

Zeitschrift: Bulletin technique de la Suisse romande

Band: 103 (1977)

Heft: 11

Artikel: Performance d'un chauffe-eau solaire

Autor: Suter, Pierre / Muller, Robert Jean / Roux, Dominique

DOI: <https://doi.org/10.5169/seals-73239>

Nutzungsbedingungen

Die ETH-Bibliothek ist die Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften auf E-Periodica. Sie besitzt keine Urheberrechte an den Zeitschriften und ist nicht verantwortlich für deren Inhalte. Die Rechte liegen in der Regel bei den Herausgebern beziehungsweise den externen Rechteinhabern. Das Veröffentlichen von Bildern in Print- und Online-Publikationen sowie auf Social Media-Kanälen oder Webseiten ist nur mit vorheriger Genehmigung der Rechteinhaber erlaubt. [Mehr erfahren](#)

Conditions d'utilisation

L'ETH Library est le fournisseur des revues numérisées. Elle ne détient aucun droit d'auteur sur les revues et n'est pas responsable de leur contenu. En règle générale, les droits sont détenus par les éditeurs ou les détenteurs de droits externes. La reproduction d'images dans des publications imprimées ou en ligne ainsi que sur des canaux de médias sociaux ou des sites web n'est autorisée qu'avec l'accord préalable des détenteurs des droits. [En savoir plus](#)

Terms of use

The ETH Library is the provider of the digitised journals. It does not own any copyrights to the journals and is not responsible for their content. The rights usually lie with the publishers or the external rights holders. Publishing images in print and online publications, as well as on social media channels or websites, is only permitted with the prior consent of the rights holders. [Find out more](#)

Download PDF: 26.01.2026

ETH-Bibliothek Zürich, E-Periodica, <https://www.e-periodica.ch>

Performances d'un chauffe-eau solaire

PIERRE SUTER et JEAN ROBERT MULLER, Lausanne, DOMINIQUE ROUX et BERNARD TRIPOD, Genève

L'intensité du rayonnement solaire au sol est intermittente et irrégulière. Les charges d'un bâtiment en hiver ou en été sont variables. Le fonctionnement d'un système solaire est constitué d'une suite d'évolutions transitoires et ses performances sont dépendantes de son comportement dans ces régimes.

Le choix d'un système solaire adapté aux conditions météorologiques locales, c'est-à-dire la détermination de la combinaison optimale surface des collecteurs/volume de stockage et de la meilleure régulation, nécessite la connaissance de son comportement dynamique et de celui de chacun des éléments le composant.

Le nombre de systèmes envisageables est grand et il n'est pas possible d'effectuer des mesures sur tous les types. On peut par contre simuler le comportement de chaque système, des résultats de mesures effectuées sur quelques installations permettant de vérifier la validité des modèles mathématiques utilisés.

Une campagne de mesures sur un chauffe-eau solaire a été menée conjointement par l'Institut de thermique appliquée de l'Ecole polytechnique fédérale de Lausanne et la Société générale pour l'industrie de Genève.

Expériences et résultats obtenus sont présentés dans cet article.

Description de l'installation

La villa équipée du chauffe-eau solaire étudié est située à Vandœuvres à une distance de 7,5 km de la station météorologique de l'aéroport de Genève.

L'installation représentée schématiquement à la figure 1, opérationnelle depuis le 11 mars 1976, a été dimensionnée pour couvrir la presque totalité des besoins en eau chaude domestique d'une famille de six personnes en été et procurer un apport non négligeable d'énergie durant les autres périodes.

Les collecteurs solaires sont du type plan, à double vitrage. Quatre éléments d'une surface totale absorbante de 8,8 m², disposés sur le toit de la villa, sont orientés face au sud et inclinés de 40° par rapport au plan horizontal (fig. 2).

