

# La cagnotte thermique du CHUV

Autor(en): **Rieben, Samuel**

Objektyp: **Article**

Zeitschrift: **Ingénieurs et architectes suisses**

Band (Jahr): **107 (1981)**

Heft 18

PDF erstellt am: **21.07.2024**

Persistenter Link: <https://doi.org/10.5169/seals-74353>

## **Nutzungsbedingungen**

Die ETH-Bibliothek ist Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften. Sie besitzt keine Urheberrechte an den Inhalten der Zeitschriften. Die Rechte liegen in der Regel bei den Herausgebern.

Die auf der Plattform e-periodica veröffentlichten Dokumente stehen für nicht-kommerzielle Zwecke in Lehre und Forschung sowie für die private Nutzung frei zur Verfügung. Einzelne Dateien oder Ausdrucke aus diesem Angebot können zusammen mit diesen Nutzungsbedingungen und den korrekten Herkunftsbezeichnungen weitergegeben werden.

Das Veröffentlichen von Bildern in Print- und Online-Publikationen ist nur mit vorheriger Genehmigung der Rechteinhaber erlaubt. Die systematische Speicherung von Teilen des elektronischen Angebots auf anderen Servern bedarf ebenfalls des schriftlichen Einverständnisses der Rechteinhaber.

## **Haftungsausschluss**

Alle Angaben erfolgen ohne Gewähr für Vollständigkeit oder Richtigkeit. Es wird keine Haftung übernommen für Schäden durch die Verwendung von Informationen aus diesem Online-Angebot oder durch das Fehlen von Informationen. Dies gilt auch für Inhalte Dritter, die über dieses Angebot zugänglich sind.

# La cagnotte thermique du CHUV

par Samuel Rieben, Carouge

## 1. Introduction

Le problème des économies d'énergie au nouveau bloc hospitalier du CHUV, à Lausanne, a été évoqué dès le début de 1971, au moment où une récupération de chaleur entre air usé et air neuf était proposée.

Il faut signaler en effet que presque toutes les installations de ventilation et de climatisation du CHUV fonctionnent à air perdu, sans roulement. Le rejet, vers l'extérieur, de l'air usé constitue en soi un véritable gaspillage énergétique. L'idée a donc été développée, en 1971, de préchauffer en hiver (voire de refroidir en été) l'air neuf à l'aide de l'air usé, avant le rejet de celui-ci vers l'extérieur. A l'époque, de nombreux calculs ont mis en parallèle, pour comparaison, deux types de récupération air usé/air neuf: le premier, par échangeur à roue, le second, par batteries eau/air et air/eau. C'est ce dernier système qui avait été finalement retenu, compte tenu des dispositions architecturales déjà prises, et qui rendaient très difficile de relier par air les centrales de préparation (situées en majorité au niveau 06 et au niveau 09) aux centrales d'extraction (situées en majorité au niveau 12 et au niveau 20).

Ces installations de récupération de chaleur, portant sur plus de d'un million de m<sup>3</sup>/h, ont été réalisées. Elles permettent d'économiser annuellement une quantité de chaleur de 6 200 Gcal (7 200 000 kWh) et une quantité de froid de 700 Mfrig (800 000 kWh). Traduits en énergie de compteur, ces deux chiffres représentent environ 1 000 000 litres de mazout côté chaleur et environ 300 000 kWh côté froid.

Par la suite, un service «indépendant», celui de l'informatique, s'est signalé à l'attention par ses besoins sans cesse croissants en énergie. En effet, les apports de chaleur à évacuer, annoncés au début à 60 000 kcal/h, passaient finalement à 190 000 kcal/h. Il était exclu d'évacuer vers l'extérieur une telle énergie, cela d'autant moins que l'informatique fonctionne pratiquement 24 heures sur 24, été comme hiver.

Enfin, il est apparu que d'autres installations comme par exemple les groupes frigorifiques des chambres froides tant pour la cuisine que pour les laboratoires, méritaient d'être prises en considération pour une récupération de chaleur.

