

**RAPPORT RELATIF A LA CAMPAGNE GEOPHYSIQUE REALISEE DANS  
LE CADRE DE L'ETUDE DE LA PLAINE ALLUVIALE EN RIVE DROITE  
DE LA LESSE ENTRE LES LIMITES DU PARC DES GROTTES ET LE  
GOUFFRE DE BELVAUX A HAN SUR LESSE.**

**L. FUNCKEN P. GILLES (S.C.U.C.L.)**

---

Dans le cadre des études et recherches, sur le massif de Boine à Han-sur-Lesse, le Spéléo Club de l'Université catholique de Louvain, (S.C.U.C.L.) a réalisé une campagne géophysique par sismique réfraction en rive droite de la Lesse entre les limites du Parc et le Gouffre de Belvaux.

Suite à diverses crues, il avait été remarqué que la Lesse avait érodé considérablement son lit en rive droite entre la limite du parc et le gouffre de Belvaux.

La présente campagne de prospection sismique avait pour objectif, la détermination de la profondeur du bedrock calcaire, en rive droite de la Lesse.

La campagne d'essais géophysiques a été déterminée par le S.C.U.C.L. Ce programme comprenait l'exécution de cinq sondages sismiques aller-retour de 50 m de long, en rive droite de la Lesse.

Le présent rapport donne l'ensemble coordonné des résultats des essais exécutés.

La situation générale est reprise à l'annexe 1/1.

Les emplacements des essais réalisés sont reportés sur le plan de situation - annexe 1/2 par les sigles suivants :- SI.01 à SI.05.

Le fond de ce plan, les emplacements et les cotes de niveau au droit des sondages sismiques ont été relevés par une équipe du S.C.U.C.L., le dimanche 7 février 1999, lors de la réalisation des essais.

Ces cotes sont des cotes relatives relevées par rapport au seuil du portail à la limite du parc (R + 100,00) comme indiqué au plan de situation - annexe 1/2.

Le plan du présent rapport est le suivant :

1. **PROSPECTION SISMIQUE.**

1.1. Principe de la méthode sismique réfraction.

1.2. Matériel et dispositifs utilisés.

1.3. Résultats des mesures sismiques.

2. **INTERPRETATION D'ENSEMBLE.**

3. **CONCLUSIONS.**

**LISTE DES ANNEXES**

1/1 : Plan de situation générale (échelle 1/25000).

1/2 : Plan de situation (échelle 1/500).

2/1 à 2/4 : Principe de la méthode sismique réfraction.

3/1 à 3/5 : Dromochroniques.

4 : Coupes géophysiques.

## **1. PROSPECTION SISMIQUE.**

### **1.1. Principe de la méthode sismique réfraction.**

Le principe de la méthode sismique réfraction est donné aux annexes 2/1 à 2/4.

### **1.2. Matériel et dispositifs utilisés.**

Le matériel utilisé est un appareil OYO modèle Mc SEIS 170 F à 24 traces. Ce matériel a été prêté au S.C.U.C.L. par la D.421, Direction de la Géotechnique du M.E.T. (Ministère wallon de l'Équipement et des Transports).

La longueur du dispositif "aller-retour" est de 50 mètres pour les cinq sondages sismiques réalisés. Dans chaque profil, les mesures ont été effectuées tous les 2 mètres, au moyen de géophones (capteurs de vitesse).

Les sondages sismiques SI.01 et SI.02 ont été réalisés le long de la route. Les sondages sismiques SI.03 à SI.05, ont été réalisés perpendiculairement aux sondages SI.01 et SI.02.

Les vibrations ont été générées par impact d'une masse sur une plaque métallique.

Au moment de l'impact, un contact (mécanique ou piézoélectrique) solidaire du marteau se ferme. A partir de cet instant, les signaux captés par les géophones sont enregistrés par l'appareil, affichés sur l'écran cathodique et conservés sur support informatique. Un traitement ultérieur permet la mesure du temps de propagation de l'onde sismique entre le point d'impact et les géophones.



### 1.3. Résultats des mesures sismiques.

Les résultats des sondages sismiques aller retour SI.01 à SI.05 sont présentés sous forme de diagrammes aux annexes 3/1 à 3/5 qui reprennent :

- les mesures de terrain;
- leur interprétation en terme de dromochroniques;
- les valeurs des vitesses apparentes en m/s déduites des dromochroniques.

Les résultats des sondages sismiques sont également repris au tableau ci-après.

L'examen des résultats des sondages sismiques a conduit à mettre en évidence un système à trois couches.

SONDAGE SISMIQUE	COUCHE	VITESSE APPARENTE (m/s)	VITESSE REELLE (m/s)	DISTANCE CRITIQUE (m)	PROFONDEUR (m)
SI.01	1 (aller)	170	/	508	2.4
	1 (retour)	210		402	1.3
	2 (aller)	950	620	21.7	8.8
	2 (retour)	460		14.6	6.7
	3 (aller)	2030	1980	/	/
	3 (retour)	1940			
SI.02	1 (aller)	170	/	4.2	1.4
	1 (retour)	180		4.9	2.0
	2 (aller)	470	630	14.5	7.3
	2 (retour)	960		26.1	8.8
	3 (aller)	2740	2110	/	/
	3 (retour)	1730			
SI.03	1 (aller)	250	/	6.8	2.0
	1 (retour)	270		6.8	2.1
	2 (aller)	530	580	14.7	7.1
	2 (retour)	640		23.8	10.4
	3 (aller)	2000	2050	/	/
	3 (retour)	2090			
SI.04	1 (aller)	200	/	6.6	2.7
	1 (retour)	230		5.4	1.9
	2 (aller)	1050	830	19.6	9.1
	2 (retour)	680		15.4	7.5
	3 (aller)	2860	2730	/	/
	3 (retour)	2610			
SI.05	1 (aller)	280	/	7.8	3.1
	1 (retour)	270		6.6	2.1
	2 (aller)	1180	840	23.0	8.5
	2 (retour)	650		16.5	7.5
	3 (aller)	1950	1960	/	/
	3 (retour)	1970			