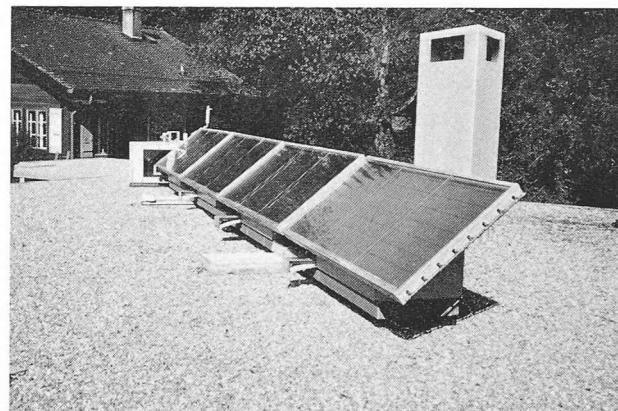
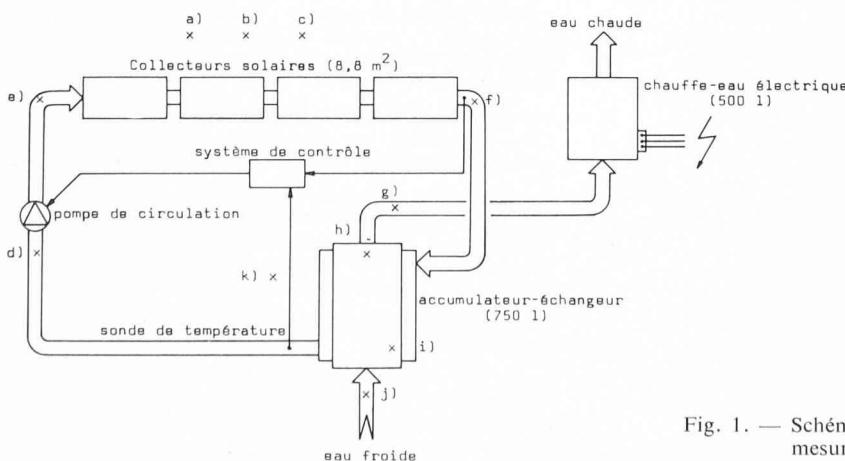


Fig. 2. — Installation des collecteurs sur le toit de la villa.

La chaleur recueillie dans les collecteurs est véhiculée par un mélange eau + antigel jusqu'à un accumulateur-échangeur à double manteau de 750 l où elle est transmise à l'eau qui est ainsi chauffée avant son introduction dans un chauffe-eau électrique de 500 l.

Le volume total d'accumulation constitue une réserve d'approximativement 3 jours de consommation.

Un système de régulation enclenche la pompe de circulation du circuit primaire lorsque la température du mélange à la sortie des collecteurs est supérieure à la température du mélange à la sortie de l'échangeur de l'accumulateur de 750 l.

Les résistances du chauffe-eau électrique sont alimentées lorsque la température moyenne de l'eau à l'intérieur n'atteint pas 60°C.

Equipement de mesures

Les mesures sont de deux types :

- mesures dynamiques effectuées pendant des périodes courtes (journées) et échelonnées sur l'année (saisons) en fonction des conditions météorologiques (ciel clair, ciel nuageux, ciel couvert) ;
- mesures globales nécessitant des relevés journaliers.

Les grandeurs enregistrées dans le cadre des mesures dynamiques sont (fig. 1) :

- a) éclairements énergétiques dans un plan horizontal et dans le plan des collecteurs G_{40° (solarimètres) ;
- b) température de l'air extérieur T_a (thermocouple) ;
- c) vitesse et direction du vent (anémomètre) ;
- d) débit instantané du mélange dans les collecteurs m_i (compteur + générateur d'impulsions) ;
- e) température du mélange à l'entrée des collecteurs T_{ec} (thermocouple) ;

Fig. 1. — Schéma de l'installation et position des capteurs de mesures.

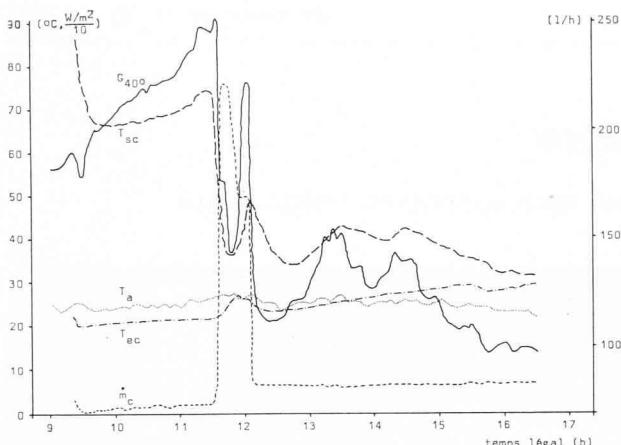


Fig. 3. — Comportement des collecteurs le 16 juin 1976.

