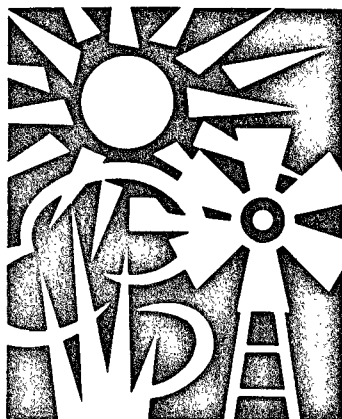




Distr.  
LIMITED  
E/CONF.35/G/8/SUMMARY  
10 April 1961



# UNITED NATIONS CONFERENCE ON NEW SOURCES OF ENERGY

ORIGINAL: ENGLISH

## CONFÉRENCE DES NATIONS UNIES SUR LES SOURCES NOUVELLES D'ÉNERGIE

SOLAR ENERGY, WIND POWER AND GEOTHERMAL ENERGY

ÉNERGIE SOLAIRE, ÉNERGIE ÉOLIENNE ET ÉNERGIE GÉOTHERMIQUE

Agenda item - Point de l'ordre du jour:

II.A.2(a)(b) - Harnessing of geothermal energy and geothermal electricity production: Utilization of geothermal energy for power generation

Exploitation de l'énergie géothermique et production d'électricité au moyen de l'énergie géothermique:  
Utilisation de l'énergie géothermique pour la production d'électricité

### EXPERIENCE GENERATING GEOTHERMAL POWER AT THE GEYSERS POWER PLANT, SONOMA COUNTY, CALIFORNIA, U.S.A.

By Albert W. BRUCE

Supervising Mechanical Engineer, Pacific Gas and Electric Co.,  
San Francisco, California, U.S.A.

### PRODUCTION EXPERIMENTALE D'ENERGIE GEOTHERMIQUE A LA CENTRALE DE "THE GEYSERS", COMTE DE SONOMA, CALIFORNIE, ETATS-UNIS

Par Albert W. BRUCE

Ingénieur mécanicien chef, Pacific Gas and Electric Co.,  
San Francisco, Californie, Etats-Unis

PAPERS HAVE BEEN CONTRIBUTED TO THE UNITED NATIONS CONFERENCE ON NEW SOURCES OF ENERGY BY INVITATION AND ARE FOR DISTRIBUTION AS WORKING PAPERS FOR THAT CONFERENCE. THEY ARE PUBLISHED AS PRESENTED BY THE AUTHORS, AND THE CONTENTS AND THE VIEWS EXPRESSED ARE THOSE OF THE AUTHORS.

(See notes overleaf)

LES AUTEURS ONT PRESENTE SUR INVITATION A LA CONFERENCE' DES NATIONS UNIES SUR LES SOURCES NOUVELLES D'ENERGIE DES MEMOIRES QUI SERONT DISTRIBUES COMME DOCUMENTS DE TRAVAIL DE LA CONFERENCE. CES MEMOIRES SONT PUBLIES TELS QUE LES AUTEURS LES ONT REDIGES ET LES VUES QU'ILS CONTIENNENT SONT CELLES DES AUTEURS.

(Voir notes au verso)

## NOTES

1. The working languages of the Conference are English and French. All papers contributed are reproduced in one or other of these two languages. Where a paper has been reproduced in both working languages for the convenience of a rapporteur, both language versions are provided as part of the Conference documentation.

2. Where any paper has been contributed in one of the official languages of the UN other than English or French, then it has been made available to the conference in that language. A translation of such papers in either English or French (according to the request of the relevant rapporteur) is provided.

3. Summaries of all papers, as presented by the authors, will be available in both working languages—English and French. Summaries will not include diagrams and photographs and should be read in conjunction with the paper proper, which will bear the same reference number as the summary.

4. Papers and summaries will not be generally available for distribution to other than participants and contributors to the Conference until after the Conference, under publication arrangements to be announced.

1. Les langues de travail de la Conférence sont l'anglais et le français. Tous les mémoires présentés sont reproduits dans l'une ou l'autre de ces deux langues. Lorsqu'un mémoire est reproduit dans les deux langues de travail sur la demande d'un rapporteur, la version anglaise et la version française du mémoire font toutes deux parties de la documentation de la Conférence.

2. Lorsqu'un mémoire est présenté dans une langue officielle de l'ONU autre que l'anglais ou le français, il est publié dans cette langue. Les mémoires appartenant à cette catégorie sont en outre publiés en traduction anglaise ou française (selon la demande du rapporteur chargé du sujet considéré).