Les résultats des mesures sismiques sont également présentés sur les coupes géotechniques - annexe 4.

Sur ces coupes, sont reportés :

- le sens des sondages sismiques "aller" et "retour";
- les vitesses sismiques apparentes en m/s et leur sens ("aller" ou "retour");
- les vitesses sismiques réelles en m/s;
- les limites des "couches" ou horizons réfracteurs.

## **2. INTERPRETATION D'ENSEMBLE, CONCLUSIONS**

(Coupes géotechniques annexe 4)

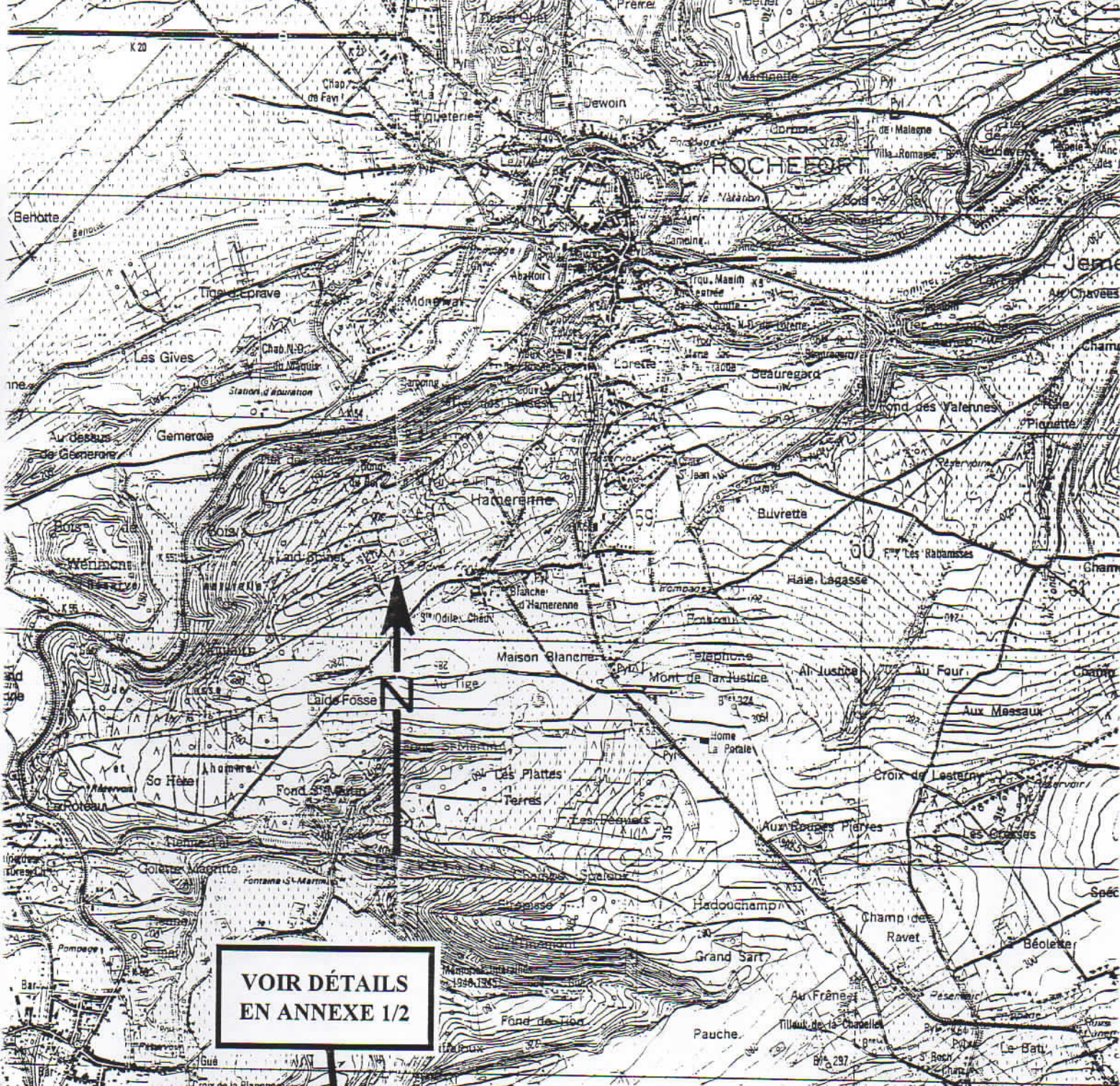
Les cinq sondages sismiques réalisés ont permis de déterminer la profondeur du bedrock compact. On observe généralement de haut en bas les terrains suivants :

- un premier terrain de 170 à 280 m/s sur environ 2 à 3 m d'épaisseur qui correspond aux terrain meubles de surface : limons,...
- un deuxième terrain de 580 à 840 m/s sur environ 6,7 à 10,4 m d'épaisseur qui correspond probablement aux alluvions de la plaine alluviale;
- le bedrock compact de 1960 à 2730 m/s, il correspond au calcaire sain il se situe vers la cote R + 90,00 à R + 92,00.