- f) température du mélange à la sortie des collecteurs T_{sc} (thermocouple) ;
- g) débit instantané de soutirage d'eau chaude domestique (compteur + générateur d'impulsions) ;
- h) température de l'eau à la partie supérieure de l'accumulateur de 750 l (thermocouple) ;
- i) température de l'eau à la partie inférieure de l'accumulateur de 750 l (thermocouple) ;
- j) température de l'eau froide à l'entrée de l'accumulateur de 750 l (thermomètre) ;
- k) température de l'air dans le local contenant les accumulateurs (thermomètre).

Ces paramètres fonction du temps sont enregistrés sur un appareil multicanaux à l'exception de c), j) et k) qui sont lus au cours des périodes de mesures.

Les grandeurs relevées dans le cadre des mesures globales sont :

- volume d'eau chaude domestique soutiré : compteur placé sur la tuyauterie d'amenée d'eau froide en amont de l'accumulateur de 750 l ;
- énergie cédée à l'eau dans l'accumulateur de 750 l : compteur de chaleur dont les sondes de température sont placées sur les tuyauteries d'eau à l'entrée et à la sortie de l'accumulateur de 750 l ;
- nombre d'heures de fonctionnement des résistances électriques dans l'accumulateur de 500 l : compteur d'heures.

Les mesures globales d'heures d'ensoleillement sont fournies par la station météorologique de l'aéroport de Genève.

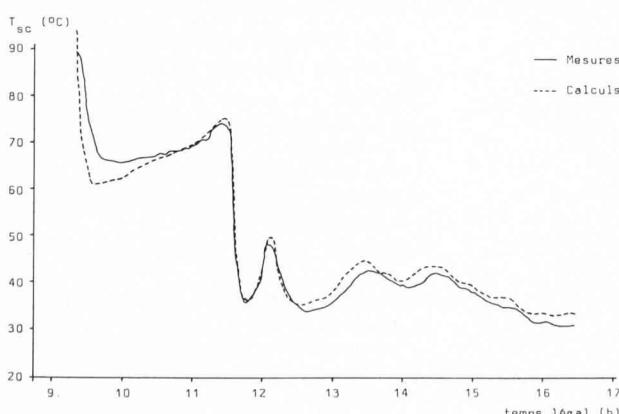


Fig. 4. — Simulation mathématique du comportement des collecteurs le 16 juin 1976.

Mesures dynamiques et analyse du comportement des composantes

A titre d'exemple, le comportement des collecteurs le 16 juin 1976 (ciel clair, puis couvert) est représenté sur la figure 3. L'installation a été mise en route manuellement vers 9 h 30. Un essai particulier de variations du débit du mélange a été effectué entre 11 h 30 et 12 h et le système de régulation a été déclenché dans l'après-midi afin d'étudier la chute de température à la sortie des collecteurs.

Ces résultats ont été comparés à ceux donnés par un modèle mathématique programmé sur ordinateur. Ce modèle permet de calculer en fonction du temps la température du mélange à la sortie des collecteurs, l'énergie utile fournie au mélange et l'efficacité moyenne des collecteurs, les paramètres mesurés a), b), c), d) et e) étant introduits comme données dans le programme.

La comparaison entre mesures et calculs pour le 16 juin 1976 est représentée sur la figure 4.

Un modèle mathématique a été également développé pour simuler le comportement de l'accumulateur de 750 l. Il permet de calculer en fonction du temps la répartition suivant la hauteur des températures à l'intérieur de l'accumulateur, la température du mélange au retour vers les collecteurs, la température de soutirage de l'eau chaude domestique, les énergies fournie et soutirée et l'énergie accumulée, les paramètres mesurés d), f), g), j) et k) étant introduits comme données dans le programme.

L'installation complète est actuellement simulée, le modèle des collecteurs et celui de l'accumulateur étant liés par les consignes de régulation.

Mesures globales et évaluation des performances de l'installation

Les résultats des mesures globales sont présentés dans le tableau I. Les grandeurs considérées sont :