3. Des résumés de tous les mémoires, établis par les auteurs eux-mêmes, seront publiés dans les deux langues de travail: anglais et français. Les résumés ne contiendront ni diagrammes ni photographies, et il conviendra de les rapprocher du mémoire lui-même, qui portera le même numéro de référence que le résumé.

4. Les mémoires et les résumés ne pourront en général être distribués à des personnes autres que les participants et les auteurs qu'après la Conférence et selon des modalités de publication qui seront annoncées ultérieurement.

SUMMARY OF A PAPER  
FOR  
THE UNITED NATIONS CONFERENCE ON NEW SOURCES OF ENERGY  
SOLAR ENERGY - WIND POWER - GEOTHERMAL ENERGY  
August 21-31, 1961  
Rome, Italy

Agenda Item Number II.a. 2(b) - "Harnessing of geothermal energy and geothermal electricity production- utilization of geothermal energy for power production.

EXPERIENCE GENERATING GEOTHERMAL POWER AT THE GEYSERS POWER PLANT  
SONOMA COUNTY, CALIFORNIA, U.S.A.

By  
Albert W. Bruce  
Supervising Mechanical Engineer  
Pacific Gas and Electric Company  
San Francisco, California

1. INTRODUCTION

(a) The construction of The Geysers Power Plant is an evidence that the earth's geothermal energy can be used if the right geological and economic factors exist. Here for the first time in the United States on June 28, 1960, electrical energy flowed into the Pacific Gas and Electric Company system from a 12,500 kw condensing turbine-generator located in Northern California about 95 miles north of San Francisco. A second 12,500 kw unit will be installed to operate initially in 1963.

(b) The following features distinguish The Geysers Power Plant.

(i) The plant cycle is simple.

(ii) The condensed geothermal steam provides the make-up water required for the evaporative cooling of the circulating water.

## The Geysers Power Plant

(iii) Stainless steel, aluminum and protective coatings are used to resist corrosion by the condensate and circulating water.

(iv) The plant is designed for automatic unattended operation. At present, the plant runs unattended for 16 hours each day.

### 2. PRELIMINARY DESIGN REQUIREMENTS

Before final design requirements are set, certain data peculiar to geothermal steam must be determined.

(a) A study of the steam pressures set the pressure for the first unit at 100 lbs per square inch gage. This pressure will be reduced to 80 lbs per square inch gage when the second unit is installed.

(b) The heat content of the steam is found to be 1204 Btu per lb.

(c) The non-condensable gases in the steam are 0.61 of 1%.

(d) The corrosiveness of the steam condensate and circulating water indicate that stainless steel must be used for condensate lines, and aluminum or coated concrete for circulating water.

(e) The wet-bulb temperature for cooling tower design is set at 65 degrees Fahrenheit.

(f) The radioactivity of the steam is well below the permissible level.

(g) Foundation conditions at the site determine the arrangement of the plant.

(h) The chemistry of the cooling water is such that the water does not require treatment before discharge.

### 3. ECONOMIC FEATURES

The contract between the suppliers of the steam, Thermal Power Company and Magma Power Company, and the Pacific Gas and Electric Company provides that P. G. and E. pay 2.5 mills per net kilowatt hour of electrical energy delivered to its system. The final cost of the first 12,500 kw generating plant plus the 11.5/60 kv switchyard is expected to be \$1,900,000. The ten mile 60 kv transmission line cost will be about \$220,000. The unit will be operated at a high capacity factor, so the unit cost of electric energy will be comparable to the most recent fuel oil or gas fired steam-electric plants.

## The Geysers Power Plant

### 4. OPERATING EXPERIENCES

After nine months of operation, the effect of the corrosive elements in the steam has not been significant on the special materials of construction. Special operating difficulties due to the use of geothermal steam have been few. Some corrosion developed in carbon steel portions of the steam line that were not insulated. Until corrected, draining of the turbine exhaust duct was a problem because more moisture was separated from the steam than expected.

### 5. UNATTENDED OPERATION

Protective relays are provided so the unit can be operated automatically without attendance. At present, for 16 hours per day, the plant is left unattended. Thirty-two devices can trip the unit. On tripping a signal is sent to the attended Fulton Substation. An operator is notified if the trouble is between 4 p.m. and 8 a.m. He will go to the plant to inspect the unit and start it, if possible.

### 6. PLANT CYCLE

The plant cycle is simple so there are few parts. The 12,500 kw turbine generating unit uses 240,000 lbs per hour of 100 lbs per square inch, 350 degrees F steam. When the second unit is installed the inlet pressure will be reduced to 80 psig.