On constate que la cote du bedrock compact, se situe un peu plus bas que celle de la Lesse, qui vaut environ R + 93,20 aux points levés. Compte tenu de la profondeur de la rivière, on observe une bonne correspondance entre ces valeurs.

On peut donc en déduire qu'en rive droite de la lesse, le calcaire sain ne remonte pas directement et que les terrains situés entre le niveau naturel et le lit de la Lesse, sont constitués principalement d'alluvions, soit sur une hauteur pouvant atteindre 10 m.





**VOIR DÉTAILS  
EN ANNEXE 1/2**

# HAN-SUR-LESSE (Rochefort)

**PROSPECTION SISMIQUE  
(PARC DES GROTTES COTE GOUFFRE DE  
BELVAUX)**

**PLAN DE SITUATION GENERALE**

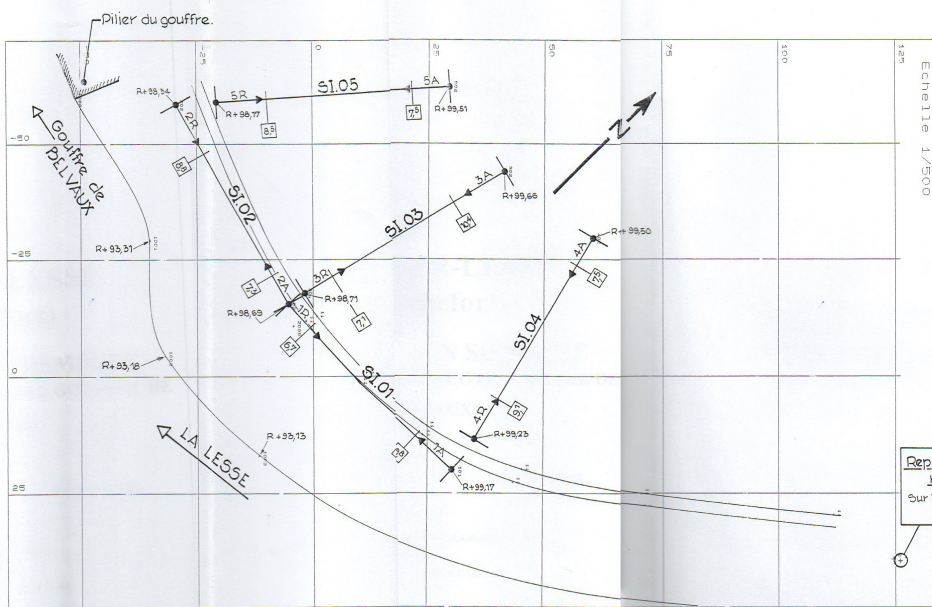
**Echelle: 1/25000**

Cartes:59/1-2  
59/3-4

S . C . U . C . L .
Spéleo Club de l' Université Catholique de Louvain.

Annexe:1/1





Echelle 1/500

Repère de nivellement  
sur le seuil du portail: R= R+00,00

## HAN-SUR-LESSE (Rochefort)

### PROSPECTION SISMIQUE (PARC DES GROTTES COTE GOUFFRE DE BELVAUX)

**PLAN DE SITUATION**

Echelle: 1/500

- Légende:**
- SONDAGES SISMQUES ( SI.01 à SI.05 )
  - 6.7 PROFONDEUR DU BEDROCK CALCAIRE

**PRINCIPE DE LA METHODE SISMIQUE REFRACTION.**

Pour plus de détails sur la méthode d'exécution et les méthodes de calcul, on se reportera aux livres suivants:

- Géophysique appliquée à l'Hydrogéologie par Jean-Louis ASTIER chez MASSON & Cie, EDITEURS.
- Introduction to Geophysical Exploration par Kearey & Brooks chez BLACKWELL.

a) **Principe général.**

Si un ébranlement est provoqué en un point du sol, il se propage de proche en proche en s'amortissant; le temps nécessaire pour qu'il atteigne des récepteurs dépend de la nature et de la disposition des formations géologiques. La prospection sismique a pour base l'étude de ce temps de propagation.

L'ébranlement du sol se traduit par une émission d'ondes de déformation ou ondes élastiques. Parmi ces ondes, on distingue :

- les ondes de Rayleigh qui se propagent seulement à la surface du sol;
- les ondes longitudinales ou ondes de compression et de dilatation;
- les ondes transversales ou ondes de cisaillement (la déformation du terrain est perpendiculaire à la direction de la propagation).

La vitesse de propagation des ondes transversales est environ la moitié de celle des ondes longitudinales. Les ondes de Rayleigh sont encore plus lentes.