## 2. «Free cooling» et cagnotte thermique

Pour l'informatique, on a imaginé d'utiliser comme refroidisseur, en hiver, l'air extérieur. Toutefois, une utilisation directe posait de nombreux problèmes, et on en est venu au procédé dit du «free cooling». Pour cela, on dérive la conduite d'eau glacée, à sa sortie des armoires de refroidissement de l'informatique, vers des batteries eau/air traversées par l'air extérieur. Dès que la température de ce dernier est inférieure à 12°C environ, l'eau glacée commence à être refroidie par l'air extérieur, ce qui décharge d'autant les groupes frigorifiques propres au service de l'informatique. Ce qui, au CHUV, confère à ce procédé un caractère particulier, c'est que les batteries de free cooling, au lieu d'être situées n'importe où, sont logées au contraire dans les monoblocs de prétraitement de l'air neuf, de sorte que la chaleur évacuée de l'informatique est recyclée dans l'air neuf. Ainsi donc, cette installation permet à la fois d'économiser des kWh côté groupes frigorifiques, mais également de récupérer de la chaleur côté prétraitement de l'air neuf. En été, le refroidissement de l'informatique ne peut être assuré que par les groupes frigorifiques. Il est dès lors intéressant de récupérer la chaleur de condensation. Comme il ne peut s'agir que de températures relativement faibles, cette récupération ne peut finalement être conçue qu'en tant que préchauffage de l'eau chaude sanitaire. Comme il faut disposer pour cela d'un accumulateur d'eau chaude, l'idée est venue de mettre celui-ci à contribution pour les autres récupérations possibles (groupes frigorifiques des chambres froides des laboratoires et de la cuisine, et refroidissement des bacs de pré lavage des tunnels de lavage de la stérilisation centrale).

Cet accumulateur permet ainsi de récupérer les «déchets thermiques»; c'est pourquoi, en un premier temps, d'aucuns l'appelaient «poubelle thermique». Toutefois, compte tenu de la mise en valeur de ces déchets, le terme de «cagnotte thermique» fut rapidement préféré<sup>1</sup>.

Comme les possibilités de récupération de la cagnotte sont finalement limitées en volume par le besoin journalier d'eau chaude sanitaire, on peut avoir intérêt, à certains moments de la journée, en été,

à utiliser les groupes frigorifiques de l'informatique partiellement en *pompes à chaleur*, c'est-à-dire en condensant le fluide frigorigène à une température supérieure. C'est pourquoi les groupes frigorifiques ont été munis de deux condenseurs: un condenseur «chaud», pour «charger» la cagnotte lorsque les besoins en eau chaude sont suffisants; un condenseur «froid», lorsque la cagnotte est chargée et qu'il faut alors recourir à la tour de réfrigération.

## 3. Schéma de principe général

La fig. 1, reproduction partielle d'un plan schématique, permet de suivre le fonctionnement général de l'installation:

- En haut, on distingue les deux groupes frigorifiques de 190 000 frig/h (220 kW) chacun, l'un étant secours de l'autre. Pour chaque groupe: les 3 *compresseurs*, le *condenseur «froid»*, en liaison avec la *tour de réfrigération* (type fermé), le *condenseur «chaud»*, en liaison avec la *cagnotte*, par l'intermédiaire d'un *échangeur* (Alfa Laval) (échangeur n° 1) et l'*évaporateur*.
- En bas, gauche et centre, on distingue la *cagnotte thermique* et les 4 *échangeurs*:
  - n° 1: récupération de la chaleur de condensation des groupes frigorifiques de l'informatique (230 000 kcal/h);
  - n° 2: récupération de la chaleur de condensation des groupes frigorifiques des chambres froides de la cuisine (100 000 kcal/h);
  - n° 3: récupération de la chaleur du bain de pré lavage des deux tunnels de la stérilisation centrale (70 000 kcal/h);
  - n° 4: récupération de la chaleur de condensation des groupes frigorifiques des chambres froides des laboratoires (70 000 kcal/h).
- A droite sont représentés les deux groupes de prétraitement d'air (PT6 et PT7) abritant chacun une batterie dite de «free cooling».

Le fonctionnement peut dès lors être décrit comme suit:

L'eau glacée est en circulation à travers l'évaporateur, les batteries des armoires de climatisation de l'informatique et les batteries des groupes de prétraitement. Quand la *température de l'air extérieur est inférieure à 7°C*, le refroidissement dans les groupes de prétraitement est suffisant. Dès lors, les groupes frigorifi-

<sup>1</sup> L'expression *Cagnotte thermique* figure dans un rapport interne du 26.9.79. Elle semble d'ailleurs être entrée dans les mœurs, puisqu'elle figure dans le titre d'un article récent: *La cagnotte thermique* de M. Gilbert Rougerie, O.T.H., paru dans le n° 428 (mai 1981) de la revue *Techniques hospitalières*.

