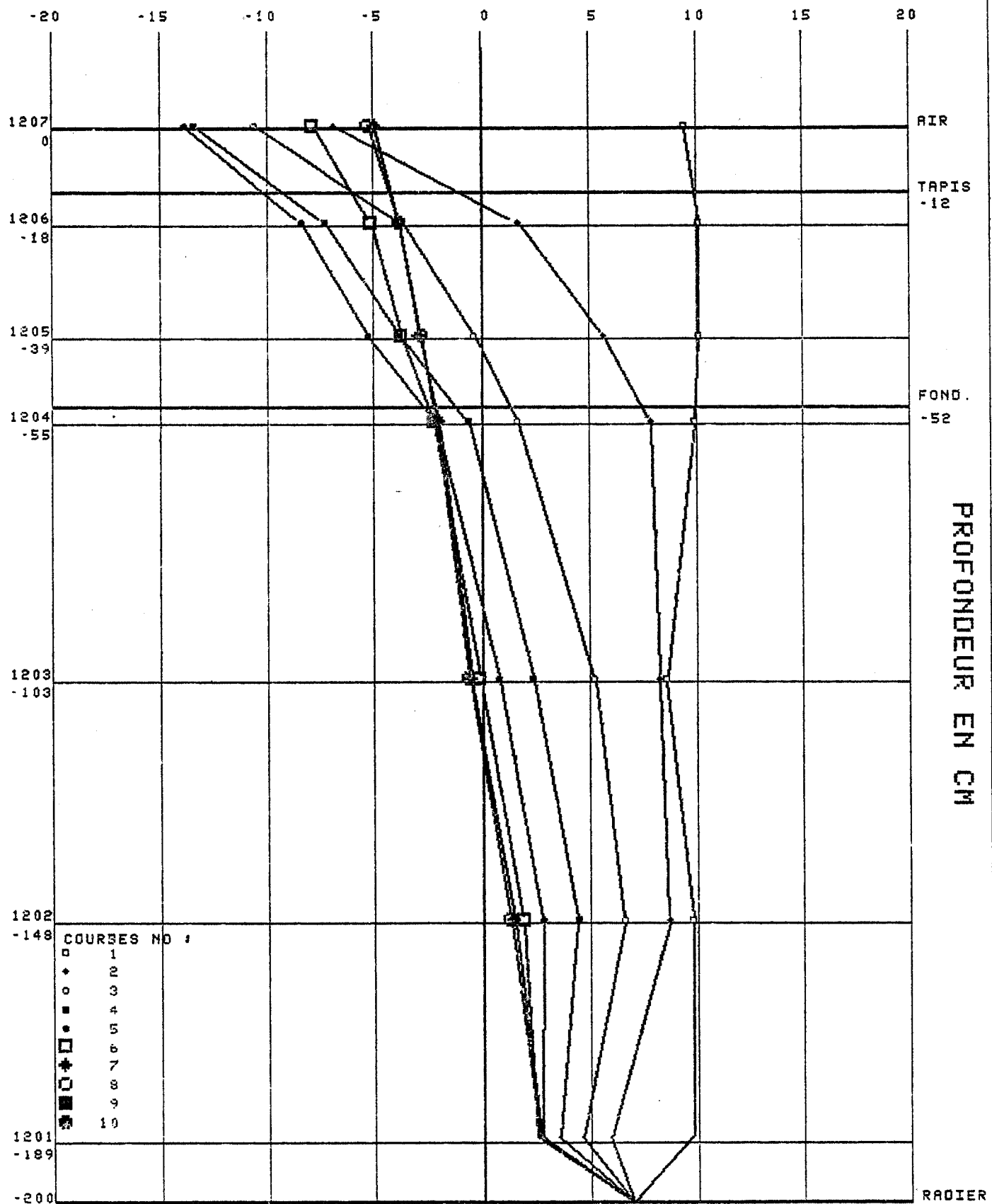
2^e ESSAI DE PERTE DE PORTANCE SUR LE CHAMP No 2

TAUTOCHRONES DU CHAMP NO 2 ECART = 72 H.

EPAISSEUR DE LA FONDATION 40 CM

JOUR ET HEURE DU PREMIER TAUTOCHRONE 1J 7H

TEMPERATURE EN DEGRES C



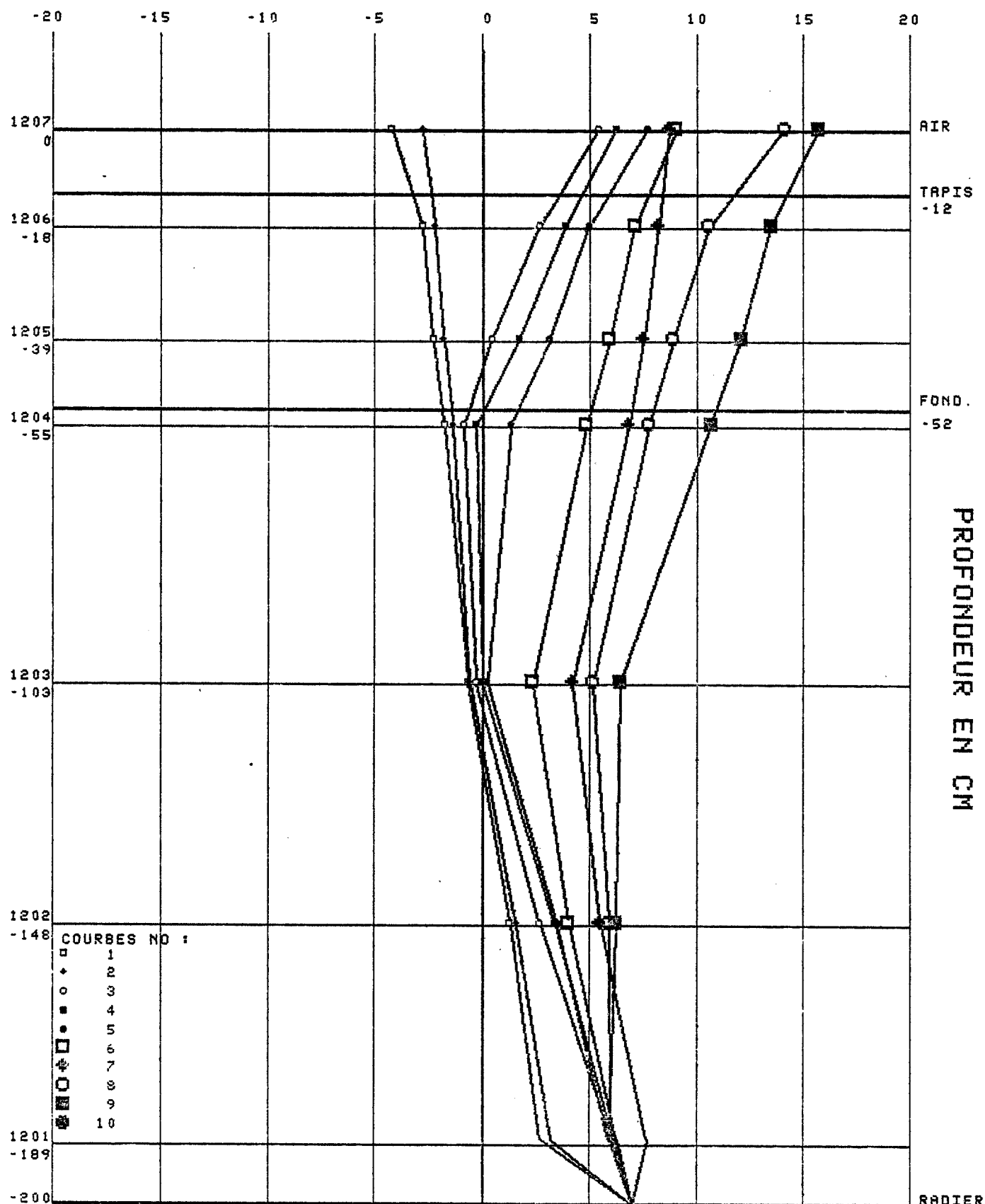
2^e ESSAI DE PERTE DE PORTANCE SUR LE CHAMP No 2

TAUTOCHRONES DU CHAMP NO 2 ECART = 72 H.

EPAISSEUR DE LA FONDATION 40 CM

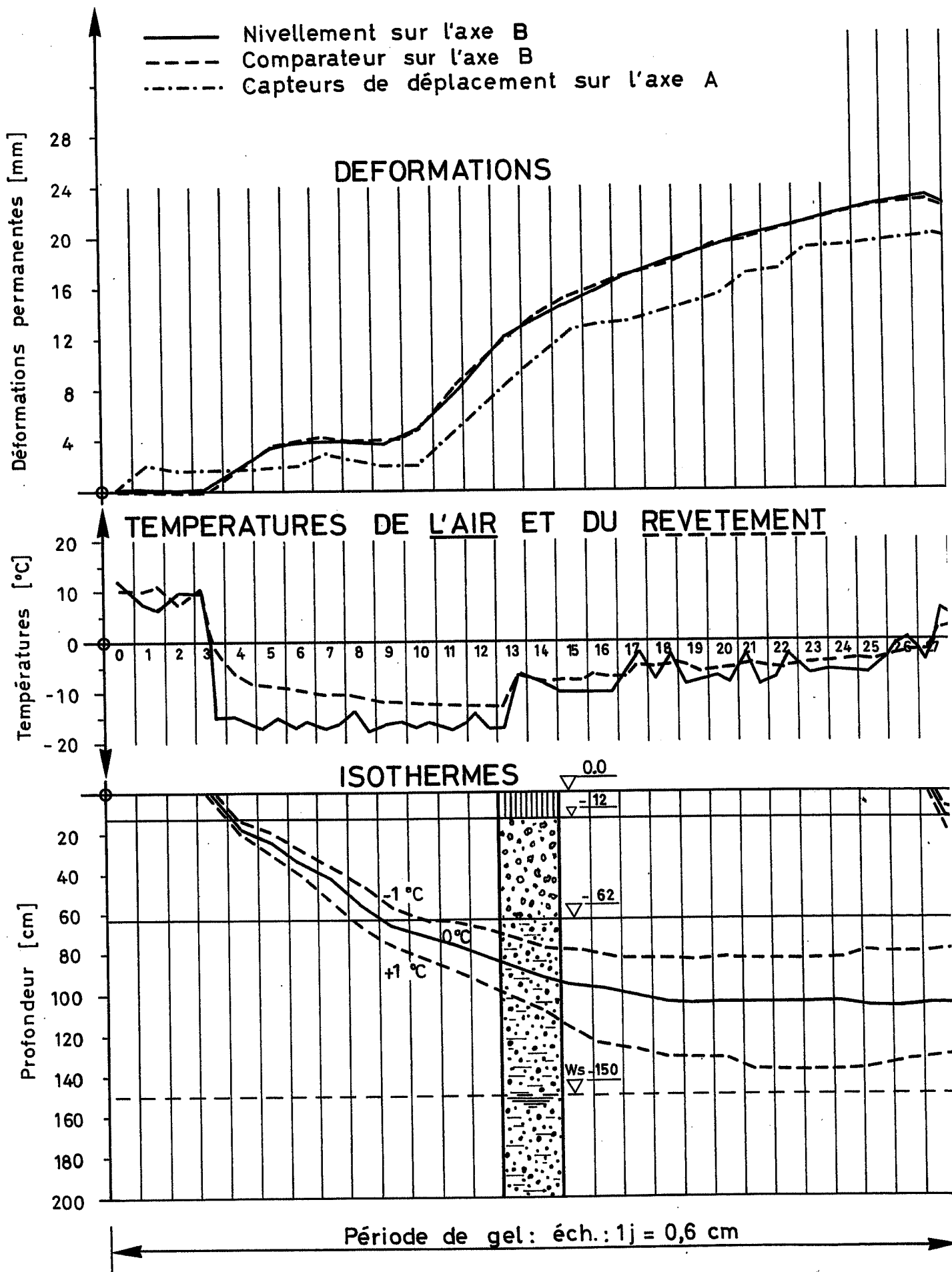
JOUR ET HEURE DU PREMIER TAUTOCHRONE 24 J 7 H

TEMPERATURE EN DEGRES C

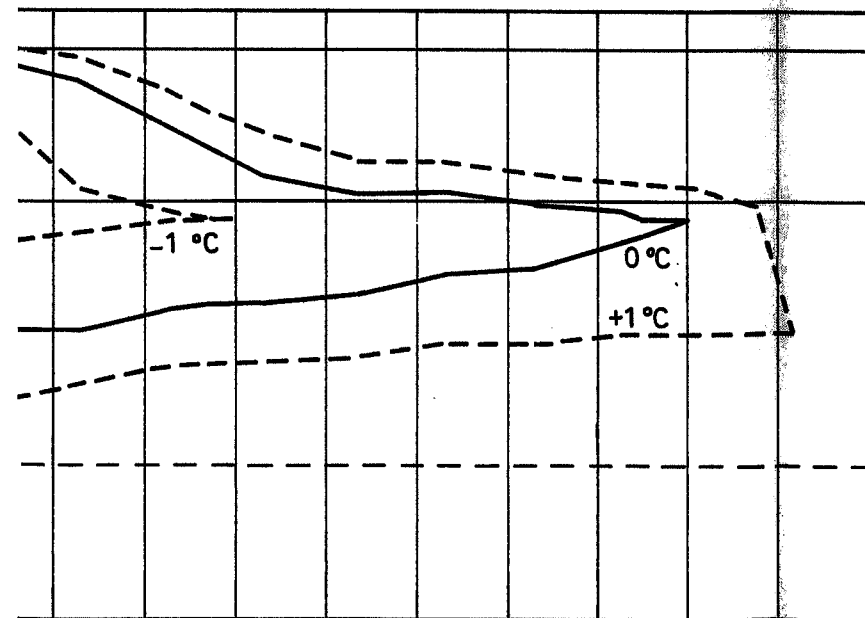
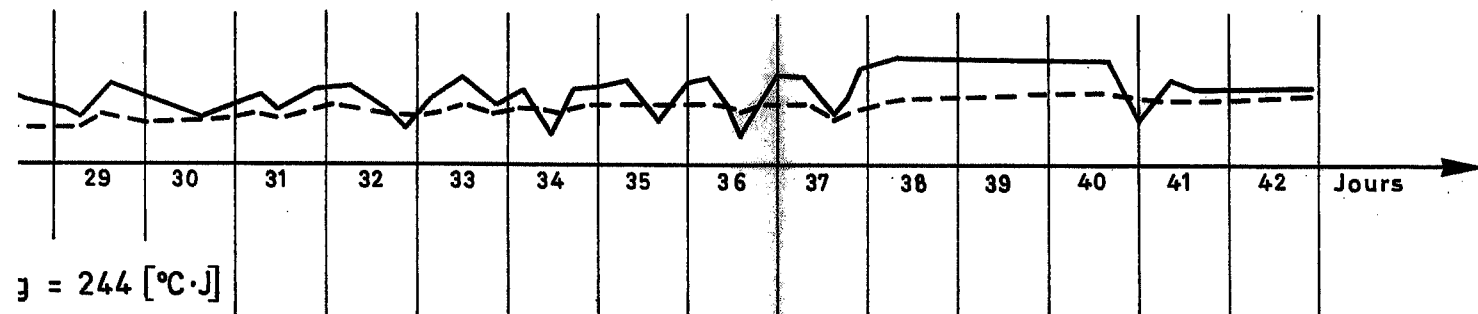
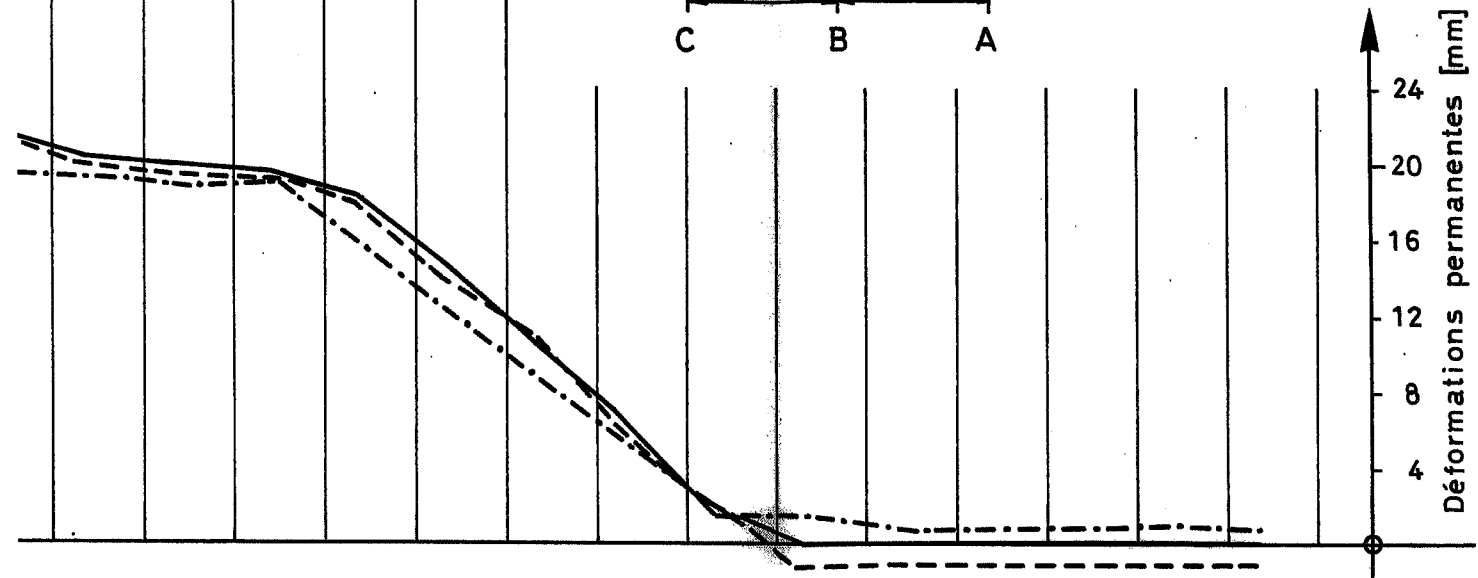
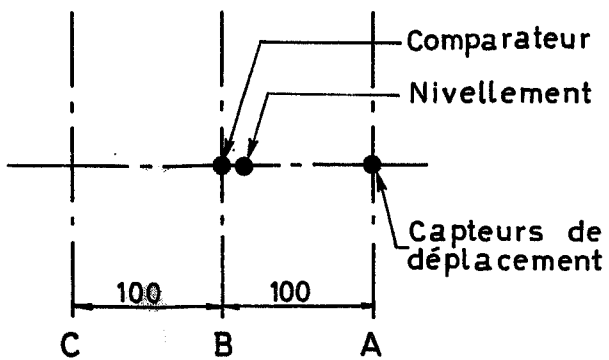


2^e ESSAI DE PERTE DE PORTANCE SUR LE CHAMP N°2

MESURES EFFECTUEES SUR LE CHAMP N°1



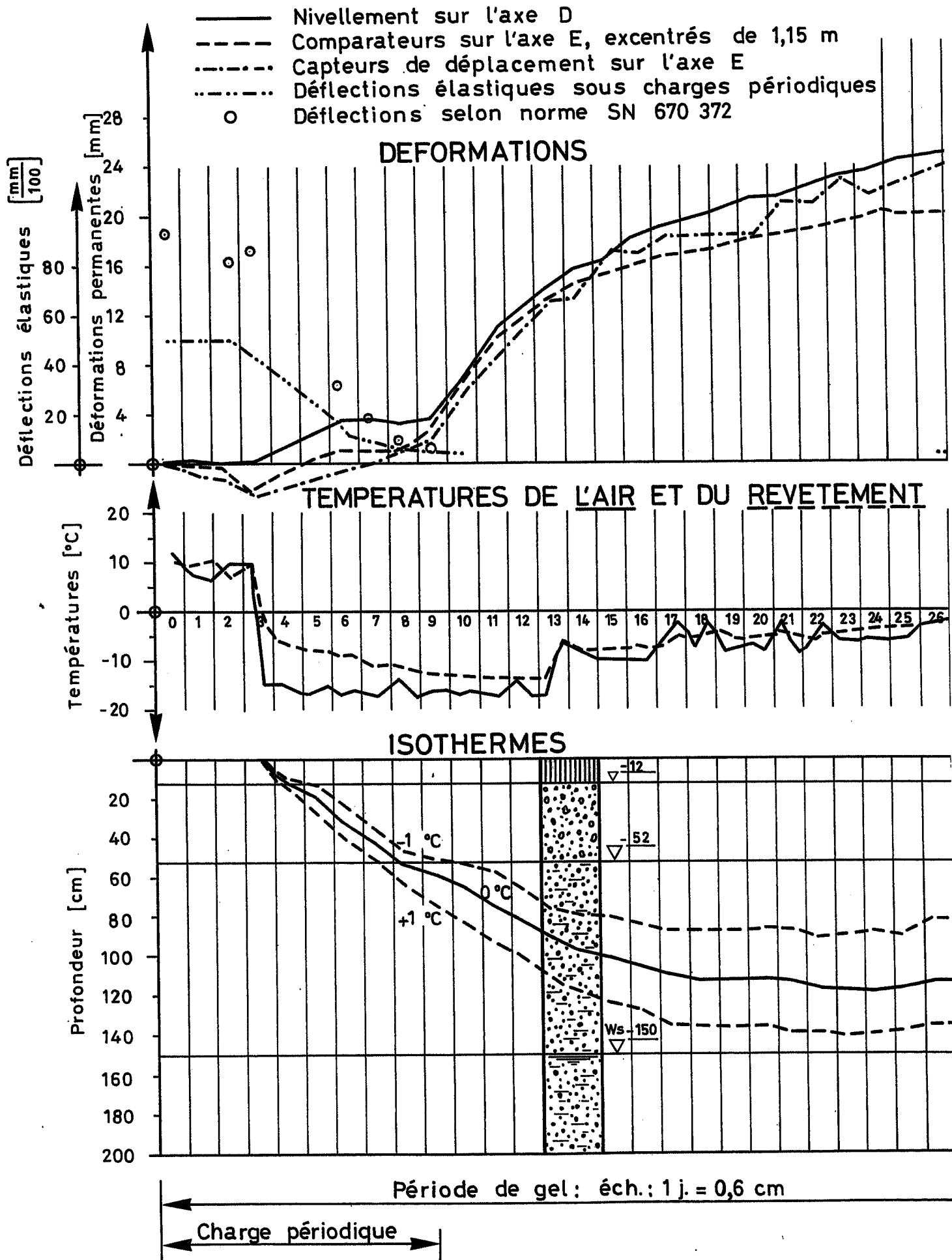
SITUATION



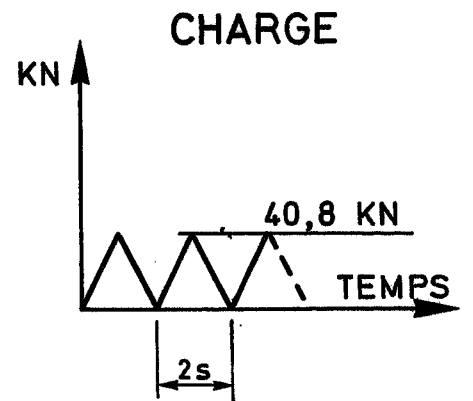
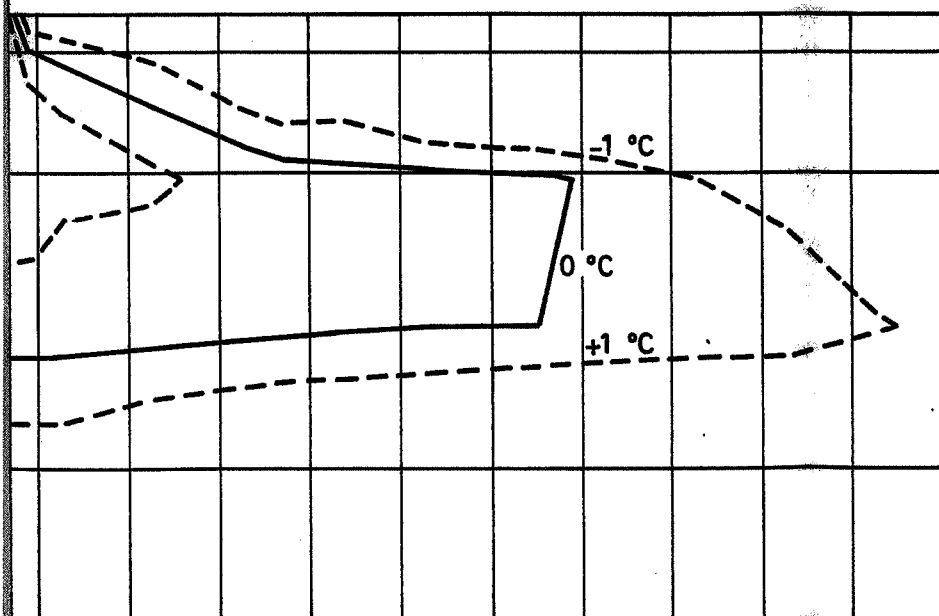
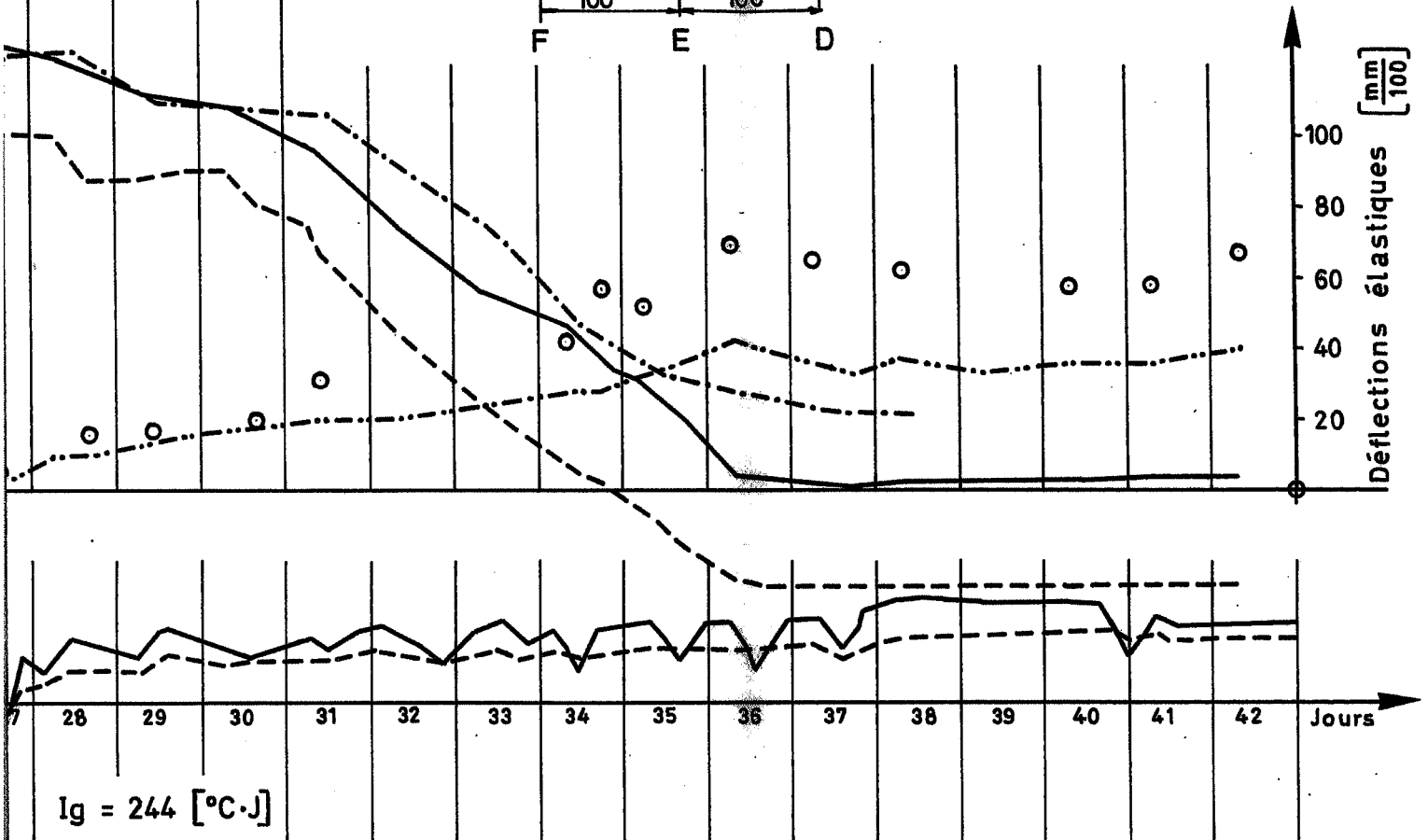
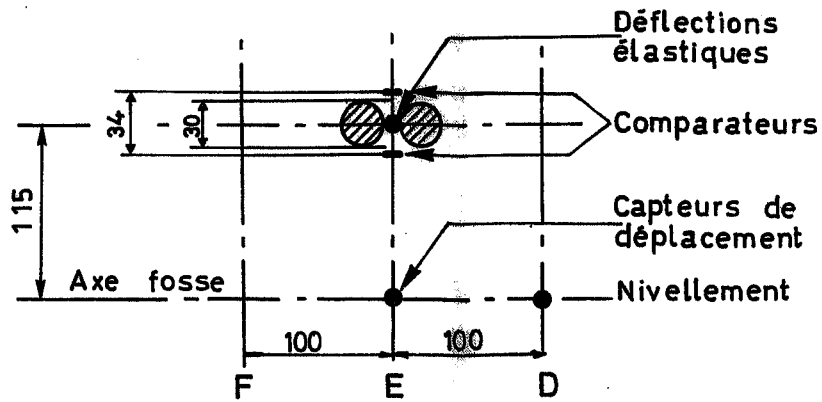
Période de dégel : éch.: 1 j. = 1,2 cm

2^e ESSAI DE PERTE DE PORTANCE SUR LE CHAMP N° 2

MESURES EFFECTUEES SUR LE CHAMP N° 2



SITUATION



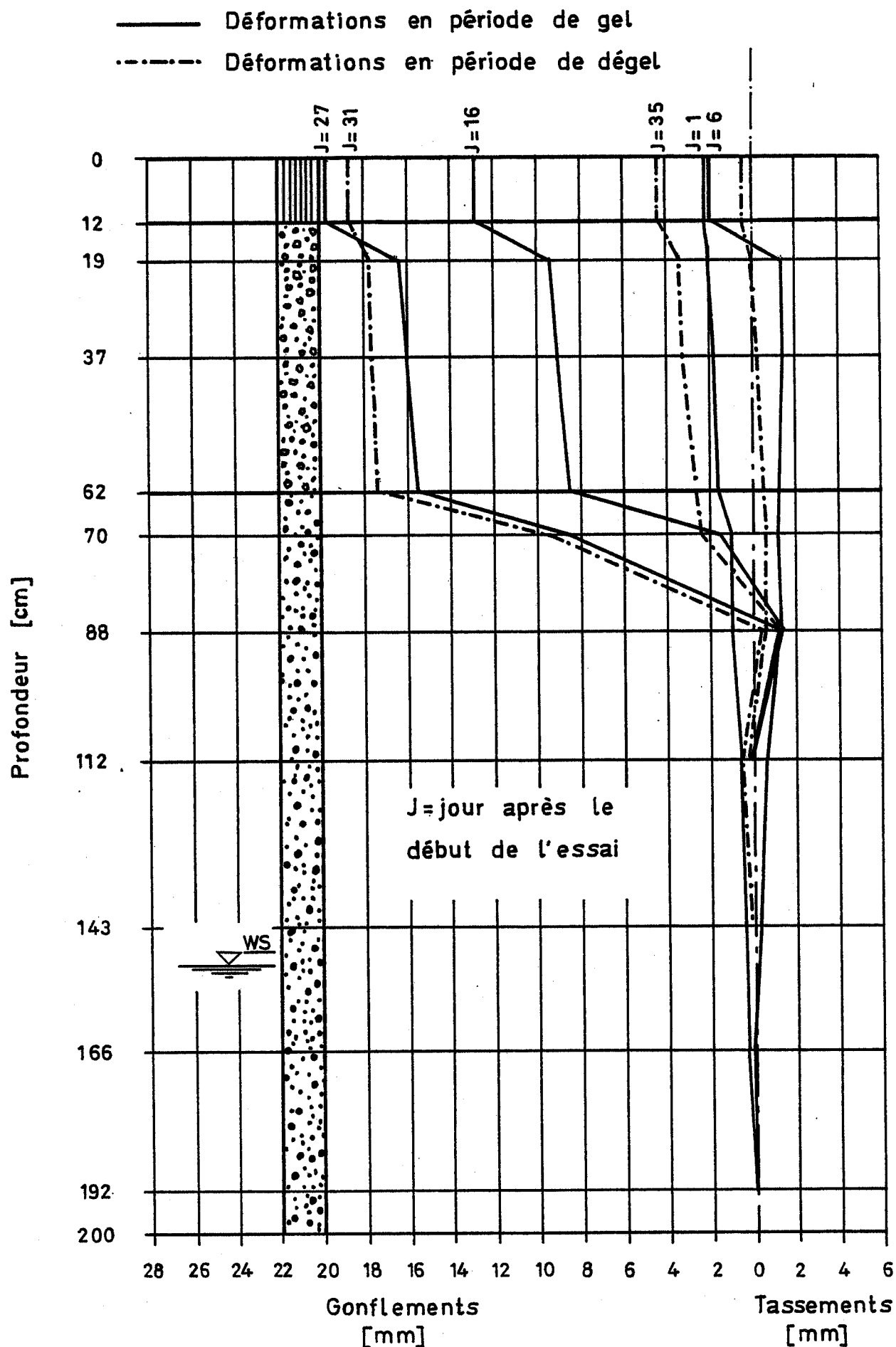
Période de dégel: éch.: 1j = 1,2 cm

Charge périodique

2^e ESSAI DE PERTE DE PORTANCE SUR LE CHAMP N° 2

DEFORMATIONS DU MODELE

CHAMP N°1 AXE A



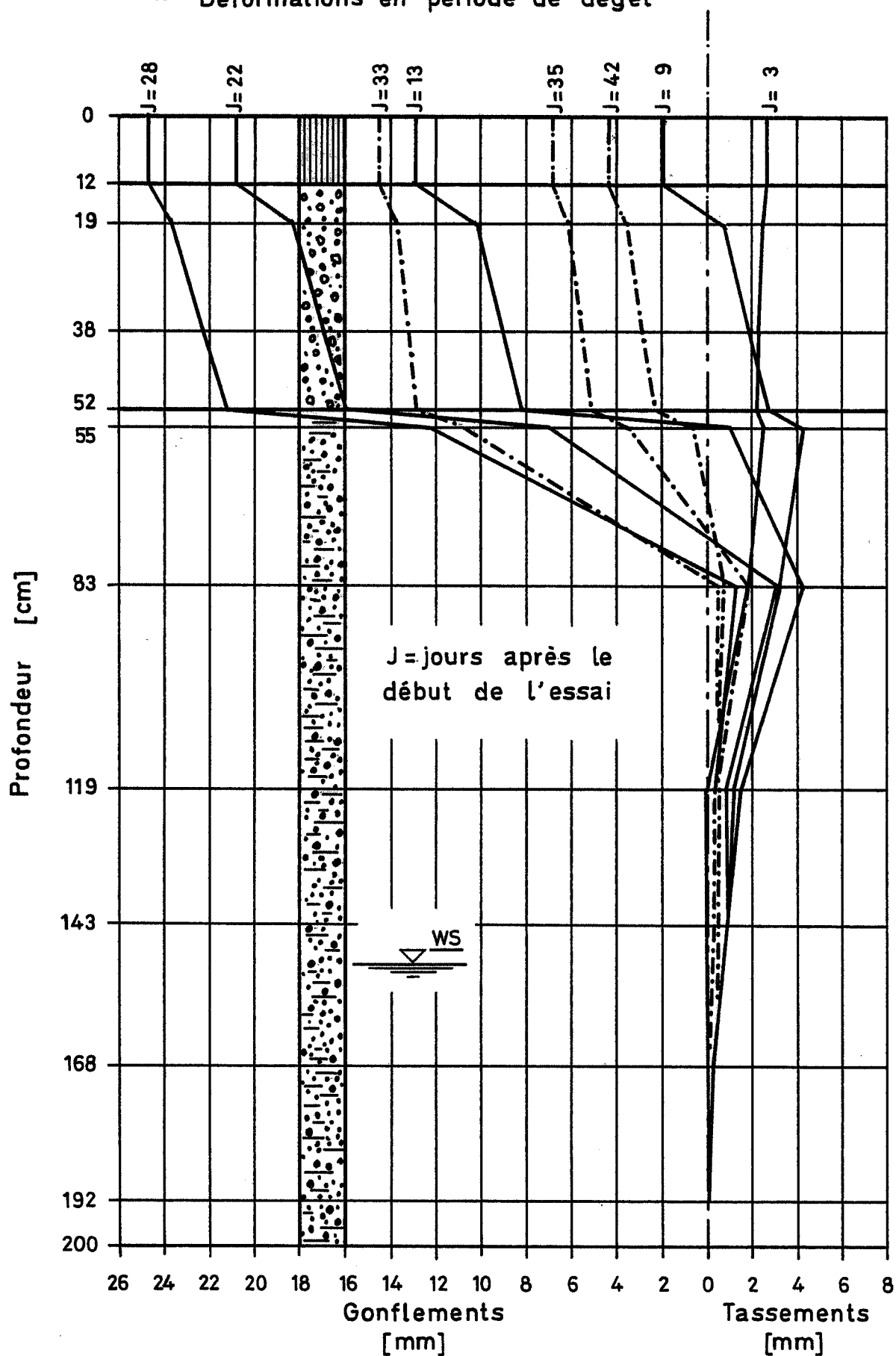
SECRET

DEFORMATIONS DU MODELE

CHAMP N°2 - AXE E=AXE DE CHARGE (EXCENTREE DE 1.15 m.)