**Dans ce qui suit, seules les ondes de compression ou longitudinales vont être considérées et lorsqu'il est question de vitesse, il s'agit toujours de celle des ondes longitudinales.**

L'onde sismique produite par la source d'énergie se propage dans le sol. Au contact de deux milieux caractérisés par des vitesses différentes, elle se réfracte et se réfléchit en suivant les mêmes lois que les rayons lumineux. Quatre sortes de trajets d'ondes peuvent être suivis entre un émetteur et un récepteur :



- un trajet direct, longeant la surface du sol;
- des trajets réfléchis au contact des deux terrains;
- des trajets subissant la réfraction totale qui suivent, sur une certaine distance, le toit du second terrain;
- des trajets diffractés au toit de l'interface.

**Dans ce qui suit, on va considérer les trajets réfractés.**

Si sur un diagramme, le temps mis par les ondes pour atteindre les différents récepteurs est reporté en fonction de la distance émetteur-récepteur, on obtient un ensemble de lignes brisées dont les pentes sont fonction des vitesses de propagation des ondes dans les divers terrains. Ces courbes "temps - distance" sont appelées "dromochroniques". La mesure des abscisses des changements de pente de la dromochronique (distances critiques) combinée avec les vitesses de propagation permet de calculer les épaisseurs des différents terrains. La faible distance entre les récepteurs permet une étude détaillée des dromochroniques. On peut ainsi mettre en évidence des irrégularités des horizons réfracteurs et dans la couche superficielle.

Dans la méthode de prospection par sismique réfraction, **on supposera que la vitesse des différentes couches augmente avec la profondeur**. Il n'est pas possible de repérer un niveau de vitesse plus faible que les terrains surincombants.

Lorsque l'on effectue des mesures sur un sondage, un profil aller et un profil retour sont habituellement réalisés, c'est-à-dire que les trajets des ondes sont mesurés par rapport à chaque extrémité du profil.

**Les vitesses mesurées sur les dromochroniques sont des vitesses "apparentes"**. En effet, si un horizon réfracteur présente une pente par rapport à la surface topographique, les vitesses mesurées sur les profils aller et retour sont différentes et fonction de cette pente. Compte tenu de ces vitesses, il est possible de calculer la pente de l'horizon réfracteur et la vitesse réelle de la couche géologique.

Compte tenu de la propagation volumique des ondes sismiques, des effets latéraux dits "accrochages" peuvent se marquer sur les dromochroniques et influencer les résultats.

L'anisotropie induite par la structure géologique du substratum doit être prise en considération dans l'interprétation des résultats. En règle générale, un profil sismique réalisé en "travers-bancs" mesurera des vitesses plus faibles qu'un profil sismique réalisé en "direction des couches".

b) Interprétation.

Il existe plusieurs méthodes d'interprétation.

La méthode de base suppose que les terrains sont séparés par des plans parallèles à la surface du sol. Le calcul des épaisseurs des couches se fait grâce à la connaissance des vitesses mesurées et des distances critiques. Cette méthode est couramment utilisée pour des horizons réfracteurs avec faible pente. Généralement, les épaisseurs calculées sont valables à la verticale de la moitié de la distance critique (abscisse du changement de pente de la dromochronique).

La méthode utilisant les vitesses apparentes sur les profils aller et retour permet de tenir compte des pentes des différents réfracteurs en fonction de la longueur du dispositif. Dans ce cas, les épaisseurs calculées sont valables à la verticale des extrémités du profil.

La méthode du "DELAY-TIME" permet de calculer les épaisseurs des terrains au droit des points de mesures sur la partie du profil où il y a recouvrement des branches de dromochroniques relatives à la même couche à "l'aller" et au "retour".

c) Etude de l'excavabilité.

La vitesse de propagation des ondes sismiques longitudinales dans un milieu dépend de sa nature mais aussi et surtout du nombre des discontinuités qu'il recèle. Plus un terrain sera compact, plus élevée sera la vitesse des ondes.

Il existe donc une relation entre vitesse sismique et degré de compacité, et, par conséquent, l'excavabilité (= aptitude à être excavé) ou la ripabilité (= aptitude à être excavé à l'aide d'un ripper). Cependant, celle-ci dépend non seulement de la compacité du terrain mais aussi de la lithologie, de la direction et du pendage des couches par rapport au sens du déplacement des engins, de la puissance et du type de ceux-ci, etc.

Malgré les influences de ces paramètres, la vitesse sismique longitudinale est le critère principal utilisé pour estimer la ripabilité des terrains.