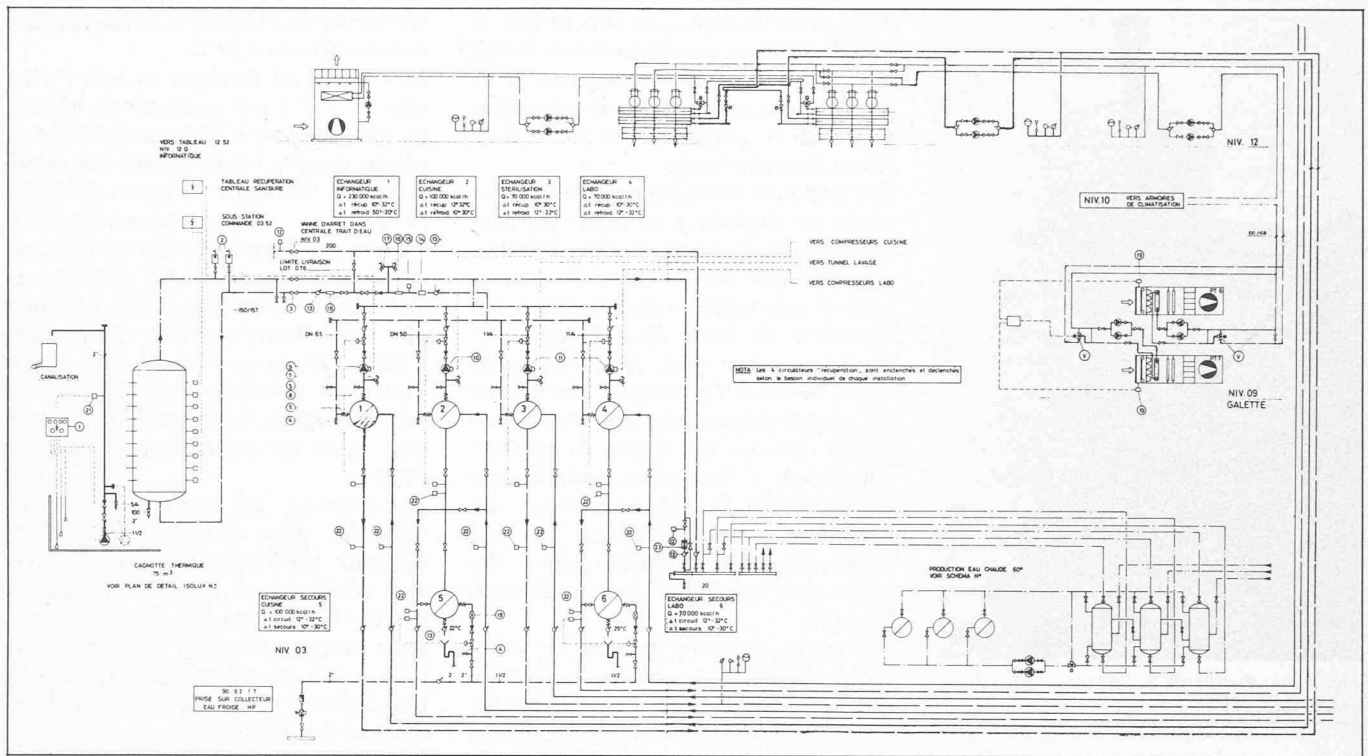


Fig. 1. — Reproduction partielle du schéma de principe.

ques sont à l'arrêt. D'un côté on récupère la chaleur évacuée de l'informatique, de l'autre on économise des kWh. Quand la température de l'air extérieure est supérieure à 15°C, la circulation dans les batteries de prétraitement est interrompue, et ce sont alors les groupes frigorifiques qui produisent le froid nécessaire. Selon les conditions de charge de la cagnotte on recourt au circuit de refroidissement « chaud »: le groupe frigorifique fonctionne alors en pompe à chaleur, et on envoie de l'eau à 50°C à l'échangeur de la cagnotte. Ou bien alors on recourt au circuit « froid », la température de l'eau étant de 32°C, et l'on met en service la tour de réfrigération. Pour les états intermédiaires de température, une partie des besoins de froid est assurée par le « free cooling », le complément étant alors apporté par les groupes frigorifiques.