A barometric condenser is used in which the exhaust steam from the turbine is condensed by mixing with the cooling water. The cooling water leaving the condenser at 120 degrees F is cooled by the cooling tower to 80 degrees F. The buildup of chemicals in the water is kept to a low limit through overflow because the evaporation in the cooling tower is less than the quantity of condensate. A steam jet gas ejector is used to remove the non-condensable gases from the condenser. The gases have not been a nuisance at ground level.

### 7. ARRANGEMENT OF THE PLANT

The turbine-generator operating floor is at ground level which is 1495 feet above sea level. Housed with it in the same building are the control board, electrical switchgear, exciter, and battery. The building is 31 feet by 77 feet by 30 feet high. A 20 ton crane is provided for maintenance.

Alongside the main building is a concrete block building which houses the office, toilet and change room, maintenance shop and storeroom.

The barometric condenser, circulating water pumps, and transformers are outside. Across the road and next to Big Sulphur Creek is the cooling tower.

## The Geysers Power Plant

The generator is air cooled and rated 12,500 kva, unity power factor, 3 phase, 60 cycles, 1800 rpm, and 11,500 volts. The 480 volt auxiliary power is fed from a tap between the generator circuit and the main step-up transformer to permit startup of the plant from the 60 kv system. The electric energy produced is fed into the transmission system over a ten mile wood pole 60 kv transmission line.

PRODUCTION EXPERIMENTALE D'ENERGIE GEOTHERMIQUE A LA CENTRALE  
DE "THE GEYSERS" COMTE DE SONOMA, CALIFORNIE, E.-U.

par Albert W. Bruce

Ingénieur mécanicien chef, Pacific Gas and Electric Company  
San Francisco, Californie

Résumé

1. INTRODUCTION

a) La construction de la centrale de "The Geysers" démontre que l'énergie géothermique peut être mise en oeuvre en présence des facteurs géologiques et économiques convenables. C'est de cette centrale que de l'énergie électrique commença à être fournie, le 28 juin 1960, au réseau de la Pacific Gas and Electric Company, d'un groupe turbo-générateur à condenseur de 12.500 kW situé, en Californie, à 150 km environ au nord de San Francisco. Un second groupe de 12.500 kW sera installé et entrera en production en 1963.

b) La centrale de "The Geysers" se caractérise par les particularités suivantes :

- i) Son cycle de fonctionnement est simple.
- ii) La vapeur condensée, d'origine géothermique, fournit l'appoint d'eau nécessaire pour le refroidissement de l'eau de circulation par évaporation.

- iii) Il y est fait usage d'acier inoxydable, d'aluminium et de revêtements protecteurs, destinés à résister à la corrosion par les produits de condensation et l'eau circulante.
- iv) La centrale a été prévue pour un fonctionnement automatique, sans surveillance. Elle opère actuellement dans ces conditions, c'est-à-dire sans aucune surveillance, à raison de 16 heures par jour.

## 2. EXIGENCES PRELIMINAIRES POUR LE CAHIER DES CHARGES

Avant de mettre au point les exigences définitives quant à la teneur du cahier des charges, il convient de déterminer certaines données qui sont particulières à la vapeur géothermique.

- a) L'étude des pressions de vapeur fit décider du choix, pour la première tranche du projet, de 100 livres par pouce carré au manomètre (7 kg/cm<sup>2</sup>). Cette pression sera ramenée à 80 livres par pouce carré au manomètre (5,6 kg/cm<sup>2</sup>) quand la deuxième tranche sera installée.
- b) On a déterminé que la vapeur contenait 1.204 BTU par livre.
- c) La teneur de la vapeur en gaz non condensables est de 0,61 pour 100.
- d) Le caractère corrosif des produits de condensation de la vapeur et de l'eau de circulation souligne la nécessité d'employer de l'acier inoxydable pour les tuyauteries par lesquelles circulent les produits de condensation et d'aluminium ou de ciment armé dotés d'un revêtement spécial pour l'eau de circulation.
- e) La température au thermomètre à la boule mouillée, pour les colonnes de refroidissement, est réglée à 65 degrés F.
- f) La radioactivité de la vapeur est amplement inférieure au maximum tolérable.
- g) Les problèmes relatifs à l'établissement des fondations au site de la centrale dictent la manière dont il faut la disposer.
- h) La composition chimique de l'eau de refroidissement est telle qu'elle n'a pas besoin d'être traitée après son évacuation.