- A — durée moyenne d'ensoleillement (h/jour) : moyenne sur la période considérée des durées journalières d'ensoleillement mesurées à l'aéroport de Genève ;
- B — intensité moyenne du rayonnement solaire dans le plan des collecteurs (kWh/jour) : moyenne sur la période considérée des intensités journalières du rayonnement solaire calculées à partir des données statistiques des rayonnements direct et diffus dans un plan horizontal mesurés à l'aéroport de Zurich, en tenant compte des conditions d'ensoleillement locales mesurées à l'aéroport de Genève ;
- C — consommation moyenne d'eau chaude domestique (l/jour) : moyenne sur la période considérée des consommations journalières mesurées d'eau chaude ;
- D — consommation moyenne d'électricité du chauffe-eau de 500 l (kWh/jour) : moyenne sur la période considérée des consommations journalières d'électricité calculée à partir des mesures du nombre d'heures de fonctionnement des résistances électriques, la puissance consommée étant constante (système tout ou rien) ;
- E — énergie moyenne fournie à l'eau dans l'accumulateur de 750 l (kWh/jour) : moyenne sur la période considérée des quantités journalières mesurées d'énergie transmise à l'eau ;
- F — consommation moyenne totale d'énergie pour la préparation de l'eau (kWh/jour) : somme D+E représentant la totalité de la consommation effective d'énergie pour la préparation de l'eau chaude domestique, les pertes de chaleur de l'installation étant prises en considération ;
- G — énergie fournie à l'eau par heure d'ensoleillement (kWh/h) : rapport E/A ;
- H — couverture des besoins par l'énergie solaire (%) : rapport E/F indiquant dans quelle mesure l'énergie solaire contribue à la fourniture d'énergie pour la préparation de l'eau chaude domestique ;

	1976											1977		Années de 365 jours
	11/31 Mars	1/30 Avril	1/31 Mai	1/25 Juin	10/30 Juil.	2/13 24/31 Août Sept.	1/30 Oct.	1/30 Nov.	1/28 Déc.	1/31 Janv.	1/28 Févr.			
A (h/jour)	5.79	7.83	8.64	11.60	8.48	8.11	4.98	3.87	2.40	1.15	1.09	2.57	2027 (h)	
B (kWh/jour)	33.26	52.72	58.52	74.33	54.99	49.87	31.67	20.71	9.86	6.79	8.10	21.18	12550 (kWh)	
C (1/jour)	252	203	347	367	361	200	257	191	247	256	176	188	92757 (1)	
D (kWh/jour)	10.00	4.90	2.30	0.29	3.46	1.59	6.54	7.68	12.22	13.24	10.99	9.94	2524 (kWh)	
E (kWh/jour)	6.19	9.33	14.84	17.60	14.28	9.00	8.00	5.33	3.33	2.50	1.61	3.21	2904 (kWh)	
F = D * E (kWh/jour)	16.19	14.23	17.14	17.89	17.74	10.59	14.54	13.01	15.55	15.74	12.60	13.15	5428 (kWh)	
G = E / A (kWh/h)	1.07	1.19	1.72	1.52	1.68	1.11	1.61	1.38	1.39	2.17	1.48	1.25	1.43 (kWh/h)	
H = E / F (%)	38.2	65.5	86.6	98.3	80.5	85.0	55.0	41.0	21.4	15.9	12.8	24.4	53.5 (%)	
I = E / B (%)	18.6	17.7	25.4	23.7	26.0	18.0	25.3	25.7	33.7	36.8	19.9	15.2	22.5 (%)	

Tableau I. — Résultats des mesures globales et évaluation des performances de l'installation.

I — efficacité globale de l'installation solaire (%) : rapport E/B représentant la part de l'énergie incidente au niveau des collecteurs effectivement transmise à l'eau chaude domestique soutirée.

L'interprétation des valeurs indiquées au tableau I nécessite quelques remarques :

- pour l'établissement des valeurs moyennes des données météorologiques et des diverses consommations, on n'a tenu compte que des périodes pendant lesquelles la villa était occupée. Cela signifie que, si les consommations correspondent bien à la réalité, les moyennes journalières de l'énergie transmise à l'eau dans l'accumulateur de 750 l sont, quant à elles, plus sujettes à caution car l'installation accumule ou perd de l'énergie même lorsque le propriétaire est absent ;
- le propriétaire a volontairement débranché le chauffe-eau électrique à plusieurs reprises, pour une période plus ou moins longue, se satisfaisant alors d'eau chaude à une température variable généralement inférieure à la valeur de consigne de 60°C. Cela a pour conséquence que le calcul de la couverture des besoins conduit à des valeurs légèrement plus élevées que si le chauffe-eau n'avait pas été débranché ;
- l'influence de la consommation d'eau chaude domestique sur les valeurs de la couverture des besoins et de l'efficacité globale est prépondérante.

Rentabilité de l'installation

La décision d'équiper la villa d'un système solaire a été prise à la fin de sa construction. Le système solaire a donc été rajouté à une installation conventionnelle existante, non amortie, constituée d'un chauffe-eau électrique de 500 l et d'une distribution sanitaire.