#### 4. Dimensionnement de la cagnotte

Le dimensionnement dépend d'un côté des possibilités réelles de récupération de chaleur, et donc des « producteurs de déchets thermiques », et, de l'autre côté, des possibilités de consommation de l'eau chaude sanitaire. On a d'abord dressé un « plan de charge » journalier des différents producteurs. Il faut dire que le service de l'informatique fonctionne 24 heures sur 24 à une charge voisine de la charge maximum. Les groupes frigorifiques des chambres froides de la cuisine et des laboratoires fonctionnent par intermittence, jour et nuit. Les possibilités des tunnels de stérilisation sont limitées à un service de jour.

Par contre, les possibilités de soutirage de l'eau chaude sont relativement mal connues, et l'on ne dispose malheureusement pas, dans ce domaine, de statistiques suffisamment fines. On a donc établi plusieurs hypothèses, basées sur des soutirages journaliers de 150 m<sup>3</sup>, 200 m<sup>3</sup> et 250 m<sup>3</sup>. A l'aide de ces données, on a reproduit le comportement dynamique de l'interface (entre la partie chaude et la partie froide) de la cagnotte. La fig. 2 schématise ce mouvement, dans le cas d'un puisage journalier de 250 m<sup>3</sup>, pour une contenance de 75 m<sup>3</sup> de la cagnotte proprement dite et pour différentes valeurs de la température de condensation (40°C, 45°C, 55°C et 57°C). Cette figure montre bien à quel point on est limité par les besoins et que la marge de manœuvres du « récupérateur » est finalement assez faible. En intégrant les différentes données du problème, on est arrivé à la conclusion que le volume de 75 m<sup>3</sup> représentait un ordre de grandeur correct, à condition de pouvoir utiliser les groupes frigorifiques en pompe à chaleur lorsque c'est utile, c'est-à-dire en passant d'une température de condensation de 35 à 55°C.

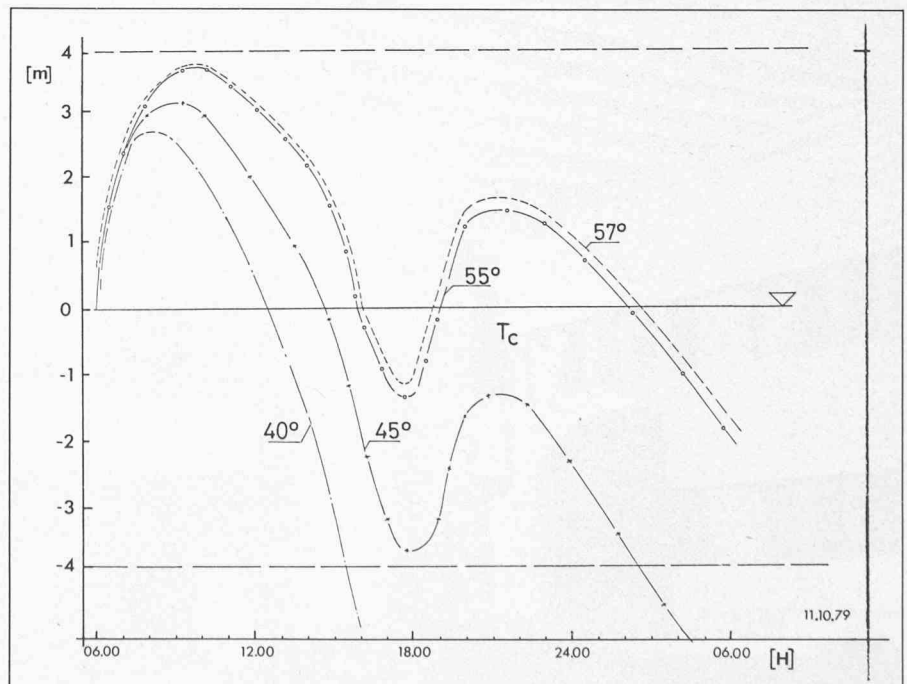


Fig. 2. — Respiration de l'interface de la cagnotte (séparation entre partie supérieure chaude et partie inférieure froide), contenance de 75 m<sup>3</sup>, puisage journalier de 250 m<sup>3</sup> et pour 4 températures de condensation.



Fig. 3. — Arrivée de la cagnotte, non encore isolée, au CHUV.