### 3. CONSIDERATIONS ECONOMIQUES

Le contrat entre les fournisseurs de vapeur, à savoir la Thermal Power Company et la Magma Power Company, d'une part, et la Pacific Gas and Electric Company, de l'autre, prévoient que la P.G. et E doit payer 2,5 millièmes de dollar par kWh d'énergie électrique livrée à son réseau. On évalue les frais définitifs afférents à la première tranche, portant sur 12.500 kW, plus le poste de commutation et de distribution, à 1.900.000 dollars. Le prix de la ligne de transmission de 10 milles (16 km) sous 60 kv s'établira aux alentours de 220.000 dollars. La centrale sera exploitée avec un facteur de puissance élevé, si bien que le coût unitaire de l'énergie électrique sera comparable à celui que l'on réalise avec les centrales thermiques chauffant au mazout ou au gaz.

### 4. EXPERIENCES DE L'EXPLOITATION

Au bout de neuf mois d'exploitation, l'action des éléments corrosifs présents dans la vapeur sur les matériaux de construction spéciaux n'est pas importante. Les difficultés d'exploitation spéciales inhérentes à l'utilisation de la vapeur géothermique ont été exceptionnelles. On a relevé une certaine mesure de corrosion dans les sections en acier ordinaire au carbone des tuyauteries de vapeur qui n'étaient pas isolées. Jusqu'au moment où il s'avéra possible d'y remédier, l'assèchement du conduit d'échappement de la turbine souleva quelques problèmes parce qu'il fut extrait plus d'humidité de la vapeur que l'on ne s'y attendait.

### 5. FONCTIONNEMENT SANS SURVEILLANCE

On a prévu des relais de protection grâce auxquels la centrale peut fonctionner automatiquement et sans aucune surveillance. Elle est actuellement laissée sans surveillance 16 heures par jour. Il existe 32 dispositifs qui peuvent provoquer son arrêt. Quand ceci se produit, un signal est transmis à la sous-station de Fulton, laquelle est dotée de personnel de surveillance. Un opérateur est avisé si les difficultés se présentent entre 4 heures du soir et 8 heures du matin. Il se rend alors à la centrale pour y procéder à une inspection et assurer, si possible, sa remise en route.

## 6. CYCLE DE LA CENTRALE

Le cycle étant simple, il y a peu de pièces en cause. Le groupe turbo-générateur de 12.500 kW consomme 240.000 livres de vapeur à 100 livres par pouce carré à l'heure à la température de 350 degrés F. Une fois le deuxième groupe installé, la pression à l'entrée du système sera ramenée à 80 livres par pouce carré au manomètre.

Il est fait usage d'un condenseur barométrique dans lequel la vapeur d'échappement de la turbine est condensée par son mélange avec l'eau de refroidissement. Cette eau, qui sort du condenseur à 120 degrés F, est refroidie par la tour de condensation à 80 degrés F. On maintient l'accumulation d'éléments chimiques dans l'eau à un faible niveau par le jeu du trop plein parce que l'évaporation dans la tour de refroidissement est inférieure à la quantité de produit de condensation. Il est fait usage d'un éjecteur à gaz à jet de vapeur pour chasser les gaz non condensables du condenseur. Ces gaz n'ont pas été gênants au niveau du sol.

## 7. DISPOSITION DE LA CENTRALE

La nef du turbo-générateur est au rez-de-chaussée, situé à 495 pieds au-dessus du niveau de la mer. Le tableau de commandes, les panneaux de commutation, les excitatrices et la batterie d'accumulateurs sont logés dans le même bâtiment. Celui-ci a 31 pieds sur 77 avec une hauteur de plafond de 30 pieds. Il est prévu une grue de 20 tonnes.

On trouve, le long du bâtiment principal, un édifice fait de blocs en ciment armé, dans lequel sont abrités le bureau, les installations sanitaires et les pièces où les employés peuvent se changer, ainsi que les ateliers d'entretien et les magasins.

Le condenseur barométrique, les pompes à eau de circulation et les transformateurs sont à l'extérieur. La colonne de refroidissement est de l'autre côté de la route, sur la rive du Big Sulphur Creek.

Le groupe générateur est refroidi par l'air et sa puissance nominale est de 12.500 kva, avec un facteur de puissance égal à l'unité. Il débite du triphasé à 60 pps à 1.800 t/m sous 11.500 volts. La fourniture de courant auxiliaire sous 480 volts est assurée par une dérivation prévue entre le circuit de l'alternateur et le transformateur-survolteur principal, pour permettre la mise en route de la centrale au moyen du réseau de distribution à 60 kv. L'énergie électrique produite est fournie au réseau de transmission par une ligne à poteaux en bois sous 60 kv.