— Déformations en période de gel

·-·-·-·-· Déformations en période de dégel

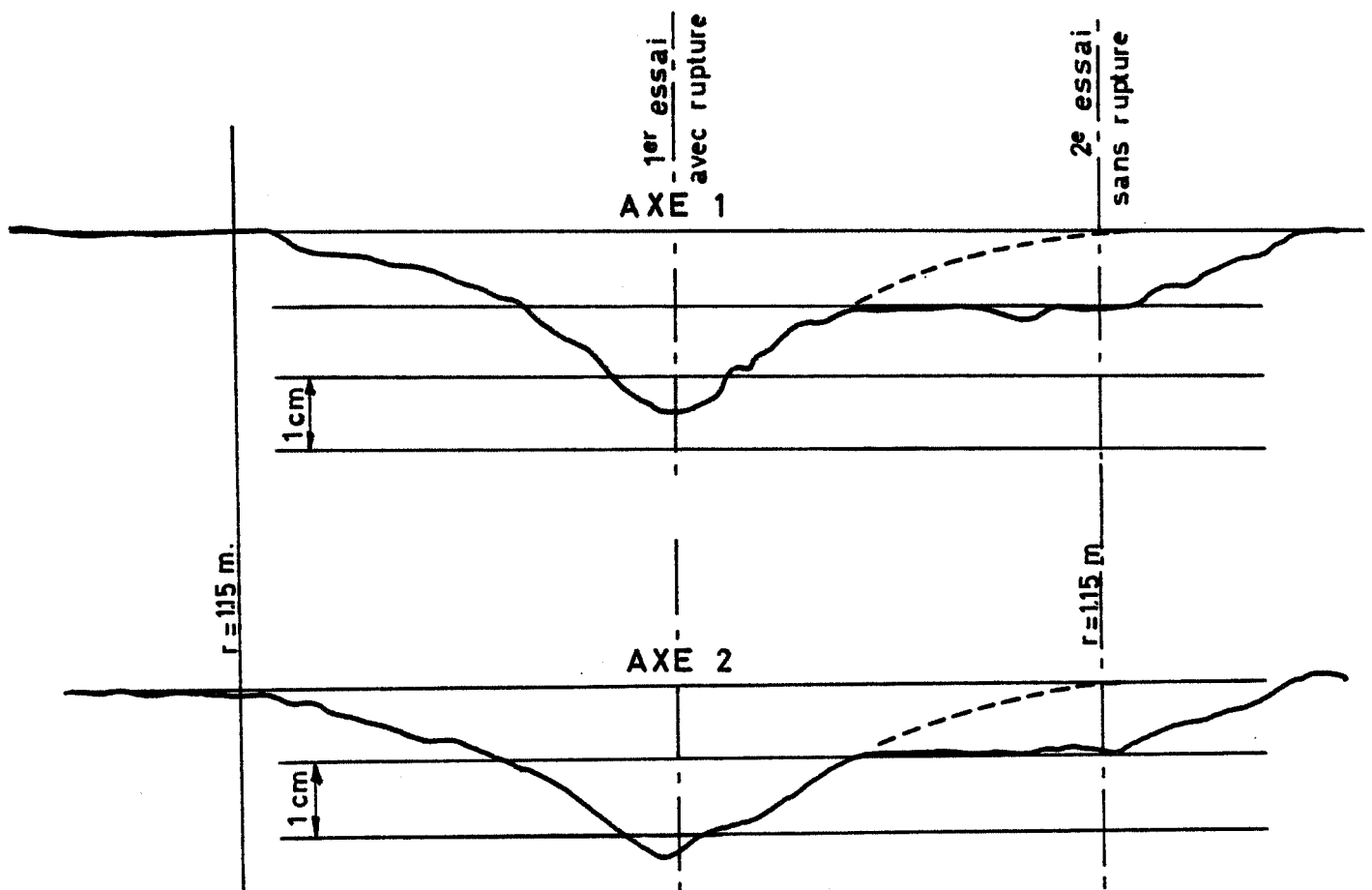
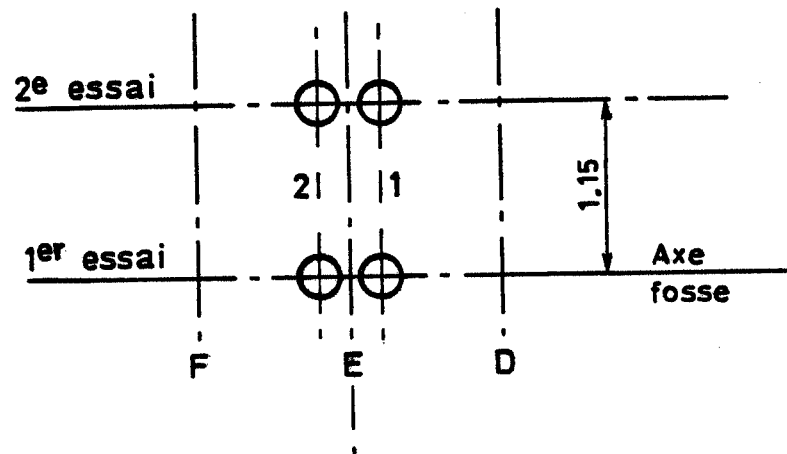


1^{er} ET 2^e ESSAI DE PERTE DE PORTANCE SUR LE CHAMP N° 2

DEFORMATION SUPERFICIELLE SOUS LA CHARGE

Relevé au transversoprofilographe Ech. : long. 1.20
haut. 1.1

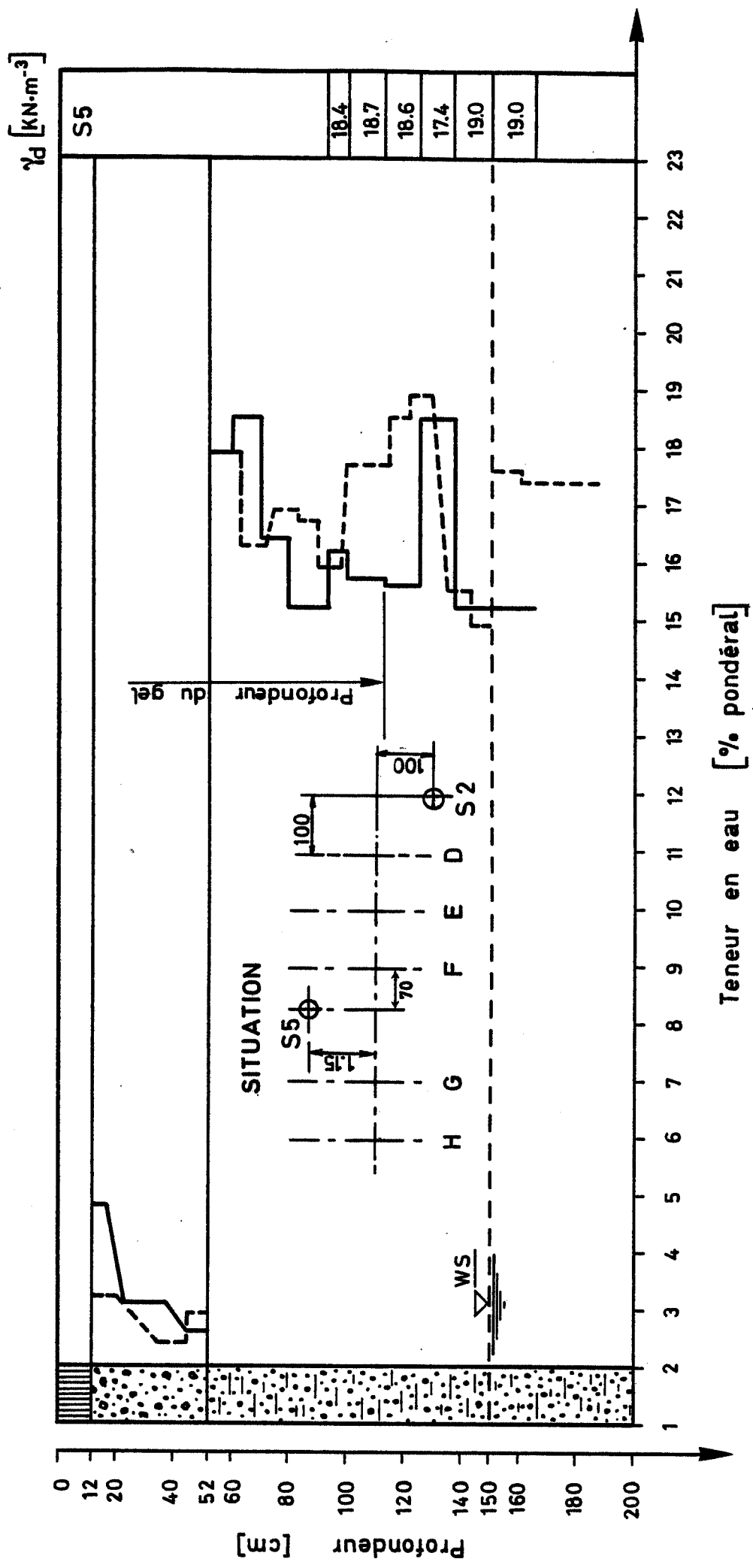
SITUATION



2^e ESSAI DE PERTE DE PORTANCE SUR LE CHAMP N°2 TENEUR EN EAU

———— S5 · Sondage effectué le 24^e jour de l'essai en période de gel

----- S2 Sondage de référence effectué avant les périodes de gel



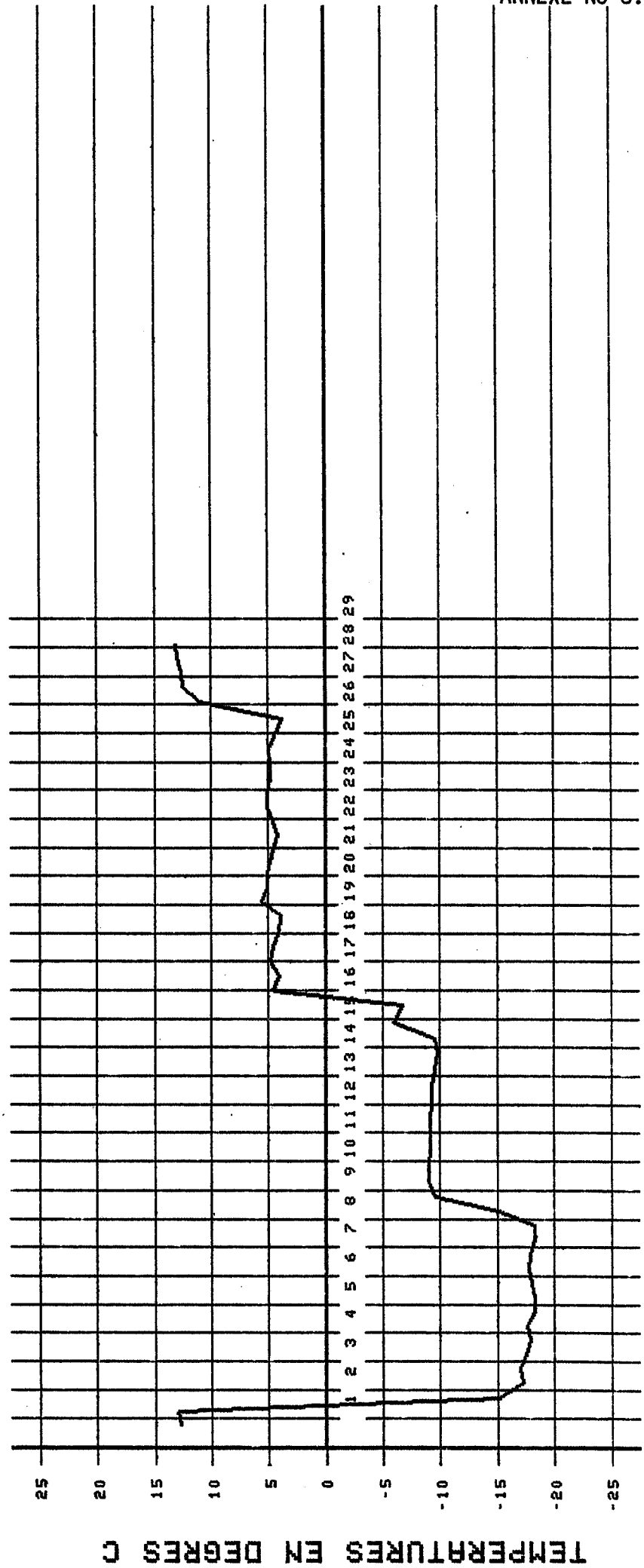
1^{er} ESSAI DE PERTE DE PORTANCE SUR LE CHAMP No 3

TEMPERATURES A LA SONDE NO 1210 = TEMPERATURE DE L'AIR

CHAMP NO 2 EPAISSEUR DE LA FONDATION 40 CM

NIVEAU DE LA SONDE 100 CM

DATE ET HEURE DU DEBUT DE L'ESSAI 30-APR-79/1700H



TEMPS EN JOURS 24H = 0.5 CM

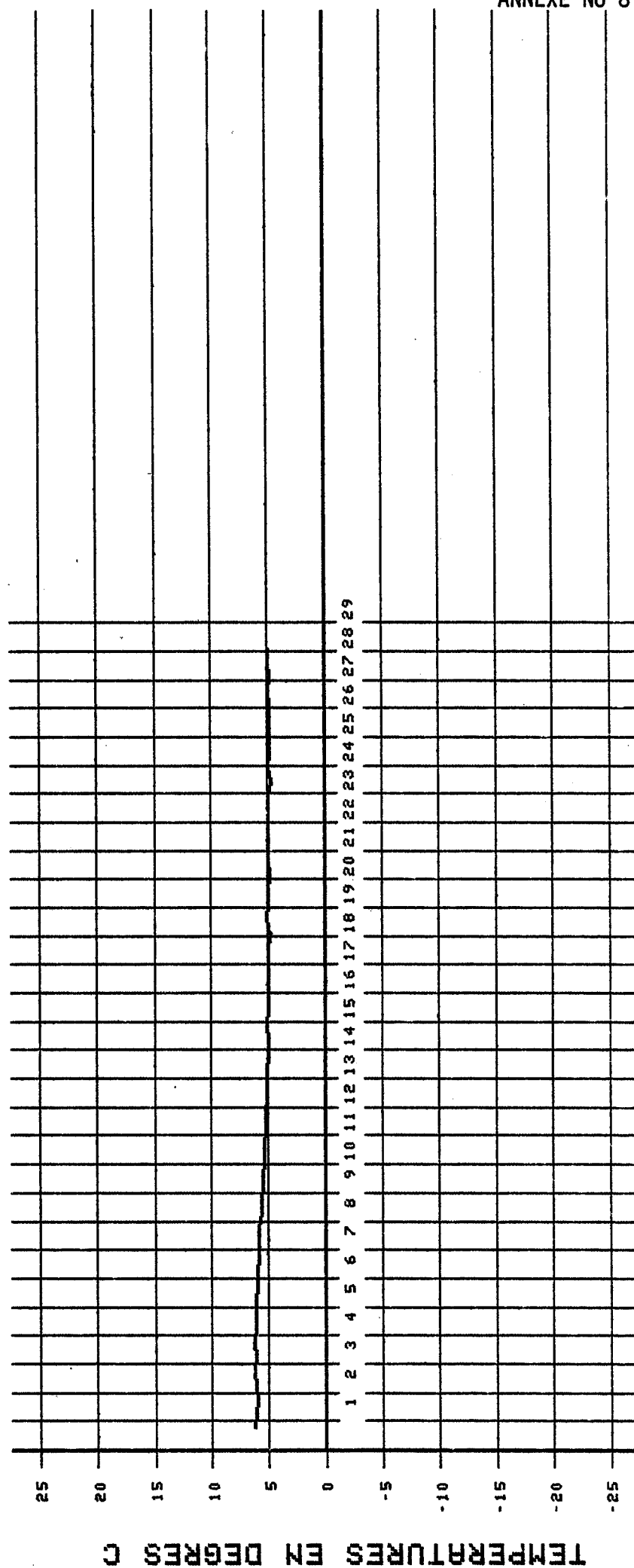
1^{er} ESSAI DE PERTE DE PORTANCE SUR LE CHAMP No 3

TEMPERATURES A LA SONDE NO 1101

CHAMP NO 1 EPAISSEUR DE LA FONDATION 50 CM

NIVEAU DE LA SONDE -187 CM

DATE ET HEURE DU DEBUT DE L'ESSAI 30-APR-79/1700H



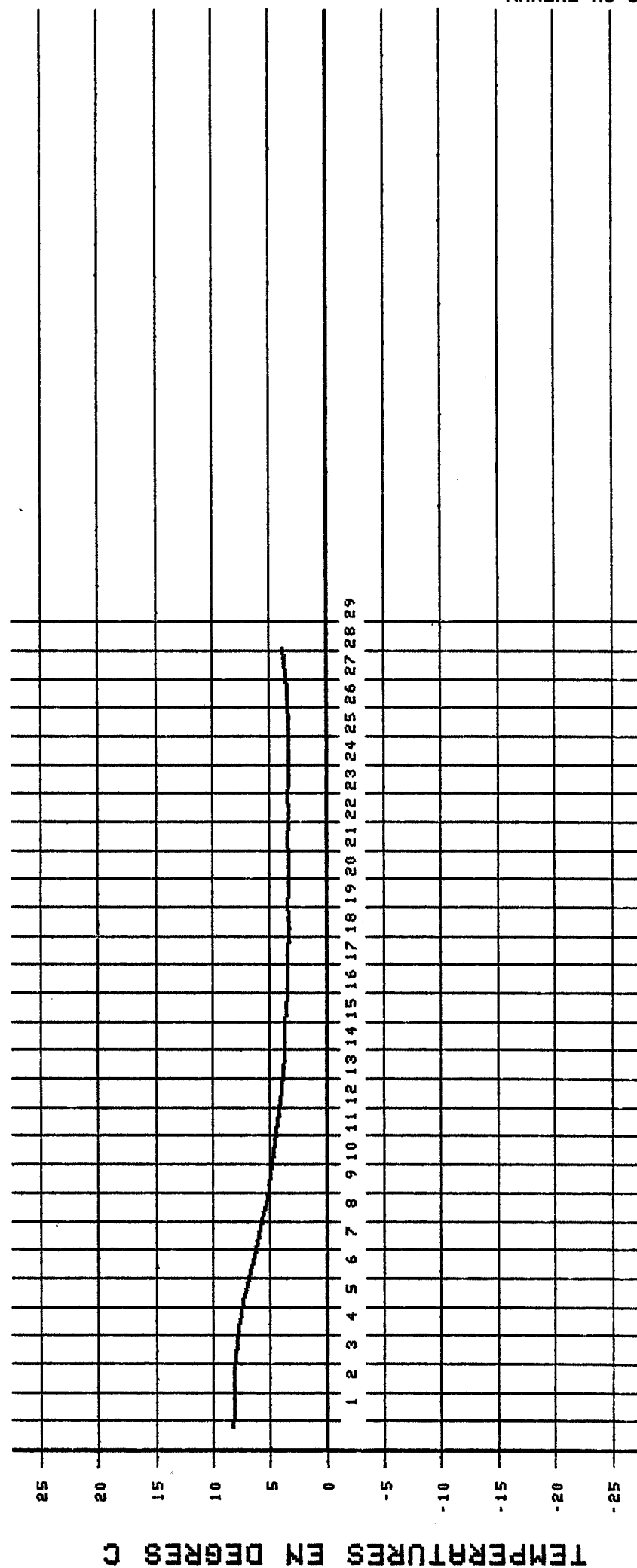
1^{er} ESSAI DE PERTE DE PORTANCE SUR LE CHAMP No 3

TEMPERATURES A LA SONDE NO 1102

CHAMP NO 1 EPAISSEUR DE LA FONDATION 50 CM

NIVEAU DE LA SONDE -145 CM

DATE ET HEURE DU DEBUT DE L'ESSAI 30-APR-79/1700H

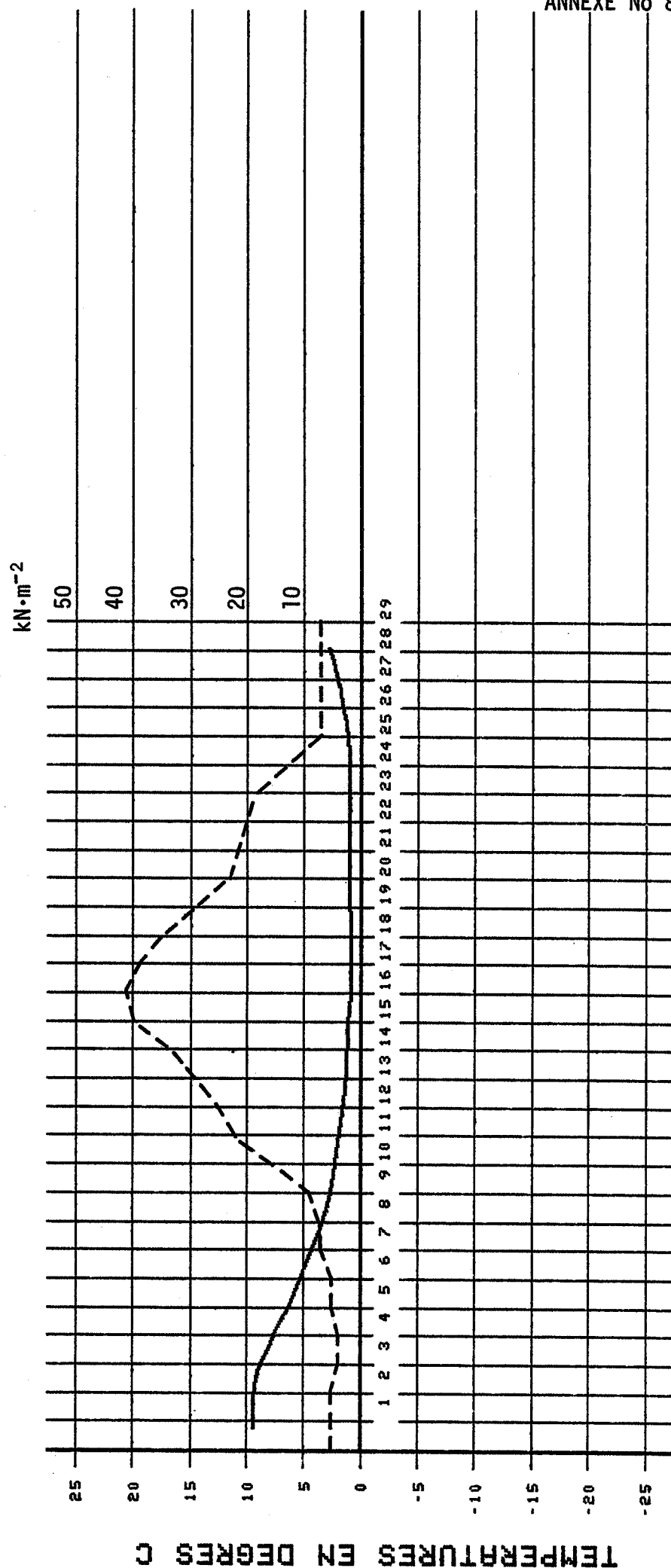


TEMPS EN JOURS 24H= 0.5 CM

1^{er} ESSAI DE PERTE DE PORTANCE SUR LE CHAMP NO 3

TEMPERATURES A LA SONDE NO 1103 — TENSIOMETRE NO 5102 -----
CHAMP NO 1 EPAISSEUR DE LA FONDATION 50 CM
NIVEAU DES SONDES -104 CM

DATE ET HEURE DU DEBUT DE L'ESSAI 30-avr-79/1700H



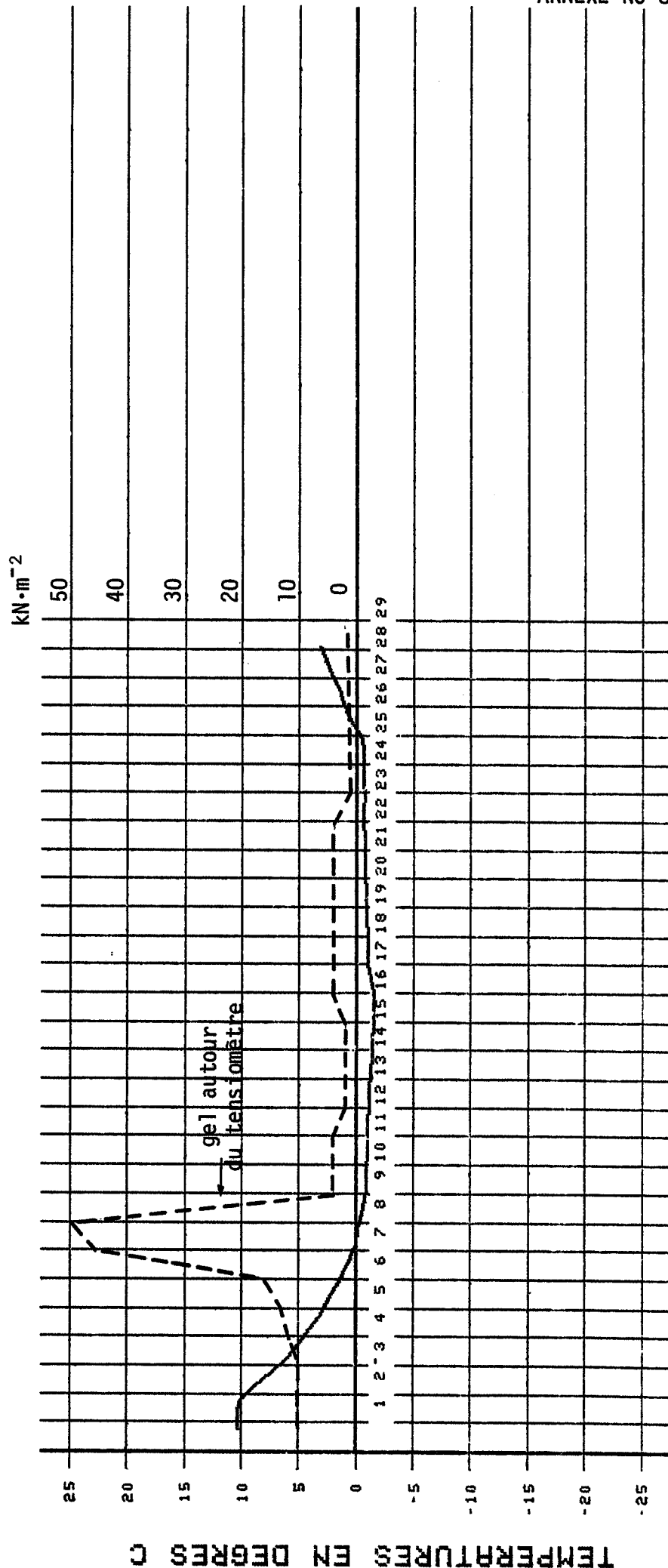
1^{er} ESSAI DE PERTE DE PORTANCE SUR LE CHAMP No 3

TEMPERATURES A LA SONDE NO 1104 — TENSIOMETRE No 5103 -----

CHAMP NO 1 EPAISSEUR DE LA FONDATION 50 CM

NIVEAU DES SONDES -68 CM

DATE ET HEURE DU DEBUT DE L'ESSAI 30- AVR-79/1700H



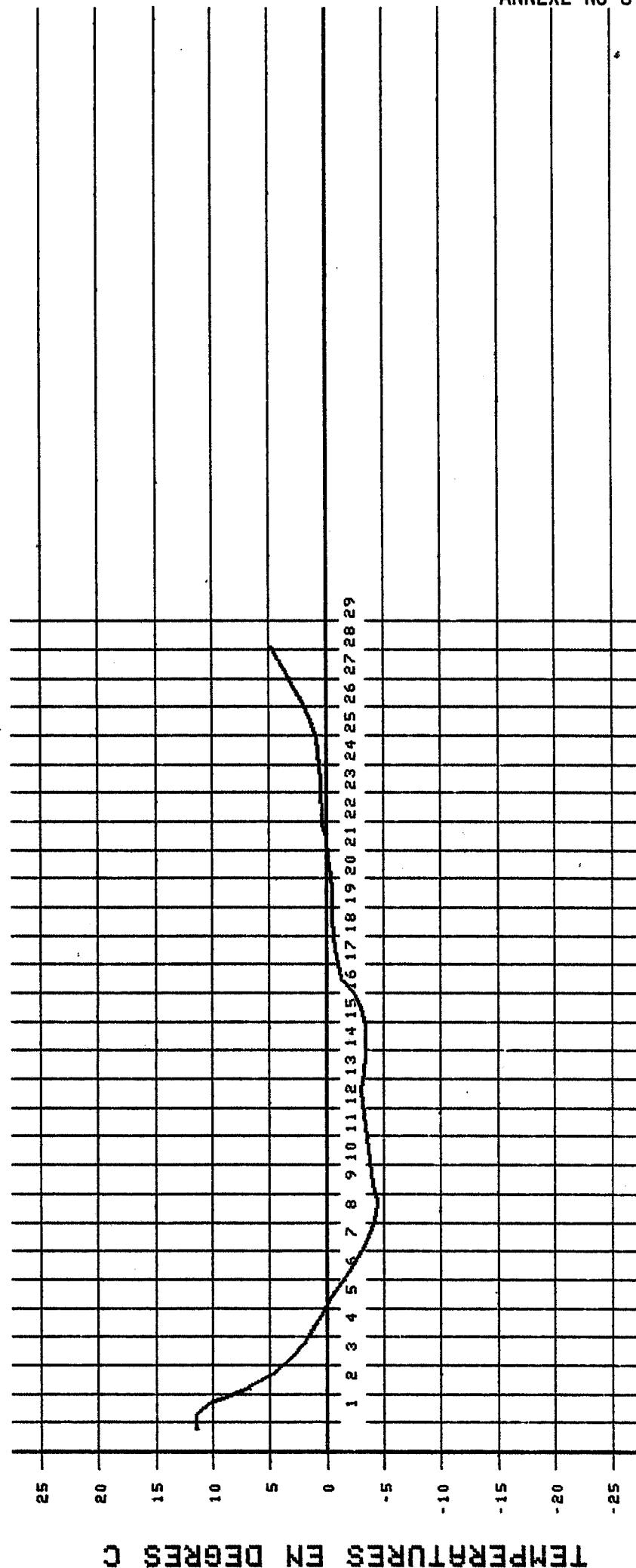
1^{er} ESSAI DE PERTE DE PORTANCE SUR LE CHAMP No 3

TEMPERATURES A LA SONDE NO 1105

CHAMP NO 1 EPAISSEUR DE LA FONDATION 50 CM

NIVEAU DE LA SONDE -40 CM

DATE ET HEURE DU DEBUT DE L'ESSAI 30-AVR-79/1700H



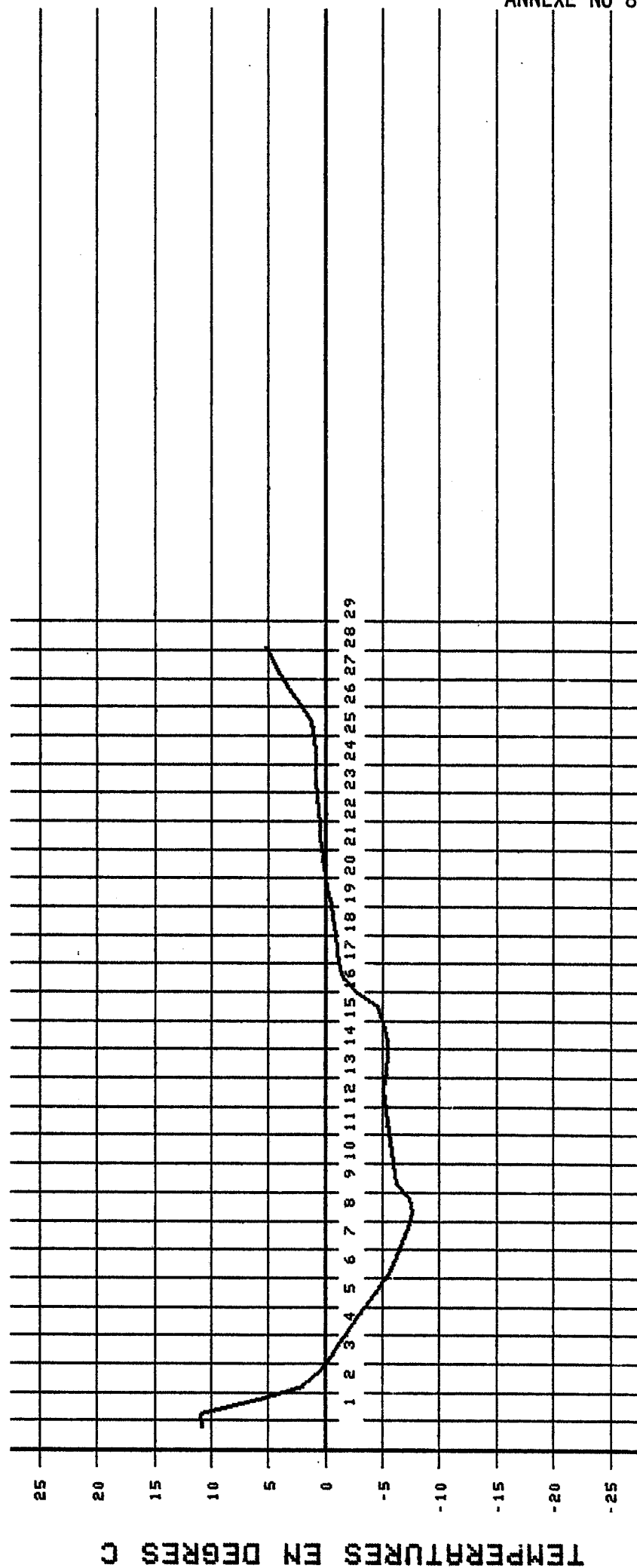
1^{er} ESSAI DE PERTE DE PORTANCE SUR LE CHAMP No 3

TEMPERATURES A LA SONDE NO 1106

CHAMP NO 1 EPAISSEUR DE LA FONDATION 50 CM

NIVEAU DE LA SONDE -19 CM

DATE ET HEURE DU DEBUT DE L'ESSAI 30- AVR-79/1700H



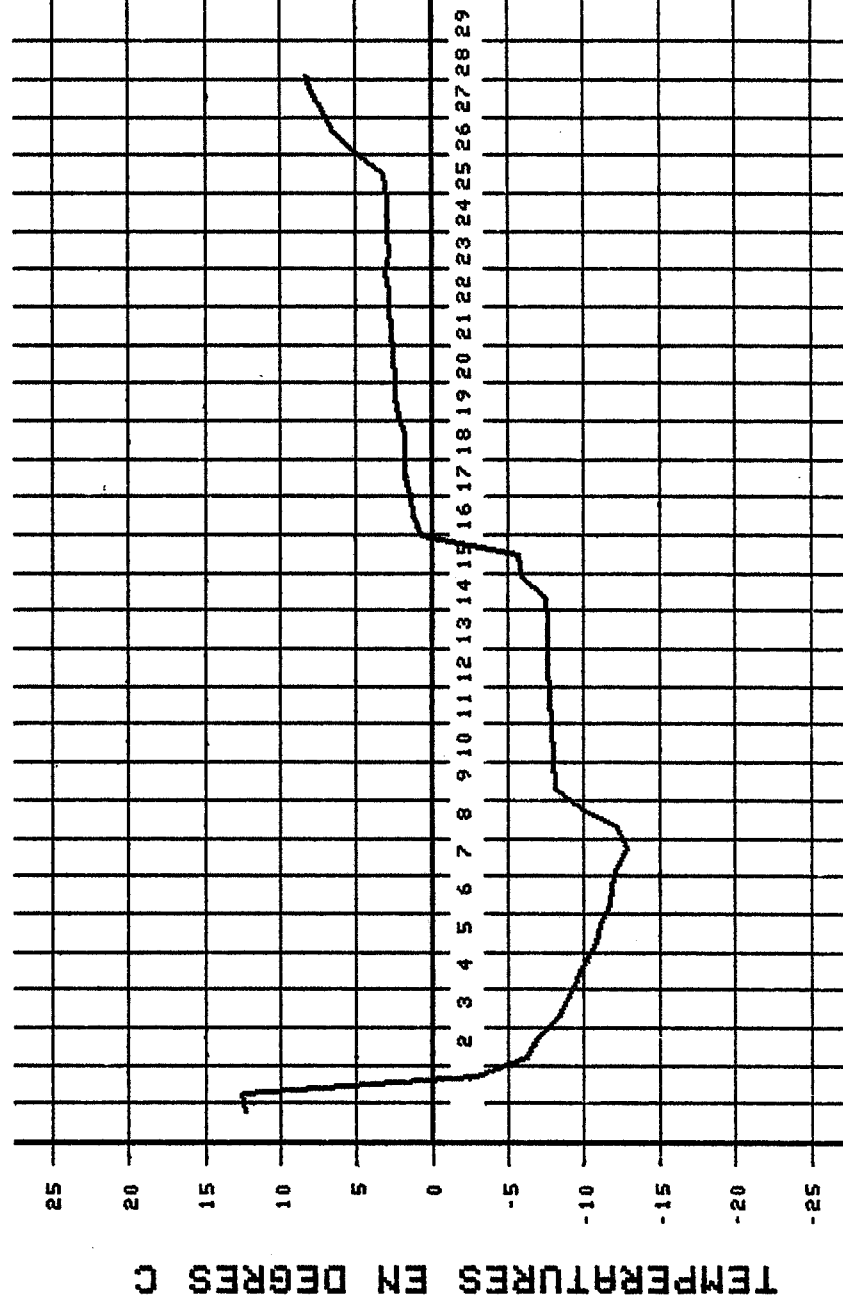
1^{er} ESSAI DE PERTE DE PORTANCE SUR LE CHAMP No 3

TEMPERATURES A LA SONDE NO 1107

CHAMP NO 1 EPAISSEUR DE LA FONDATION 50 CM

NIVEAU DE LA SONDE 0 CM

DATE ET HEURE DU DEBUT DE L'ESSAI 30-APR-79/1700H



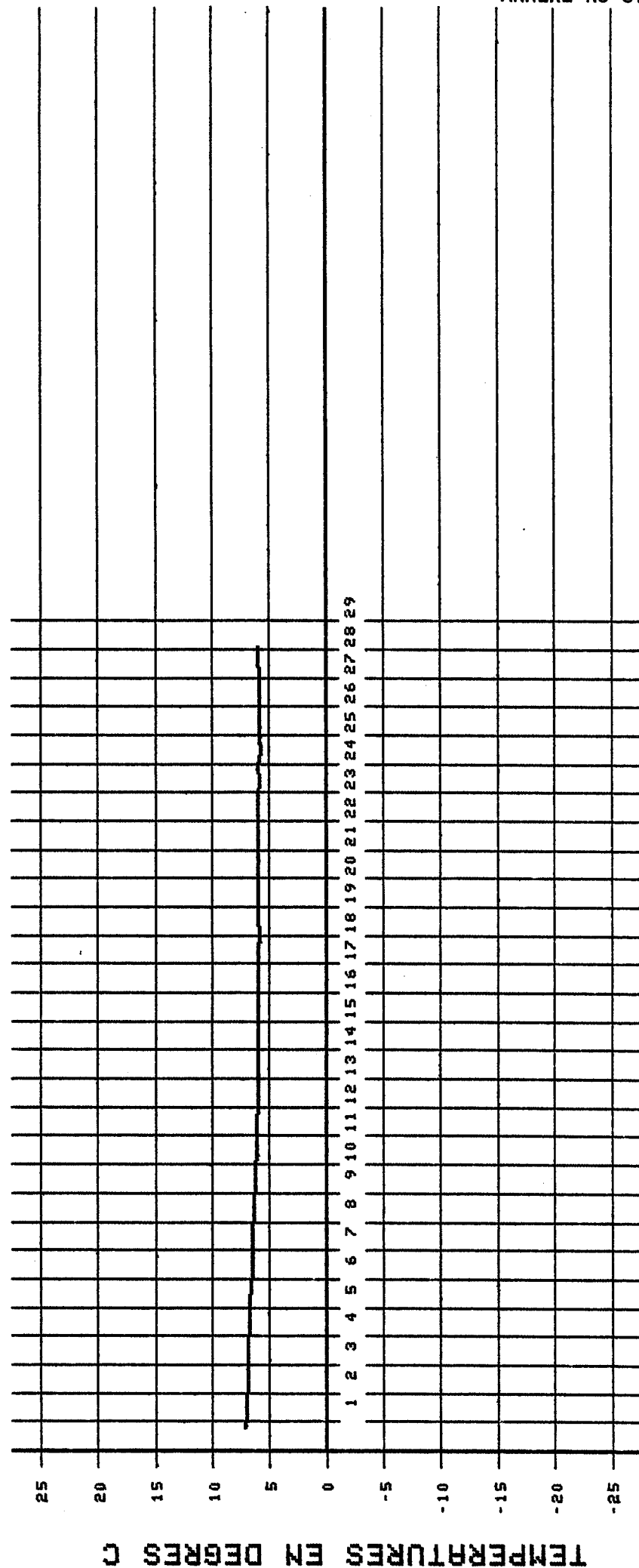
1^{er} ESSAI DE PERTE DE PORTANCE SUR LE CHAMP No 3

TEMPERATURES A LA SONDE NO 1201

CHAMP NO 2 EPAISSEUR DE LA FONDATION 40 CM

NIVEAU DE LA SONDE -189 CM

DATE ET HEURE DU DEBUT DE L'ESSAI 30-APR-79/1700H



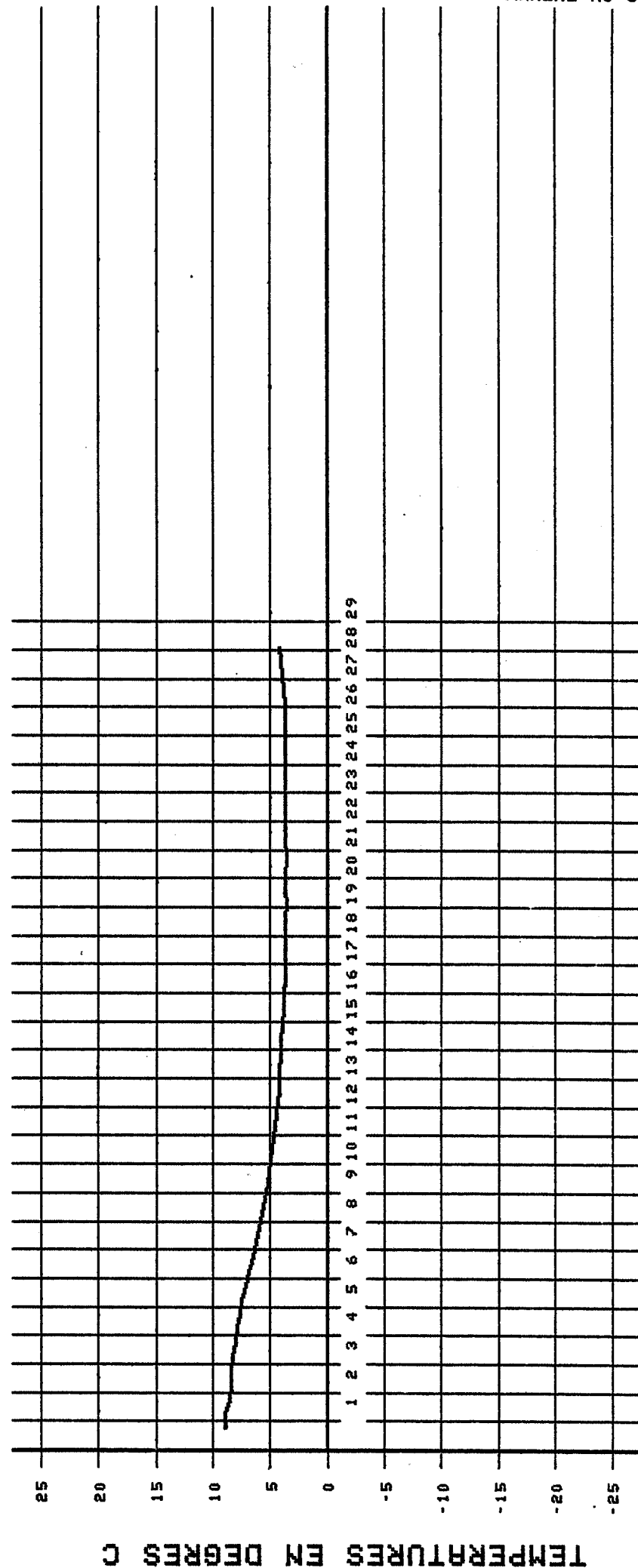
1^{er} ESSAI DE PERTE DE PORTANCE SUR LE CHAMP No 3

TEMPERATURES A LA SONDE NO 1202

CHAMP NO 2 EPAISSEUR DE LA FONDATION 40 CM

NIVEAU DE LA SONDE -148 CM

DATE ET HEURE DU DEBUT DE L'ESSAI 30-APR-79/1700H

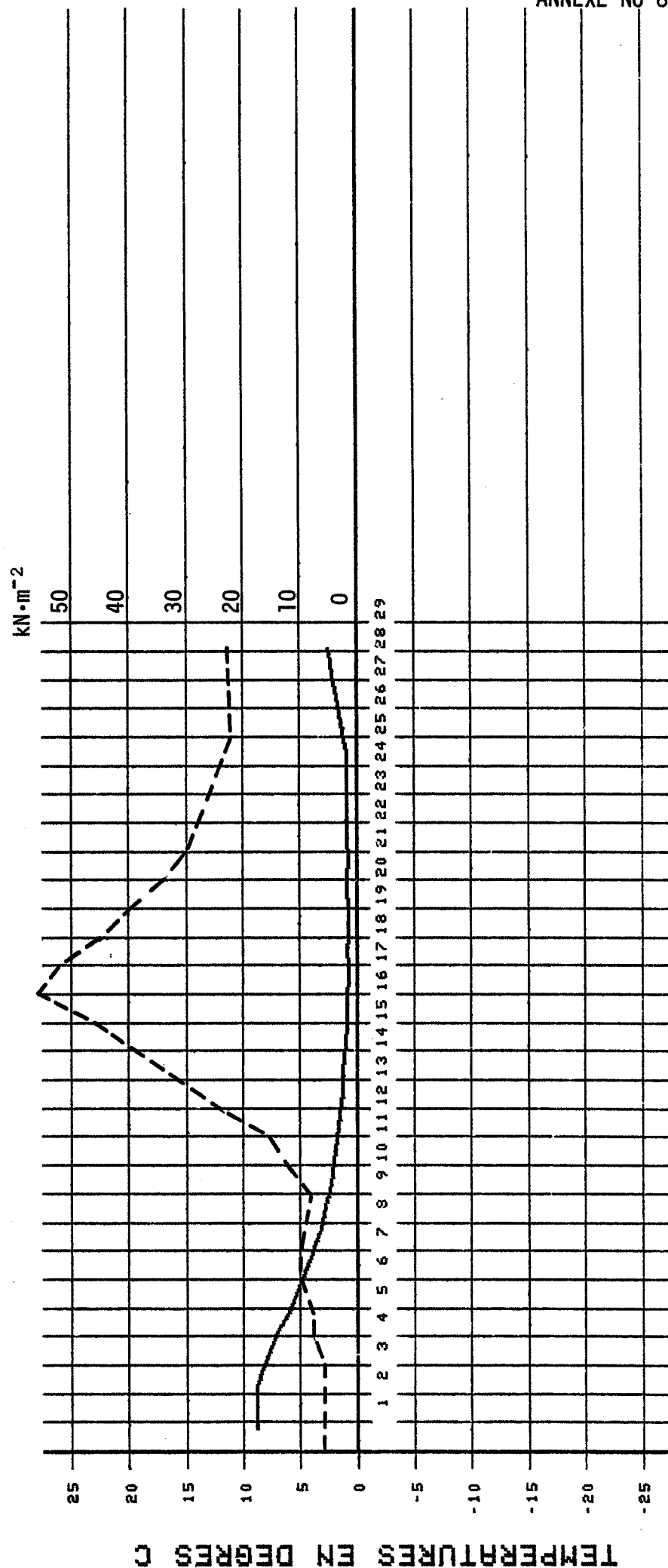


TEMPS EN JOURS 24H = 0.5 CM

1^{er} ESSAI DE PERTE DE PORTANCE SUR LE CHAMP NO 3

TEMPERATURES A LA SONDE NO 1203 — TENSIOMETRE No 5202 - - - - -
CHAMP NO 2 EPAISSEUR DE LA FONDATION 40 CM
NIVEAU DES SONDES -103 CM