L'un des problèmes soulevés a été celui de la stratification. En effet, la cagnotte est toujours pleine, et sous pression. La partie haute est chaude, la partie basse froide. L'interface, qui sépare ces deux parties, « respire » constamment: en se déplaçant vers le haut, le jour, lorsque les besoins en eau chaude sont impor-

tants, et en se déplaçant vers le bas, la nuit, lorsque ces besoins sont très faibles alors même que la récupération fonctionne. Il est essentiel que la séparation soit nette et surtout que la partie inférieure demeure froide.

Les quelques renseignements dont nous avons pu disposer à ce sujet vont tous dans le sens d'une très bonne stratification dès que l'on a des mouvements lents et une bonne « introduction » (ou injection) de l'eau dans le réservoir. Toutefois, pour plus de sûreté, nous avons divisé la cagnotte en une dizaine de compartiments par des cloisons en treillis. En cas de besoin, la solution consisterait à introduire, dans chaque compartiment, des sphères isolantes, qui s'établiraient d'elles-mêmes en une nappe, à la limite de chaque cloison. Il y aurait ainsi isolation d'un compartiment à l'autre.

Des essais de comportement de différentes sphères à la pression de service (pression d'essai 17 bars) et à la température de service (env. 50°C) ont permis de choisir une marque et un modèle de sphères isolantes, dont le diamètre retenu est de 40 mm.

### 5. Données de construction

La cagnotte proprement dite, soit le réservoir lui-même, a été réalisée par la maison *Isolux* à Cugy. La pression de

service est de 12,5 bars et la température de service fixée à 50°C.

Le *cylindre* est fabriqué en tôle d'acier noir ST 37.2 d'une épaisseur de 16 mm; les fonds de forme Klöpfer initialement prévus dans la même qualité ont été finalement fabriqués en acier chaudière H II, ce qui a permis de ramener leur épaisseur à 22 mm. Toutes les tôles ont été chanfreinées en X à 60° pour la soudure avant assemblage. Les soudures ont été effectuées selon le procédé « MIG » Maag en 4 passes sous gaz de protection constitué d'un mélange de CO<sub>2</sub> et d'argon, des échantillons de soudure ayant été préalablement soumis à l'EPFL.

Le réservoir est muni de 3 *trous d'homme*, d'un diamètre nominal de 600 mm; les 2 trous d'homme latéraux sont prévus pour accéder à l'intérieur du réservoir, le trou d'homme supérieur pour aérer le réservoir lors des entretiens. Les trous d'homme sont munis de bras articulés pour supporter les couvercles lors des démontages.

Les 2 prises DN 150 d'amenée et de sortie d'eau disposées sur le cylindre sont reliées à des anneaux de distribution de 1,1 m de diamètre percés de 450 trous Ø 10 mm chacun; la disposition des trous est en direction des fonds sur 3 rangs, cette tuyauterie étant réalisée en acier inoxydable. Le cylindre est en outre muni de 18 prises de mesures prolon-



Fig. 4. — Cagnotte isolée, avant sa mise en place dans le puits.

gées 1/2" mâle en inox. Le fond supérieur et inférieur est relié par un tube en inox Ø 1" traversant pour introduction de sondes de mesures. Le fond inférieur est équipé d'une prise de vidange DN 100, le fond supérieur du trou d'homme d'aération et de 2 purges 1".

L'aménagement intérieur est constitué de 9 plates-formes en métal déployé munie chacune d'un trapon de visite qui permet d'accéder d'une plate-forme à l'autre. Il a été décidé d'un commun accord de galvaniser à chaud le métal déployé, ceci pour assurer une protection plus efficace contre la rouille.

Le revêtement intérieur a été confié à la maison Aisa SA à Lausanne, qui a procédé à l'application de 2 couches d'Afrapoxy L après sablage.

L'isolation thermique a été confiée à la maison Werner Isolation SA à Lausanne; elle est constituée d'une épaisseur de 160 mm de matelas de laine minérale liés au moyen de rubans d'acier avec sous-construction nécessaire au renforcement de ce travail; cette isolation est revêtue d'un doublage en tôle d'aluman de 1 mm d'épaisseur posé dans les règles de l'art. L'isolation a été

faite au CHUV juste avant la mise en place dans le puits.

La cagnotte a été soumise à deux essais de pression d'eau à 17 bars; le premier essai a été effectué en usine avant l'application du revêtement intérieur; le deuxième essai a eu lieu au CHUV, dans le puits.