Si la villa n'était équipée que du système électrique, le propriétaire aurait investi 7700 fr., frais auxquels correspondent des annuités de 620 fr. pendant vingt ans et pour un intérêt de 5 %.

Le système solaire est revenu approximativement à 13 000 fr., les frais supplémentaires d'investissement se répartissant de la façon suivante :

- Fr. 9700.— pour les éléments : collecteurs, accumulateur de 750 l, vase d'expansion, pompe de circulation et système de régulation ;

- Fr. 2000.— pour le support et la fixation des collecteurs sur le toit de la villa ;
- Fr. 1300.— pour les tuyauteries de raccordement entre les éléments.

A ces frais supplémentaires correspondent des annuités de 1040 fr. pendant vingt ans et pour un intérêt de 5 %.

Le système solaire a cédé à l'eau 2500 kWh pendant les 325 jours durant lesquels la villa était occupée. En extrapolant mensuellement pour les mois pendant lesquels le propriétaire s'est absenté, on peut estimer l'énergie cédée par le système solaire à 2900 kWh/an et la consommation d'électricité à 2500 kWh/an (tableau I — colonne de droite). Le kWh électrique étant facturé au propriétaire 5 cts (tarif de nuit), les économies réalisables sur les factures d'électricité sont donc de 125 à 145 fr./an.

La consommation annuelle d'électricité du système électrique seul serait de l'ordre de 5400 kWh et l'utilisation de ce système reviendrait au propriétaire à 16,5 cts/kWh. Si l'on considère le système combiné solaire + électrique les frais annuels d'exploitation s'élèvent à 33 cts/kWh, soit une augmentation de 16,5 cts/kWh.

Si le propriétaire vivait dans une région aux conditions météorologiques semblables et où l'électricité est facturée 15 cts/kWh, les économies réalisables sur les factures d'électricité seraient de 375 à 435 fr./an, les frais annuels d'exploitation s'élèveraient à 26,5 cts/kWh pour le système électrique seul et à 37,5 cts/kWh pour le système combiné solaire + électrique.

Il n'a pas été tenu compte dans ce qui précède de l'entretien de l'installation, voire même du remplacement de certains éléments, et des éventuelles augmentations du coût des énergies « conventionnelles ».

Ces résultats ne sont valables que pour le cas particulier considéré et il serait erroné de les généraliser. Ils confirment la faible rentabilité d'un système solaire préparant l'eau chaude domestique pour une villa avec une surface de collecteurs d'environ 1,5 m² par personne. Une plus grande surface, permettant de plus un appoint pour le chauffage sans modification importante de l'infrastructure existante, apporterait un sensible abaissement du coût supplémentaire annuel par m² de surface des collecteurs [1].

Les mesures effectuées sur cette installation ont permis de déterminer ses performances sur une année et de vérifier la validité des modèles mathématiques des éléments la compo-

sant. Ces modèles permettront d'étudier l'influence des paramètres technologiques et de déterminer ceux qui devront être modifiés afin que de telles installations soient adaptées au mieux aux conditions météorologiques locales et aux besoins réels des utilisateurs. Ces travaux sont réalisés dans le cadre du Projet d'Ecole « Energie » de l'EPFL.

BIBLIOGRAPHIE

[1] A. GARNIER, PH. EICHENBERGER ET J. CSILLAGHY : *La rentabilité du chauffage solaire*. Bulletin technique de la Suisse romande, N° 9 du 28 avril 1977, pp. 108-112.

Voir également :

D. ROUX, B. TRIPOD and J. R. MULLER : *Solar Heating Performance Evaluation Unesco/World Meteorological Organization Solar Energy Symposium*. Geneva, 30 August-3 September 1976.

Carnet des concours

Nouveau centre diocésain à Fribourg

Jugement

Le jury, réuni les 23 et 24 mars 1977 à Fribourg pour juger ce concours de projets, a décidé d'attribuer un premier prix avec proposition pour la poursuite des études et huit achats :

1^{er} prix :

« Primevères » Fr. 8000.— F. Boschetti, architecte, Epalinges

Achats :

« Pax » Fr. 3500.— A. Bordigoni, R. Fleury, D. Bordigoni, architectes, Petit-Lancy