DATE ET HEURE DU DEBUT DE L'ESSAI 30-APR-79/1700H



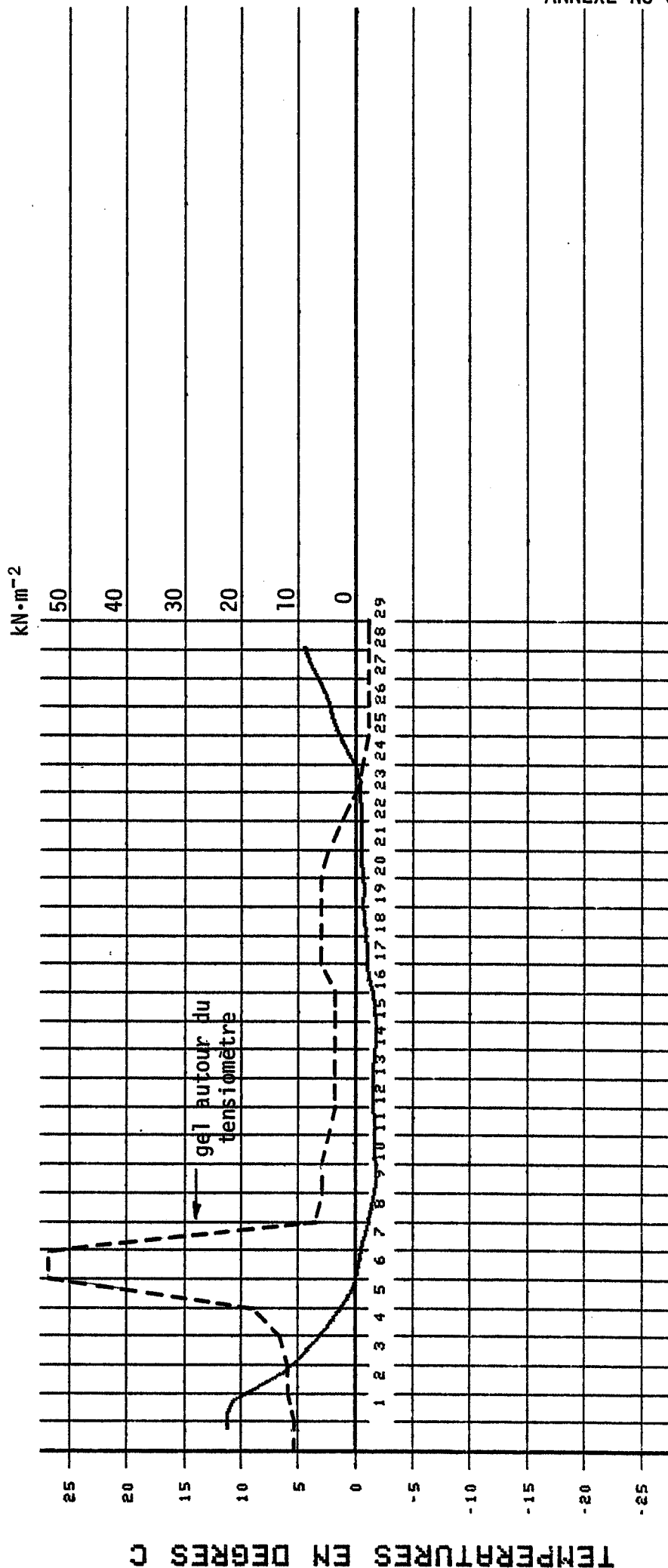
1^{er} ESSAI DE PERTE DE PORTANCE SUR LE CHAMP No 3

TEMPERATURES A LA SONDE NO 1204 — TENSIONNEMENT No 5203 — — — —

CHAMP No 2 EPAISSEUR DE LA FONDATION 40 CM

NIVEAU DES SONDES -55 CM

DATE ET HEURE DU DEBUT DE L'ESSAI 30-APR-79/1700H



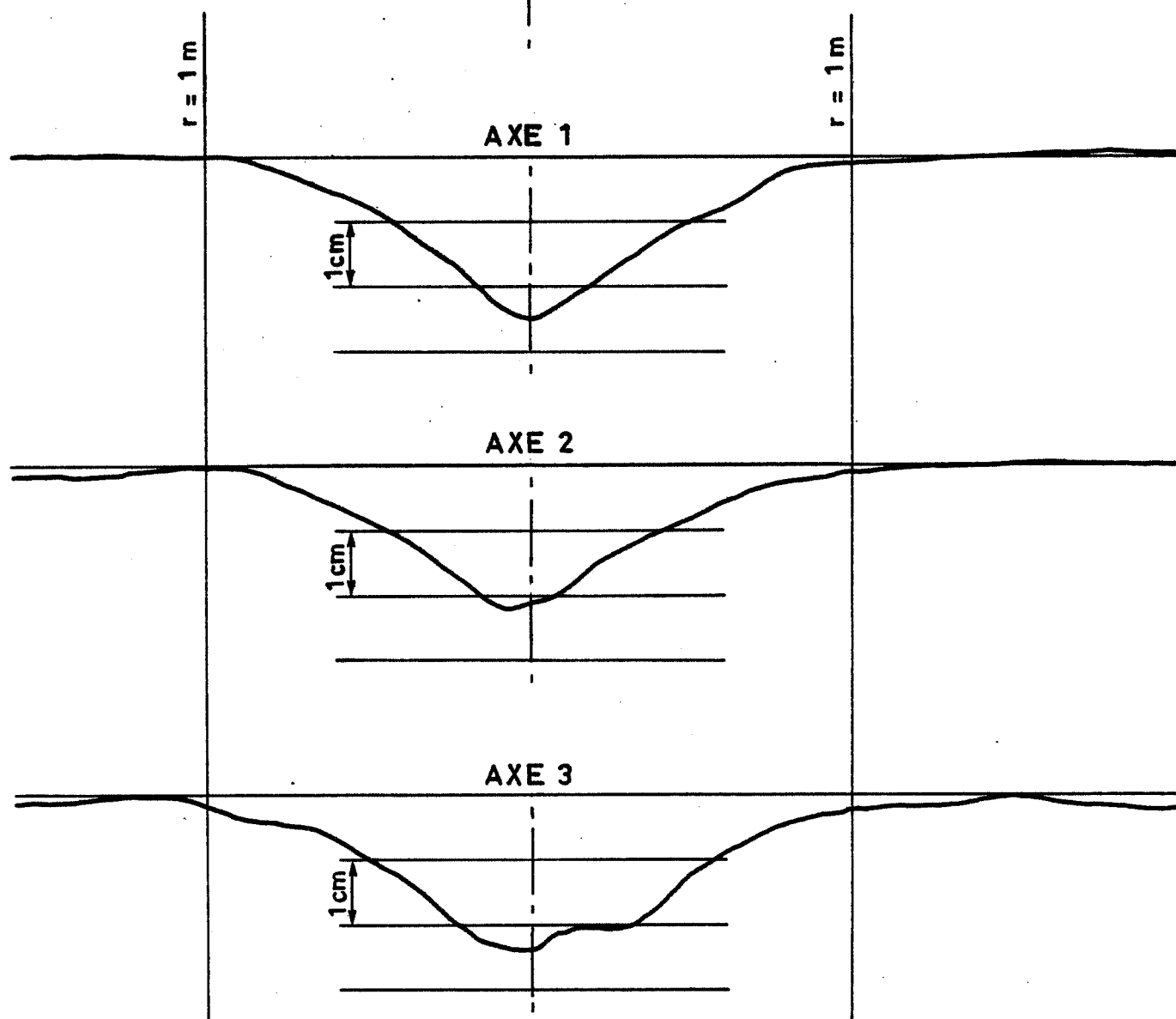
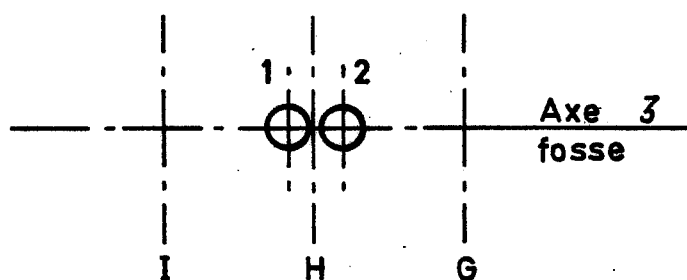
2° ESSAI DE PERTE DE PORTANCE SUR LE CHAMP N° 3

DEFORMATION SUPERFICIELLE SOUS LA CHARGE

Relevé au transversoprofilographe

Ech.: long. 1.20
haut. 1.1

SITUATION

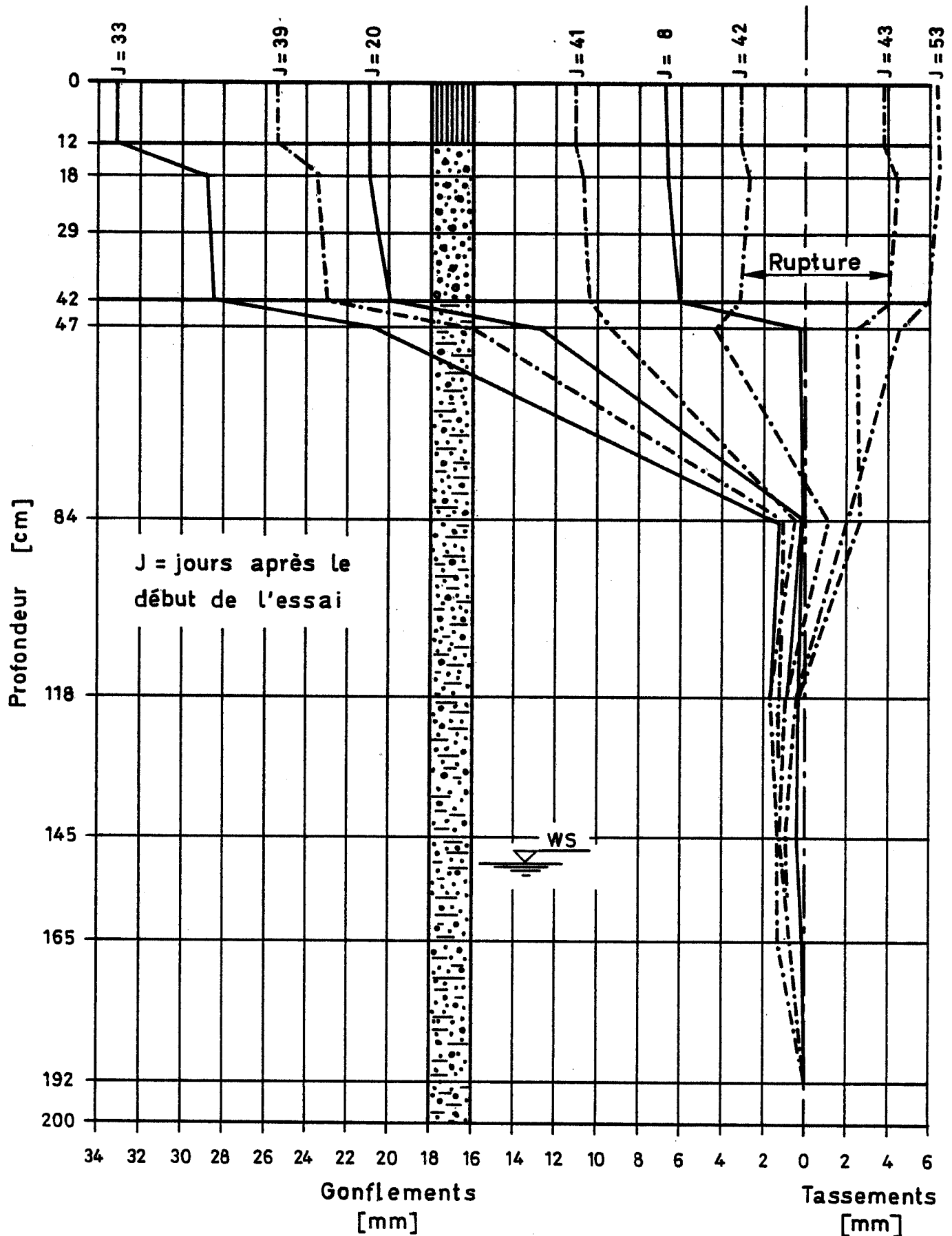


2° ESSAI DE PERTE DE PORTANCE SUR LE CHAMP N° 3

DEFORMATIONS DU MODELE

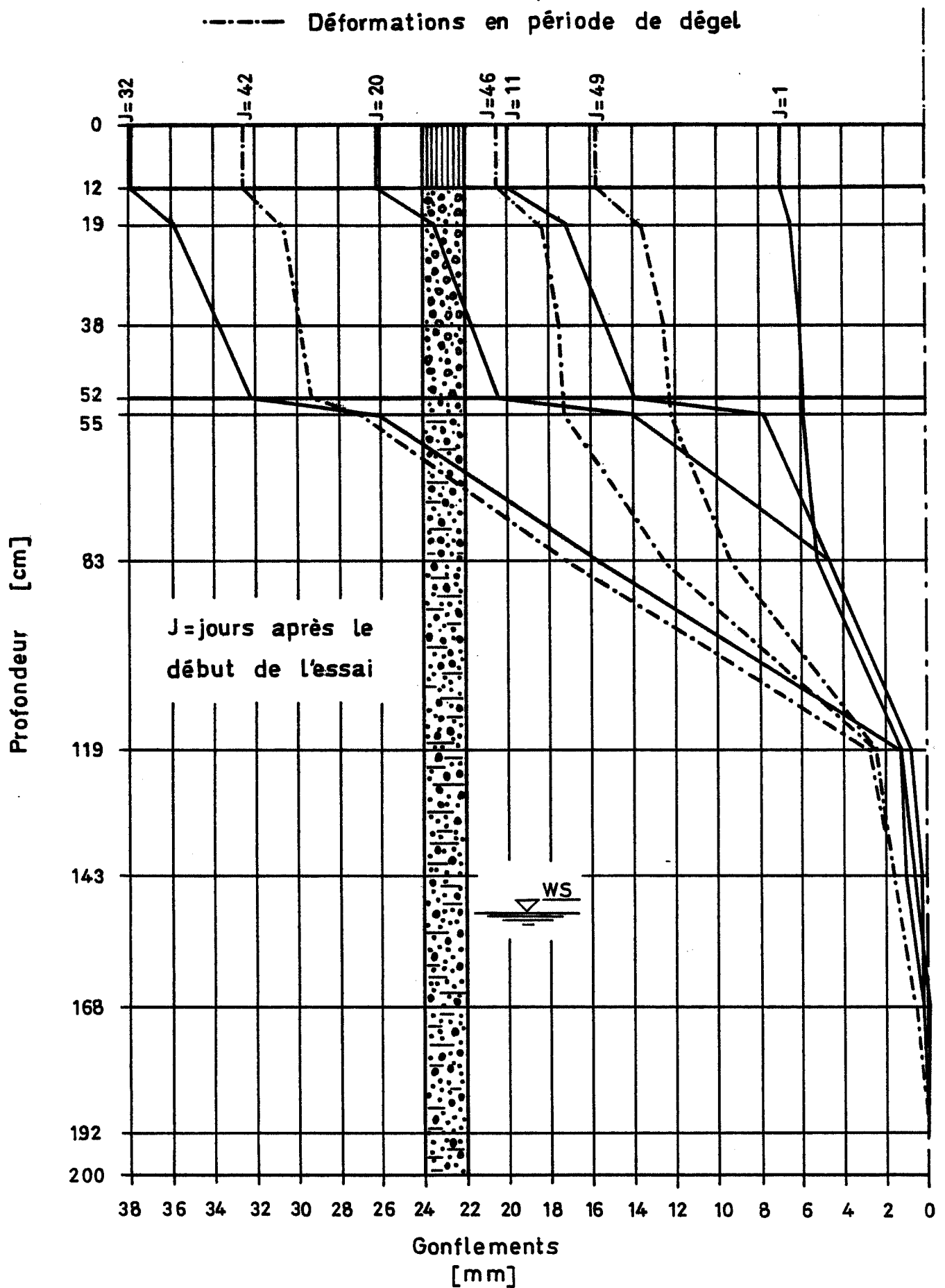
CHAMP N°3 AXE H=AXE DE CHARGE

— Déformations en période de gel
 - - - - - Déformations en période de dégel



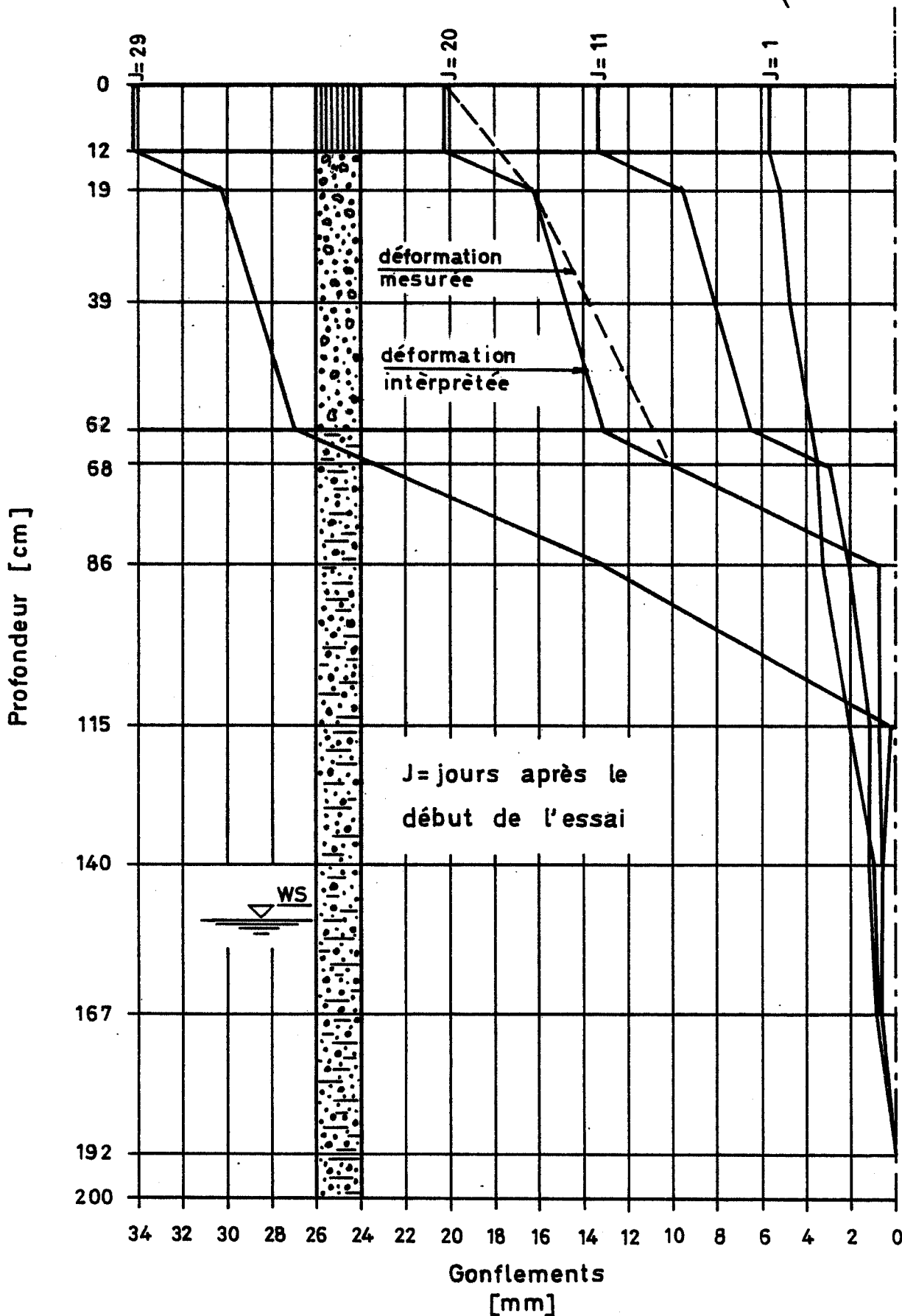
DEFORMATIONS DU MODELE
CHAMP N°2 AXE E

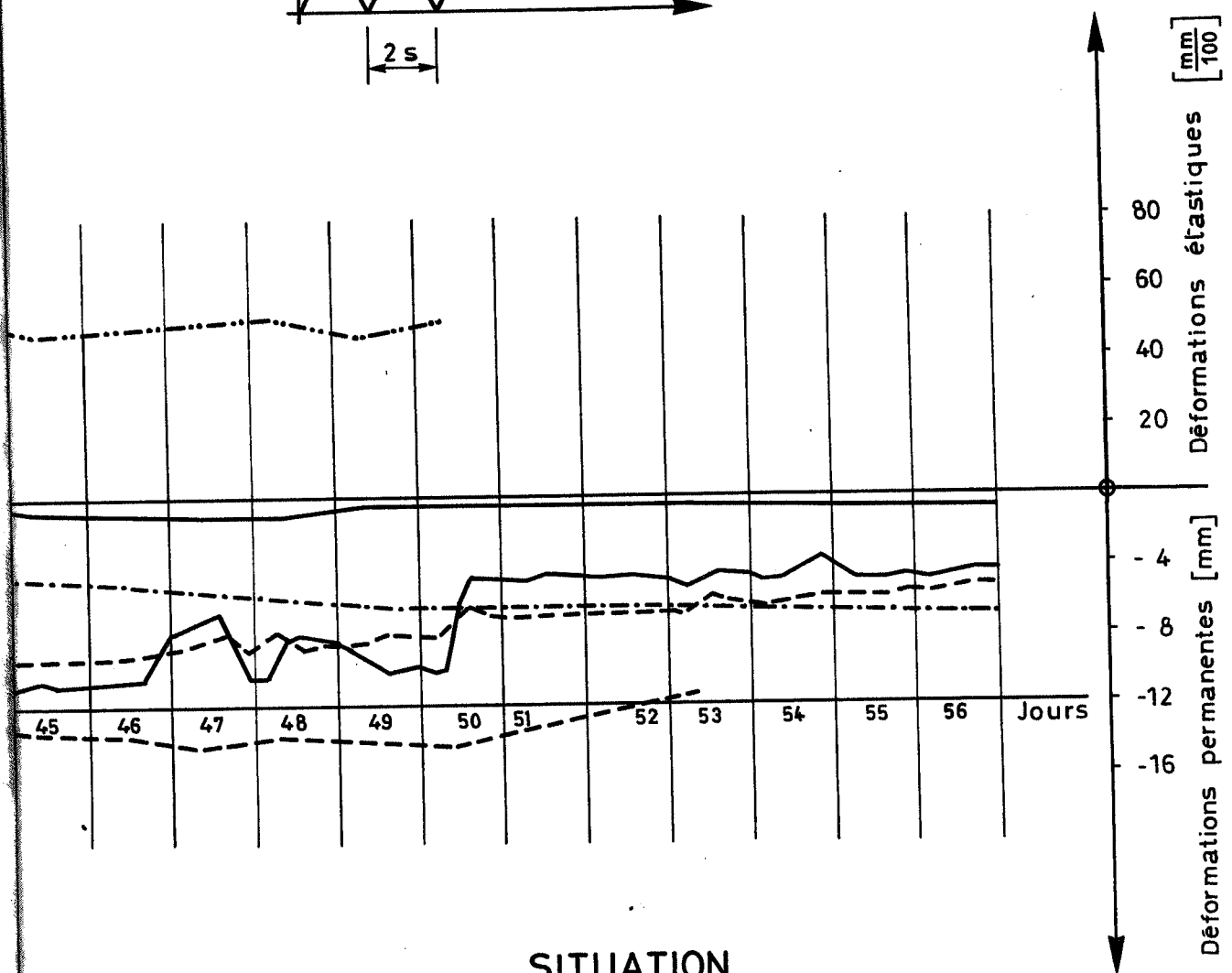
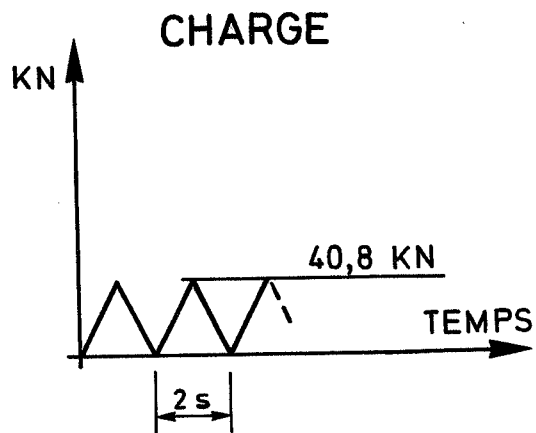
————— Déformations en période de gel
 - - - - - Déformations en période de dégel.



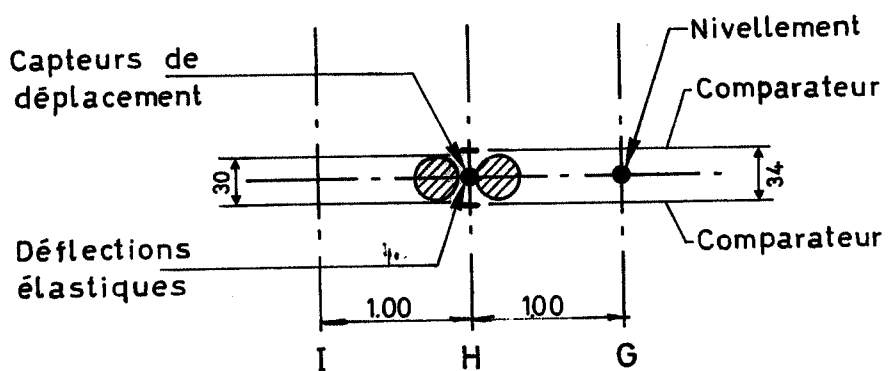
2° ESSAI DE PERTE DE PORTANCE SUR LE CHAMP N° 3 DEFORMATIONS DU MODELE CHAMP N° 1 AXE B

— Déformations en période de gel
 - - - - - Déformations en période de dégel → (Capteur hors service)

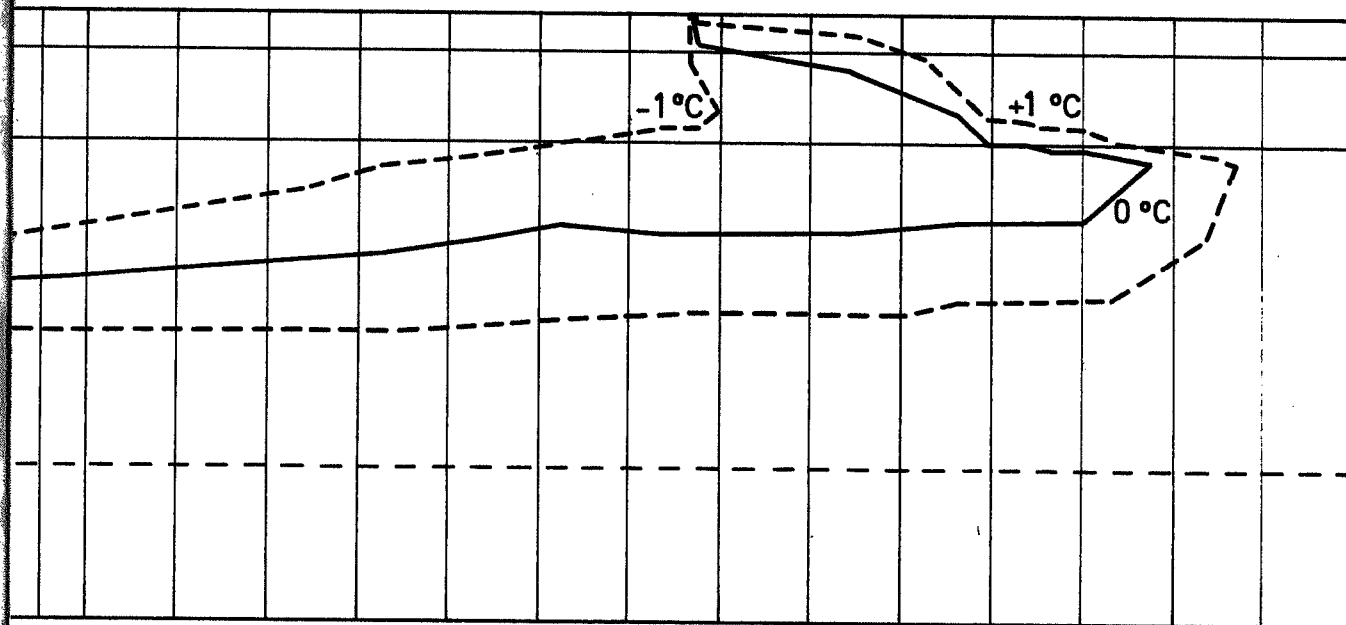
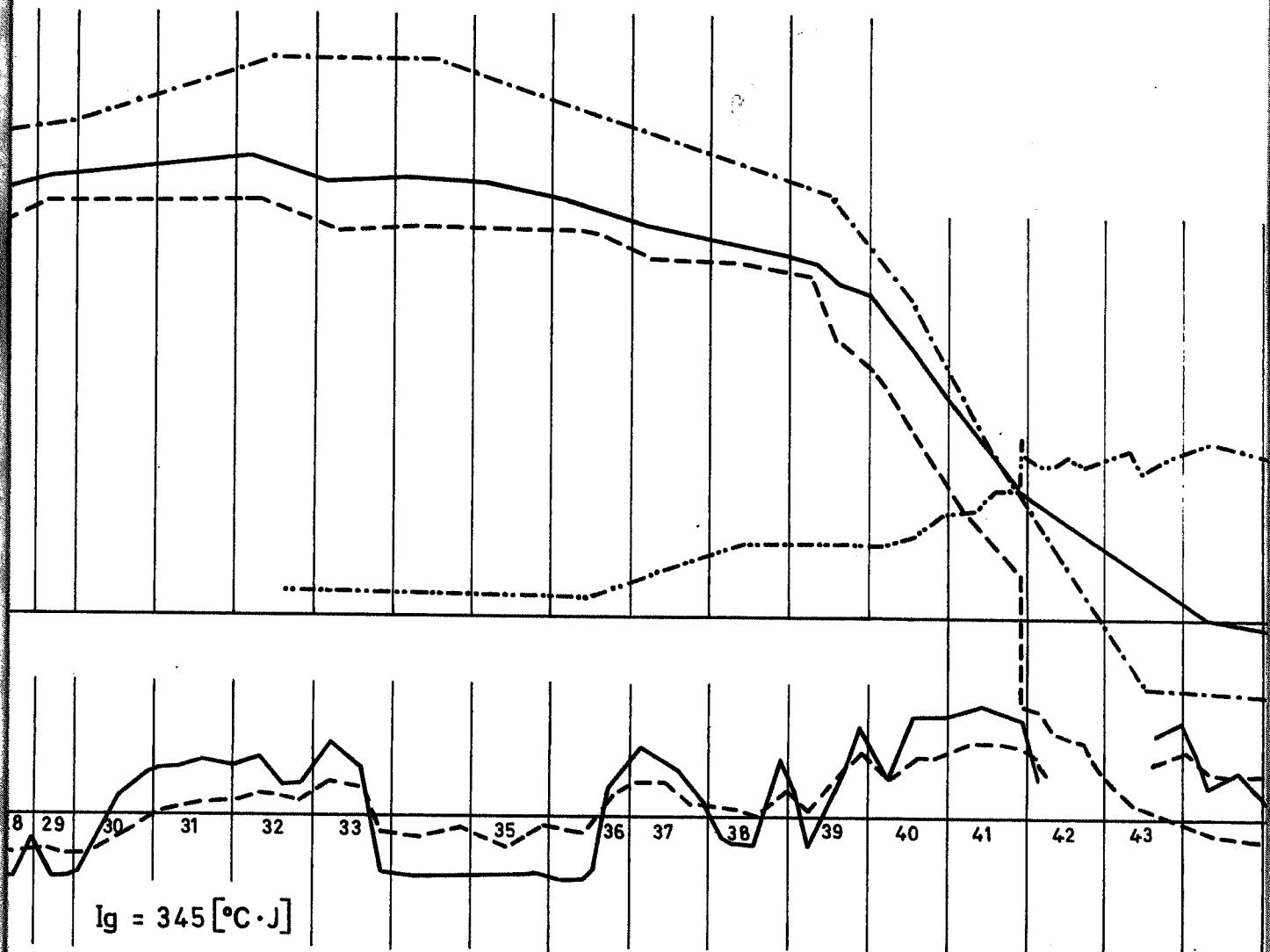




SITUATION



$j = 1,2 \text{ cm}$

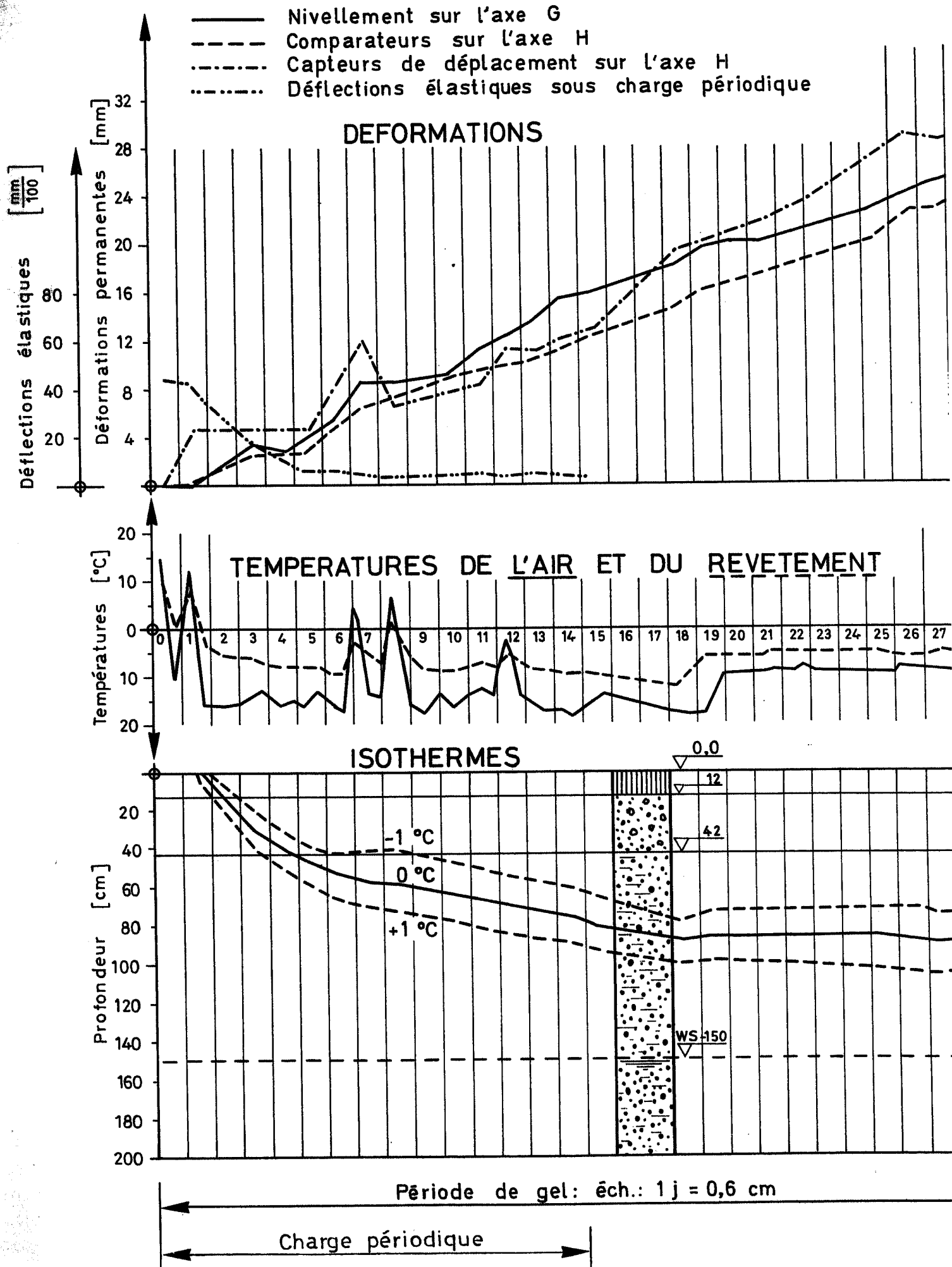


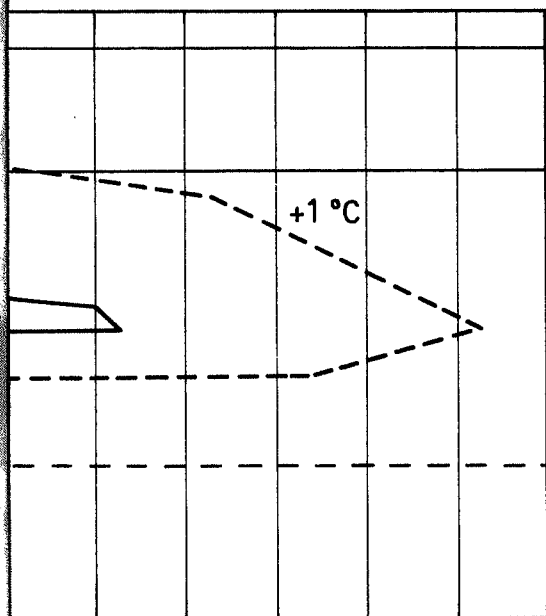
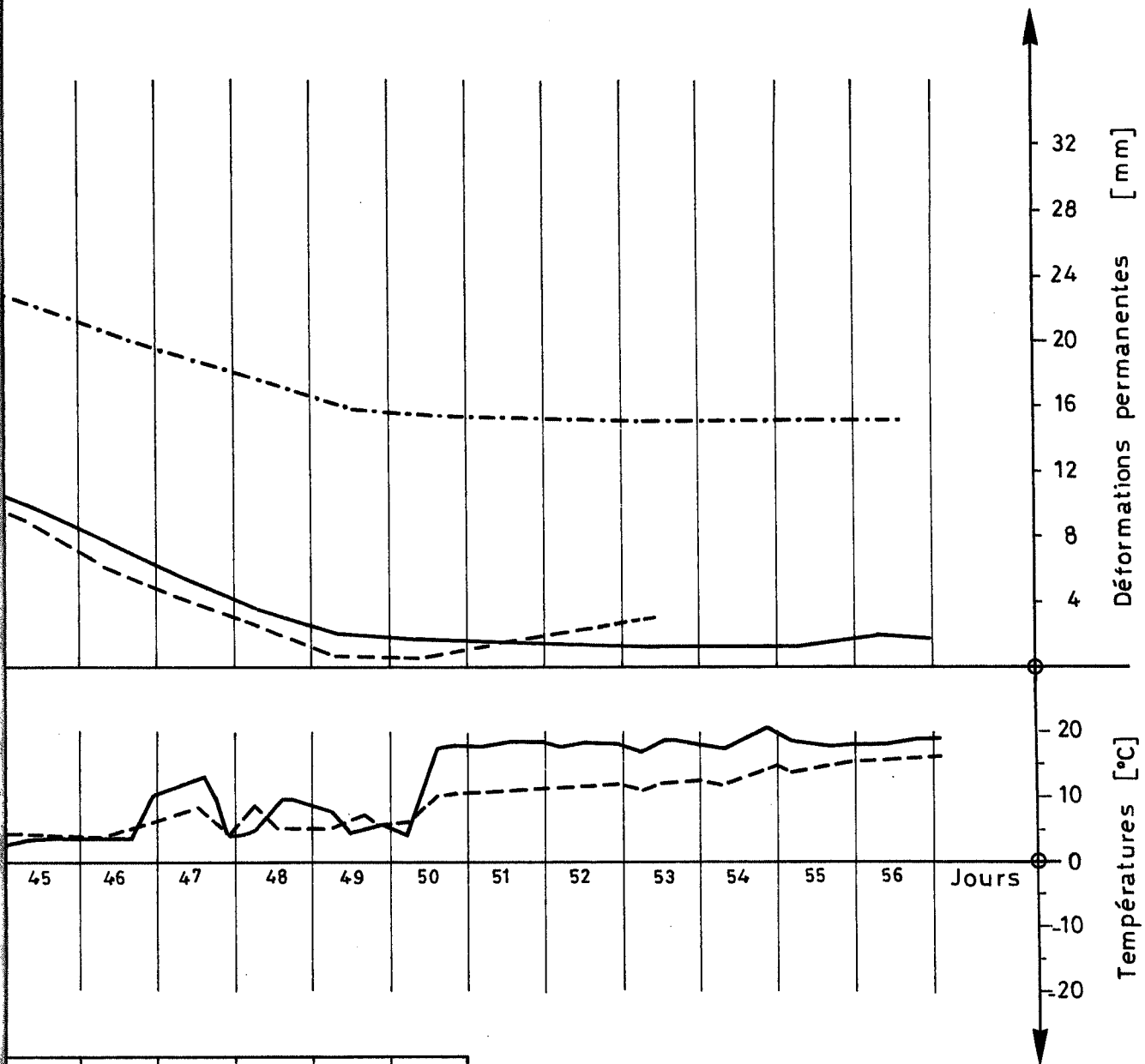
Période de dégel: éch.: 1

Charge périodique

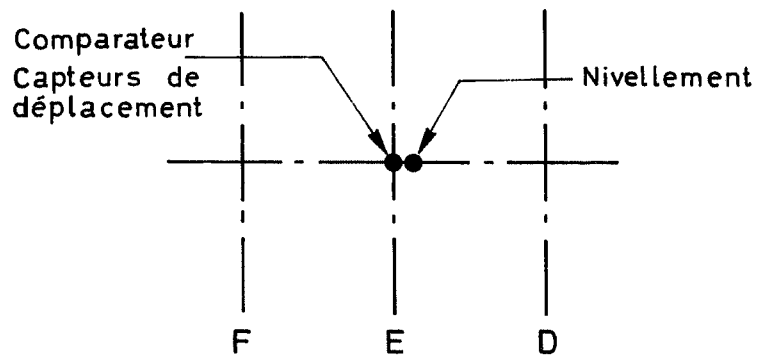
2^e ESSAI DE PERTE DE PORTANCE SUR LE CHAMP N°3