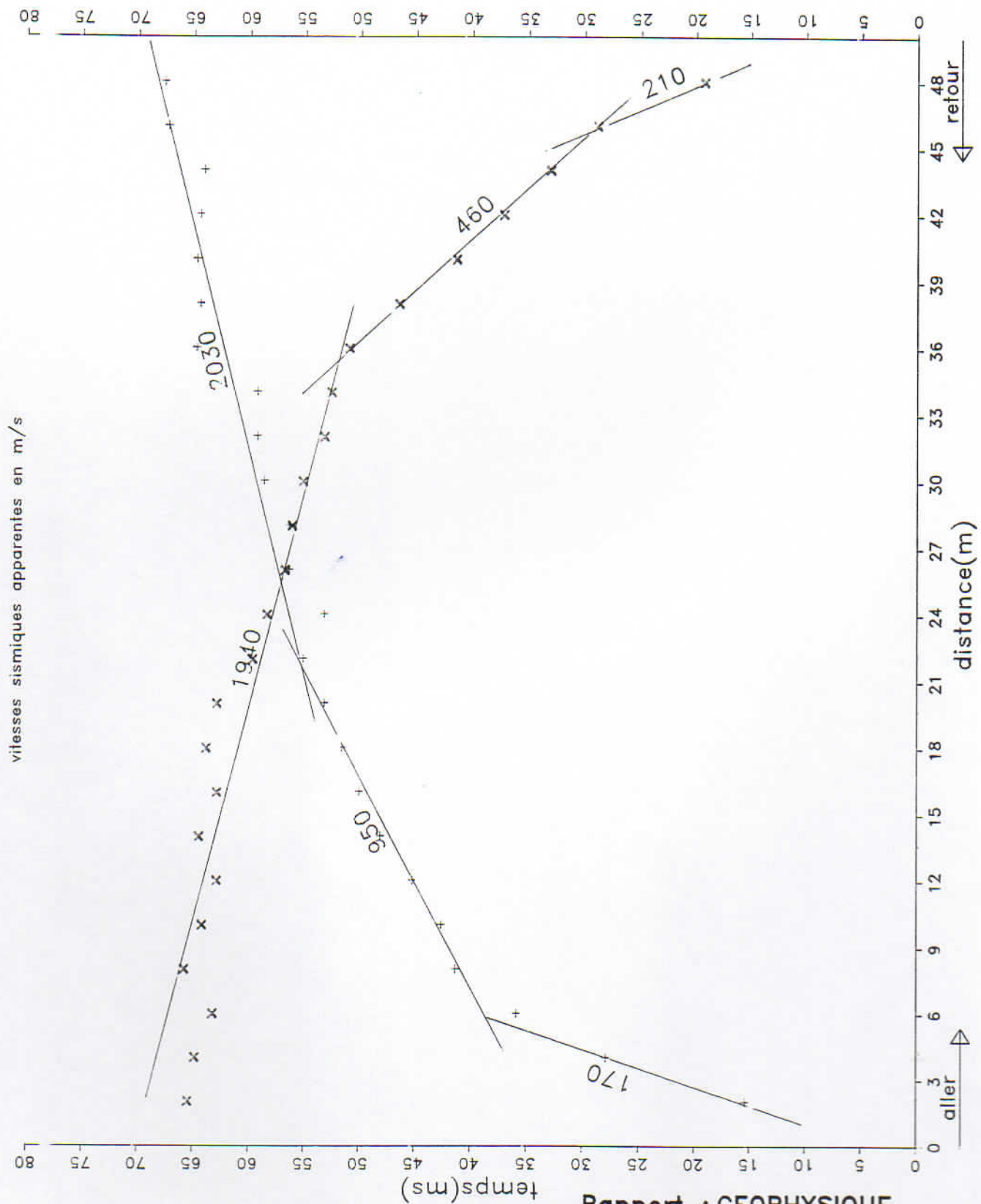
Le tableau I ci-après reprend les catégories de terrains classés en fonction des vitesses sismiques telles qu'elles sont définies sur base des tables Caterpillar modifiées par l'expérience (pour l'utilisation d'un engin D 9).



TABLEAU I

CATEGORIE	VITESSE SISMIQUE (V) m/s	CARACTERISTIQUES
0	$V < 700$	Terrains excavables en général avec des engins à lames ou des pelles rétro y compris les terrains meubles. La présence de blocs résiduels est possible.
1	$700 < V < 1300$	Terrains aisément ripables et souvent excavables avec des pelles rétro. La présence de blocs pouvant dépasser le m <sup>3</sup> et enrobés de terrains peu compacts est possible. La présence de blocs ou de bancs durs peut gêner l'utilisation de la pelle rétro.
2	$1300 < V < 1700$	Terrains ripables. La présence de blocs pouvant dépasser le m <sup>3</sup> et enrobés de terrains peu compacts est possible. Ces terrains nécessitent éventuellement l'un ou l'autre tir d'ébranlement pour disloquer les ensembles compacts ("bancs durs") ou une utilisation temporairement plus "dure" de l'engin.
3	$1700 < V < 2000$	Terrains ripables dans l'ensemble suivant le type de roche, l'orientation, le pendage des bancs et surtout l'épaisseur des bancs. Il faut effectuer des tirs d'ébranlement pour les rendre ripables lorsque des bancs durs sont présents.
4	$2000 < V < 2500$	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Terrains difficilement ripables sauf tirs de dislocation.</li> <li>- Dans le cas de présence de bancs durs, terrains non ripables, sauf tirs de dislocation à maille relativement serrée.</li> </ul>
5	$V > 2500$	Terrains non ripables, nécessitant des tirs de dislocation à maille serrée.