## 6. Evaluation des économies d'énergie

On a procédé à l'évaluation des économies d'énergie possibles sur la base d'un puisage journalier d'eau chaude de 250 m<sup>3</sup>. Le calcul montre que, dans ce cas, et pour certains jours d'été, il faut utiliser le groupe frigorifique de l'informatique en pompe à chaleur (température de condensation à 55°C) et que, durant environ 2 heures par jour, il faut fonctionner sur le condenseur «froid» et évacuer par la tour de réfrigération la chaleur de condensation.

Les économies indiquées sont nettes. En effet, on a chaque fois tenu compte des énergies complémentaires à mettre en jeu (pompes par exemple) ou de réduction

d'autres économies (par exemple, les batteries de «free cooling» situées à l'amont d'autres batteries de récupération réduisent l'efficacité de ces dernières):

chaleur récupérée annuellement:

1600 Gcal

(dont 1100 côté eau par la cagnotte proprement dite et 500 côté air, par «free cooling»)

électricité économisée annuellement:

550 000 kWh

(dont 220 000 grâce au «free cooling»).

Il est actuellement difficile de traduire en francs ces économies. Sur la base de coûts unitaires de 100 fr./Gcal et de 0,15 fr./kWh, on arrive toutefois à un résultat annuel de 240 000 fr. d'énergie économisée ou récupérée, pour un investissement total de 1 500 000 fr.

Adresse de l'auteur:

Samuel Rieben  
Ingénieur-conseil  
7 bis, avenue Vibert  
1227 Carouge

## Actualité

### La grotte de Lascaux reconstituée grâce à la photographie et à la photogrammétrie

Découverte en 1940, la grotte de Lascaux (Dordogne), dont les parois sont ornées de magnifiques peintures datant d'environ 17 000 ans, dut être fermée au public en 1963, car les trop nombreuses visites provoquaient des phénomènes de condensation d'eau et d'émission de gaz carbonique. De plus les micro-organismes ap-

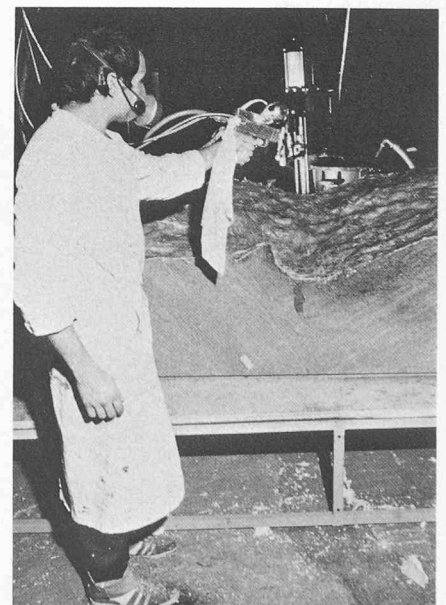
portés par les visiteurs et par le conditionnement d'air contaminaient les peintures. La «lèpre verte» qui se développa risquait de les dégrader à jamais si l'on ne prenait pas des mesures rigoureuses. La simple fermeture de la grotte ne suffisait pas pour rétablir la situation. Il fallut faire appel aux scientifiques pour diagnostiquer le mal et conserver les peintures en voie de dégradation. C'est ainsi que Lascaux, sauvée par la science, a retrouvé le silence, l'obscurité et l'équilibre climatique qu'elle avait connus pendant des millénaires. Le public ne vient plus troubler sa solitude; en contrepartie, il ne peut

plus, hélas, apprécier le talent des grands artistes de la Préhistoire.

Le Laboratoire de recherches des Musées Nationaux, à Paris, à l'instigation de M<sup>me</sup> Magdeleine Hours, conservateur en chef, pensa présenter une reconstitution en grandeur réelle de la grande Salle des Taureaux, une des plus belles parties de ce joyau du patrimoine français. Pour réaliser ce projet très ambitieux, M<sup>me</sup> Hours s'adressa à Kodak-Pathé qui avait déjà organisé d'autres expositions pour les Musées Nationaux,



Réalisation et assemblage des couples en contre-plaqué constituant l'ossature de la reconstitution de la grotte de Lascaux. Atelier «Unité Théâtrale et Recherche» à Lyon — juillet 1980.



La projection, à l'aide d'un appareil spécial, d'un mélange de résine polyester et de fibre de verre, permettra d'obtenir, après polymérisation, une couche résistante et incombustible d'environ 5 mm d'épaisseur.