MESURES EFFECTUEES SUR LE CHAMP N° 3

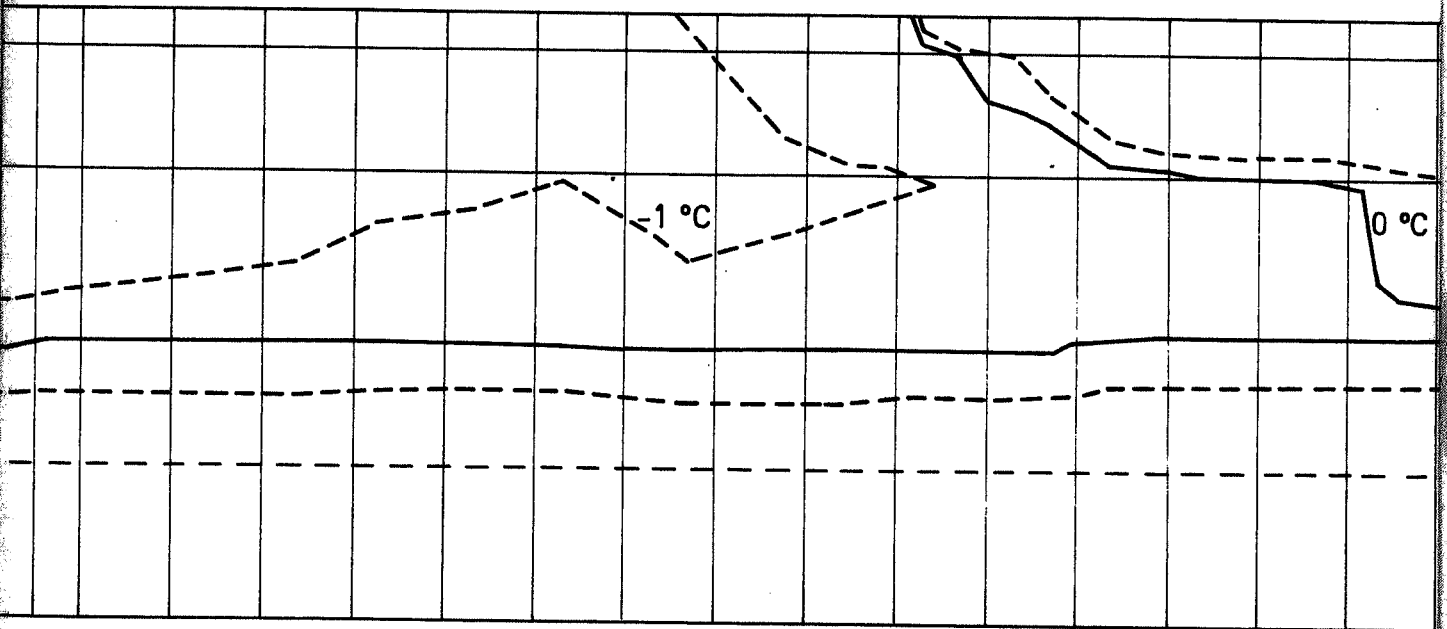
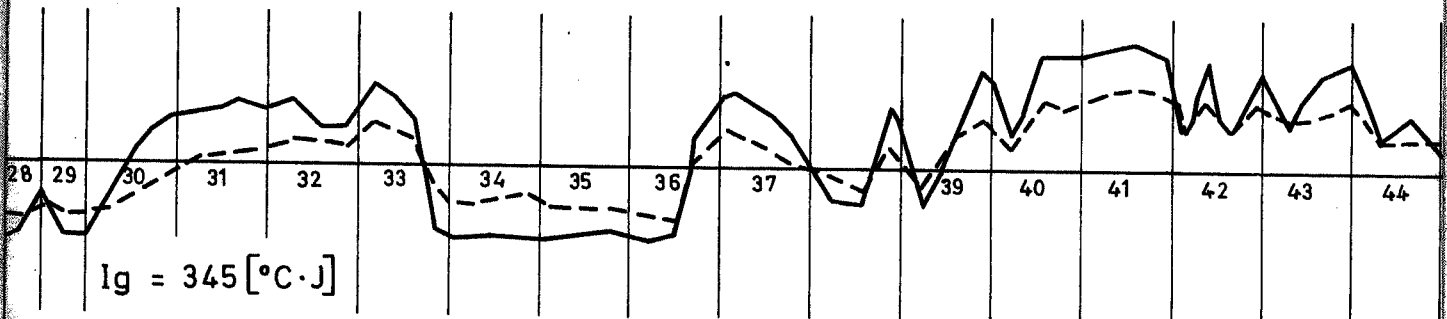
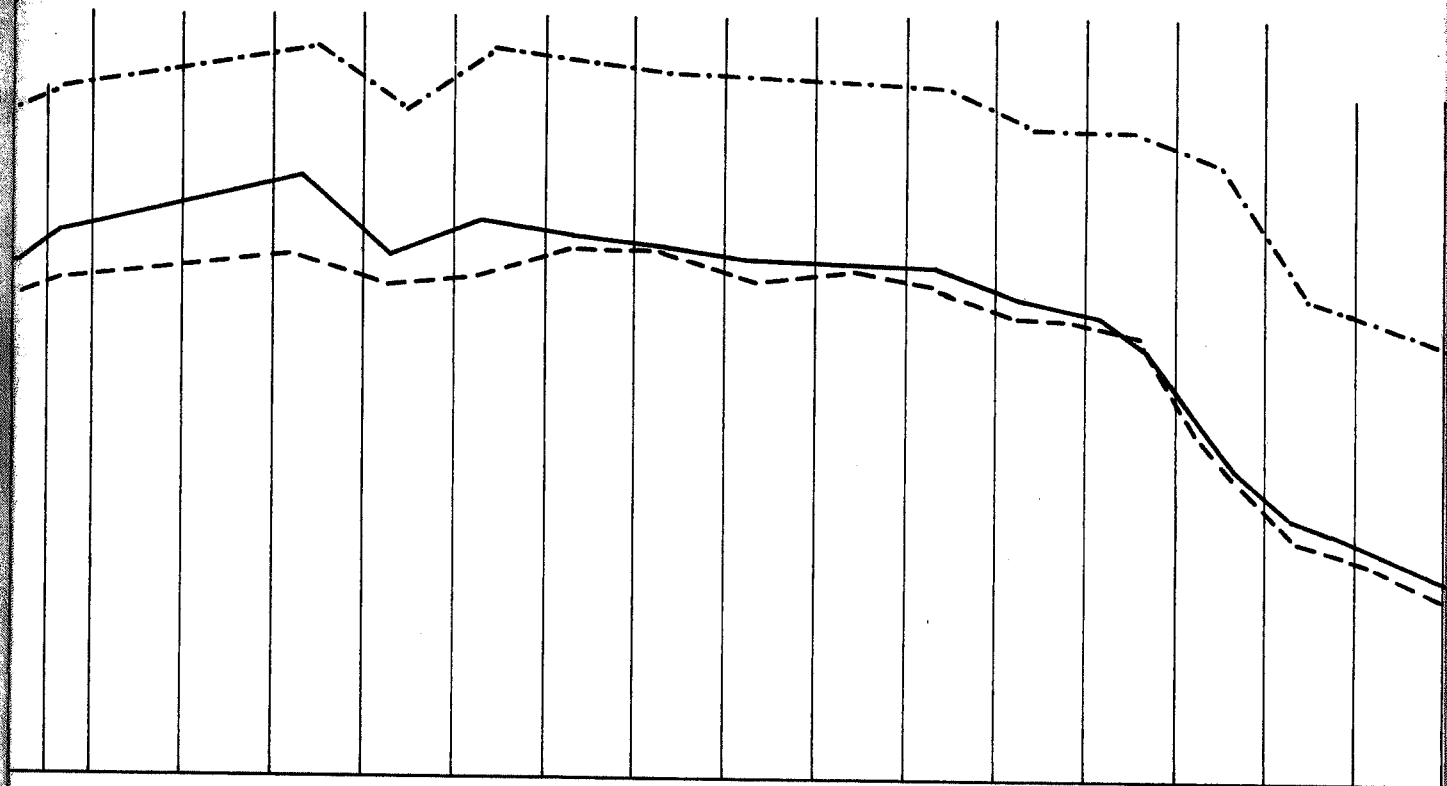




SITUATION

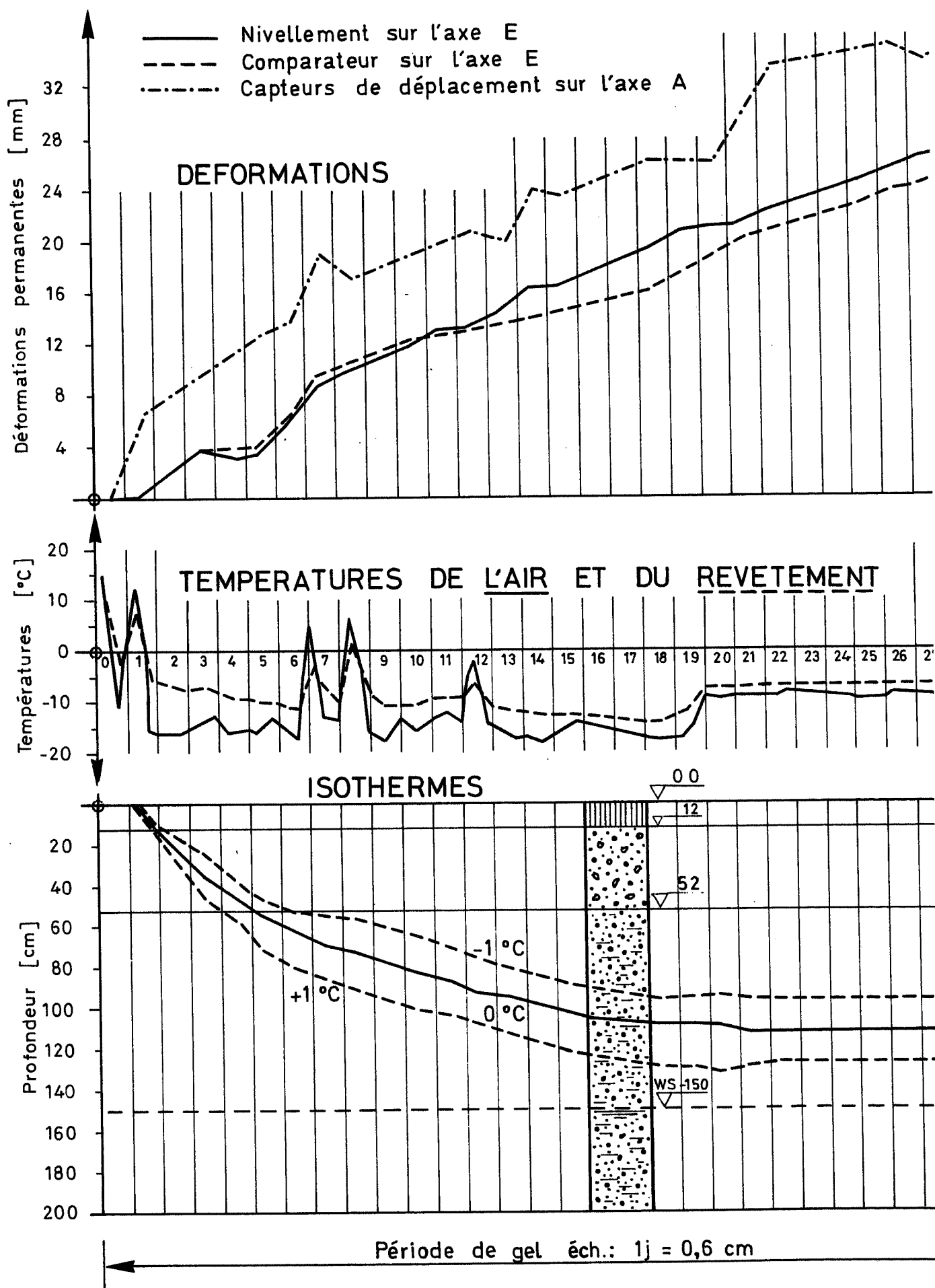


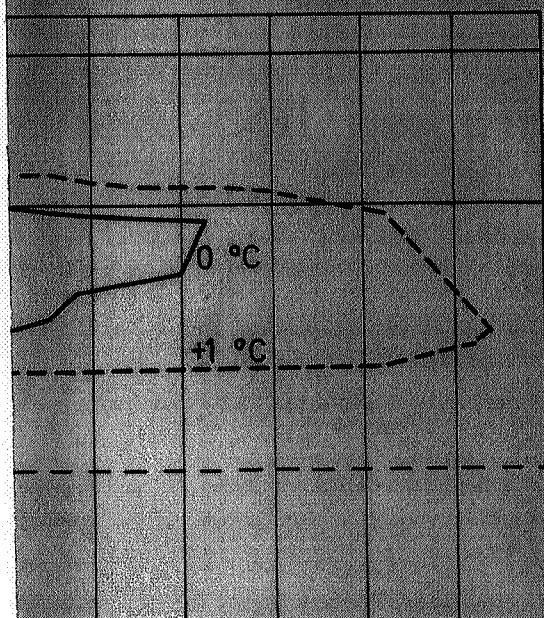
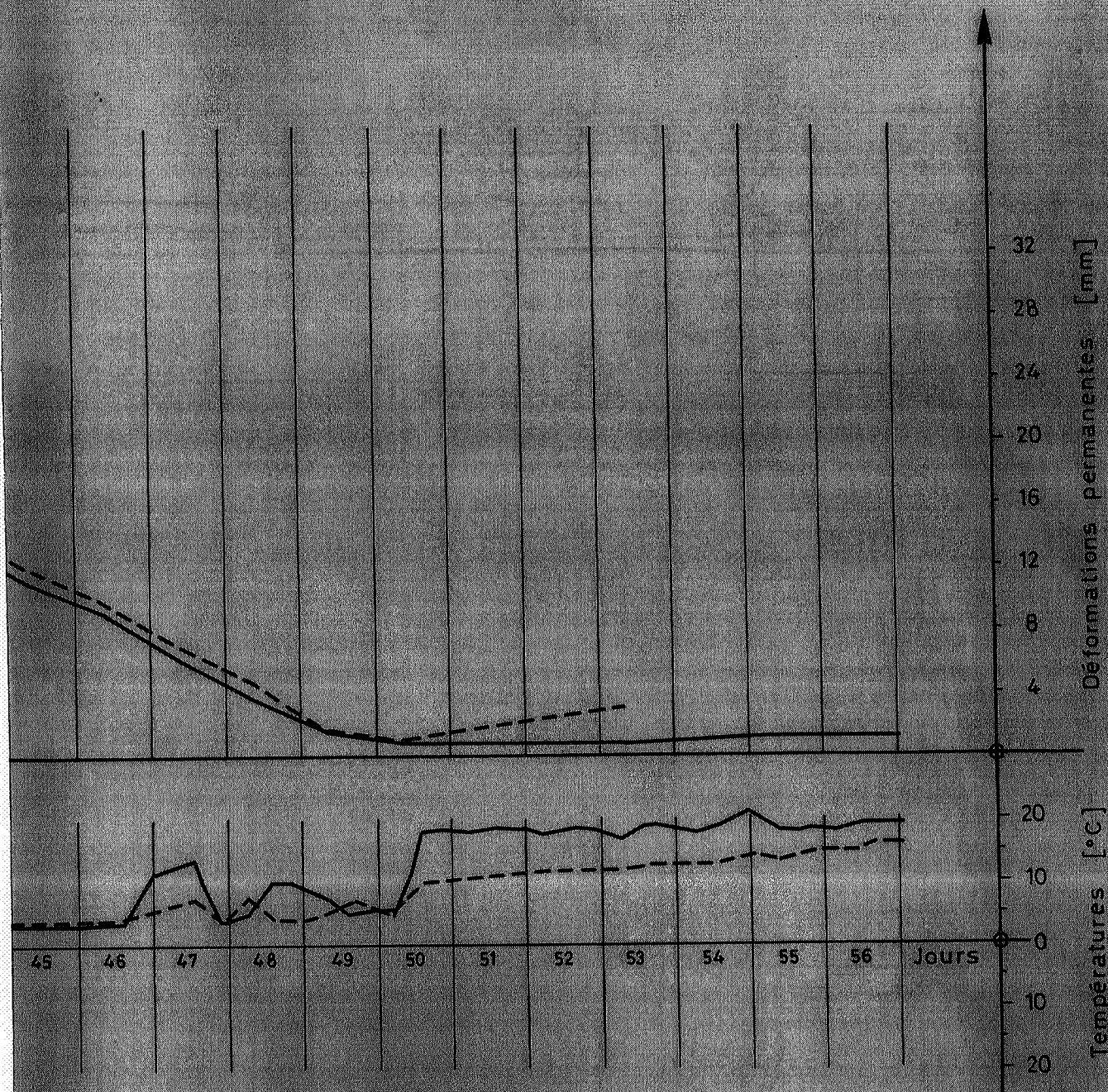
$j = 1,2\text{ cm}$



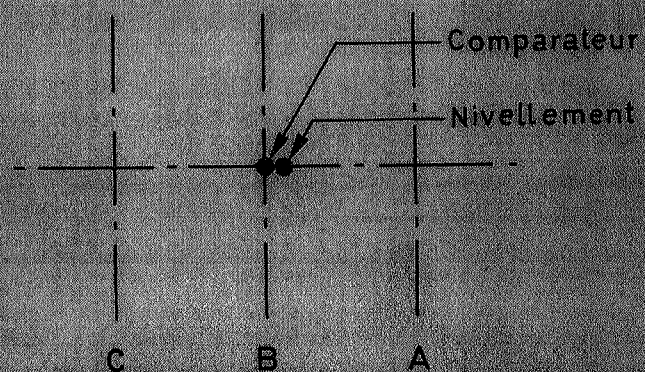
2^e ESSAI DE PERTE DE PORTANCE SUR LE CHAMP N°3

MESURES EFFECTUEES SUR LE CHAMP N° 2

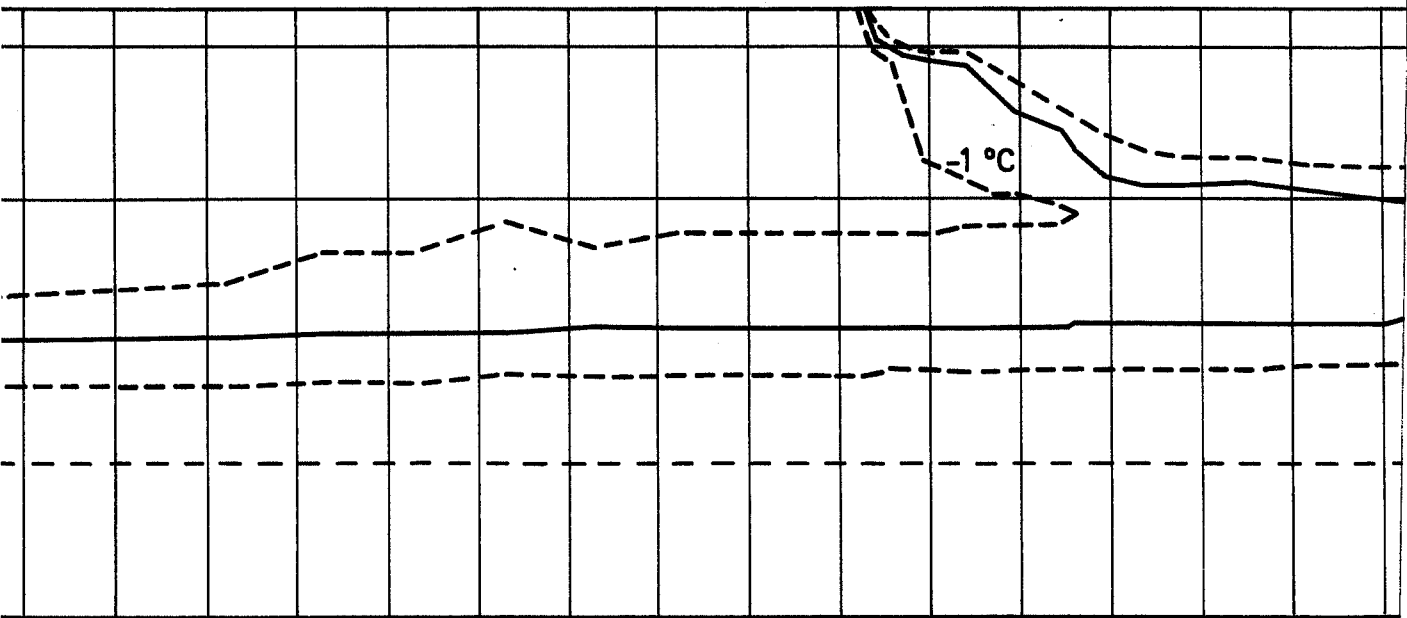
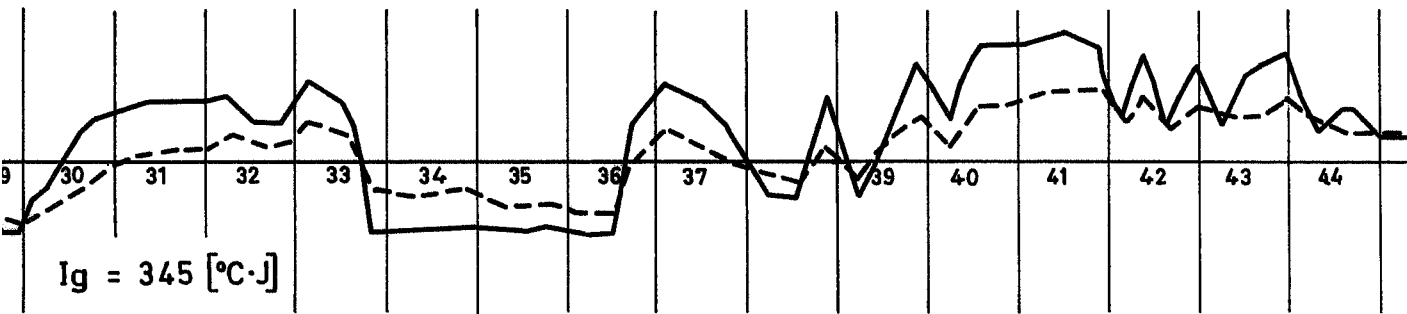
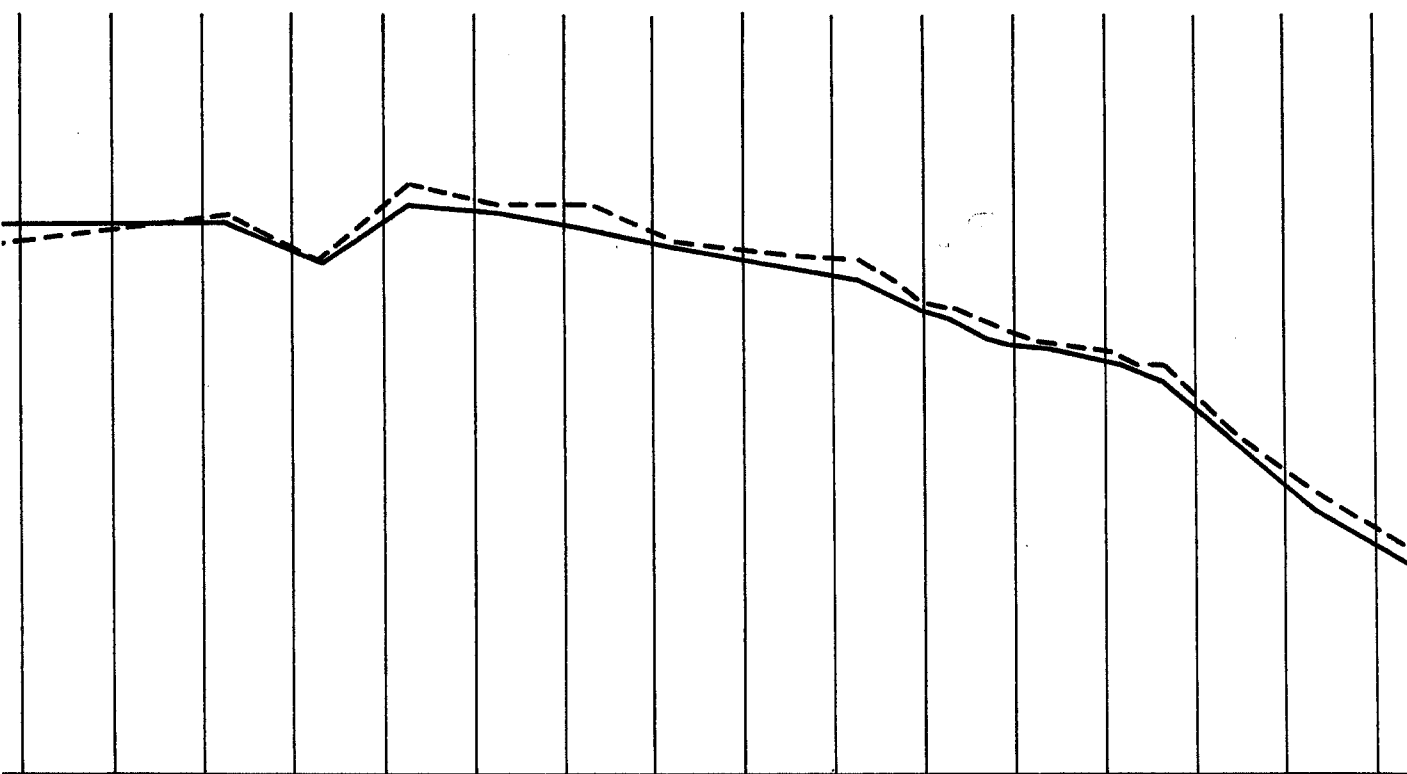




SITUATION

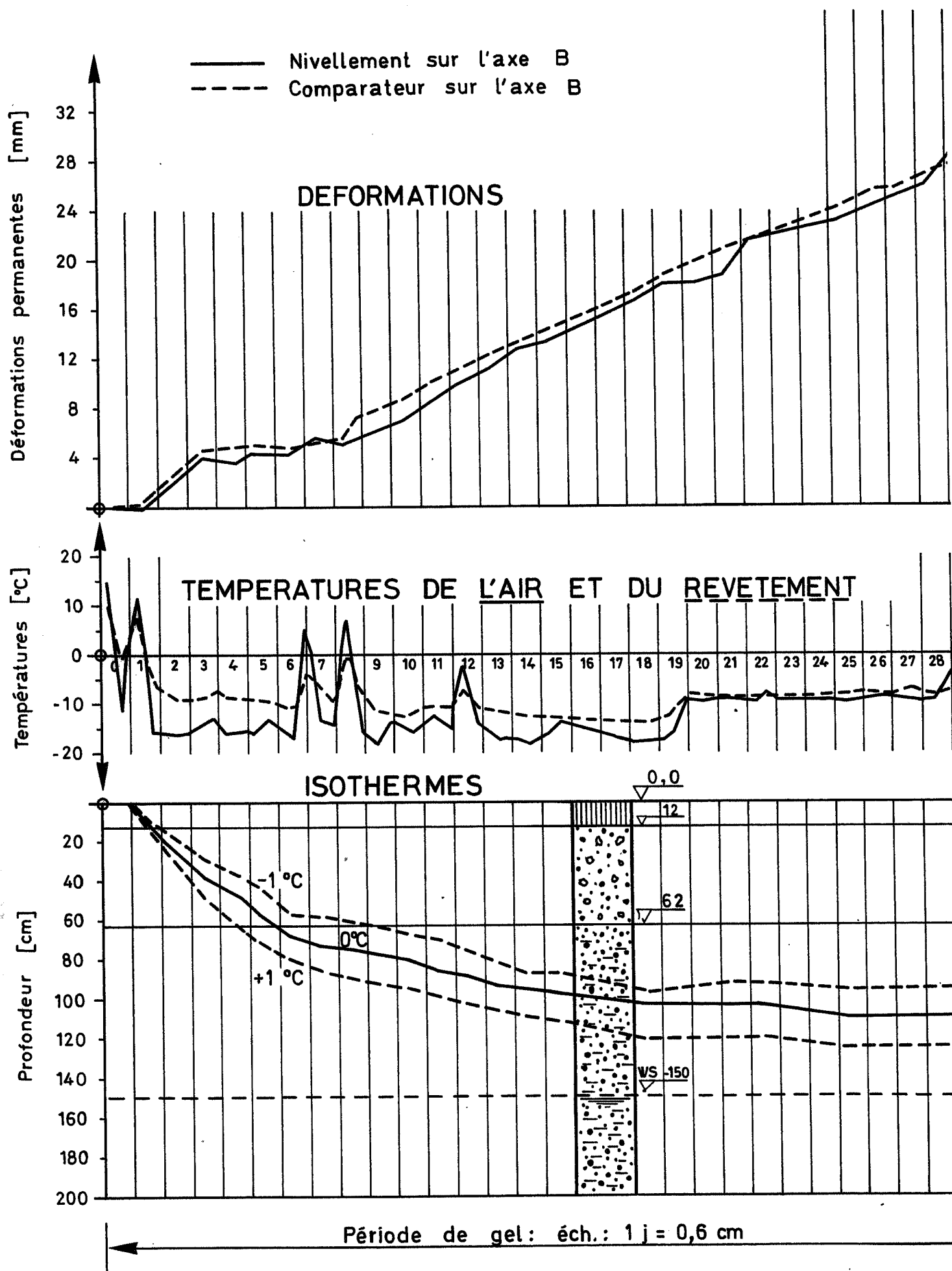


= 1,2 cm



2^e ESSAI DE PERTE DE PORTANCE SUR LE CHAMP N°3

MESURES EFFECTUEES SUR LE CHAMP N°1



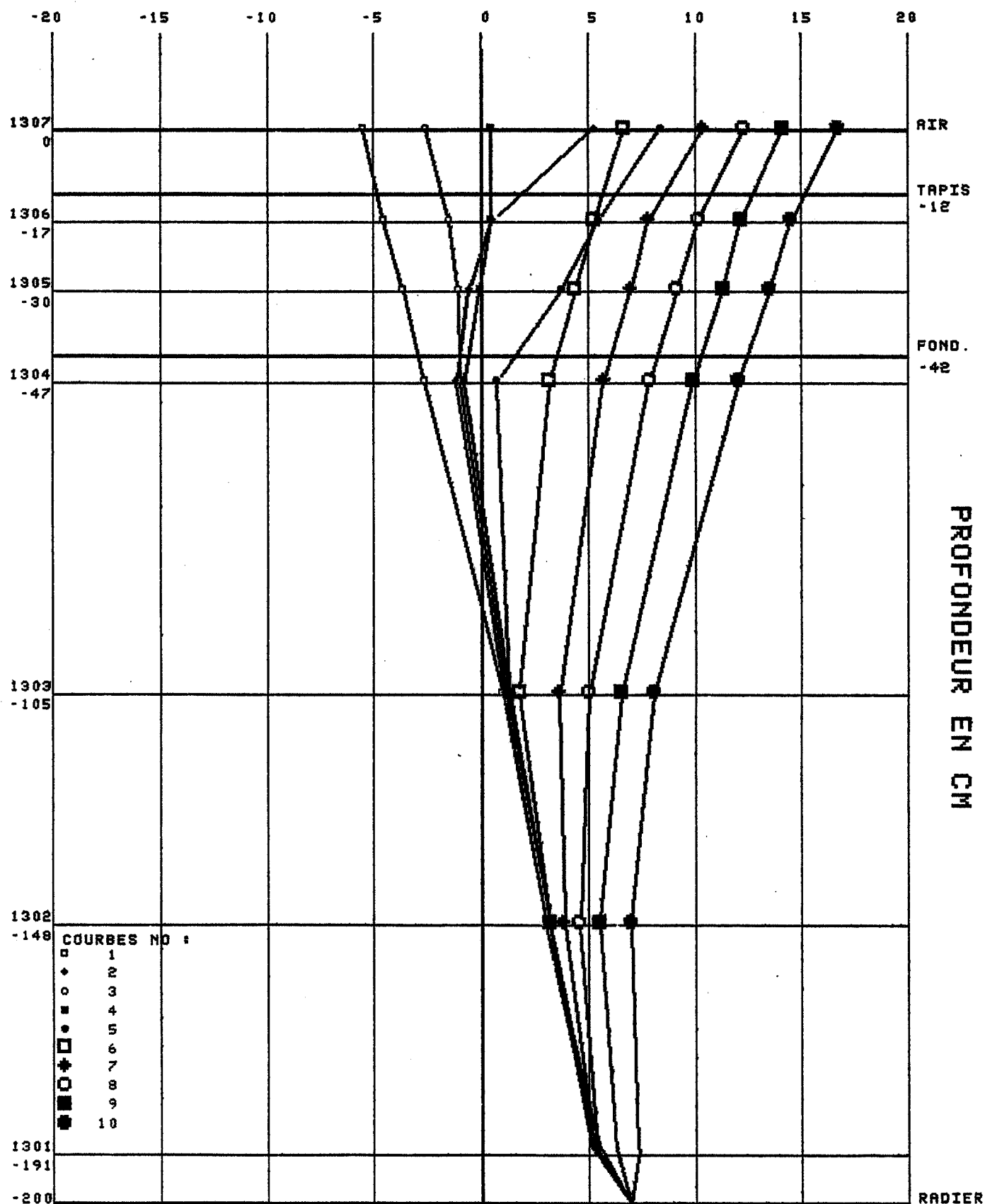
2^e ESSAI DE PERTE DE PORTANCE SUR LE CHAMP No 3

TAUTOCHRONES DU CHAMP NO 3 ECART = 72 H.

EPAISSEUR DE LA FONDATION 30 CM

JOUR ET HEURE DU PREMIER TAUTOCHRONE 30 J 7 H

TEMPERATURE EN DEGRES C



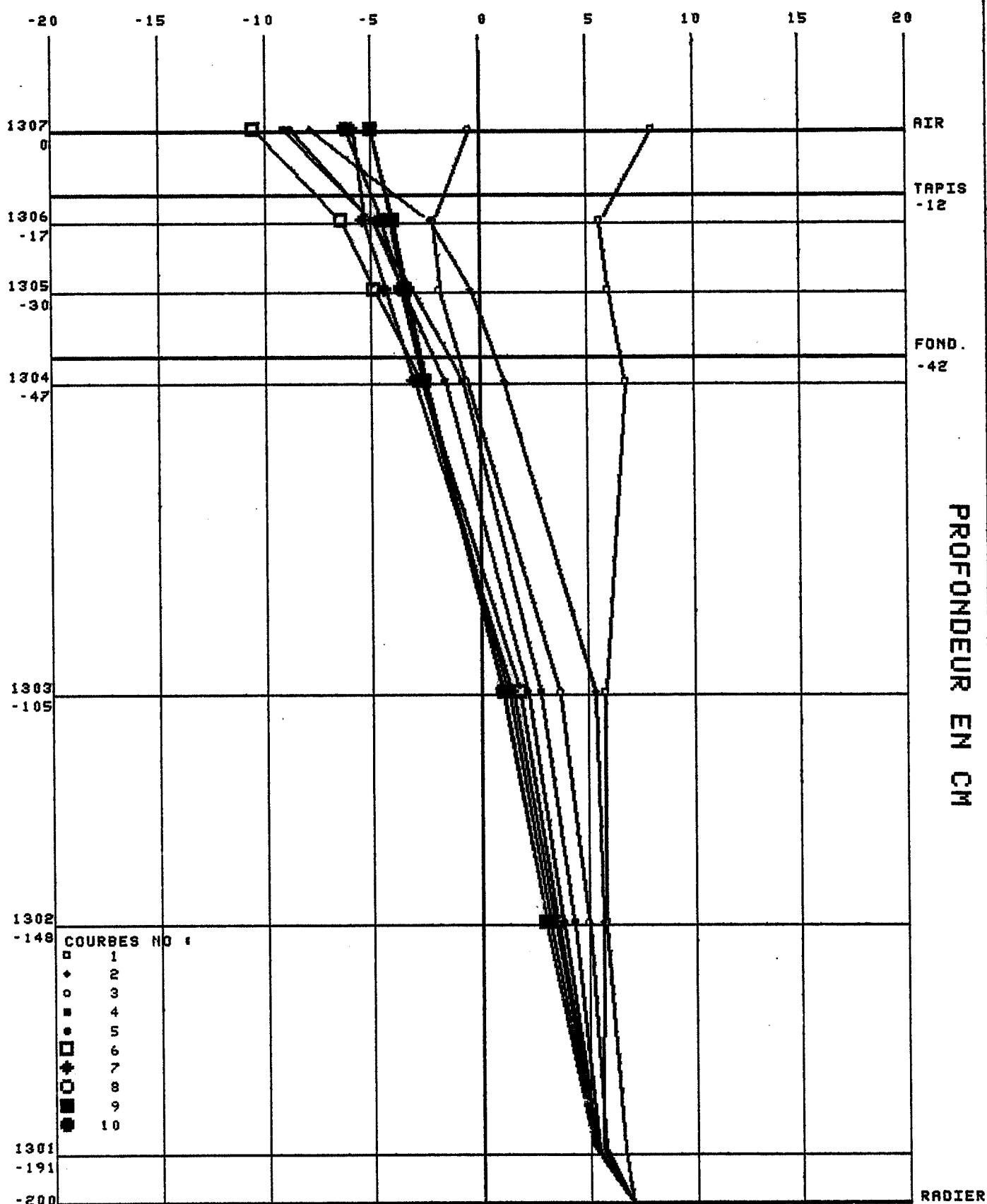
2^e ESSAI DE PERTE DE PORTANCE SUR LE CHAMP No 3

TAUTOCHRONES DU CHAMP NO 3 ECART = 72 H.

EPAISSEUR DE LA FONDATION 30 CM

JOUR ET HEURE DU PREMIER TAUTOCHRONE 1 J 7 H

TEMPERATURE EN DEGRES C



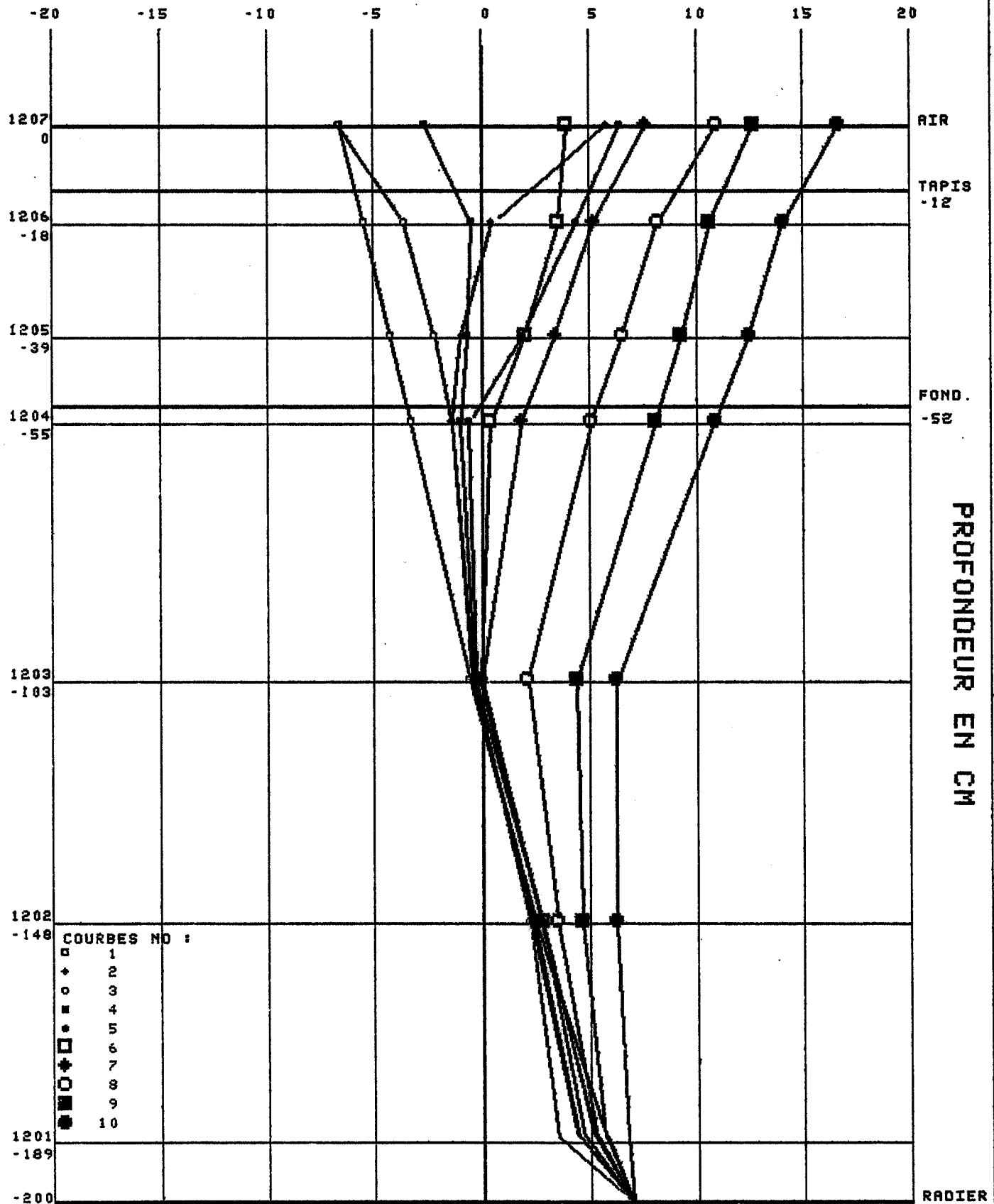
2^e ESSAI DE PERTE DE PORTANCE SUR LE CHAMP No 3

TAUTOCHRONES DU CHAMP NO 2 ECART = 72 H.

EPAISSEUR DE LA FONDATION 40 CM

JOUR ET HEURE DU PREMIER TAUTOCHRONE 30 J 7 H

TEMPERATURE EN DEGRES C



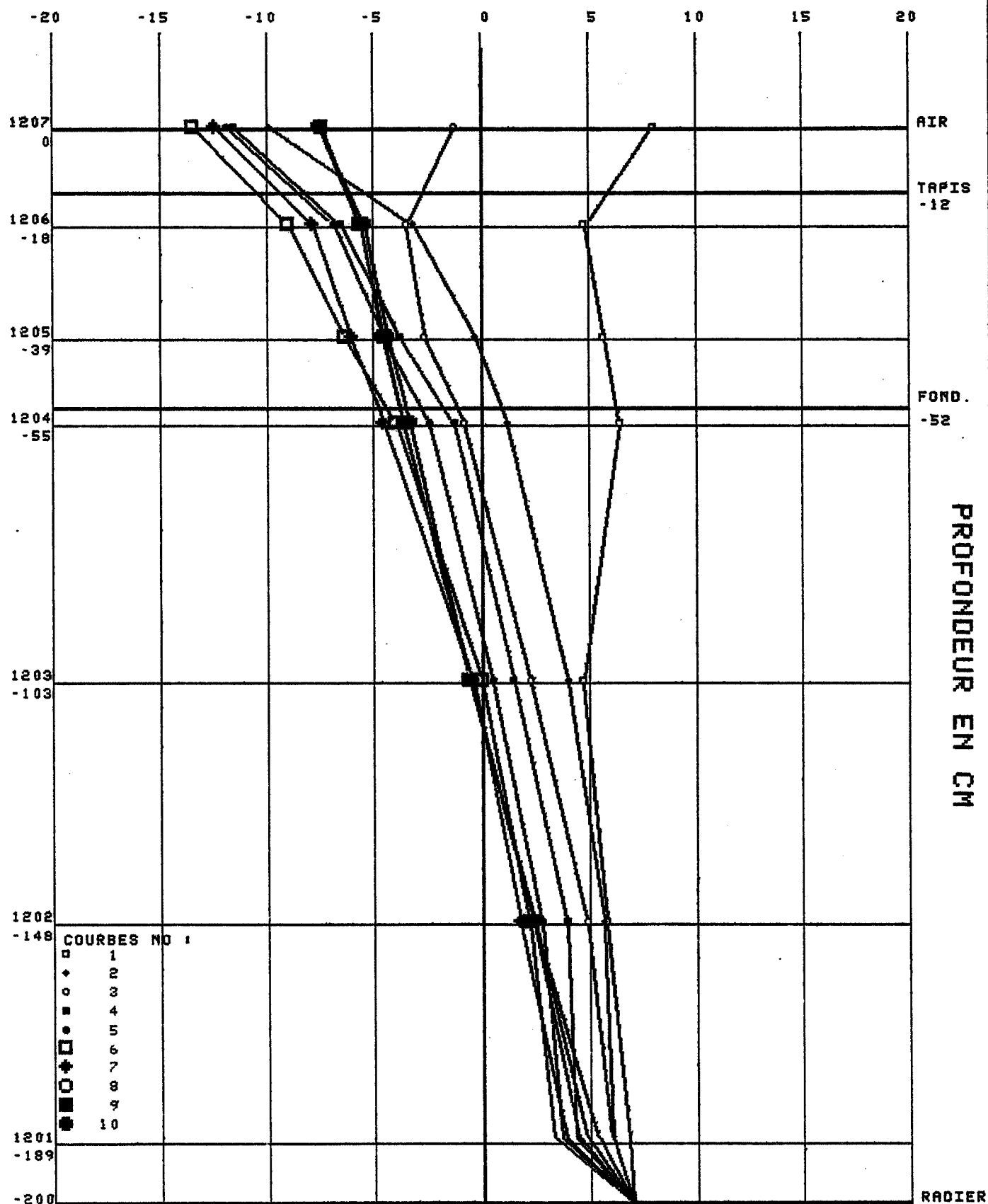
2^e ESSAI DE PERTE DE PORTANCE SUR LE CHAMP No 3

TAUTOCHRONES DU CHAMP NO 2 ECART = 72 H.