**HAN-SUR-LESSE**  
**PARC COTE GOUFFRE DE BELVAUX**  
**SONDAGE SISMIQUE : SI.01**



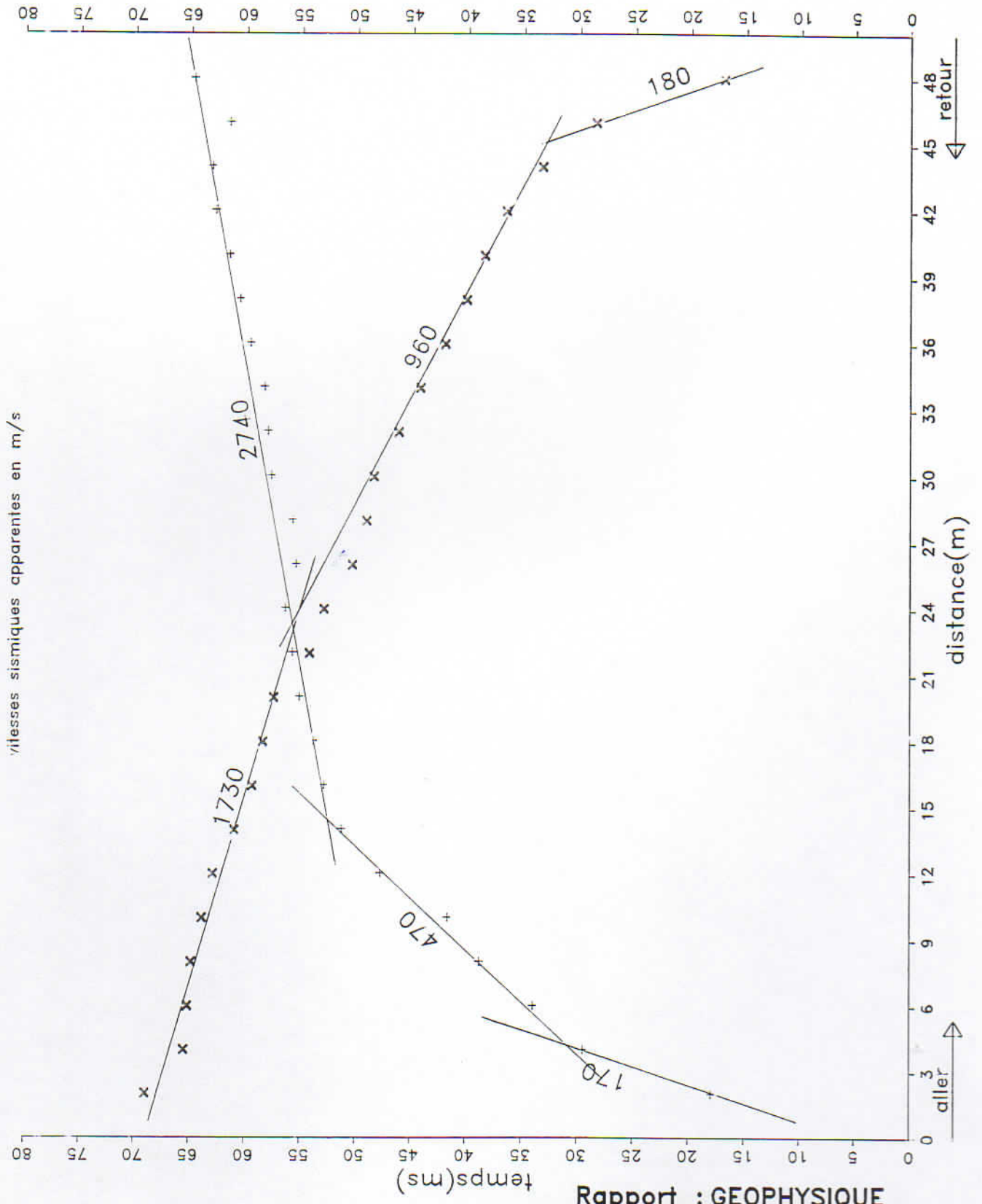
**Rapport : GEOPHYSIQUE**

S . C . U . C . L .
Spéléo Club de l' Université Catholique de Louvain.
Annexe:3/1