« Atrium » Fr. 3500.— Georges Schaller, architecte, Fribourg

« Espace et joie » Fr. 3500.— Jacques Dumas, architecte, Lausanne

« Source » Fr. 3500.— J. C. Lateltin et A. Oberson, architectes, Fribourg

« Nocedio » Fr. 3500.— J.-P. Grand et R. Proplan, arch., Carouge

« Diamant » Fr. 3500.— Edouard Weber, architecte, Neuchâtel

« Domus » Fr. 3500.— C. Passer et J.-Cl. Sauveterel, architectes, Fribourg

« Crux » Fr. 3500.— S. Charrière et A. Page, architectes, Fribourg

Prix d'architecture en béton 1974

En 1977, la Société suisse des Fabricants de ciment, chaux et gypse, Zurich, a mis en concours, pour la première fois, le « Prix d'architecture en béton 1977 ». Parmi les 76 travaux d'architecture qui ont été présentés, le comité de jury indépendant a choisi le Musée international d'horlogerie, à La Chaux-de-Fonds, pour le premier prix de Fr. 20 000.—.

Cet ouvrage a été conçu par les architectes Pierre Zoelly, de Zollikon, et Georges J. Haefely, de La Chaux-de-Fonds (voir BTSR N° 19, du 11.9.1975).

Les membres du jury sont les suivants :

MM. Guido Cocchi, arch. FAS/SIA, Lausanne ; Hans Gübelin, arch. SIA, Lucerne ; Rudolf Guyer, arch. SIA, Zurich ; Anselm Lauber, professeur, ing. électricien SIA, LFEM, Dübendorf ; Ralph Sagelsdorff, ing. civil EPFZ, LFEM, Dübendorf ; Hans Stamm, ing. civil SIA, Willegg et Max Ziegler, arch. SIA, Zurich.

Toutes les œuvres présentées au concours seront exposées du 11 au 26 juin 1977.

P. SUTER, J. R. MULLER, D. ROUX et B. TRIPOD : *Expériences sur un chauffe-eau solaire et analyse de son comportement, Symposium IV de la Société suisse pour l'énergie solaire*. Biel, le 21 janvier 1977.

Adresses des auteurs :

Pierre Suter et Jean Robert Muller
Institut de thermique appliquée
Ecole polytechnique fédérale
33, avenue de Cour
1007 Lausanne

Dominique Roux et Bernard Tripod
Société générale pour l'industrie
71, avenue Louis-Casai
1216 Cointrin GE

Informations SIA

Section jurassienne

Le 28 avril dernier, M. Bernard Lieberherr, naturaliste, adjoint scientifique à la Fondation suisse pour la protection du paysage, a présenté à notre section une magistrale conférence, illustrée de nombreuses diapositives, sur le thème « Routes et paysages ».

Après avoir rappelé que trop souvent on devait plutôt parler de routes *ou* paysages, M. Lieberherr s'est attaché à définir les fonctions essentielles de la route et à démontrer que la route elle-même parvient à les entraver ; par exemple, la liaison entre les hommes est contrariée par une route séparant deux parties d'une localité. L'énumération des critères techniques et psychologiques d'appréciation du paysage nous ont sensibilisés à la complexité du problème sans nous faire tomber dans une sensibilité facile ou une critique superficielle.

Une série d'exemples commentés ont montré pour terminer que la solution routes *et* paysages est possible, dans la mesure où le projeteur porte en permanence le souci de faire corps avec le paysage et accepte de se plier à quelques contraintes « naturelles ».

Nous reviendrons ultérieurement, et plus en détail, sur cette remarquable conférence.

Prochaine séance

Vendredi 3 juin 1977, à 15 h., au château de Porrentruy : Géodésie, mensurations et améliorations foncières en relation avec les projets routiers, par le groupe des ingénieurs géomètres et du génie rural de la SIA-J.

Cette séance sera précédée d'une brève partie administrative.

Communications SVIA

Concours de ski SVIA

Avec une trentaine de participants et une très bonne ambiance, ce concours de ski a eu lieu aux Marécottes, le 26 mars 1977.

Résultats, membres SVIA :

1. Wurlod Daniel, architecte	44s
2. Lavizzari Jean-Pierre, architecte	44s 5/10
3. Aubert Philippe, ingénieur	46s 6/10
4. Charotton Georges, ingénieur	47s
5. Spahn Rolf, ingénieur	47s 5/10
6. George Albert, architecte	49s
7. Sillig François, architecte	50s
etc.	

La Coupe des dames a été gagnée par M^{me} Elisabeth Aubert, la Coupe des invités par M. Roulet.