EPAISSEUR DE LA FONDATION 40 CM

JOUR ET HEURE DU PREMIER TAUTOCHRONE 1J 7H

TEMPERATURE EN DEGRES C



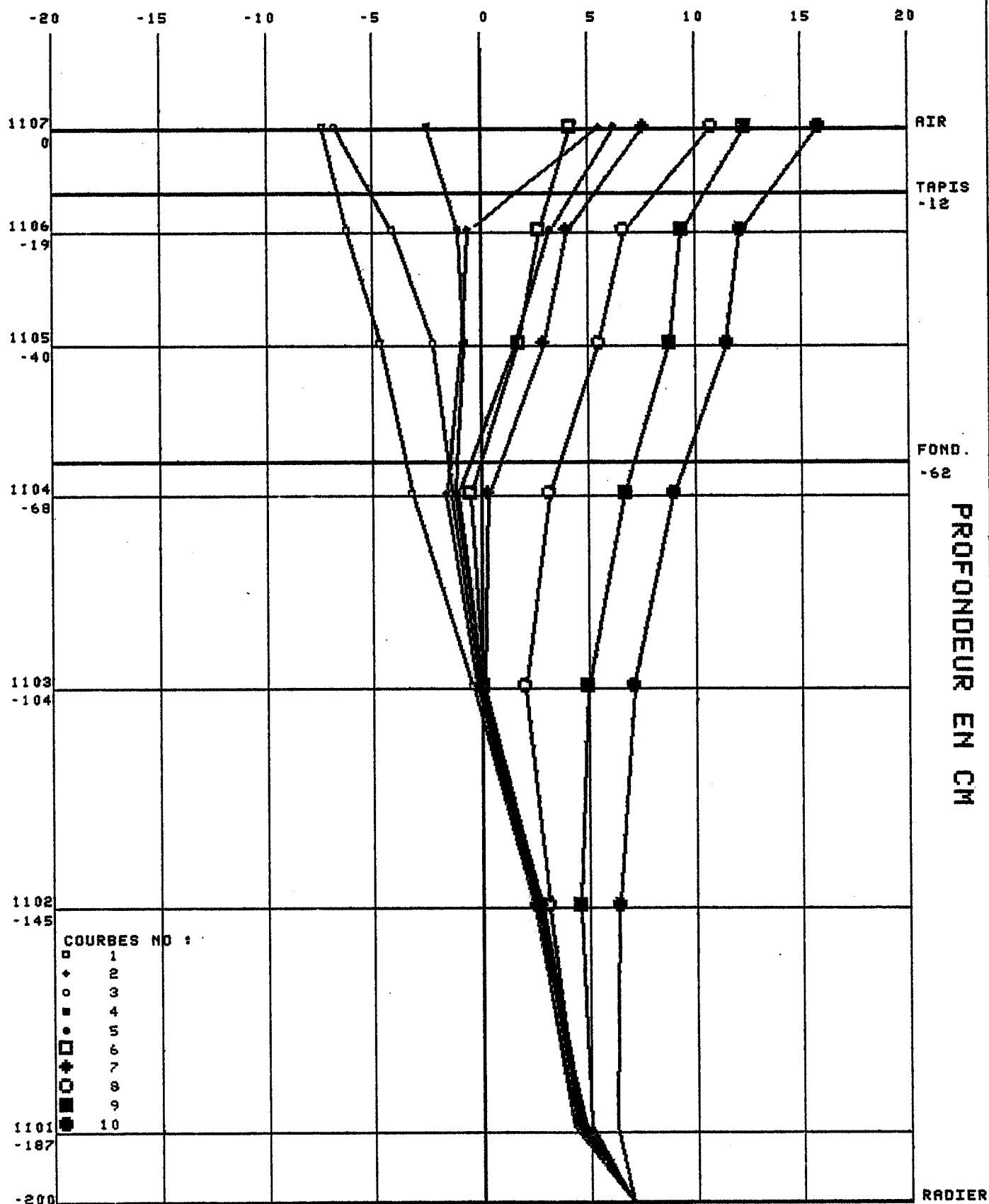
2^e ESSAI DE PERTE DE PORTANCE SUR LE CHAMP No 3

TAUTOCHRONES DU CHAMP NO 1 ECART = 72 H.

EPAISSEUR DE LA FONDATION 50 CM

JOUR ET HEURE DU PREMIER TAUTOCHROME 30 J 7 H

TEMPERATURE EN DEGRES C



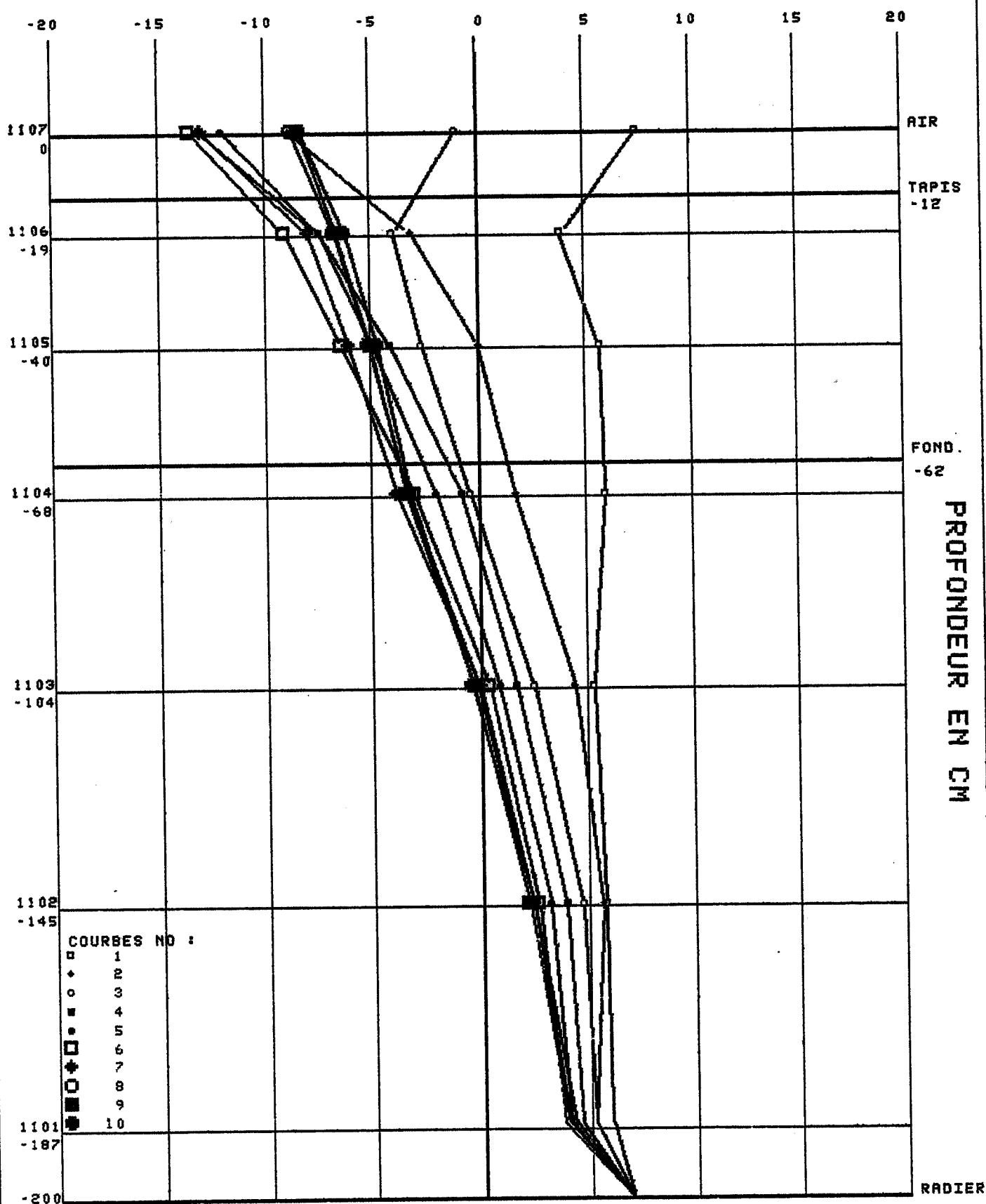
2^e ESSAI DE PERTE DE PORTANCE SUR LE CHAMP No 3

TAUTOCHRONES DU CHAMP NO 1 ECART = 72 H.

EPAISSEUR DE LA FONDATION 50 CM

JOUR ET HEURE DU PREMIER TAUTOCHRONE 1 J 7 H

TEMPERATURE EN DEGRES C



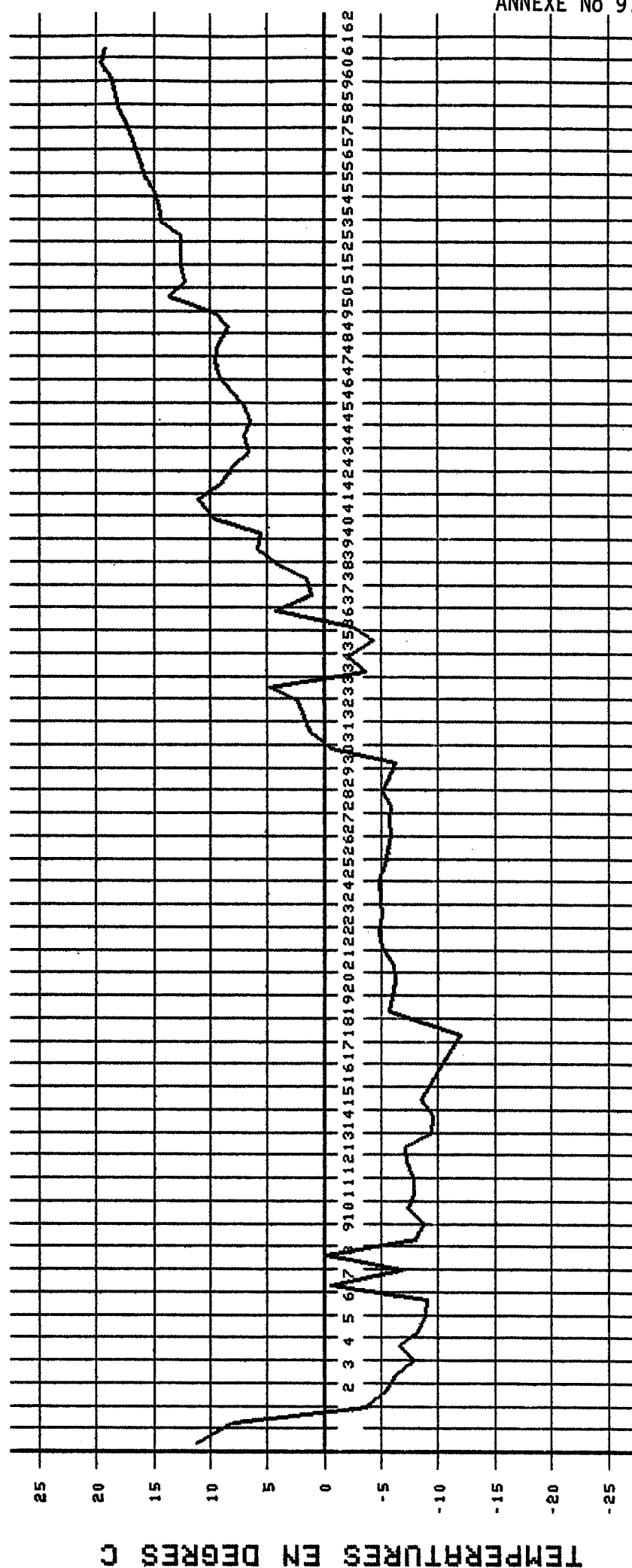
2e ESSAI DE PERTE DE PORTANCE SUR LE CHAMP No 3

TEMPERATURES A LA SONDE NO 1307

CHAMP NO 3 EPAISSEUR DE LA FONDATION 30 CM

NIVEAU DE LA SONDE 0 CM

DATE ET HEURE DU DEBUT DE L'ESSAI 31-MAI-79/1200H



ANNEXE No 9.22

TEMPS EN JOURS 24H = 0.4 CM

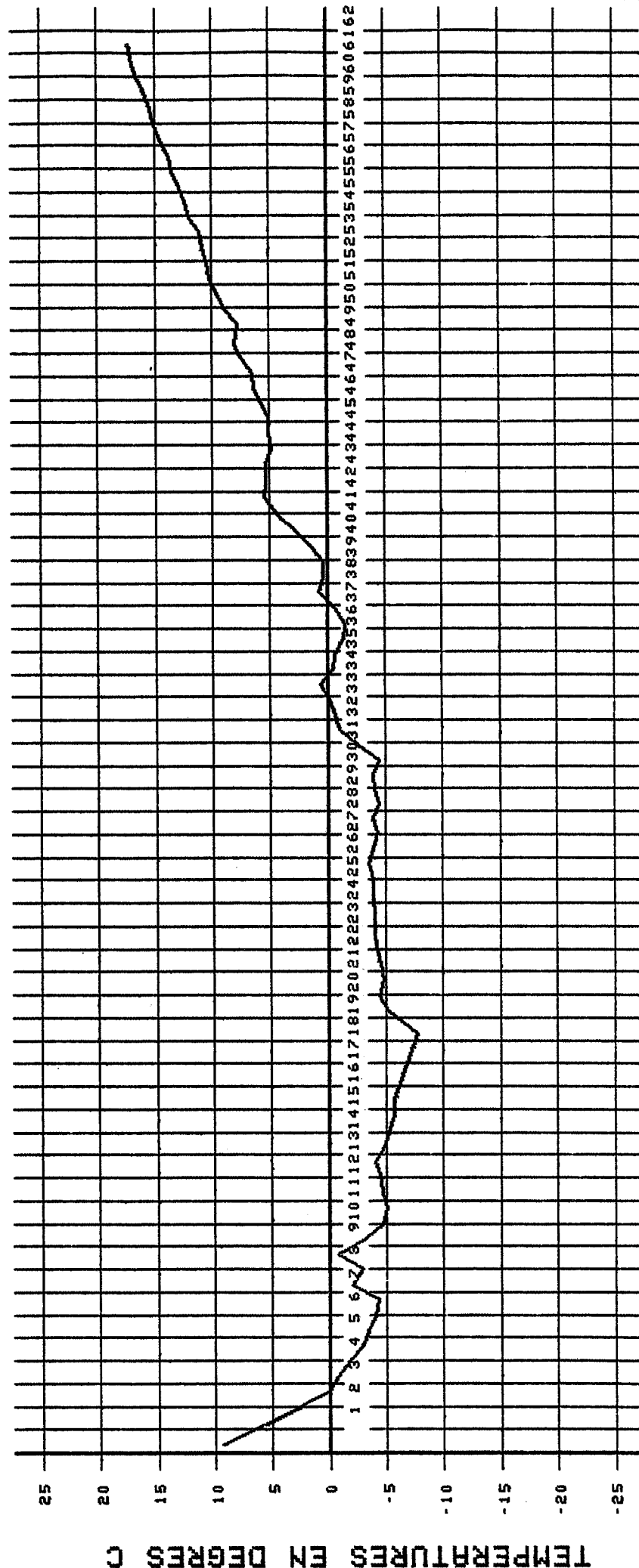
2^e ESSAI DE PERTE DE PORTANCE SUR LE CHAMP No 3

TEMPERATURES A LA SONDE NO 1306

CHAMP NO 3 EPAISSEUR DE LA FONDATION 30 CM

NIVEAU DE LA SONDE -17 CM

DATE ET HEURE DU DEBUT DE L'ESSAI 31-MAI-79/1200H



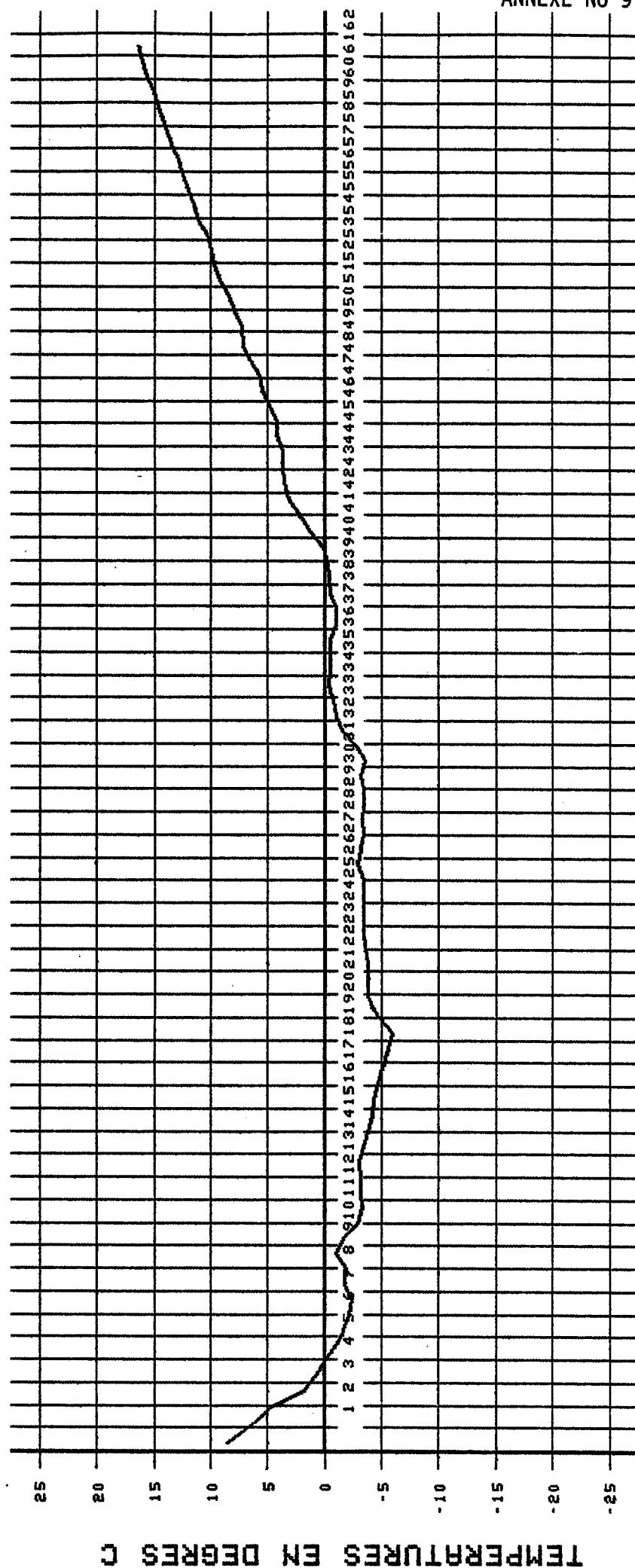
2^e ESSAI DE PERTE DE PORTANCE SUR LE CHAMP No 3

TEMPERATURES A LA SONDE NO 1305

CHAMP NO 3 EPAISSEUR DE LA FONDATION 30 CM

NIVEAU DE LA SONDE -30 CM

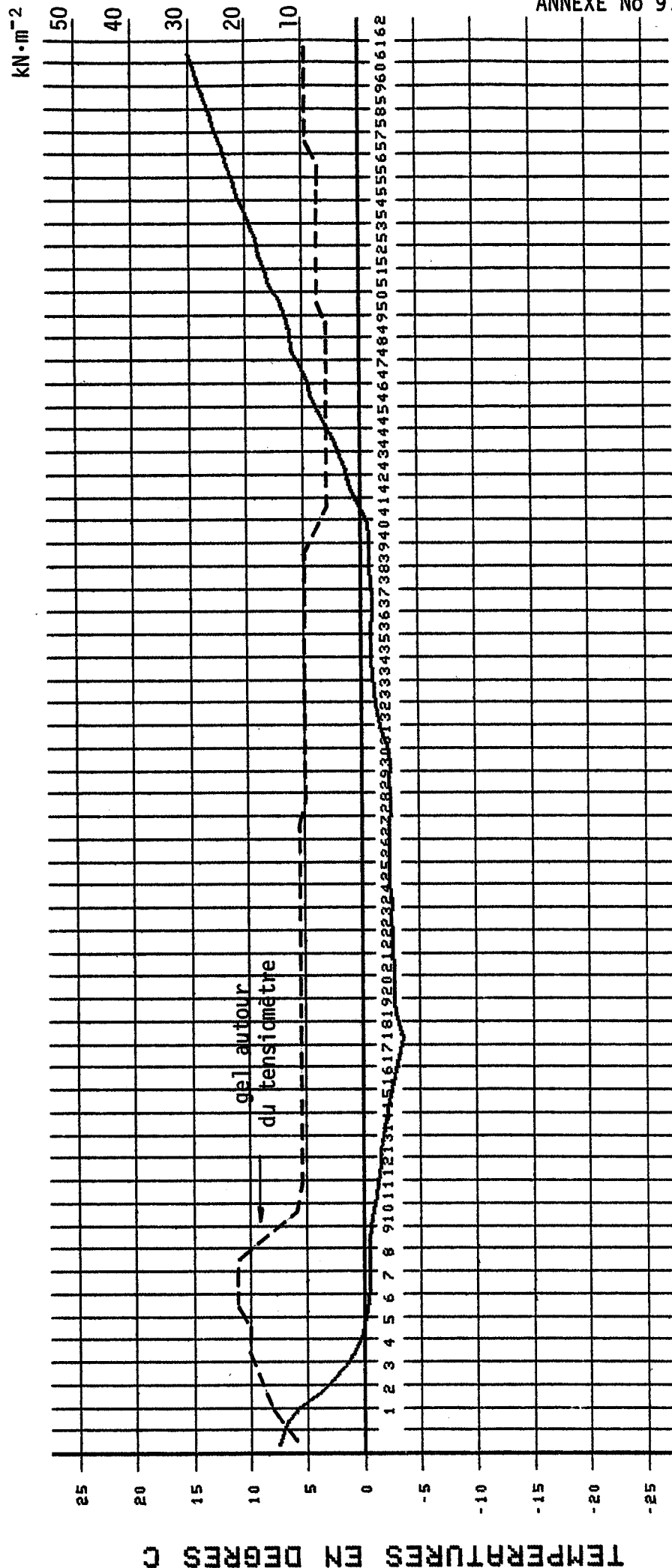
DATE ET HEURE DU DEBUT DE L'ESSAI 31-MAI-79/1200H



2e ESSAI DE PERTE DE PORTANCE SUR LE CHAMP No 3

TEMPERATURES A LA SONDE NO 1304 — TENSIOMETRE No 5303 -----
CHAMP NO 3 EPAISSEUR DE LA FONDATION 30 CM
NIVEAU DES SONDES -47 CM

DATE ET HEURE DU DEBUT DE L'ESSAI 31-MAI-79/1200H



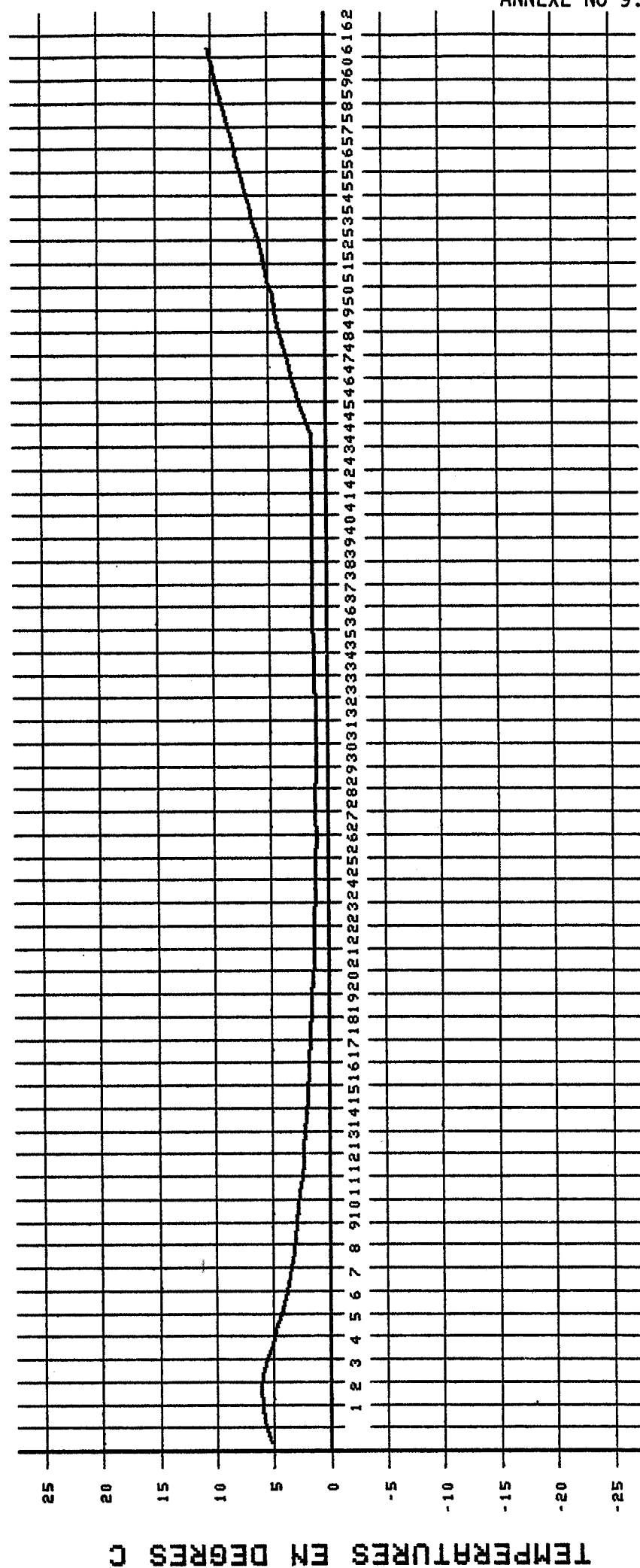
2^e ESSAI DE PERTE DE PORTANCE SUR LE CHAMP No 3

TEMPERATURES A LA SONDE NO 1303

CHAMP NO 3 EPAISSEUR DE LA FONDATION 30 CM

NIVEAU DE LA SONDE -105 CM

DATE ET HEURE DU DEBUT DE L'ESSAI 31-MAI-79/1200H



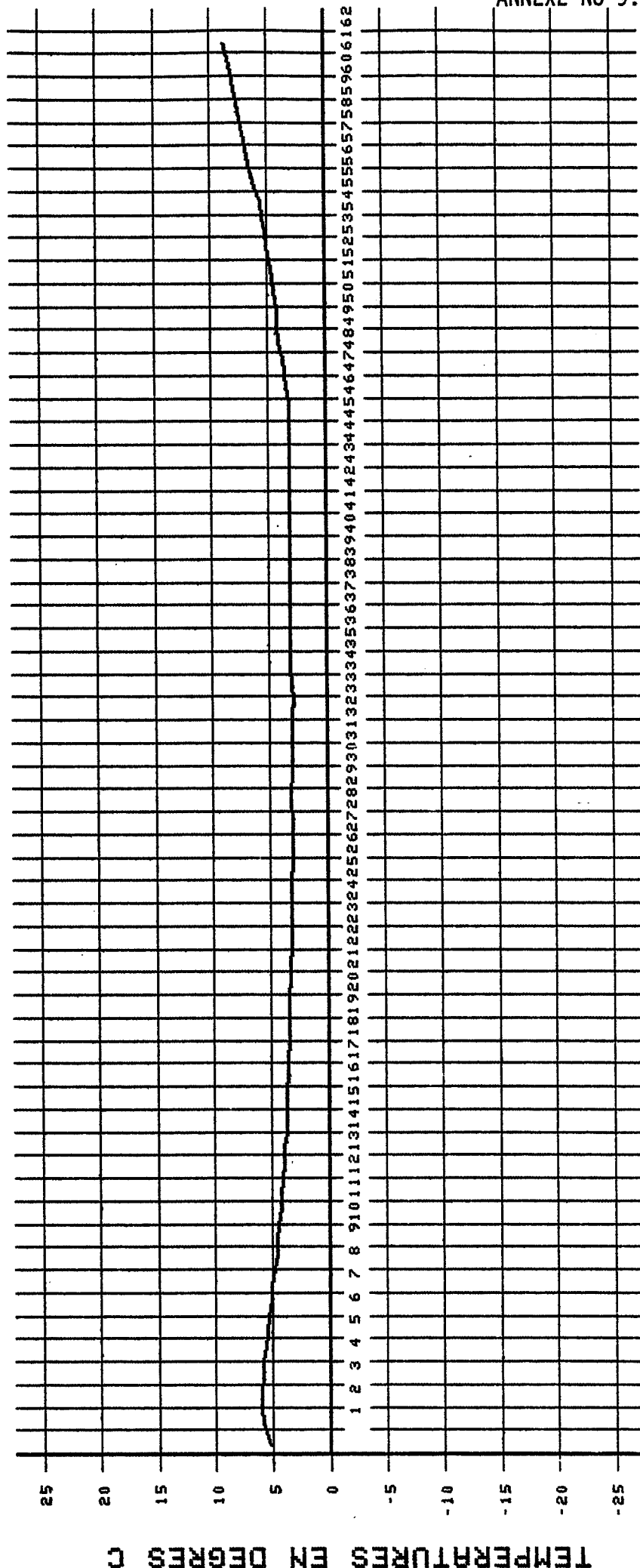
2e ESSAI DE PERTE DE PORTANCE SUR LE CHAMP No 3

TEMPERATURES A LA SONDE NO 1302

CHAMP NO 3 EPAISSEUR DE LA FONDATION 30 CM

NIVEAU DE LA SONDE -148 CM

DATE ET HEURE DU DEBUT DE L'ESSAI 31-MAI-79/1200H



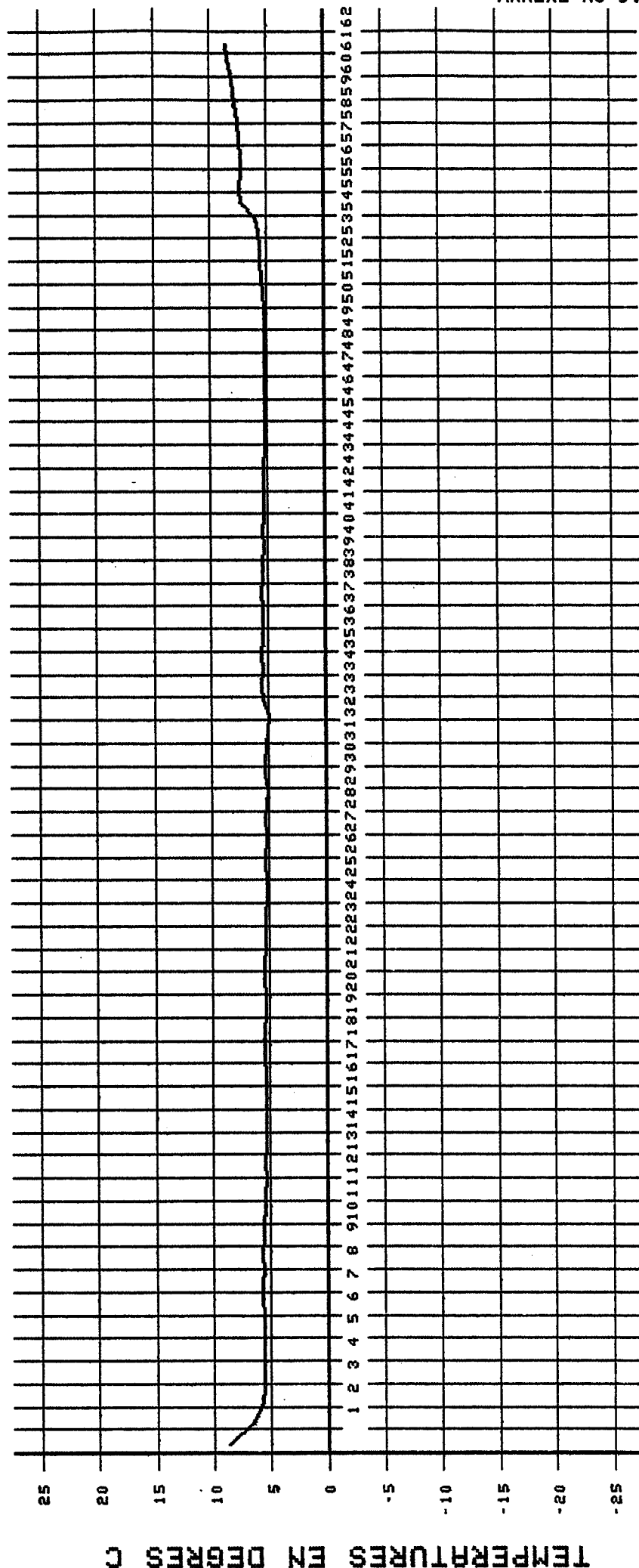
2^e ESSAI DE PERTE DE PORTANCE SUR LE CHAMP No 3

TEMPERATURES A LA SONDE NO 1301

CHAMP NO 3 EPAISSEUR DE LA FONDATION 30 CM

NIVEAU DE LA SONDE -191 CM

DATE ET HEURE DU DEBUT DE L'ESSAI 31-MAI-79/1200H



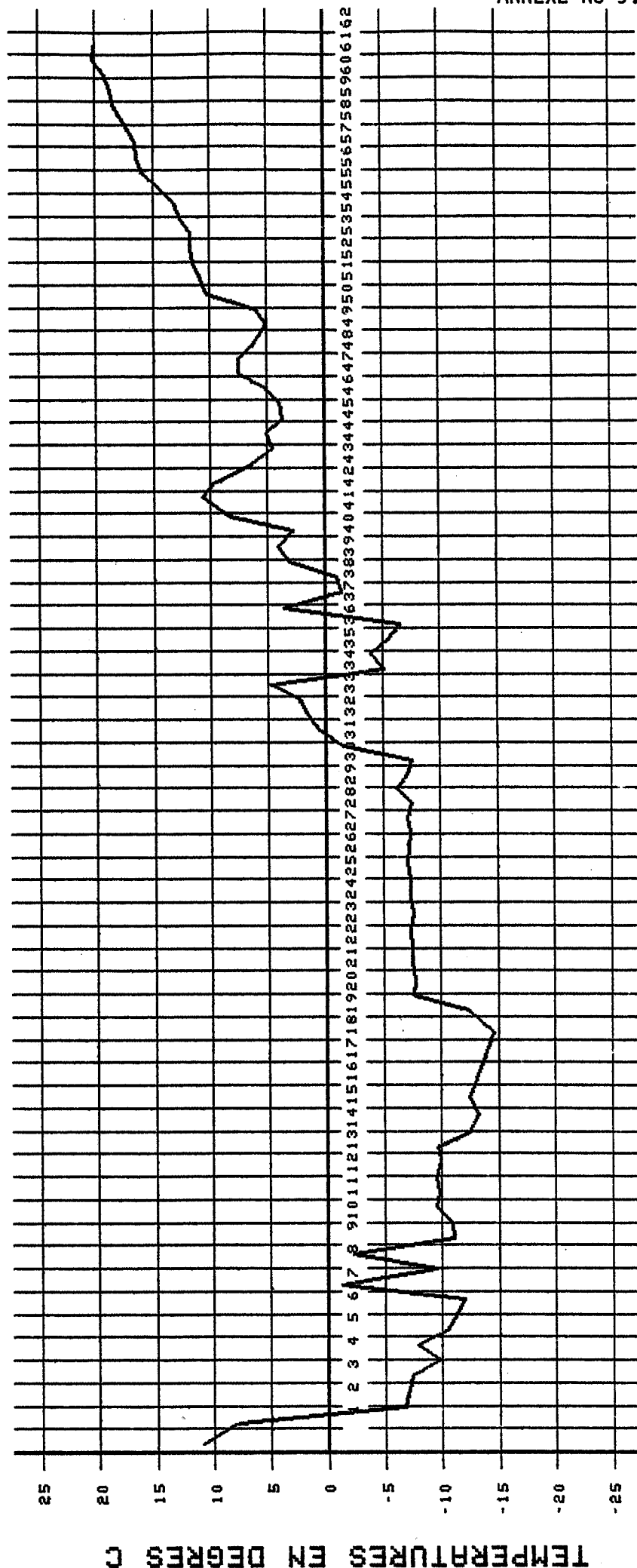
2^e ESSAI DE PERTE DE PORTANCE SUR LE CHAMP No 3

TEMPERATURES A LA SONDE NO 1207

CHAMP NO 2 EPAISSEUR DE LA FONDATION 40 CM

NIVEAU DE LA SONDE 0 CM

DATE ET HEURE DU DEBUT DE L'ESSAI 31-MAI-79/1200H



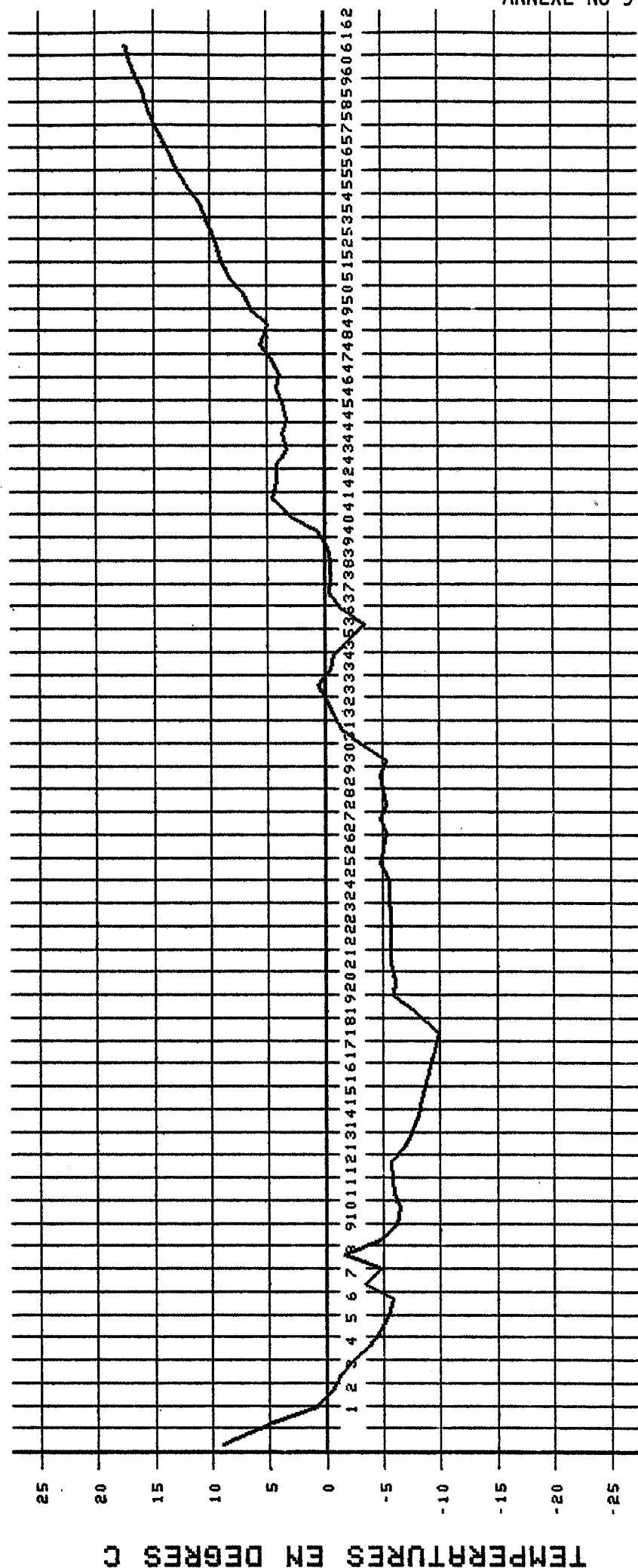
2^e ESSAI DE PERTE DE PORTANCE SUR LE CHAMP No 3

TEMPERATURES A LA SONDE NO 1206

CHAMP NO 2 EPAISSEUR DE LA FONDATION 40 CM

NIVEAU DE LA SONDE -18 CM

DATE ET HEURE DU DEBUT DE L'ESSAI 31-MAI-79/1200H



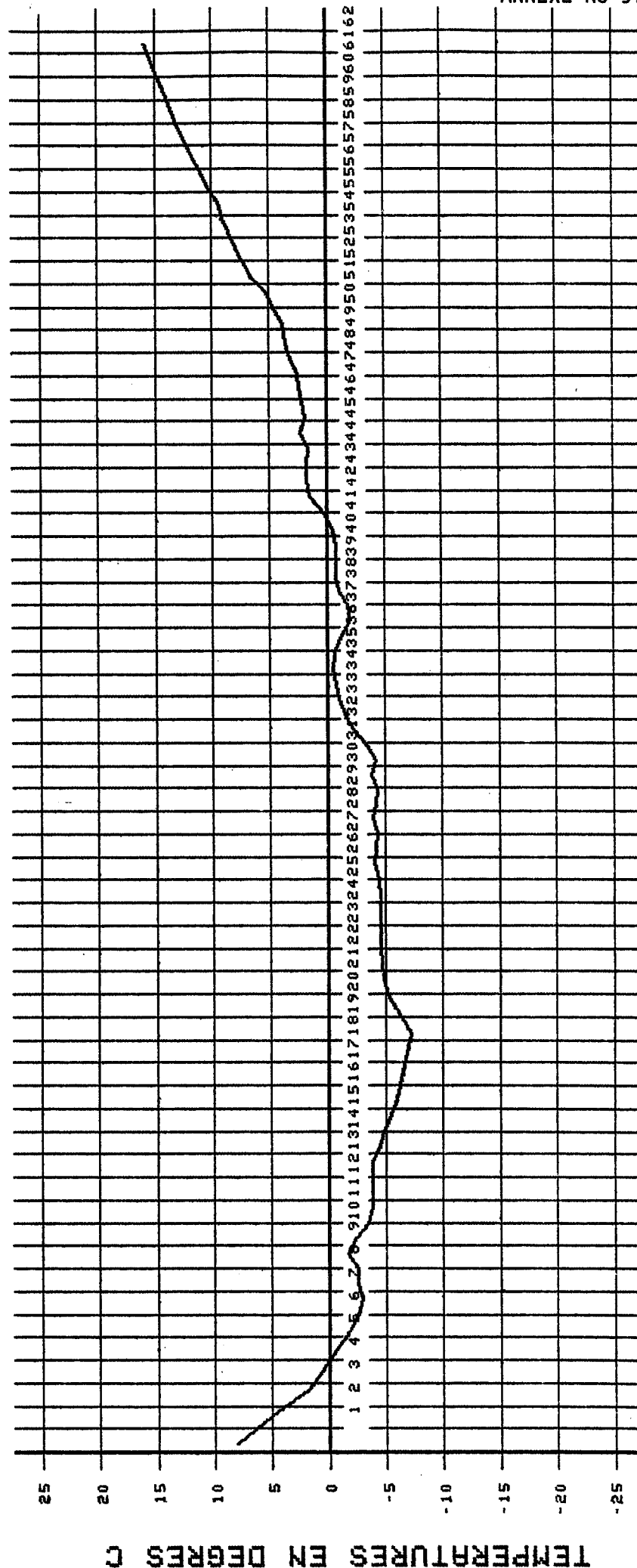
2^e ESSAI DE PERTE DE PORTANCE SUR LE CHAMP No 3