# HAN-SUR-LESSE

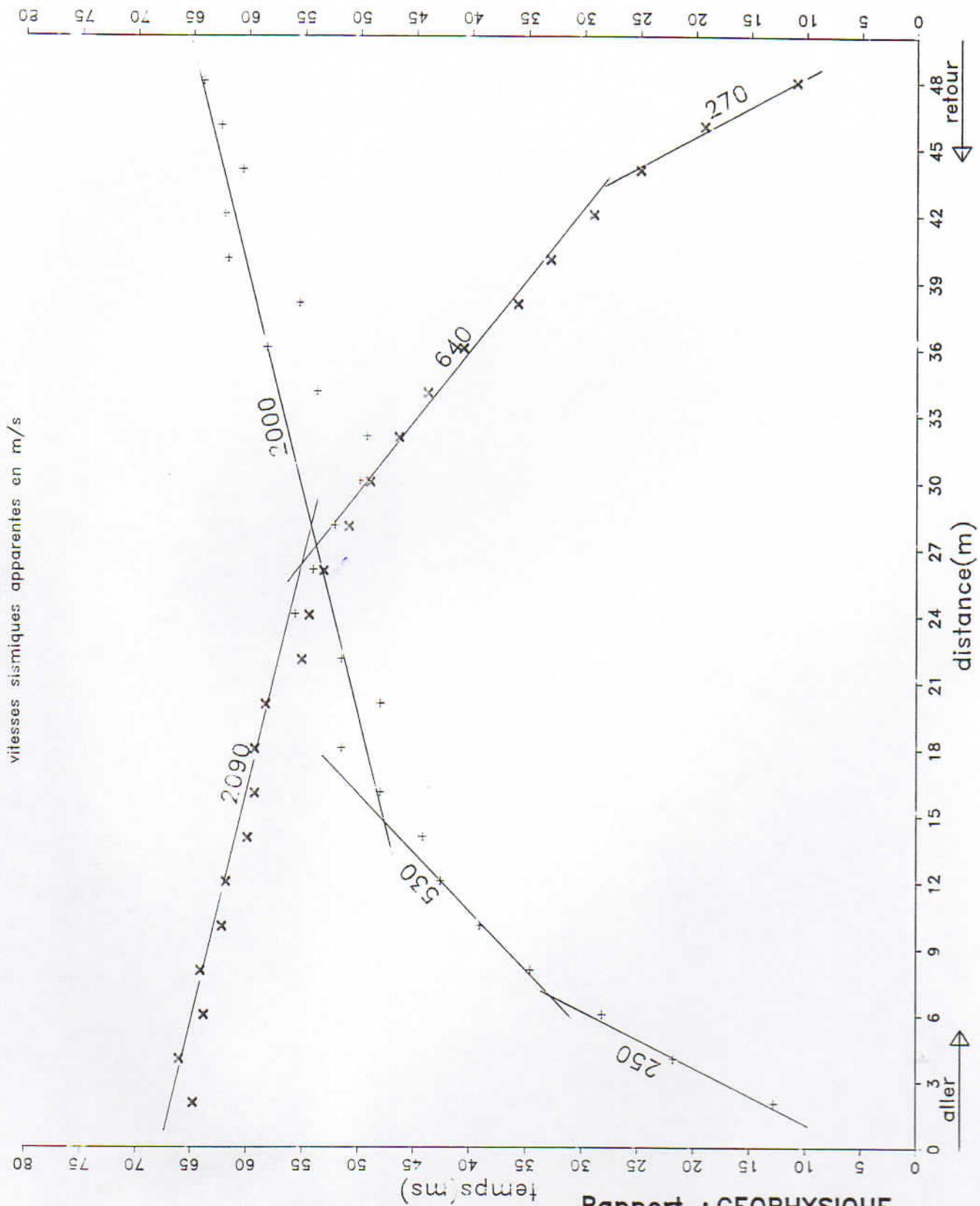
PARC COTE GOUFFRE DE BELVAUX  
SONDAGE SISMIQUE : SI.02



# HAN-SUR-LESSE

## PARC COTE GOUFFRE DE BELVAUX

SONDAGE SISMIQUE : SI.03

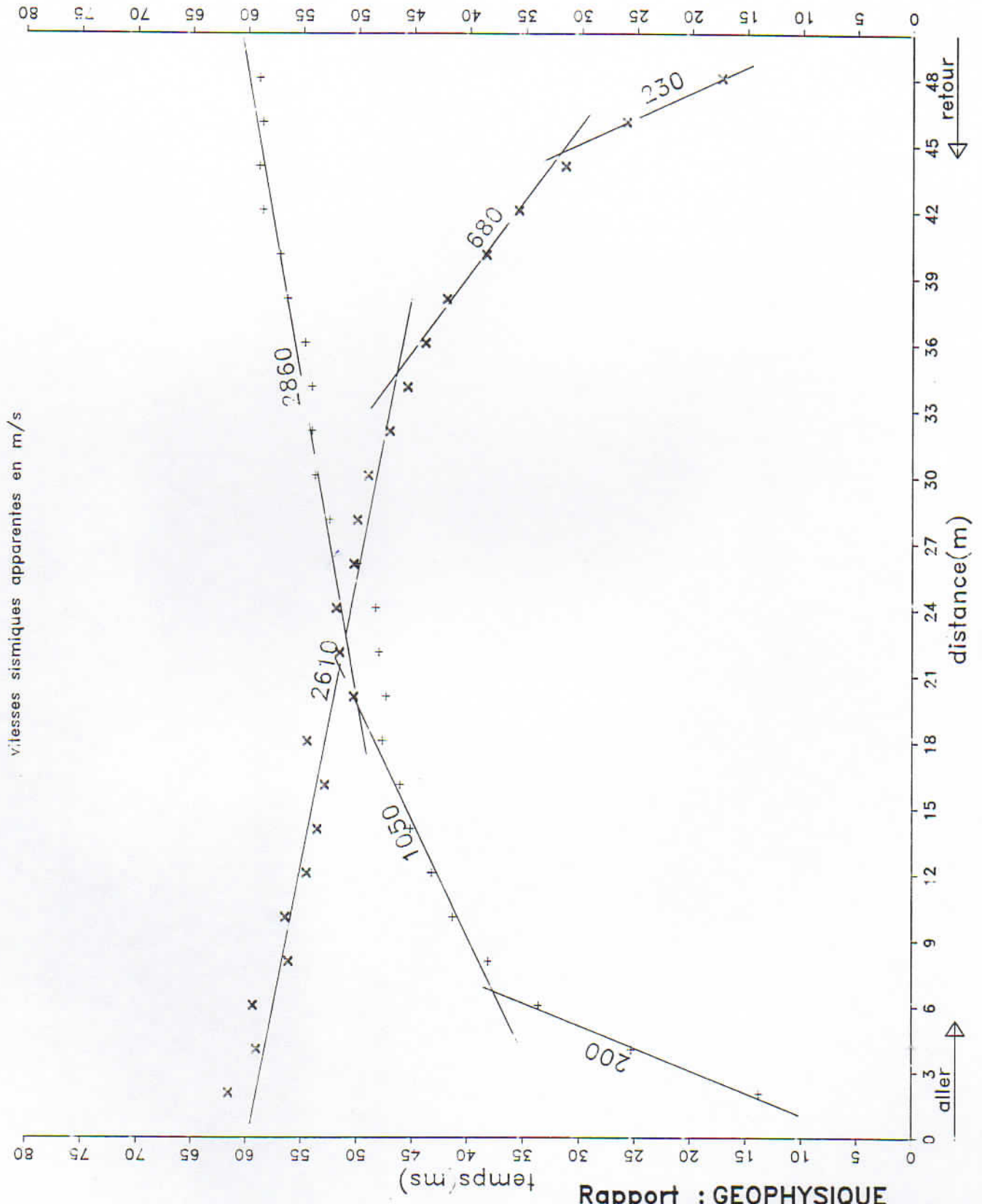


Rapport : GEOPHYSIQUE

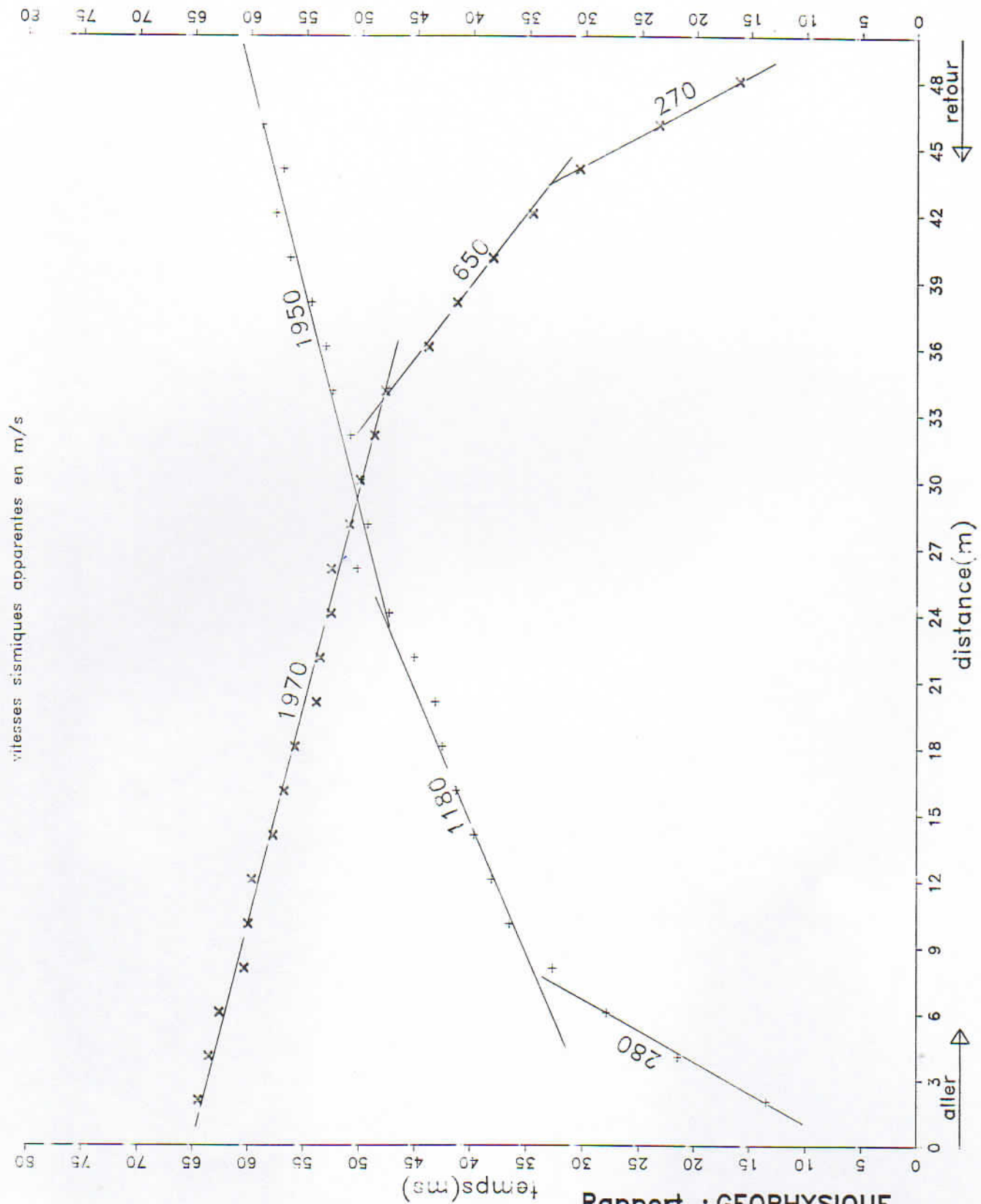
S . C . U . C . L .
Spéléo Club de l' Université Catholique de Louvain.
Annexe:3/3



**HAN-SUR-LESSE**  
**PARC COTE GOUFFRE DE BELVAUX**  
**SONDAGE SISMIQUE : SI.04**



HAN-SUR-LESSE  
 PARC COTE GOUFFRE DE BELVAUX  
 SONDAGE SISMIQUE : SI.05



Rapport : GEOPHYSIQUE

S . C . U . C . L .  
 Spéléo Club de l' Université  
 Catholique de Louvain.