TEMPERATURES A LA SONDE NO 1205

CHAMP NO 2 EPAISSEUR DE LA FONDATION 40 CM

NIVEAU DE LA SONDE -39 CM

DATE ET HEURE DU DEBUT DE L'ESSAI 31-MAI-79/1200H

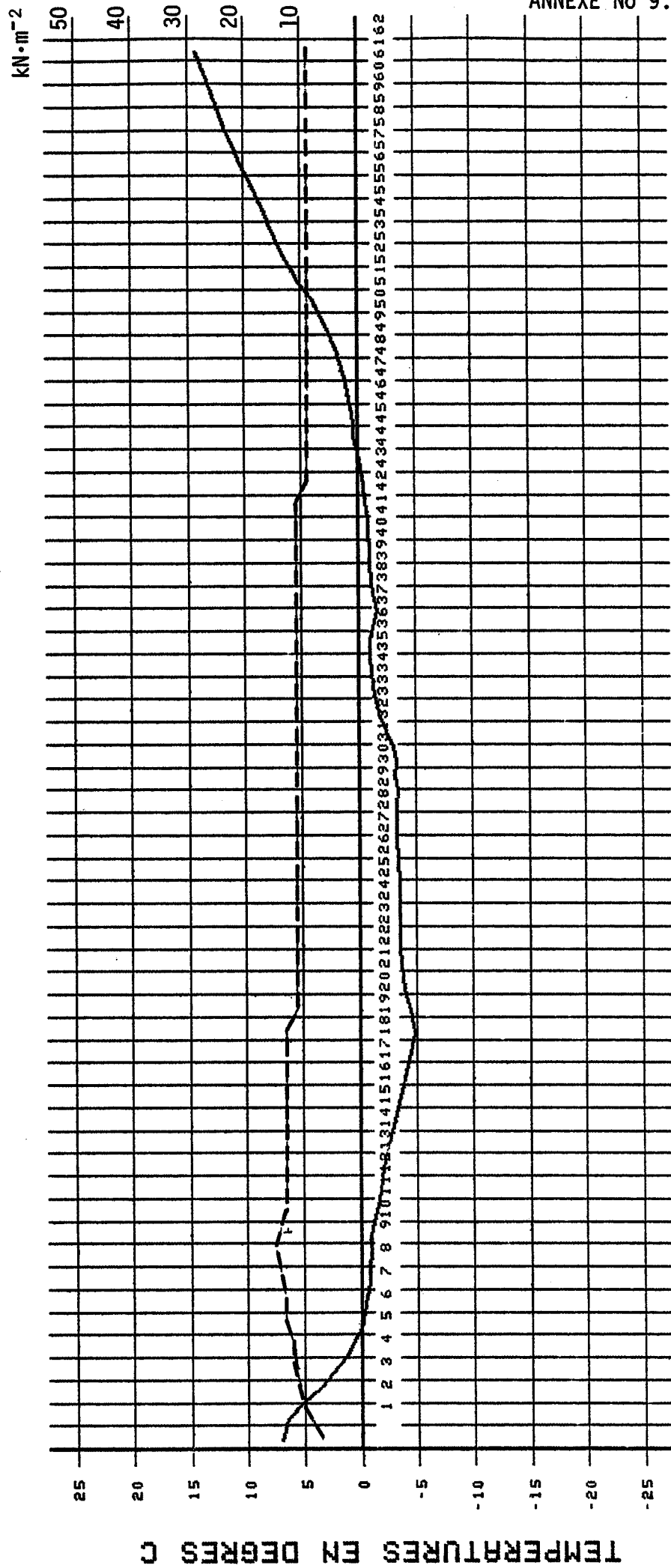


TEMPS EN JOURS 24H = 0.4 CM

2^e ESSAI DE PERTE DE PORTANCE SUR LE CHAMP No 3

TEMPERATURES A LA SONDE NO 1204 TENSIOMETRE No 5203
CHAMP NO 2 EPAISSEUR DE LA FONDATION 40 CM
NIVEAU DES SONDES -55 CM

DATE ET HEURE DU DEBUT DE L'ESSAI 31-MAI-79/1200H

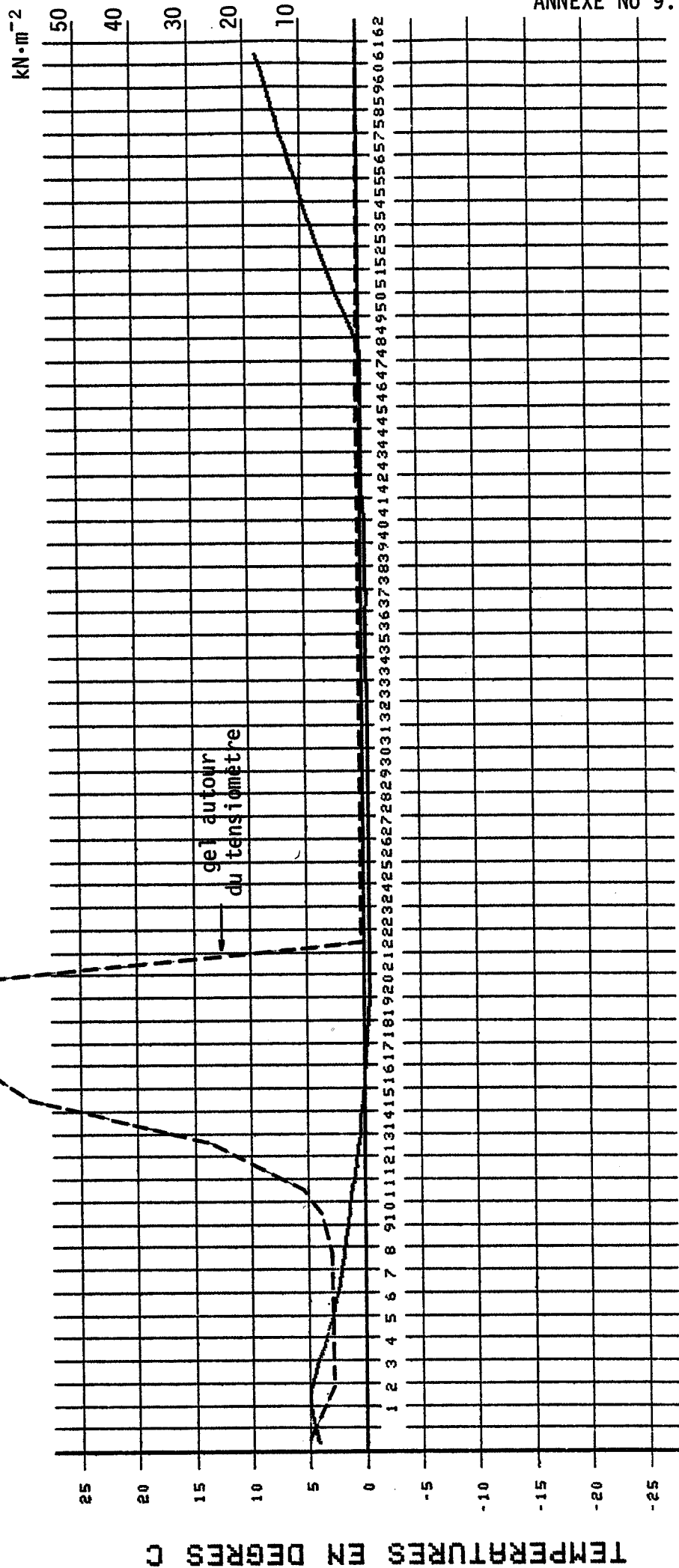


2e ESSAI DE PERTE DE PORTANCE SUR LE CHAMP No 3

TEMPERATURES A LA SONDE NO 1203 — TENSIOMETRE No 5202 -----
 CHAMP NO 2 EPAISSEUR DE LA FONDATION 40 CM

NIVEAU DES SONDES -103 CM

DATE ET HEURE DU DEBUT DE L'ESSAI 31-MAI-79/1200H



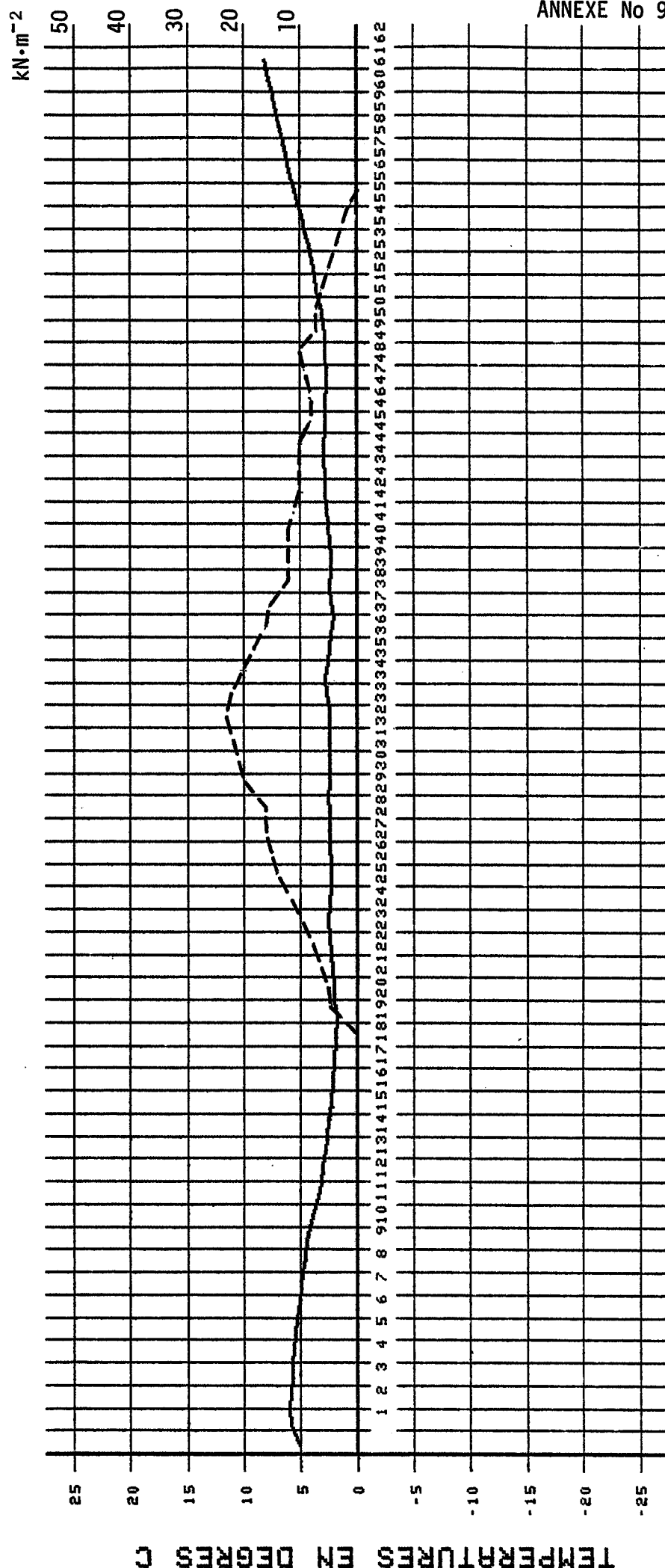
2e ESSAI DE PERTE DE PORTANCE SUR LE CHAMP No 3

TEMPERATURES A LA SONDE NO 1202 — TENSIOMETRE No 5201 - - - -

CHAMP NO 2 EPAISSEUR DE LA FONDATION 40 CM

NIVEAU DES SONDES -148 CM

DATE ET HEURE DU DEBUT DE L'ESSAI 31-MAI-79/1200H



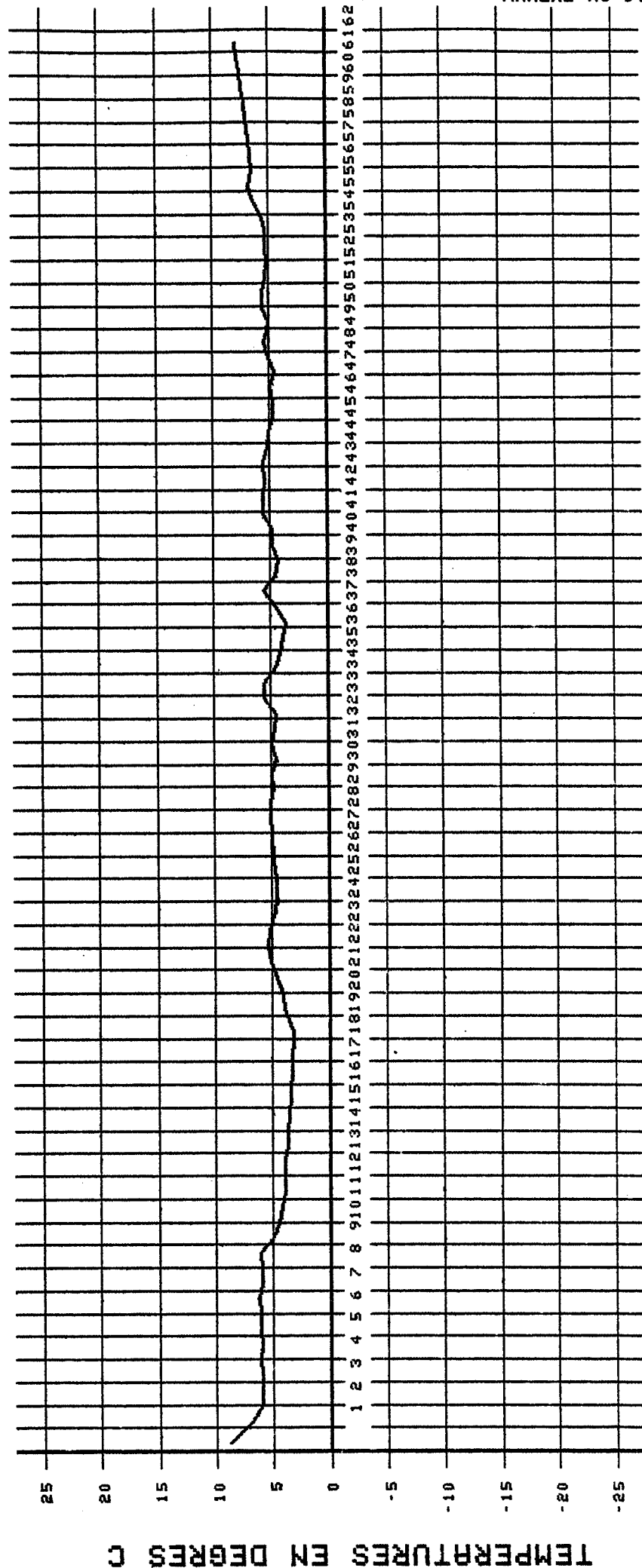
2^e ESSAI DE PERTE DE PORTANCE SUR LE CHAMP No 3

TEMPERATURES A LA SONDE NO 1201

CHAMP NO 2 EPAISSEUR DE LA FONDATION 40 CM

NIVEAU DE LA SONDE -189 CM

DATE ET HEURE DU DEBUT DE L'ESSAI 31-MAI-79/1200H



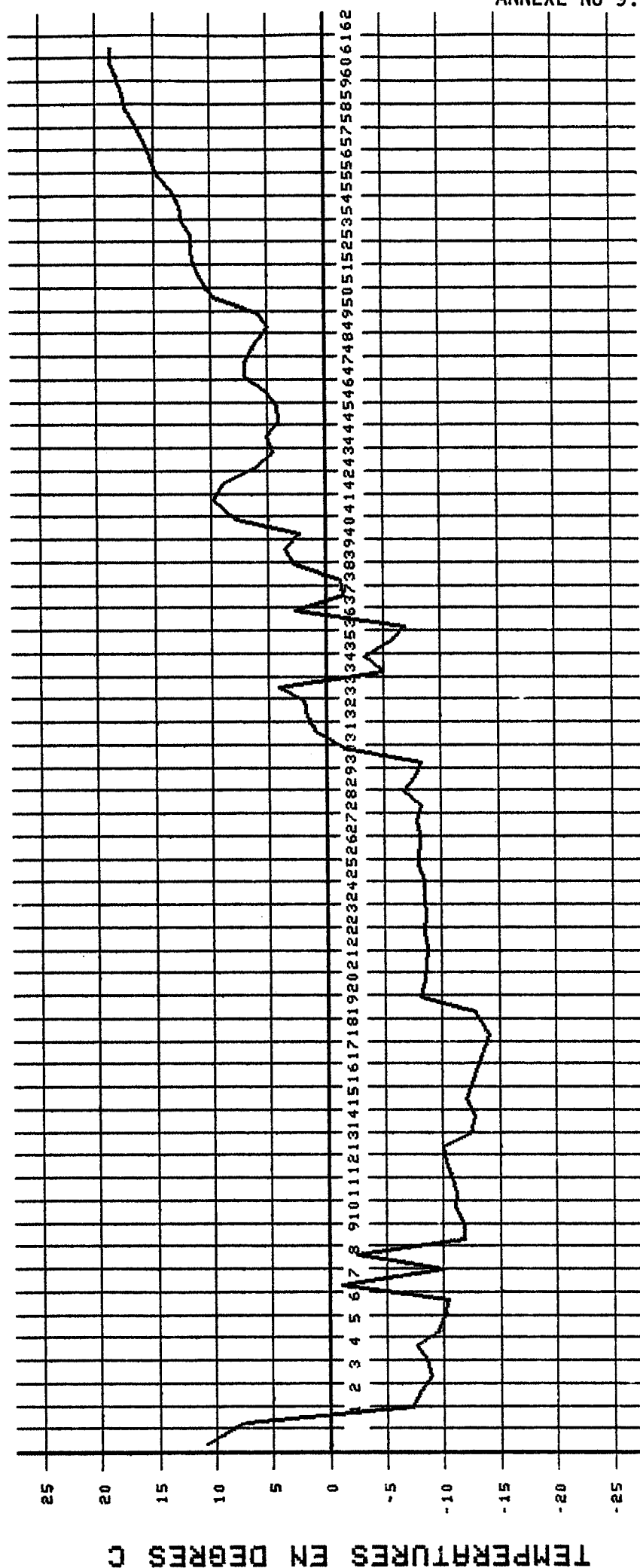
2^e ESSAI DE PERTE DE PORTANCE SUR LE CHAMP No 3

TEMPERATURES A LA SONDE NO 1107

CHAMP NO 1 EPAISSEUR DE LA FONDATION 50 CM

NIVEAU DE LA SONDE 0 CM

DATE ET HEURE DU DEBUT DE L'ESSAI 31-MAI-79/1200H



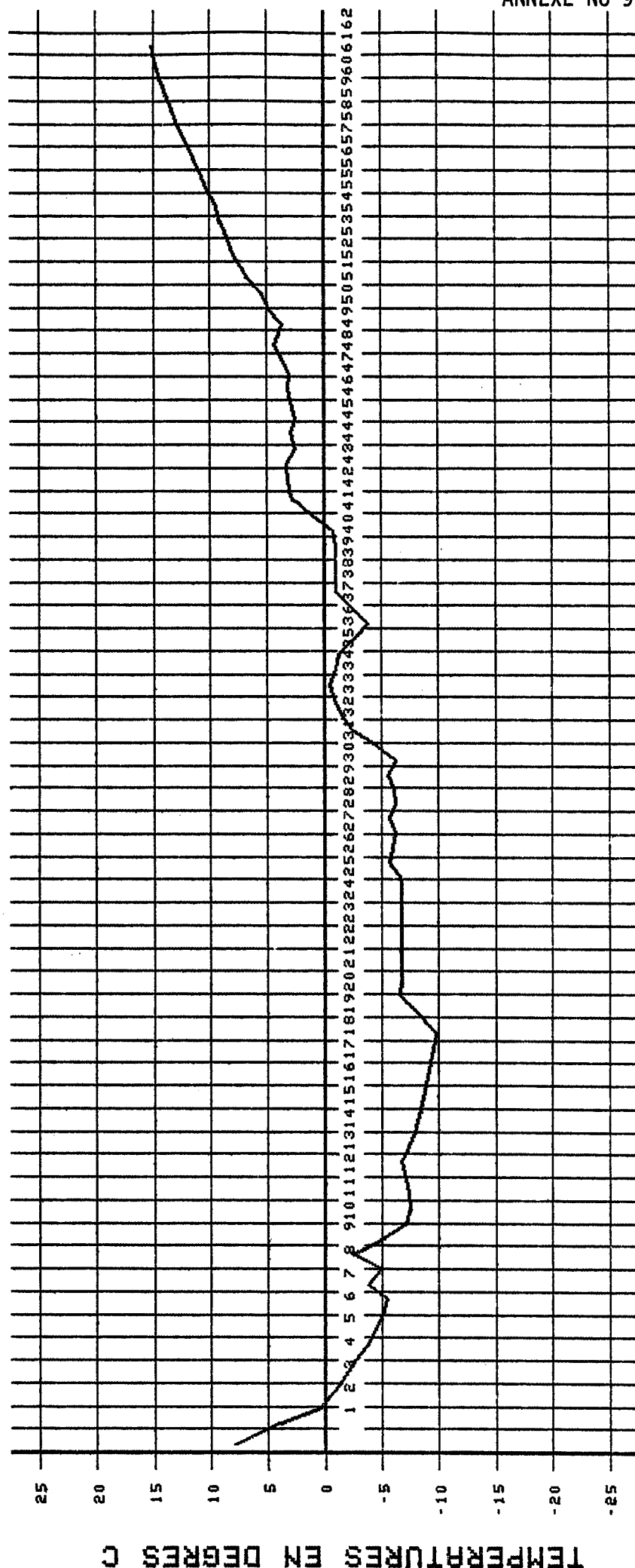
2^e ESSAI DE PERTE DE PORTANCE SUR LE CHAMP No 3

TEMPERATURES A LA SONDE NO 1106

CHAMP NO 1 EPAISSEUR DE LA FONDATION 50 CM

NIVEAU DE LA SONDE -19 CM

DATE ET HEURE DU DEBUT DE L'ESSAI 31-MAI-79/1200H



TEMPS EN JOURS 24H= 0.4 CM

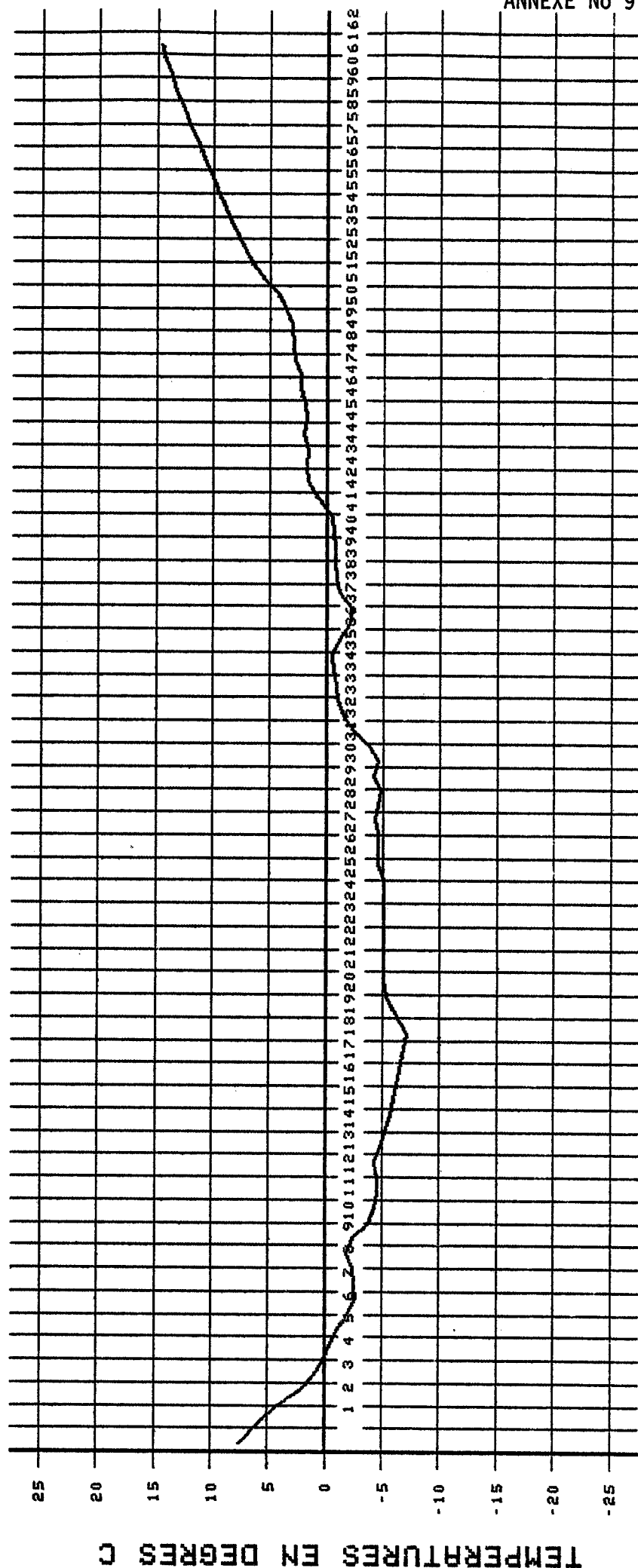
2e ESSAI DE PERTE DE PORTANCE SUR LE CHAMP No 3

TEMPERATURES A LA SONDE NO 1105

CHAMP NO 1 EPAISSEUR DE LA FONDATION 50 CM

NIVEAU DE LA SONDE -40 CM

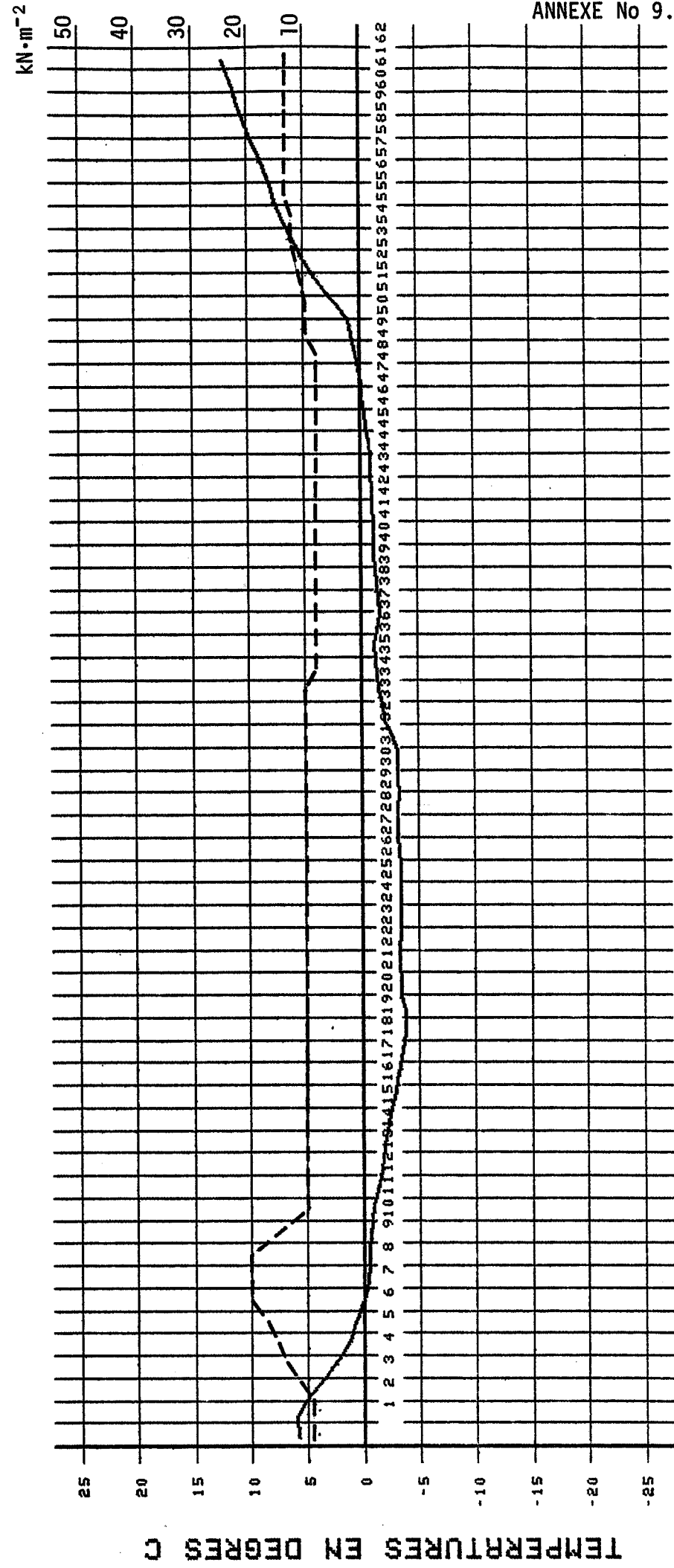
DATE ET HEURE DU DEBUT DE L'ESSAI 31-MAI-79/1200H



2^e ESSAI DE PERTE DE PORTANCE SUR LE CHAMP No 3

TEMPERATURES A LA SONDE NO 1104 — TENSIOMETRE No 5103 — — — —
CHAMP NO 1 EPAISSEUR DE LA FONDATION 50 CM
NIVEAU DES SONDES -68 CM

DATE ET HEURE DU DEBUT DE L'ESSAI 31-MAI-79/1200H

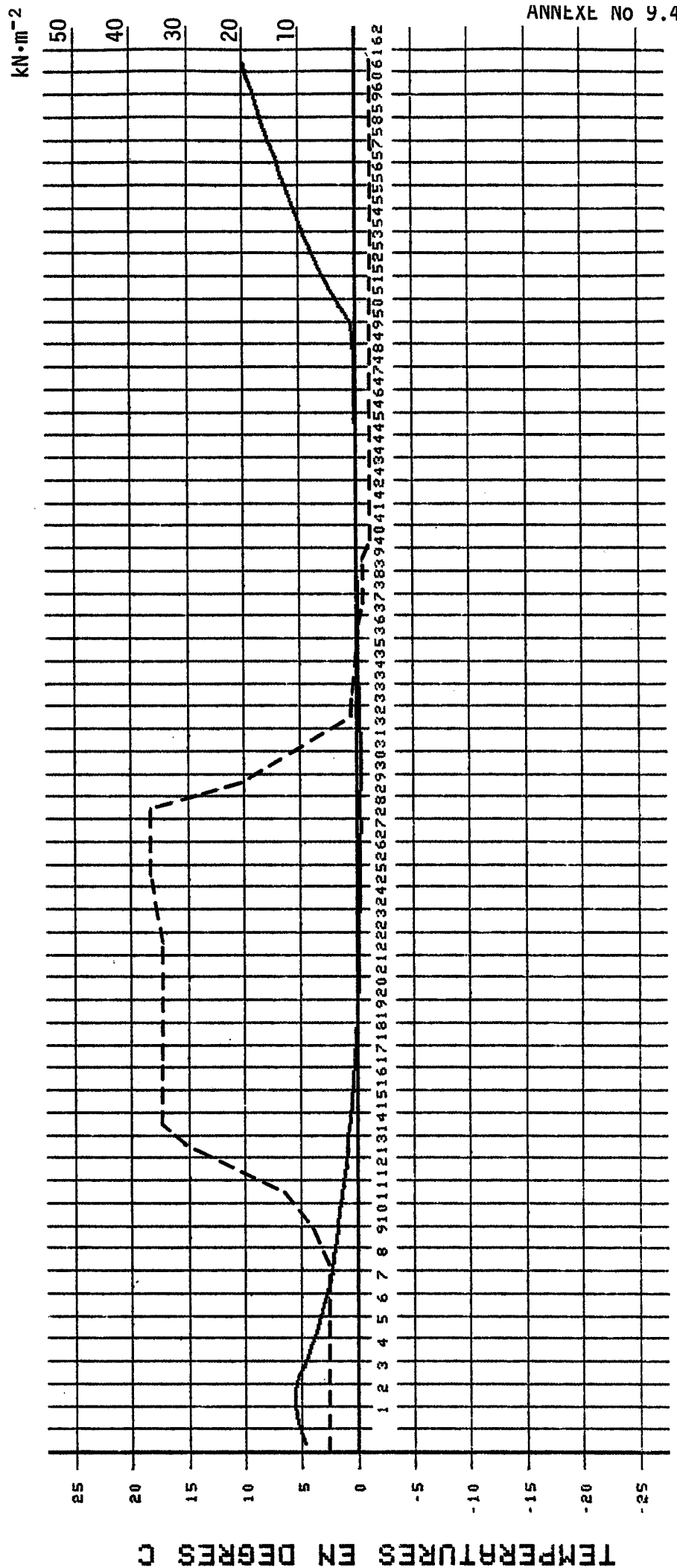


TEMPS EN JOURS 24H = 0.4 CM

2e ESSAI DE PERTE DE PORTANCE SUR LE CHAMP No 3

TEMPERATURES A LA SONDE NO 1103 — TENSIOMETRE No 5102 -----
CHAMP NO 1 EPAISSEUR DE LA FONDATION 50 CM
NIVEAU DES SONDES -104 CM

DATE ET HEURE DU DEBUT DE L'ESSAI 31-MAI-79/1200H

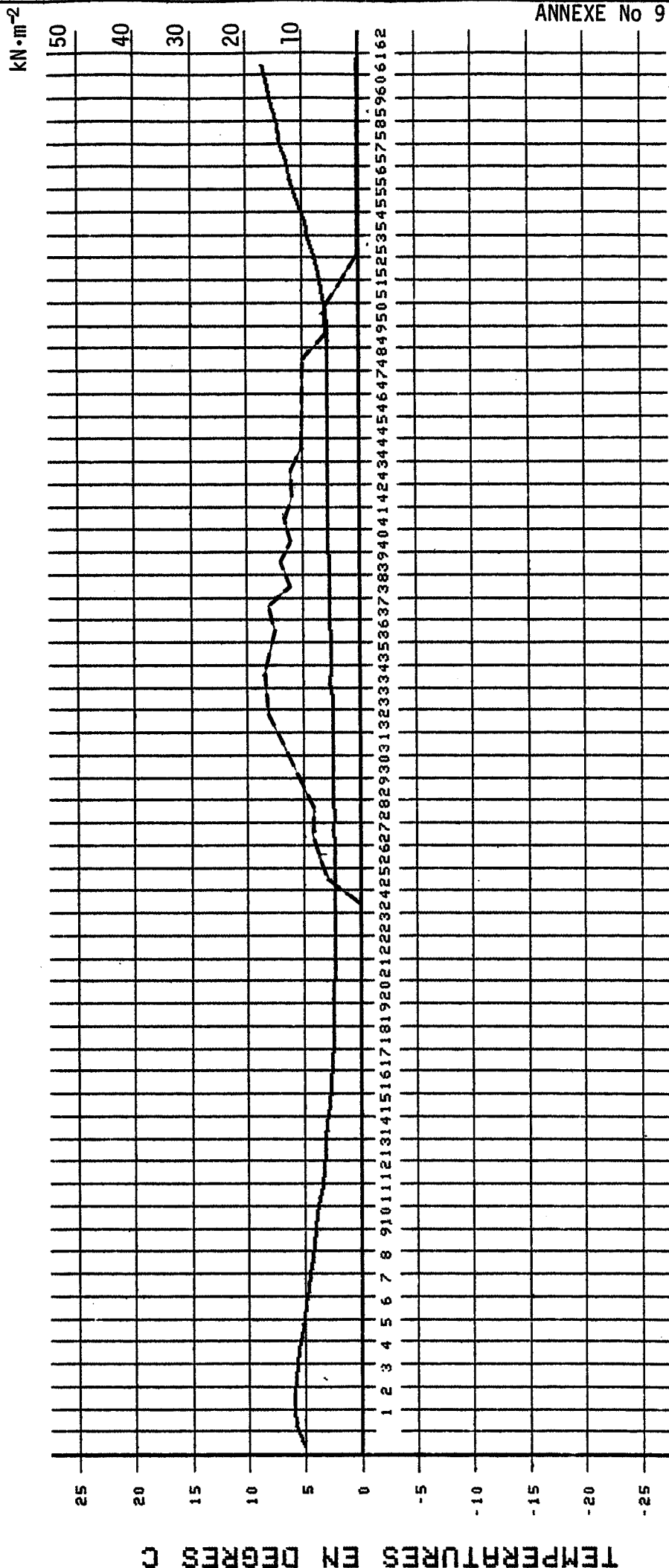


TEMPS EN JOURS 24H= 0.4 CM

2^eESSAI DE PERTE DE PORTANCE SUR LE CHAMP No 3

TEMPERATURES A LA SONDE NO 1102 ——— TENSIOMETRE No 5101 ———
CHAMP NO 1 EPAISSEUR DE LA FONDATION 50 CM
NIVEAU DES SONDES -145 CM

DATE ET HEURE DU DEBUT DE L'ESSAI 31-MAI-79/1200H



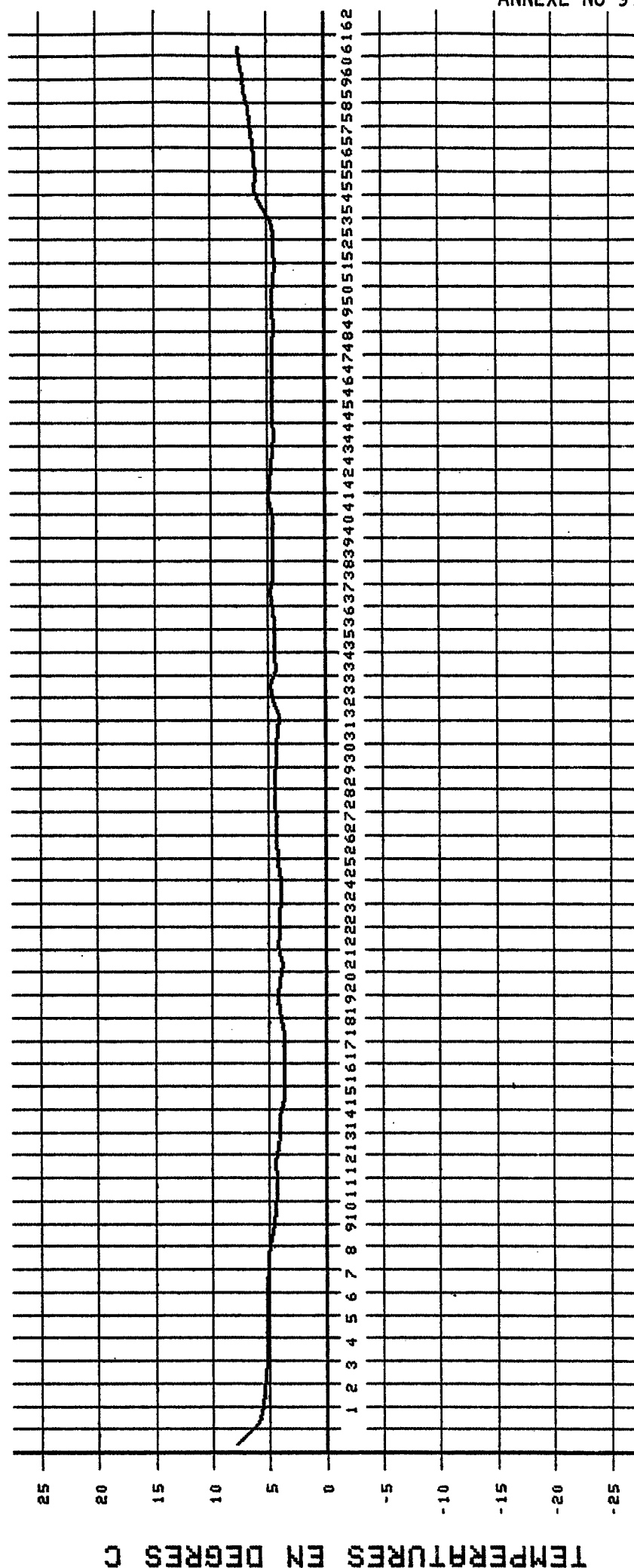
2^e ESSAI DE PERTE DE PORTANCE SUR LE CHAMP No 3

TEMPERATURES A LA SONDE NO 1101

CHAMP NO 1 EPAISSEUR DE LA FONDATION 50 CM

NIVEAU DE LA SONDE -187 CM

DATE ET HEURE DU DEBUT DE L'ESSAI 31-MAI-79/1200H



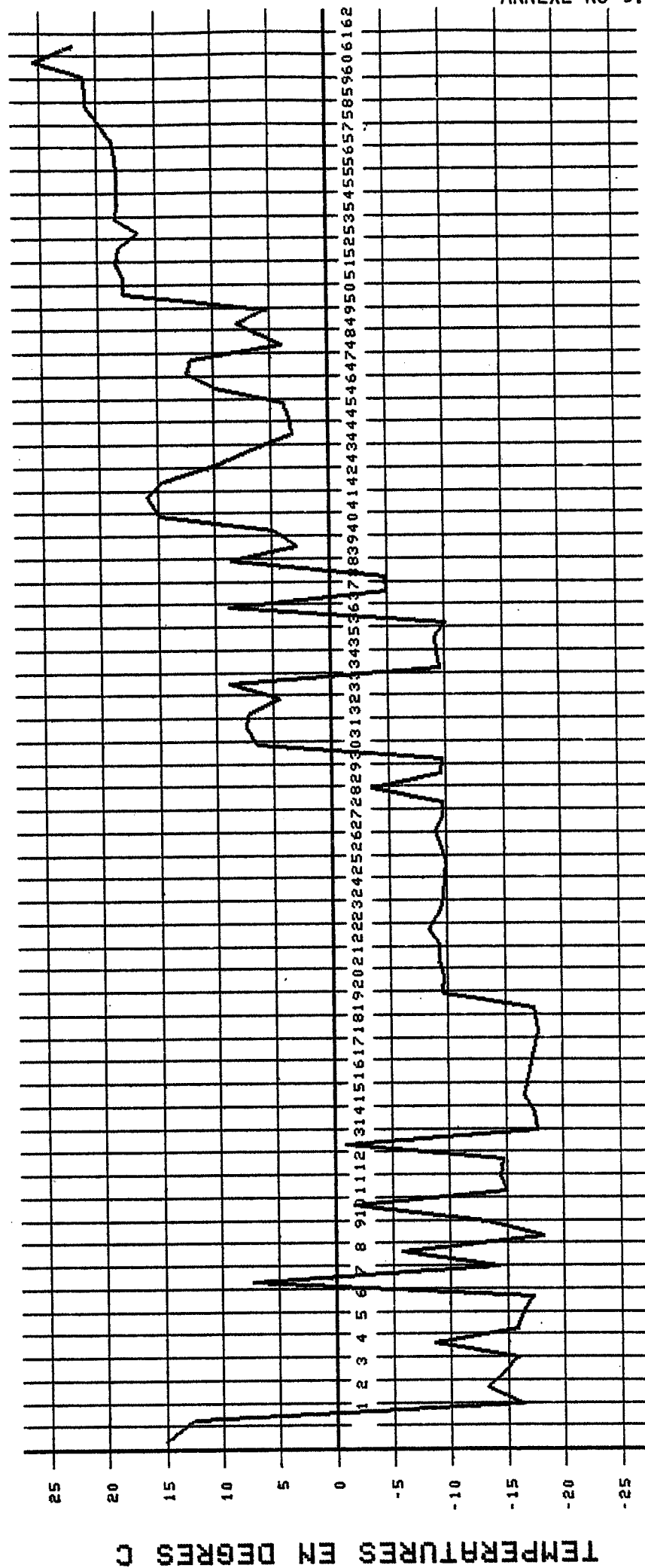
2^e ESSAI DE PERTE DE PORTANCE SUR LE CHAMP No 3

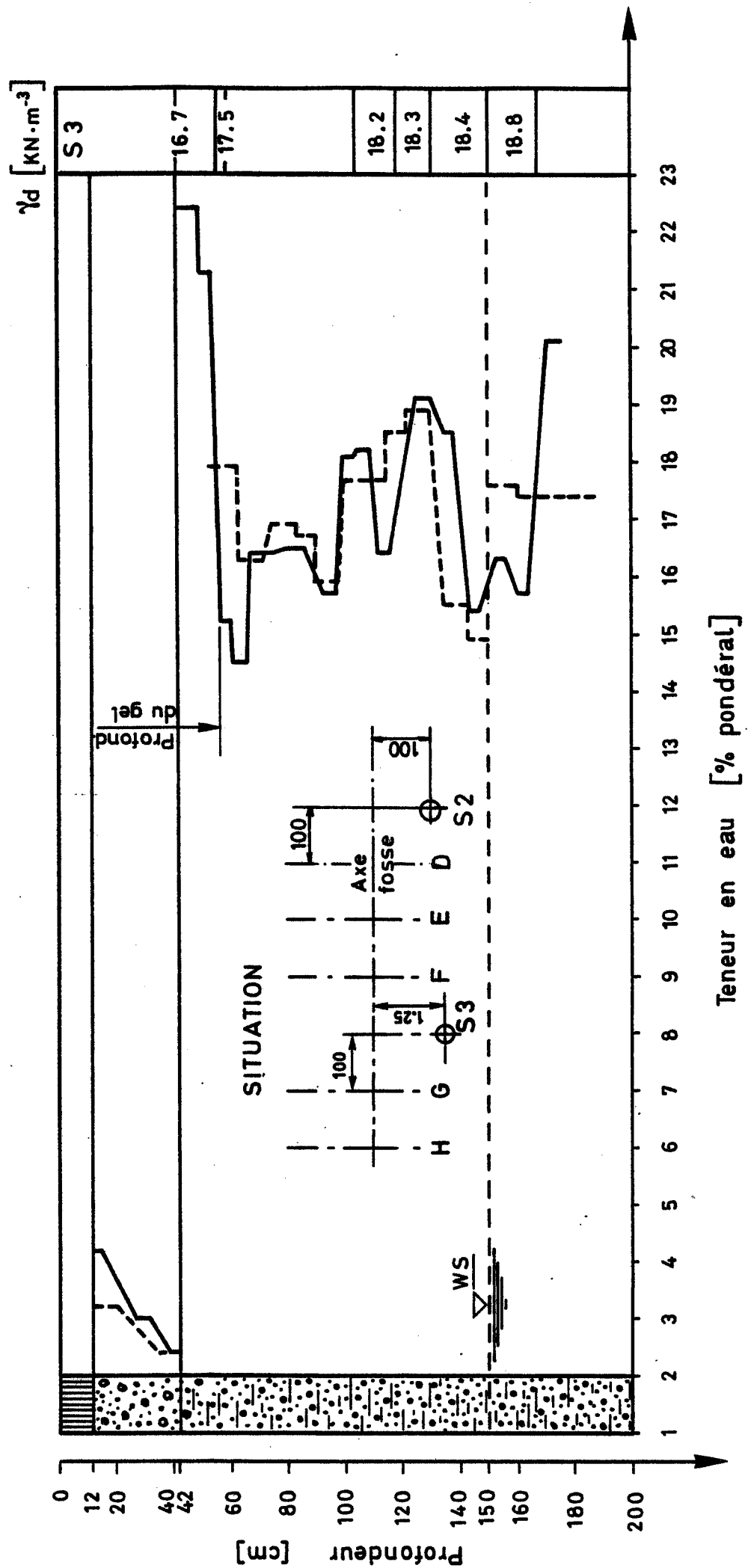
TEMPERATURES A LA SONDE NO 1210 = TEMPERATURE DE L'AIR

CHAMP NO 2 EPAISSEUR DE LA FONDATION 40 CM

NIVEAU DE LA SONDE 100 CM

DATE ET HEURE DU DEBUT DE L'ESSAI 31-MAI-79/1200H



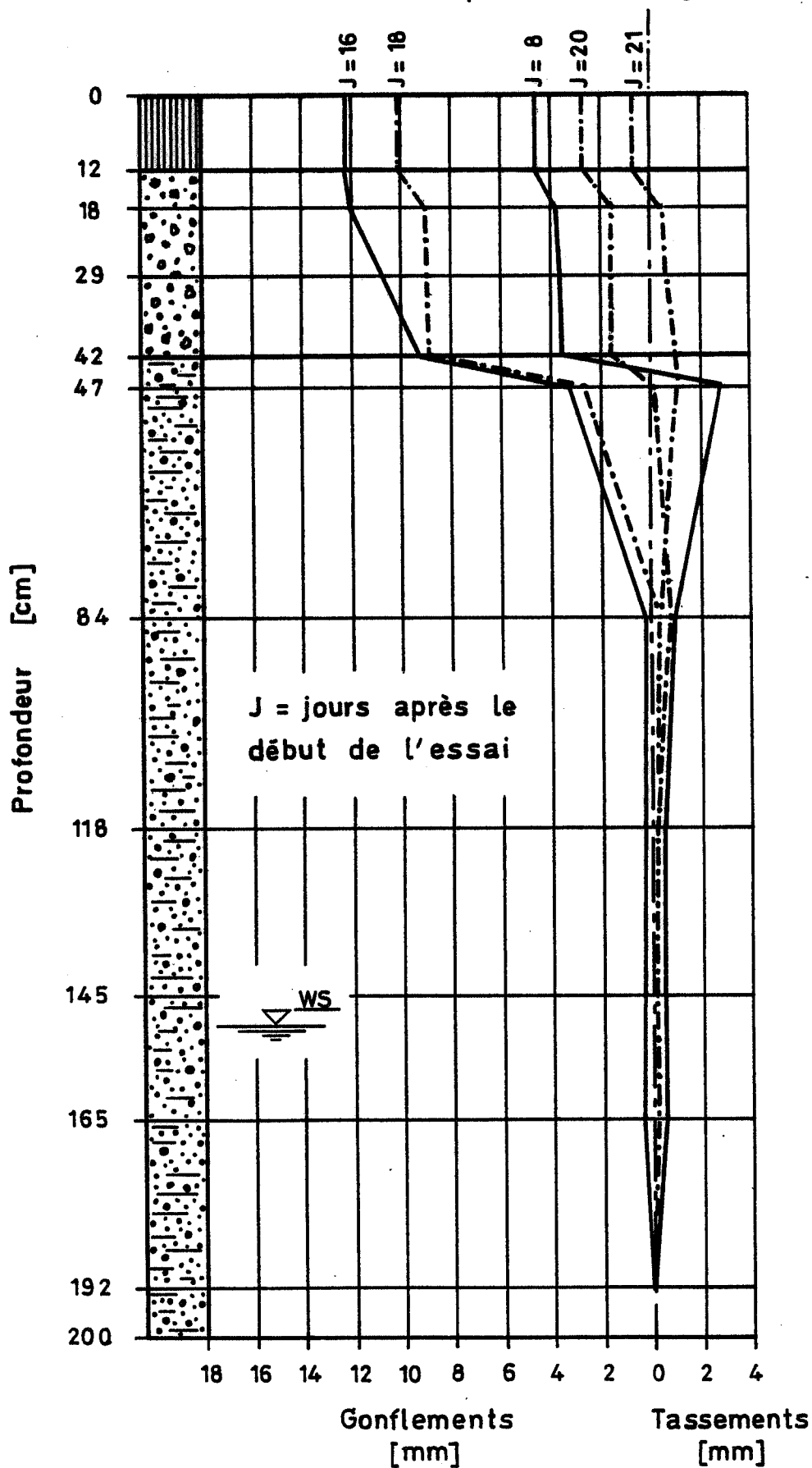


1^{er} ESSAI DE PERTE DE PORTANCE SUR LE CHAMP N° 3

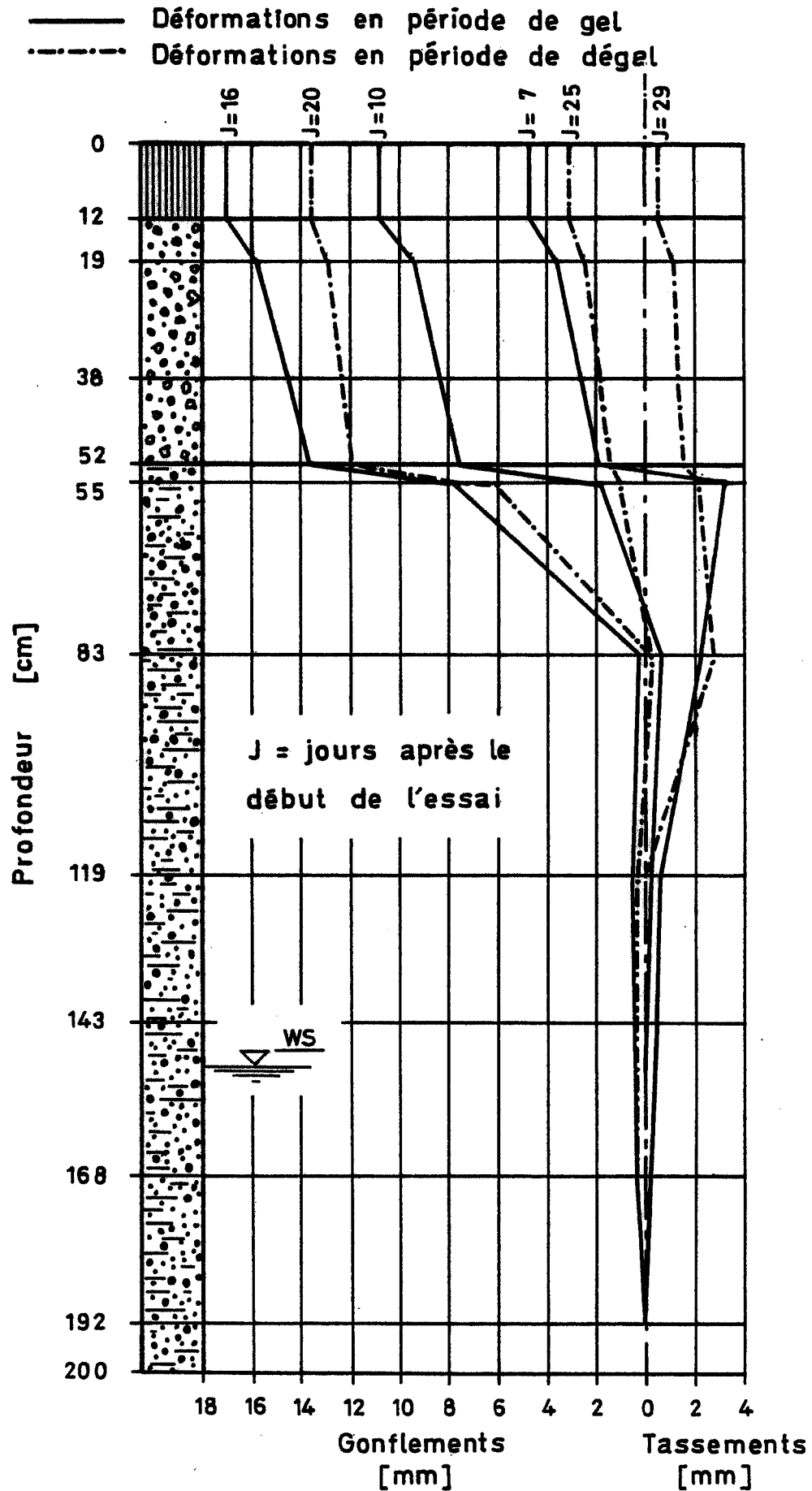
DEFORMATIONS DU MODELE

CHAMP N° 3 AXE H = AXE DE CHARGE

— Déformations en période de gel
 - - - - - Déformations en période de dégel



1^{er} ESSAI DE PERTE DE PORTANCE SUR LE CHAMP N°3
 DEFORMATIONS DU MODELE
 CHAMP N°2 AXE E

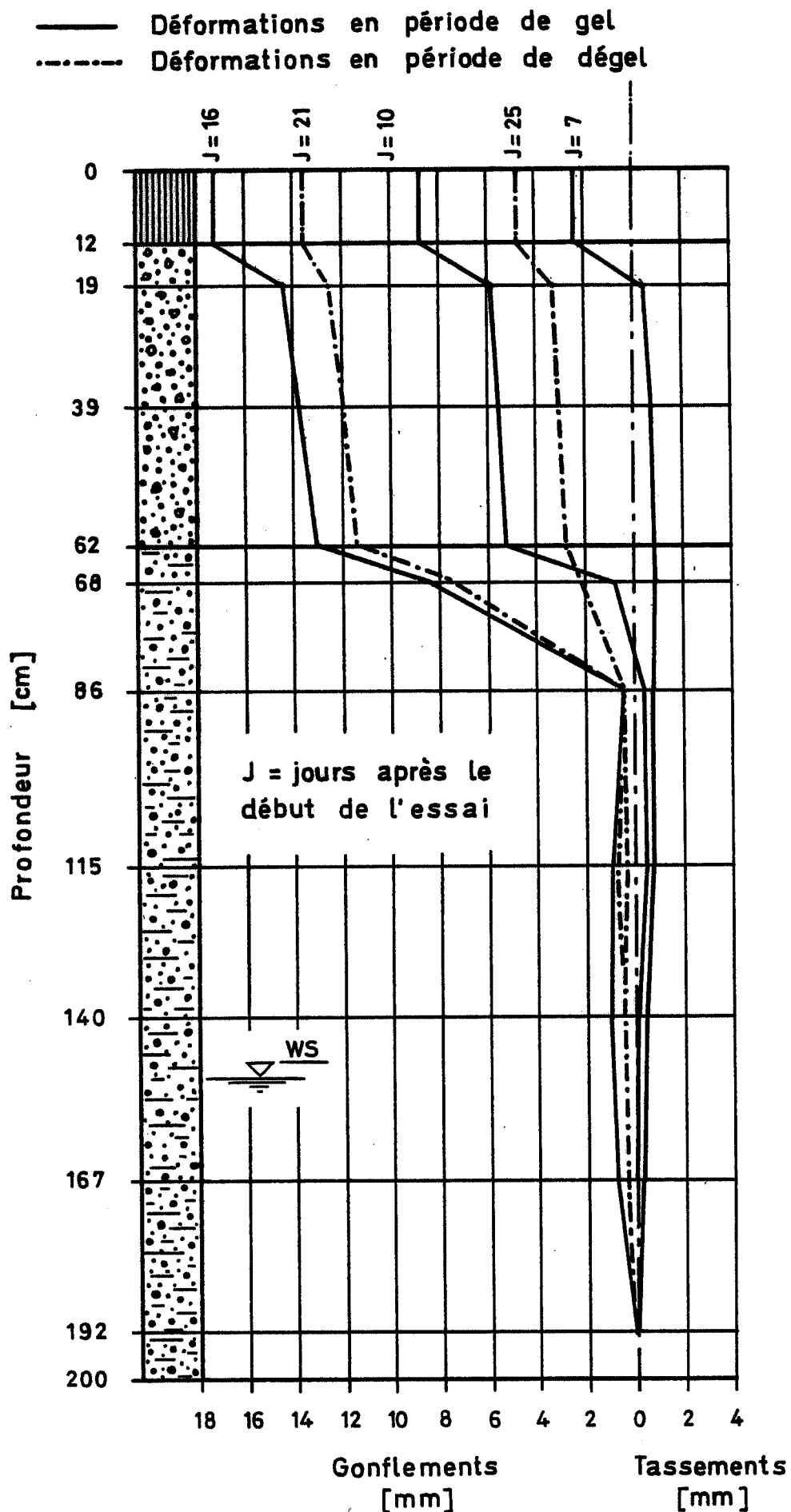


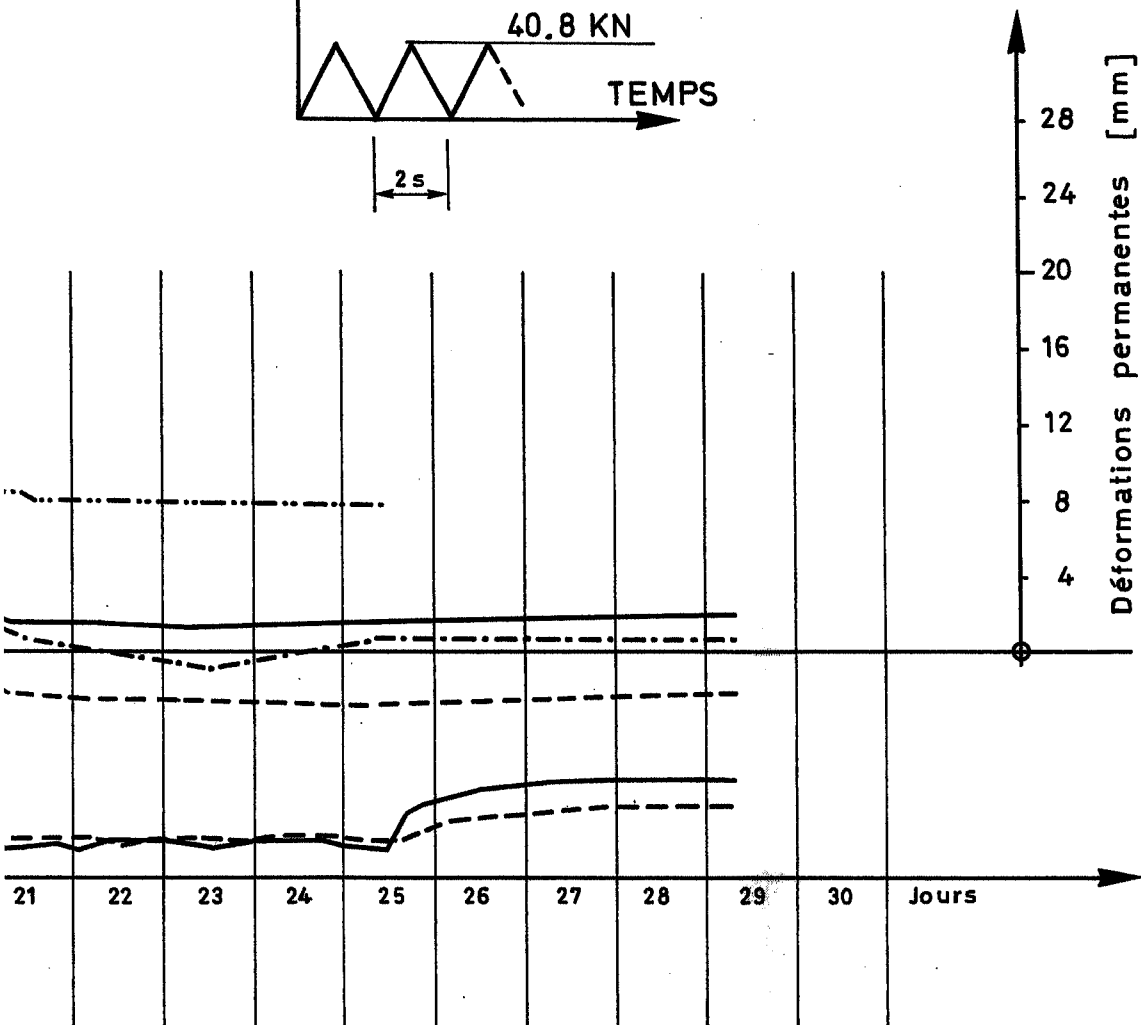
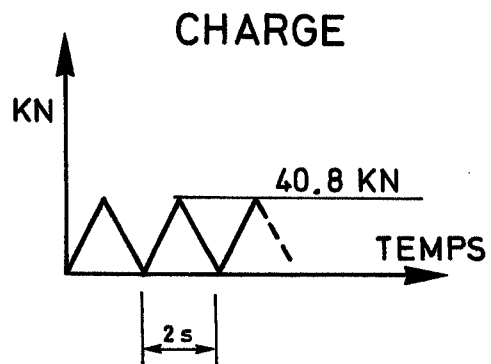
1^{er} ESSAI DE PERTE DE PORTANCE SUR LE CHAMP N° 3

DEFORMATIONS DU MODELE

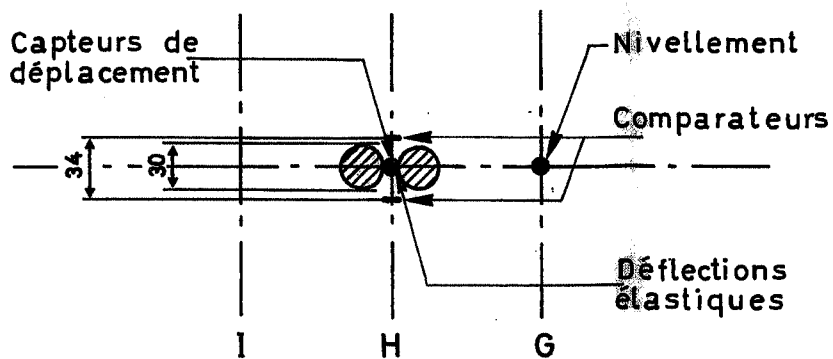
CHAMP N° 1

AXE B





SITUATION

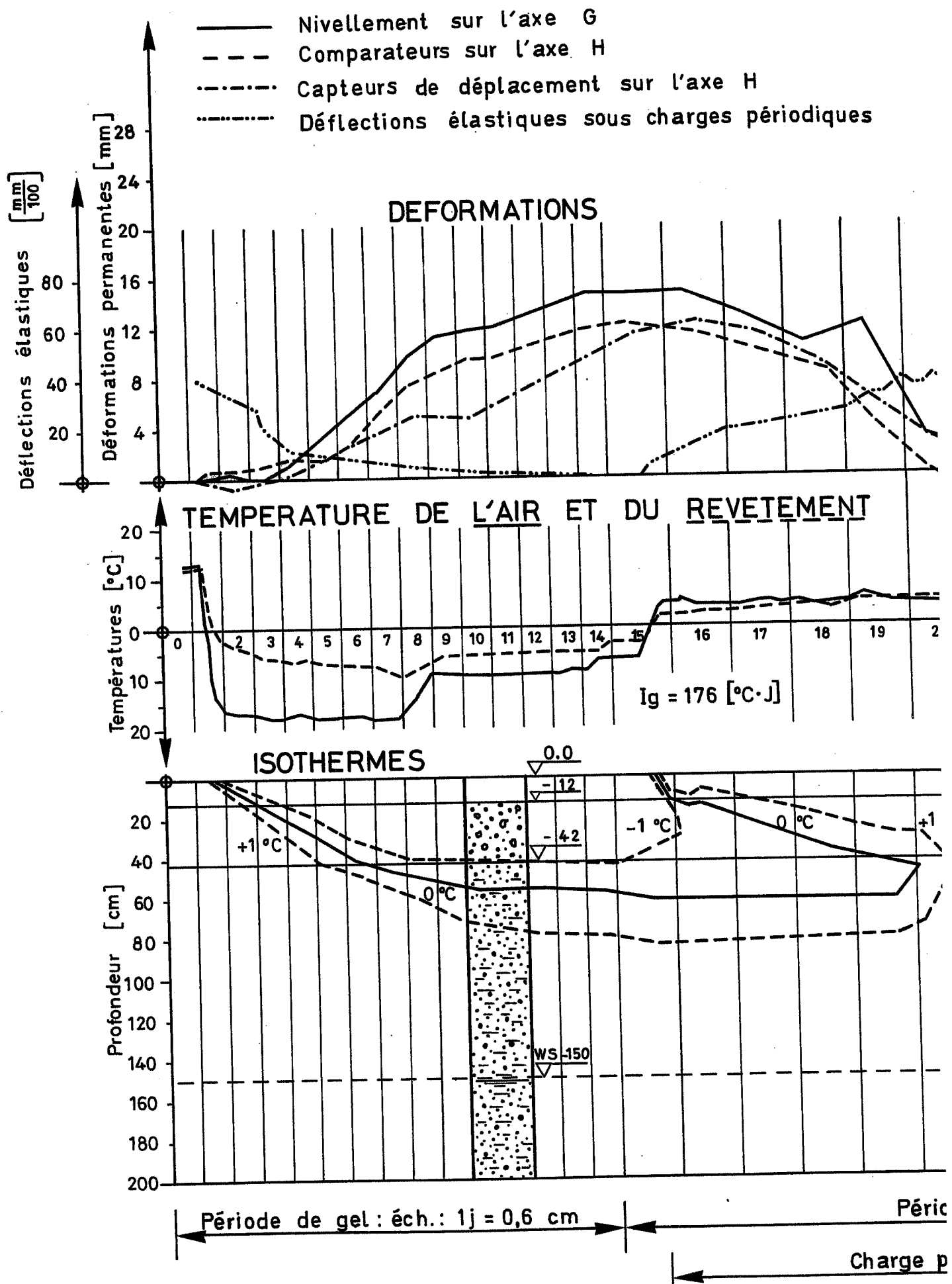


de dégel : éch. : 1 j = 1,2 cm

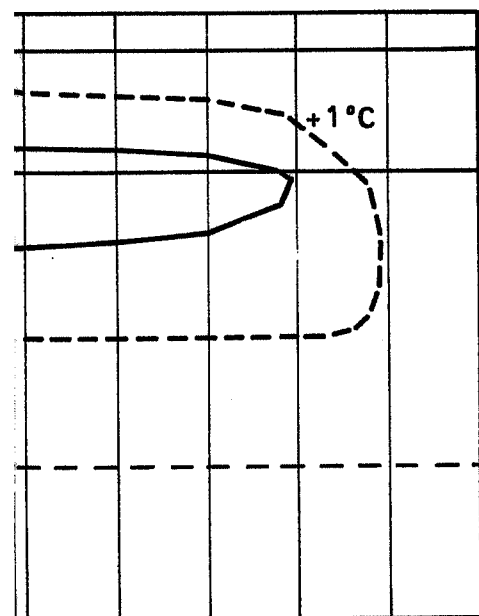
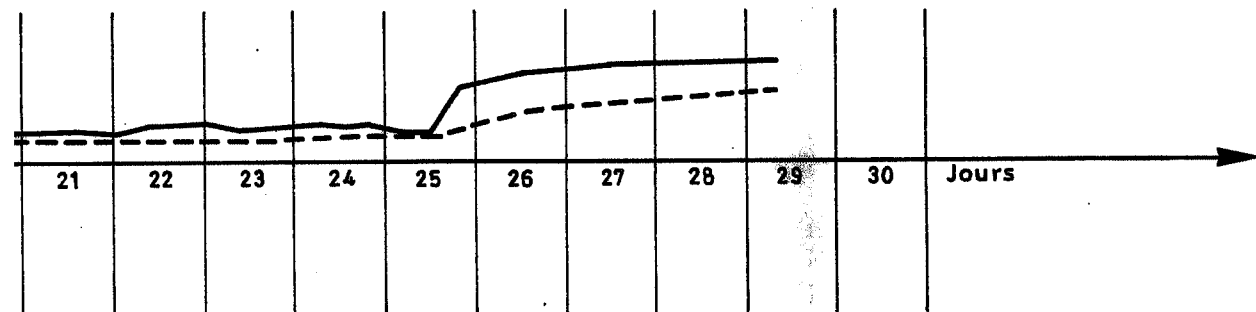
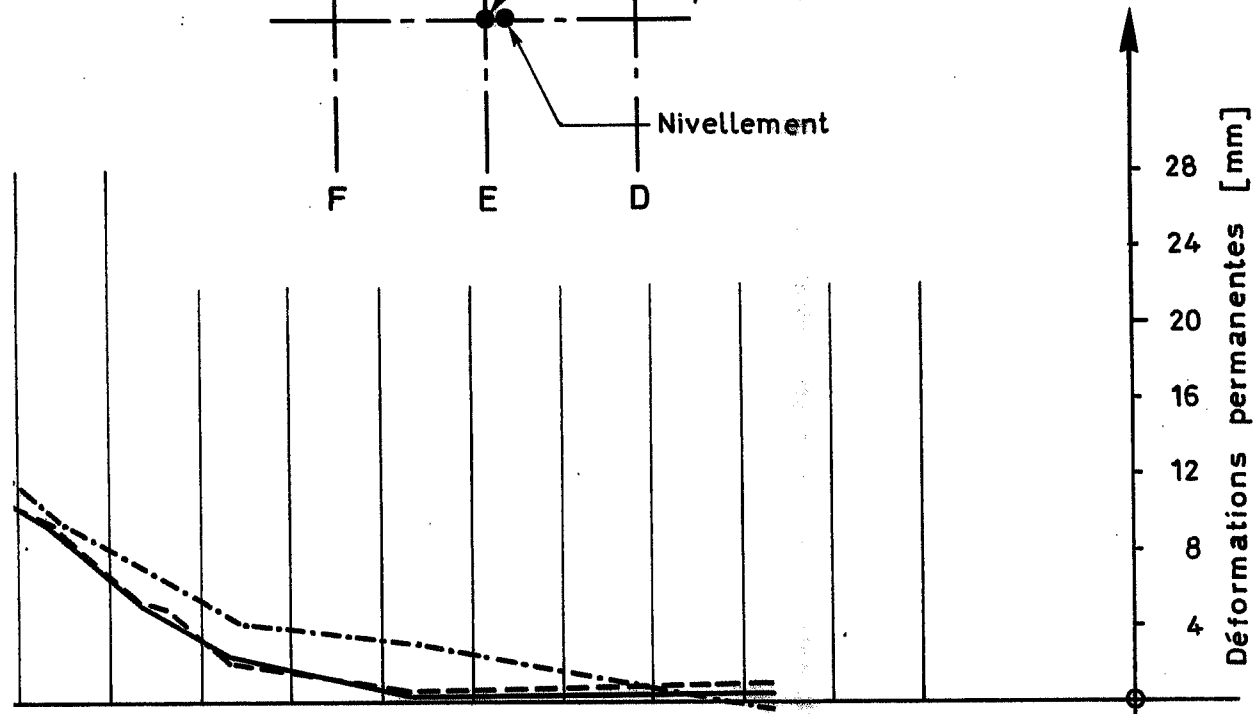
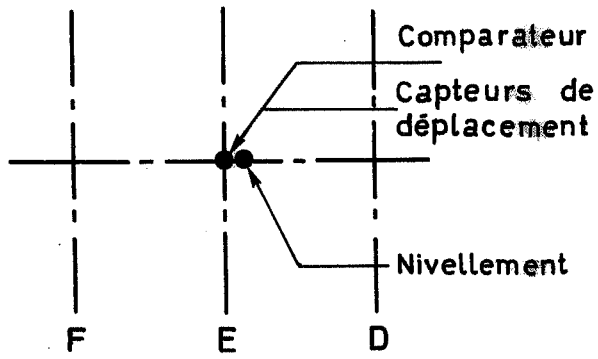
ique

1^{er} ESSAI DE PERTE DE PORTANCE SUR LE CHAMP N° 3

MESURES EFFECTUEES SUR LE CHAMP N° 3



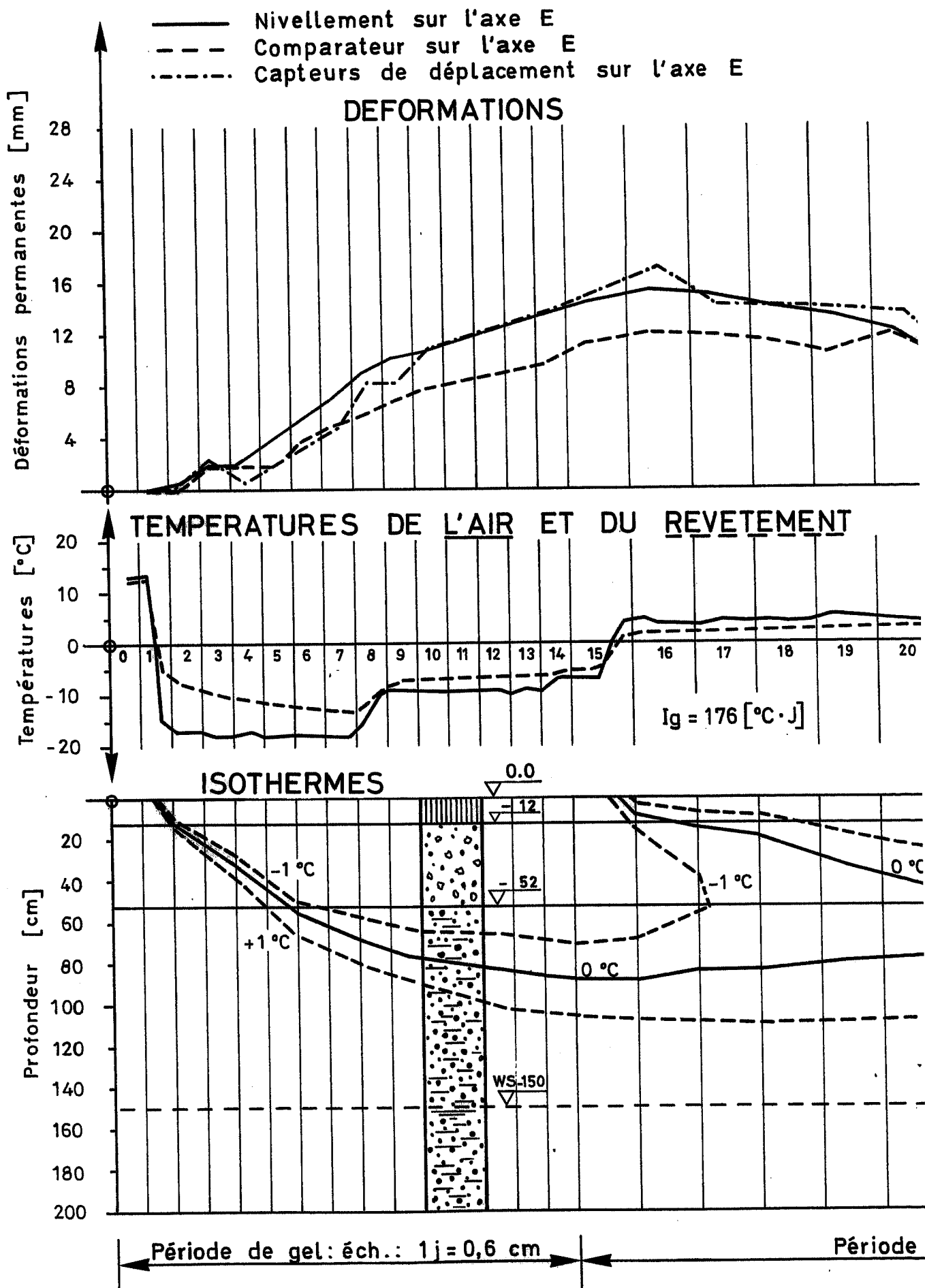
SITUATION



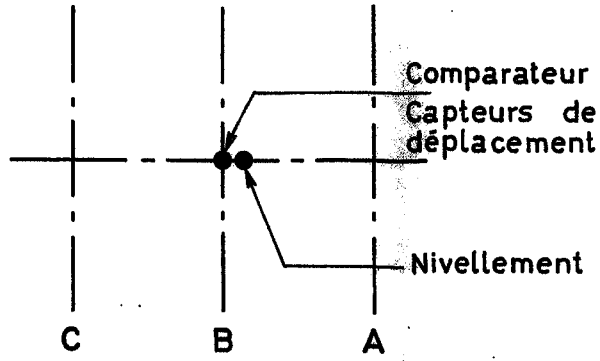
de dégel : éch. : 1j = 1,2 cm

1er ESSAI DE PERTE DE PORTANCE SUR LE CHAMP N°3

MESURES EFFECTUEES SUR LE CHAMP N° 2

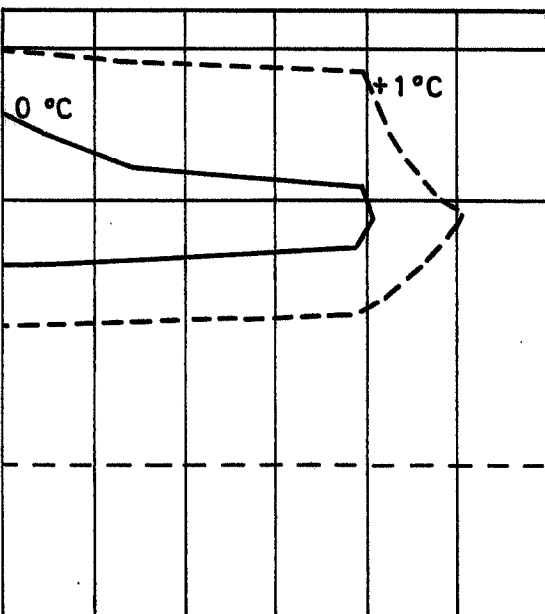
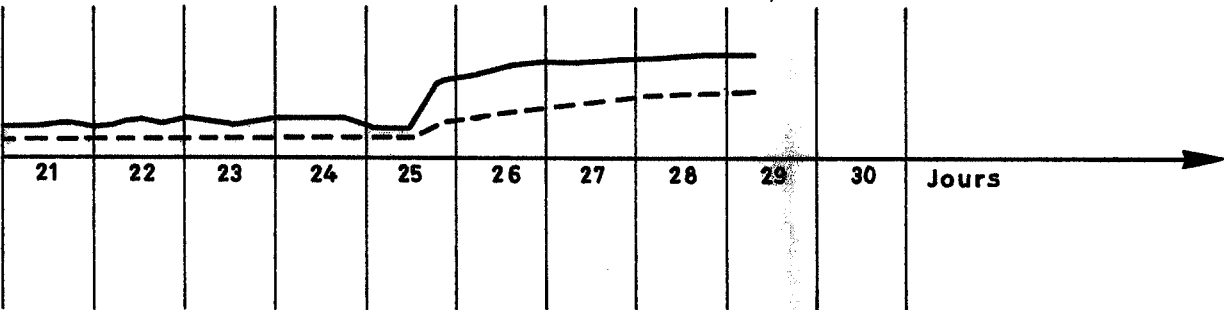
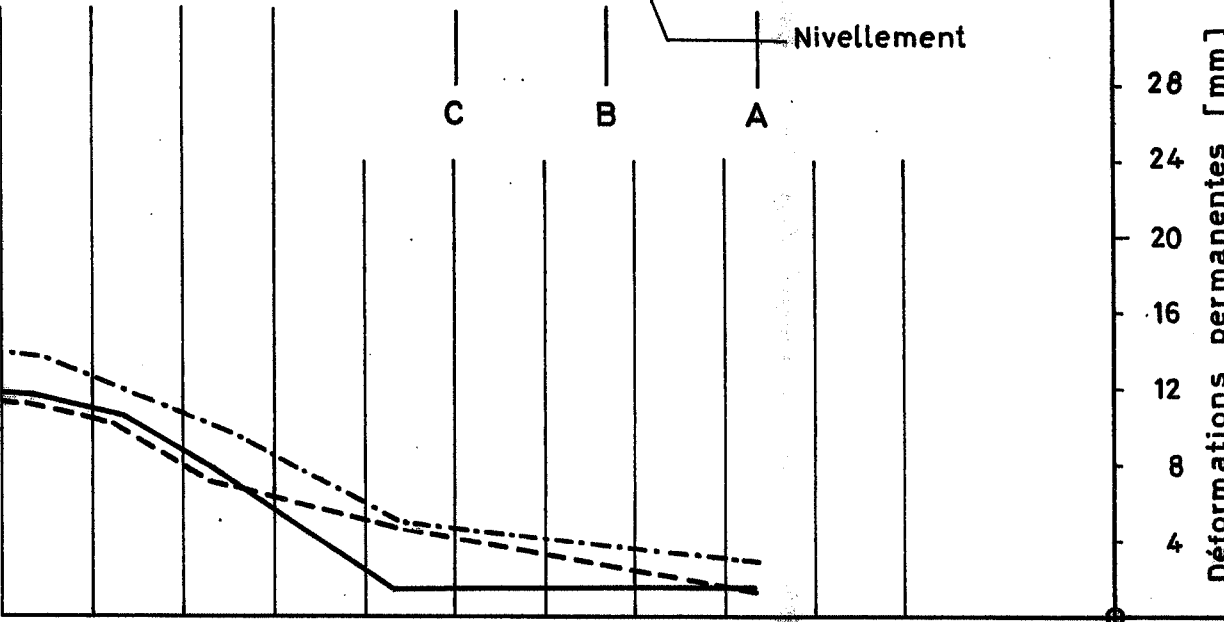


SITUATION



Déformations permanentes [mm]

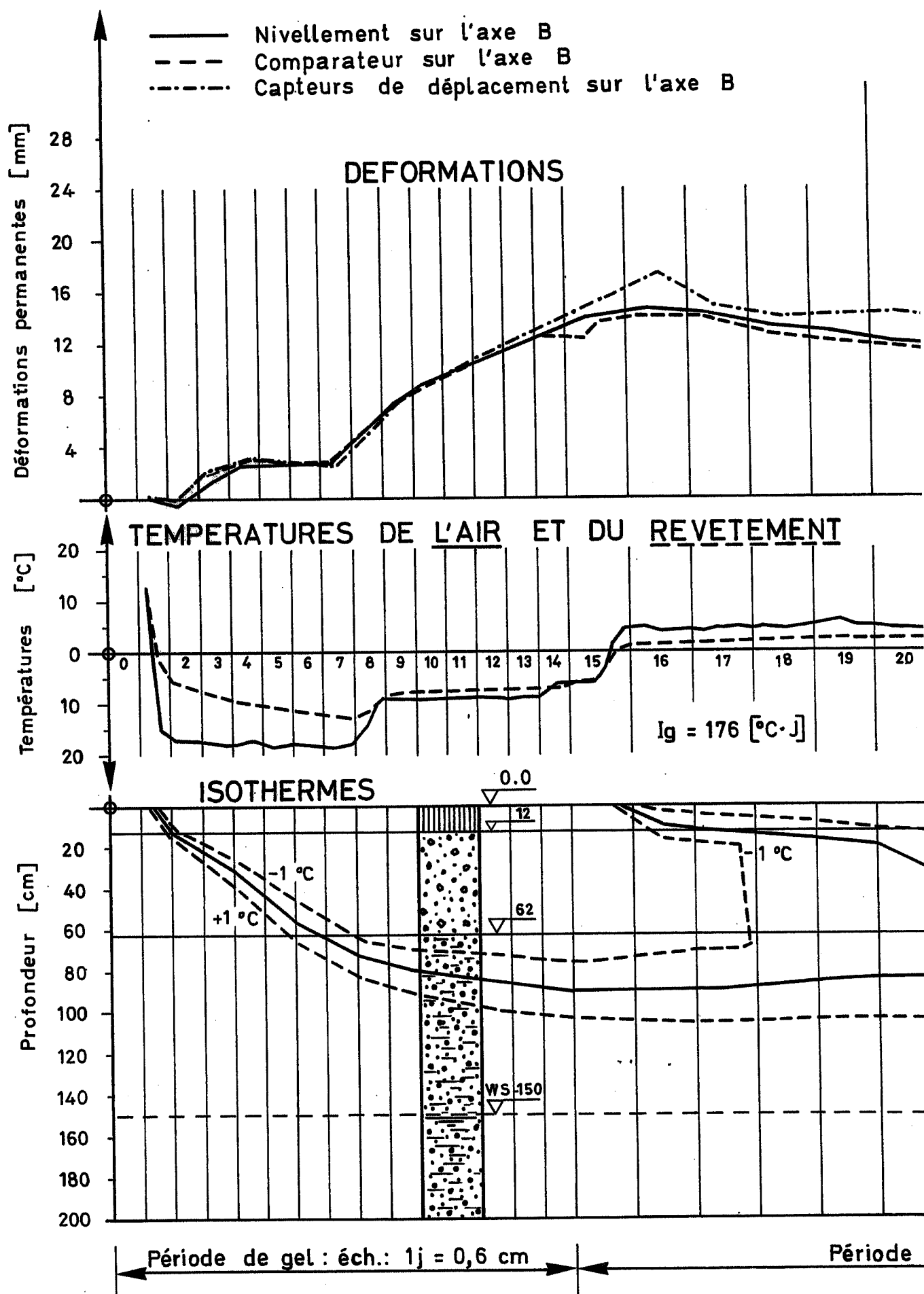
28
24
20
16
12
8
4



e dégel : éch. : 1 j = 1,2 cm

1^{er} ESSAI DE PERTE DE PORTANCE SUR LE CHAMP N° 3

MESURES EFFECTUEES SUR LE CHAMP N°1



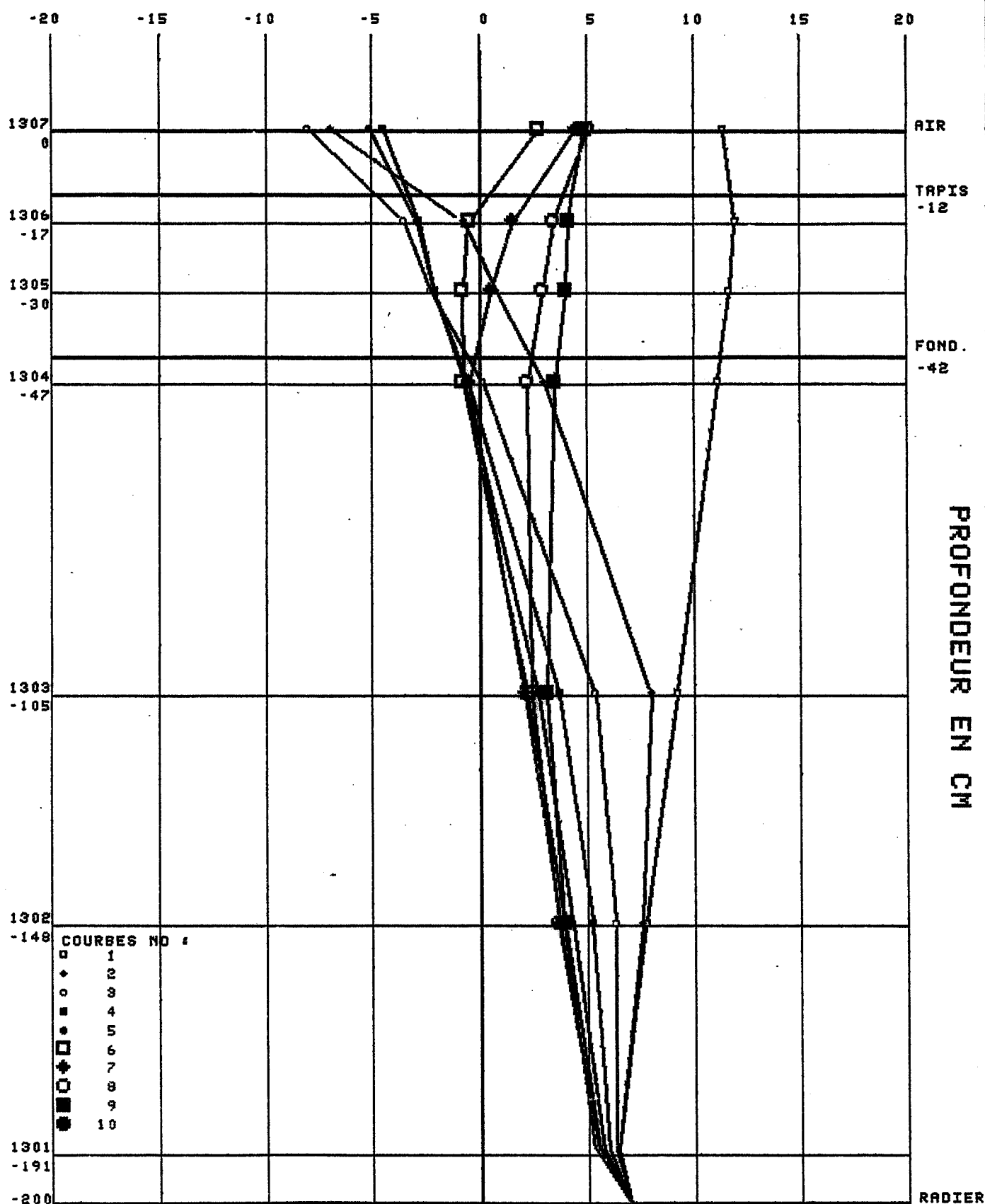
1^{er} ESSAI DE PERTE DE PORTANCE SUR LE CHAMP No 3

TAUTOCHRONES DU CHAMP NO 3 ECART = 72 H.

EPAISSEUR DE LA FONDATION 30 CM

JOUR ET HEURE DU PREMIER TAUTOCHRONE 1J 7H

TEMPERATURE EN DEGRES C



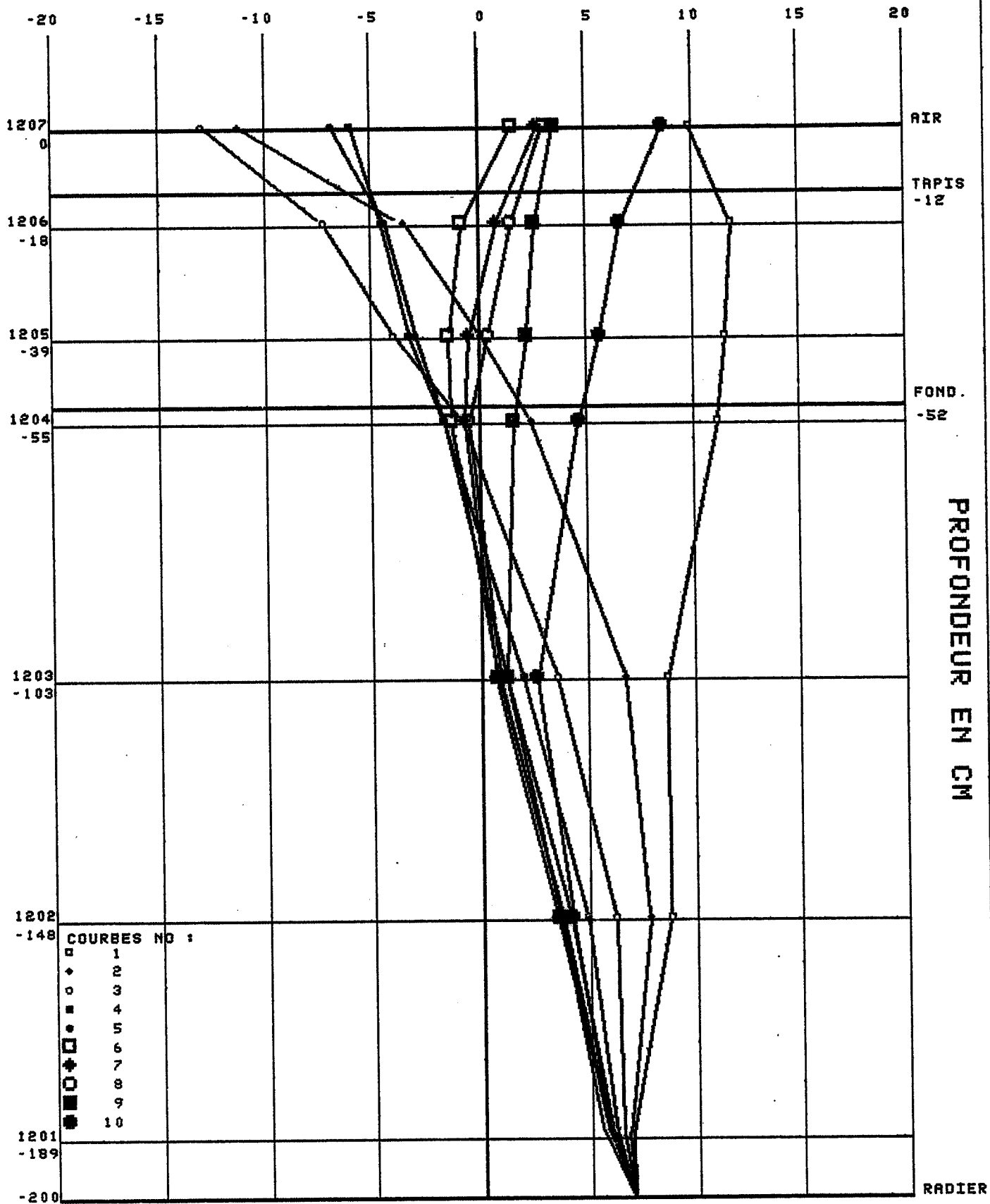
1^{er} ESSAI DE PERTE DE PORTANCE SUR LE CHAMP No 3

TAUTOCHRONES DU CHAMP NO 2 ECART = 72 H.

EPAISSEUR DE LA FONDATION 40 CM

JOUR ET HEURE DU PREMIER TAUTOCHRONE 1 J 7 H

TEMPERATURE EN DEGRES C



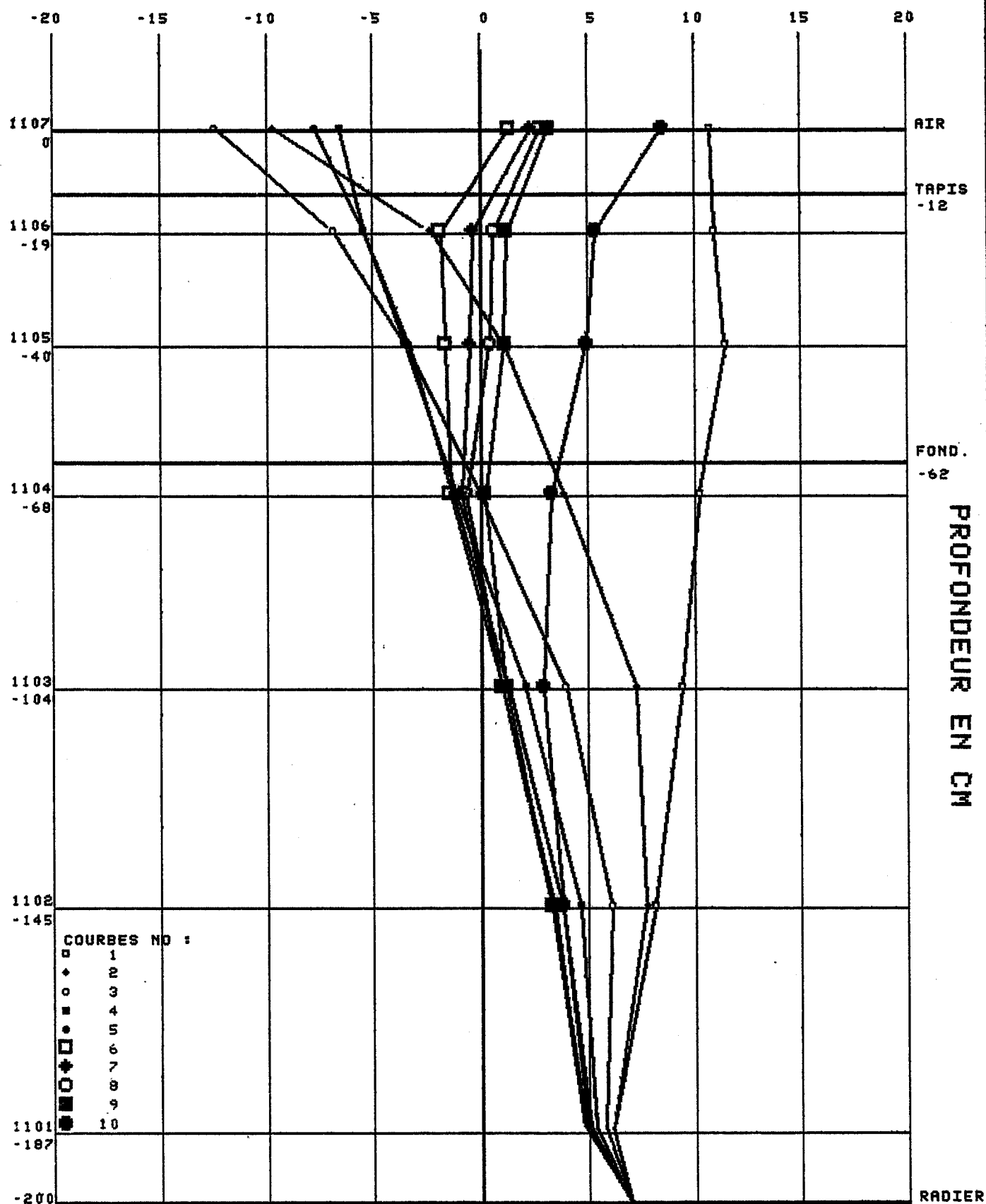
1^{er} ESSAI DE PERTE DE PORTANCE SUR LE CHAMP No 3

TAUTOCHRONES DU CHAMP NO 1 ECART = 72 H.

EPAISSEUR DE LA FONDATION 50 CM

JOUR ET HEURE DU PREMIER TAUTOCHRONE 1J 7H

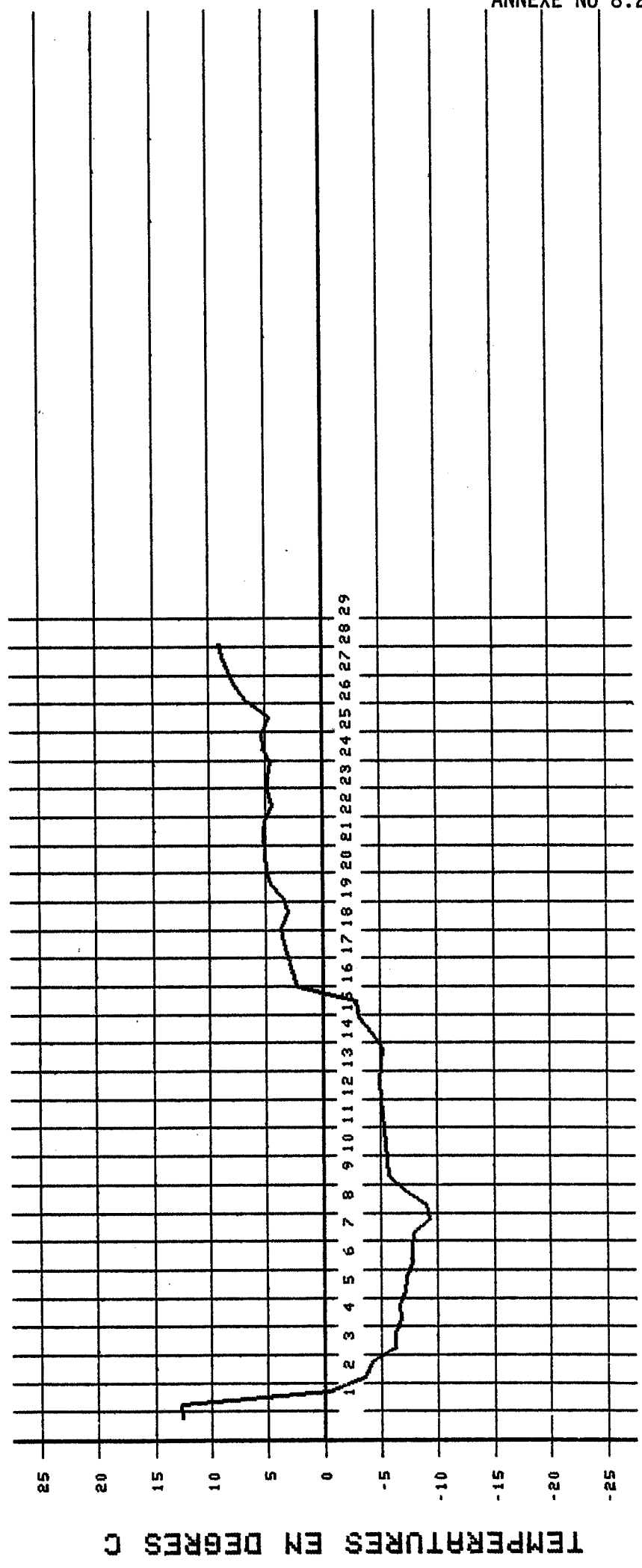
TEMPERATURE EN DEGRES C



1^{er} ESSAI DE PERTE DE PORTANCE SUR LE CHAMP No 3

TEMPERATURES A LA SONDE NO 1307
CHAMP NO 3 EPAISSEUR DE LA FONDATION 30 CM
NIVEAU DE LA SONDE 0 CM

DATE ET HEURE DU DEBUT DE L'ESSAI 30-APR-79/1700H



TEMPS EN JOURS 24H= 0.5 CM

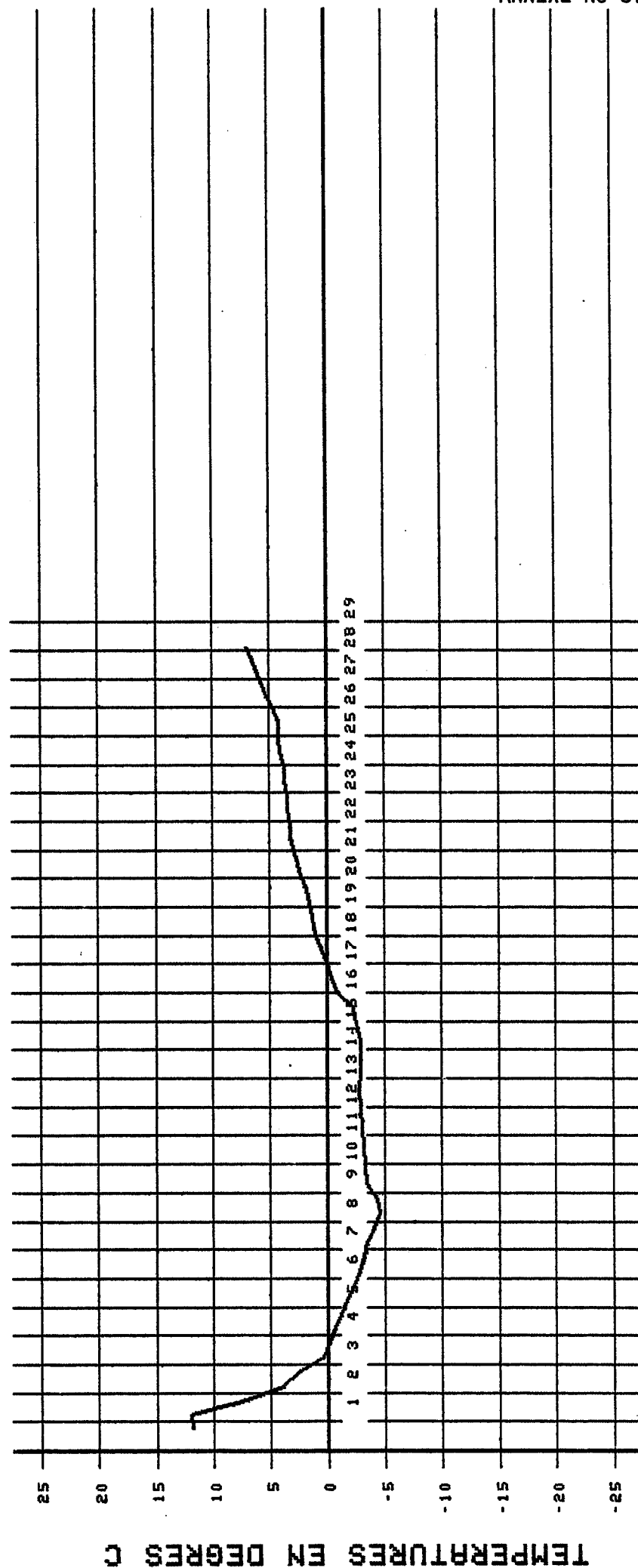
1^{er} ESSAI DE PERTE DE PORTANCE SUR LE CHAMP No 3

TEMPERATURES A LA SONDE NO 1306

CHAMP NO 3 EPAISSEUR DE LA FONDATION 30 CM

NIVEAU DE LA SONDE -17 CM

DATE ET HEURE DU DEBUT DE L'ESSAI 30-APR-79/1700H



TEMPS EN JOURS 24H= 0.5 CM

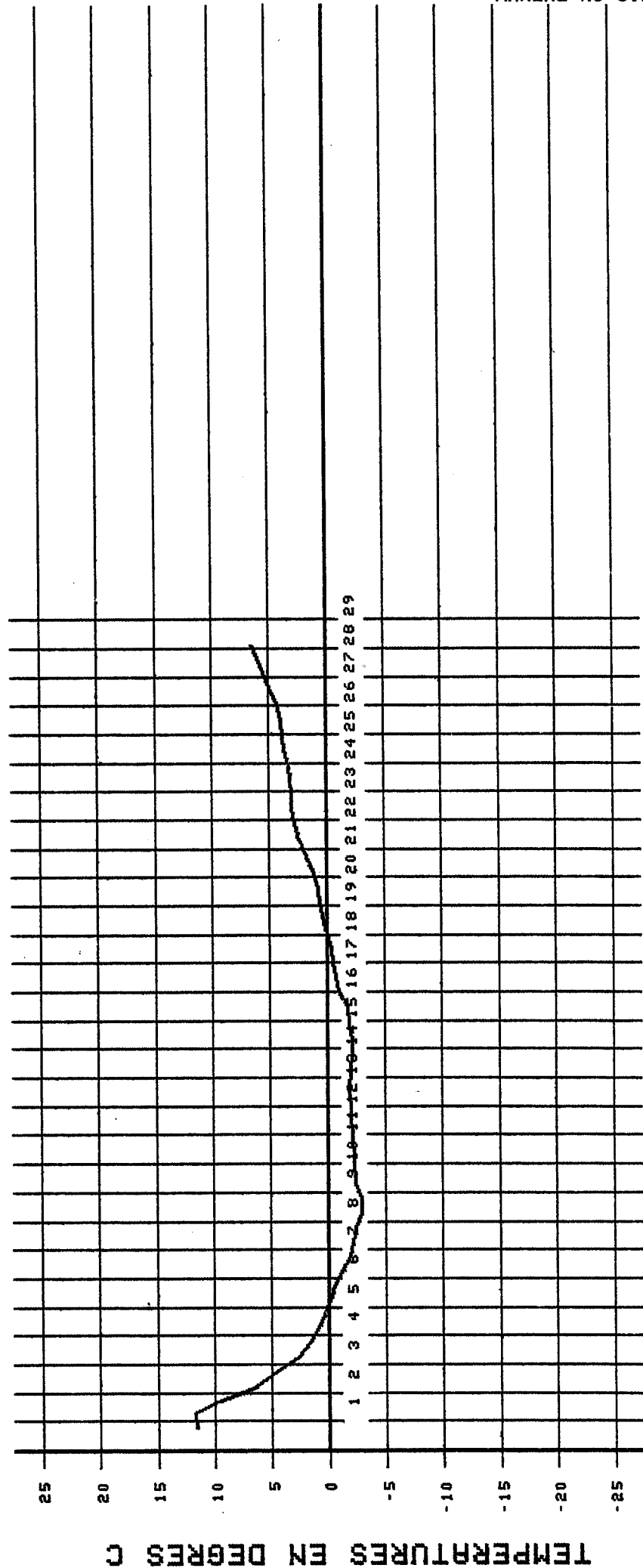
1^{er} ESSAI DE PERTE DE PORTANCE SUR LE CHAMP No 3

TEMPERATURES A LA SONDE NO 1305

CHAMP NO 3 EPAISSEUR DE LA FONDATION 30 CM

NIVEAU DE LA SONDE -30 CM

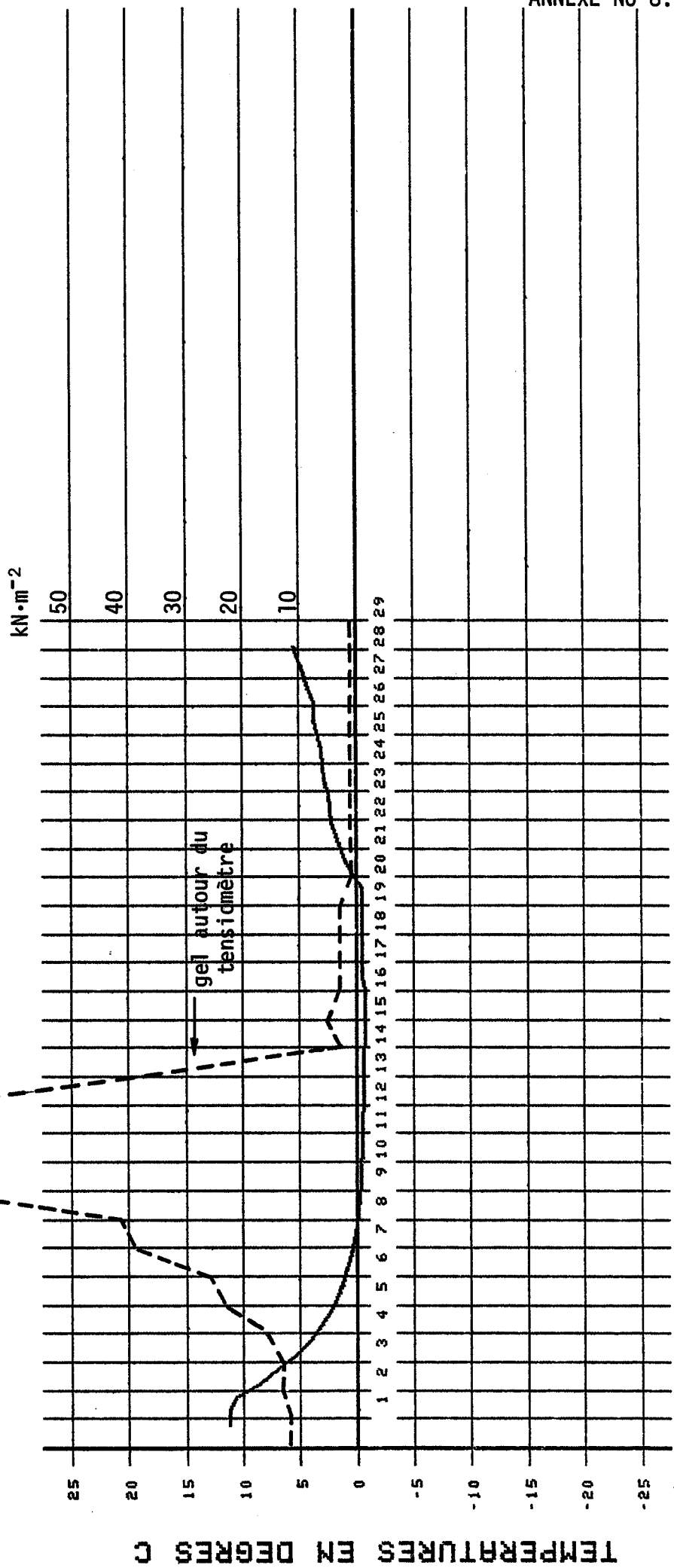
DATE ET HEURE DU DEBUT DE L'ESSAI 30- AVR-79/1700H



1^e ESSAI DE PERTE DE PORTANCE SUR LE CHAMP No 3

TEMPERATURES A LA SONDE NO 1304 — TENSIOMETRE No 5303 -----
CHAMP NO 3 EPAISSEUR DE LA FONDATION 30 CM
NIVEAU DES SONDES -47 CM

DATE ET HEURE DU DEBUT DE L'ESSAI 30-APR-79/1700H



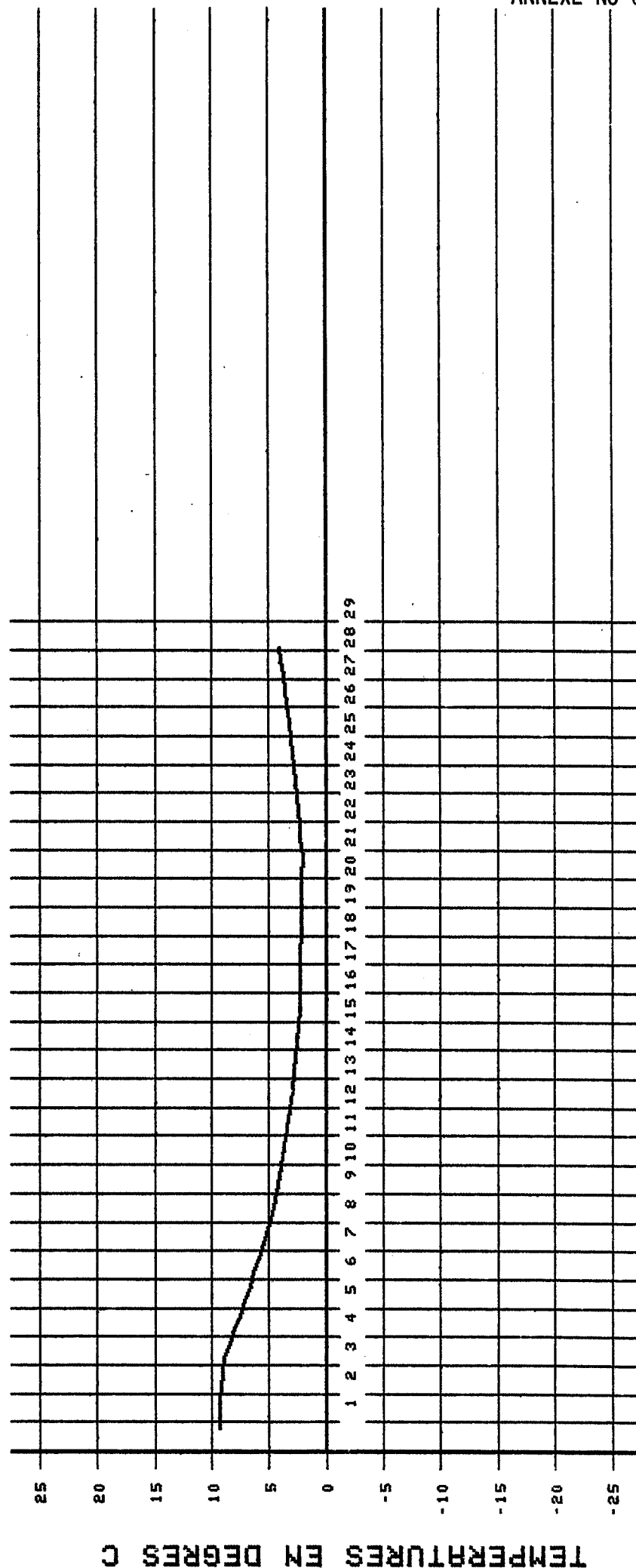
1^{er} ESSAI DE PERTE DE PORTANCE SUR LE CHAMP No 3

TEMPERATURES A LA SONDE NO 1303

CHAMP NO 3 EPAISSEUR DE LA FONDATION 30 CM

NIVEAU DE LA SONDE -105 CM

DATE ET HEURE DU DEBUT DE L'ESSAI 30-APR-79/1700H



TEMPS EN JOURS 24H = 0.5 CM

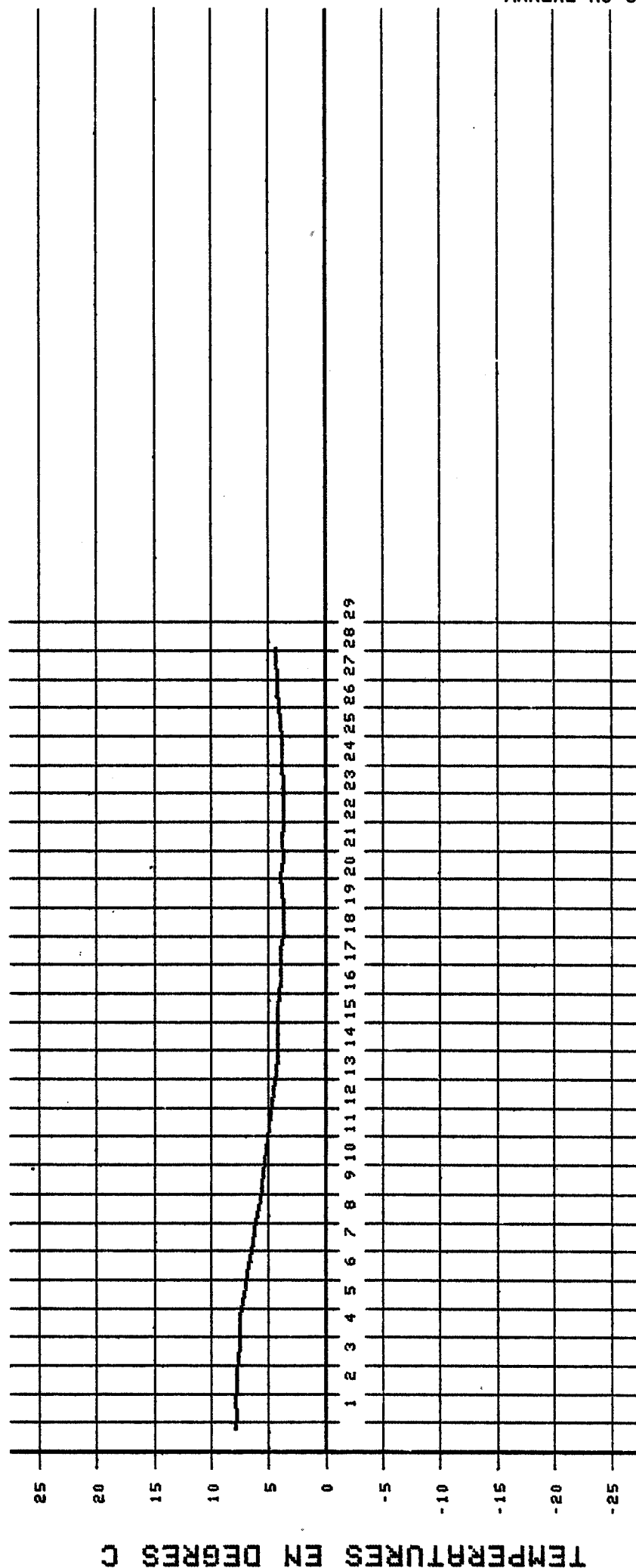
1^{er} ESSAI DE PERTE DE PORTANCE SUR LE CHAMP No 3

TEMPERATURES A LA SONDE NO 1302

CHAMP NO 3 EPAISSEUR DE LA FONDATION 30 CM

NIVEAU DE LA SONDE -148 CM

DATE ET HEURE DU DEBUT DE L'ESSAI 30-APR-79/1700H



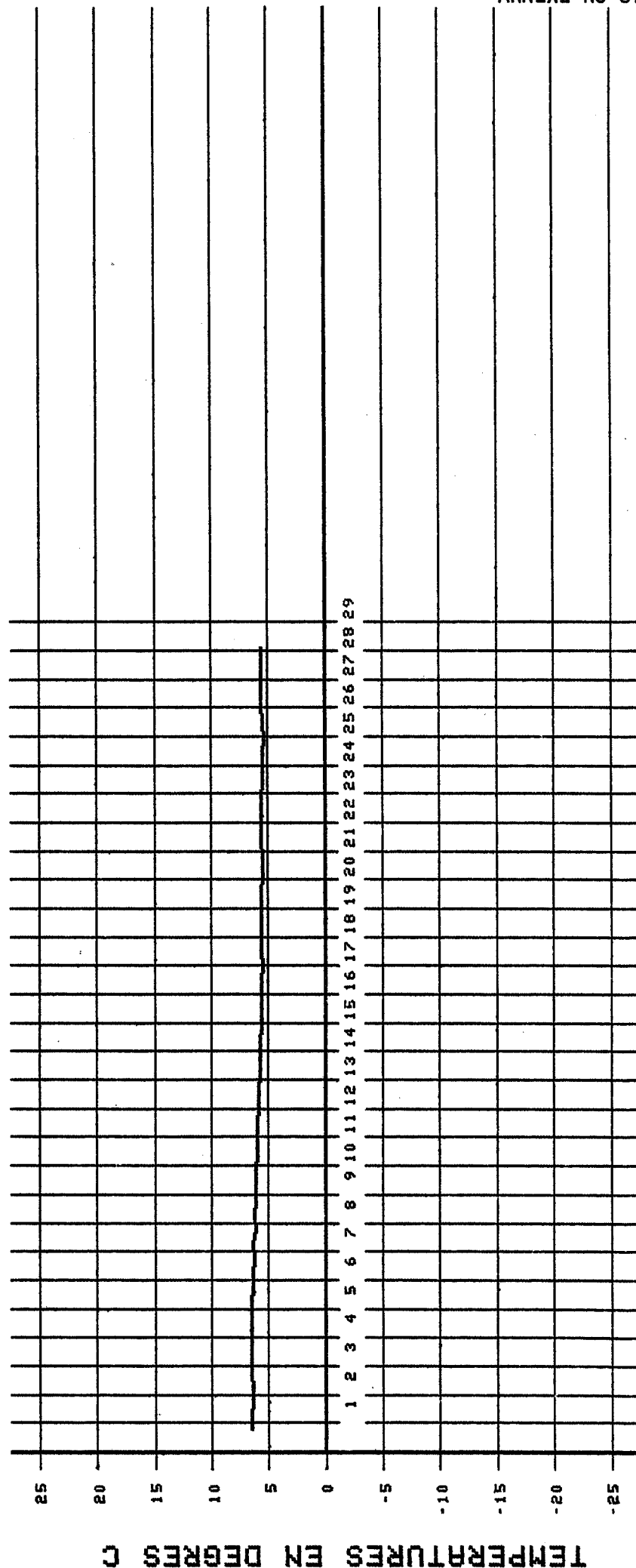
1^{er} ESSAI DE PERTE DE PORTANCE SUR LE CHAMP No 3

TEMPERATURES A LA SONDE NO 1301

CHAMP NO 3 EPAISSEUR DE LA FONDATION 30 CM

NIVEAU DE LA SONDE -191 CM

DATE ET HEURE DU DEBUT DE L'ESSAI 30-APR-79/1700H



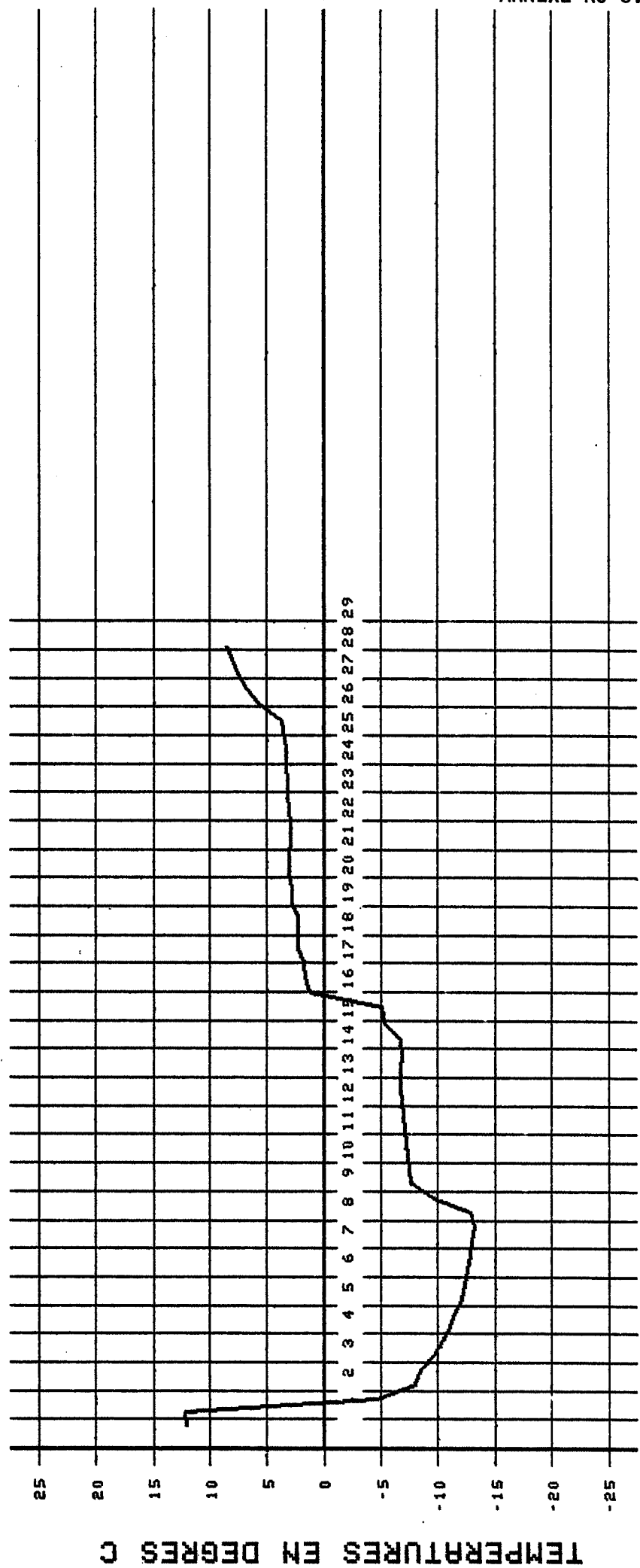
1^{er} ESSAI DE PERTE DE PORTANCE SUR LE CHAMP No 3

TEMPERATURES A LA SONDE NO 1207

CHAMP NO 2 EPAISSEUR DE LA FONDATION 40 CM

NIVEAU DE LA SONDE 0 CM

DATE ET HEURE DU DEBUT DE L'ESSAI 30-APR-79/1700H

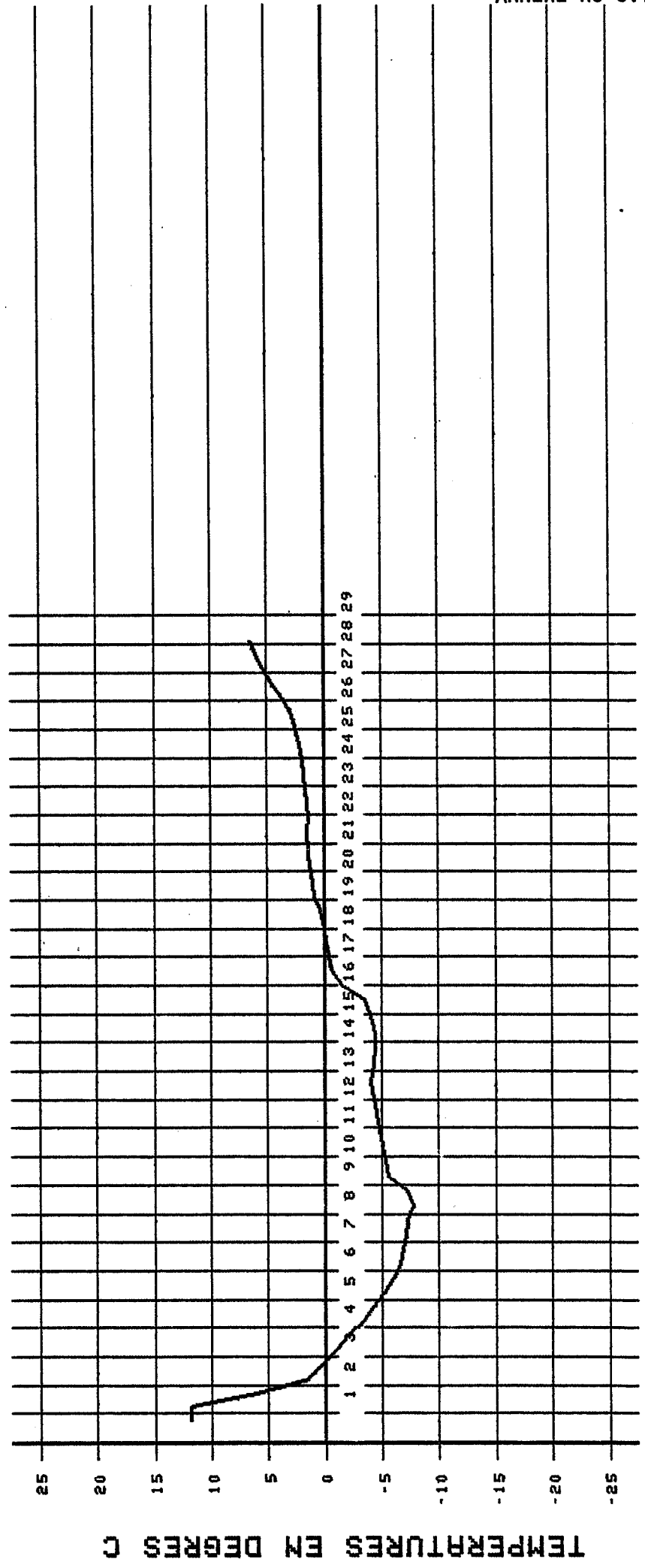


TEMPS EN JOURS 24H= 0.5 CM

1^{er} ESSAI DE PERTE DE PORTANCE SUR LE CHAMP No 3

TEMPERATURES A LA SONDE NO 1206
CHAMP NO 2 EPAISSEUR DE LA FONDATION 40 CM
NIVEAU DE LA SONDE -18 CM

DATE ET HEURE DU DEBUT DE L'ESSAI 30-avr-79/1700H



1^{er} ESSAI DE PERTE DE PORTANCE SUR LE CHAMP No 3

TEMPERATURES A LA SONDE NO 1205

CHAMP NO 2 EPAISSEUR DE LA FONDATION 40 CM

NIVEAU DE LA SONDE -39 CM

DATE ET HEURE DU DEBUT DE L'ESSAI 30-APR-79/1700H

