



# Ciclo de Palestras Sobre Controle Térmico de Satélites

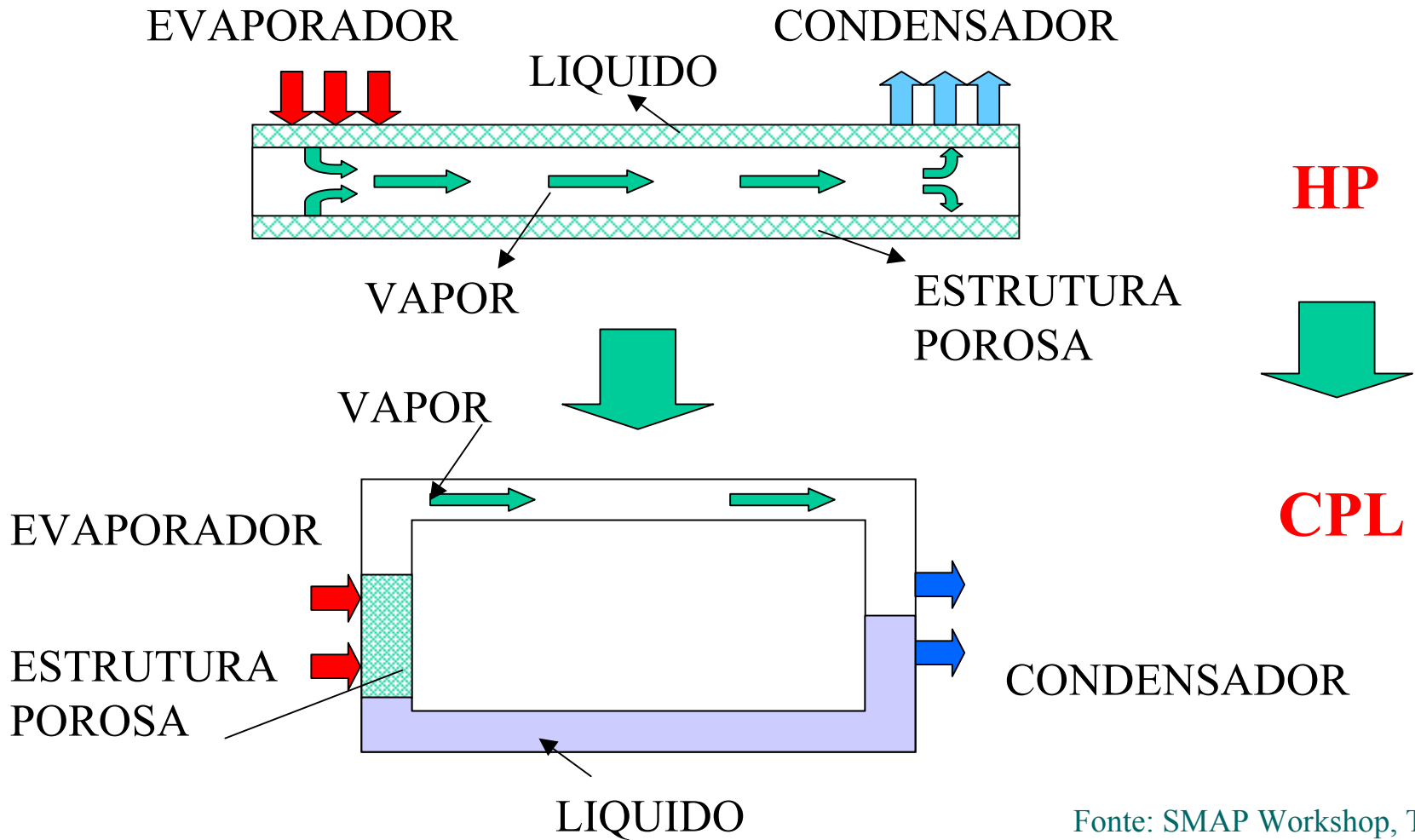
## Circuitos de bombeamento capilar (CPL e LHP)

**Dr. Valeri Vlassov**

Divisão de Mecânica Espacial e Controle - DMC

INPE-2003

# CPL – Conceção básica



Fonte: SMAP Workshop, T.Kaya, 2003

## CPL: prós e contras

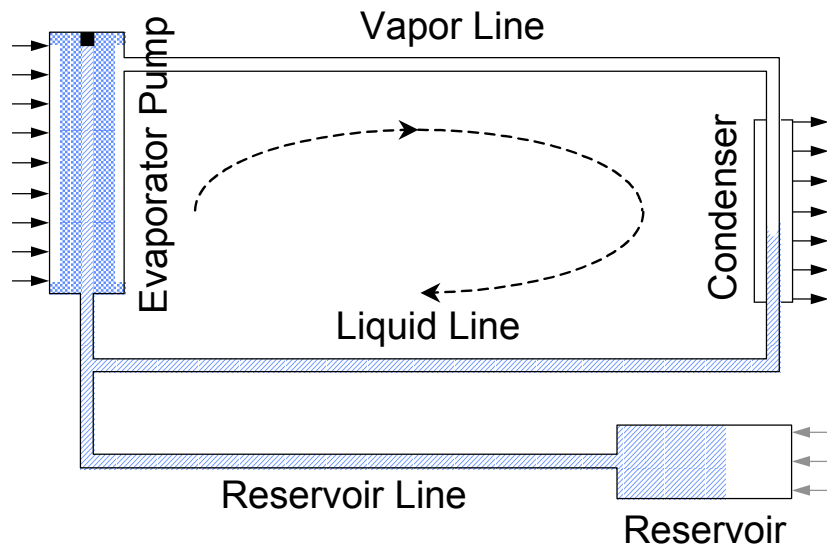
### Prós:

- Alta capacidade de transportar calor
- Baixa sensibilidade à gravidade
- Flexibilidade de integração (linhas de transporte são flexíveis)
- Alta tolerância à geração de gás não-condensável (Obs: descoberto recentemente)

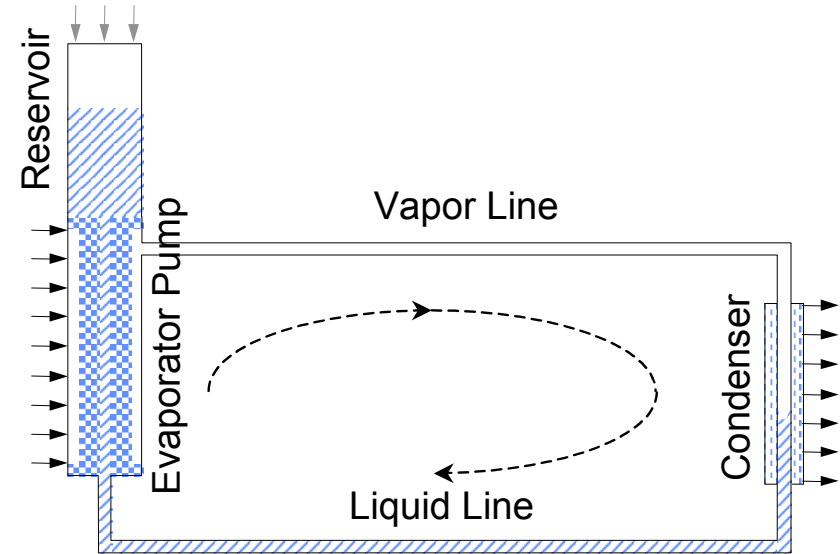
### Contras

- Tecnologia ainda nova e não estudada bastante
- Dispositivos são mais complexos e mais caros

# CPL – Concepções básicas



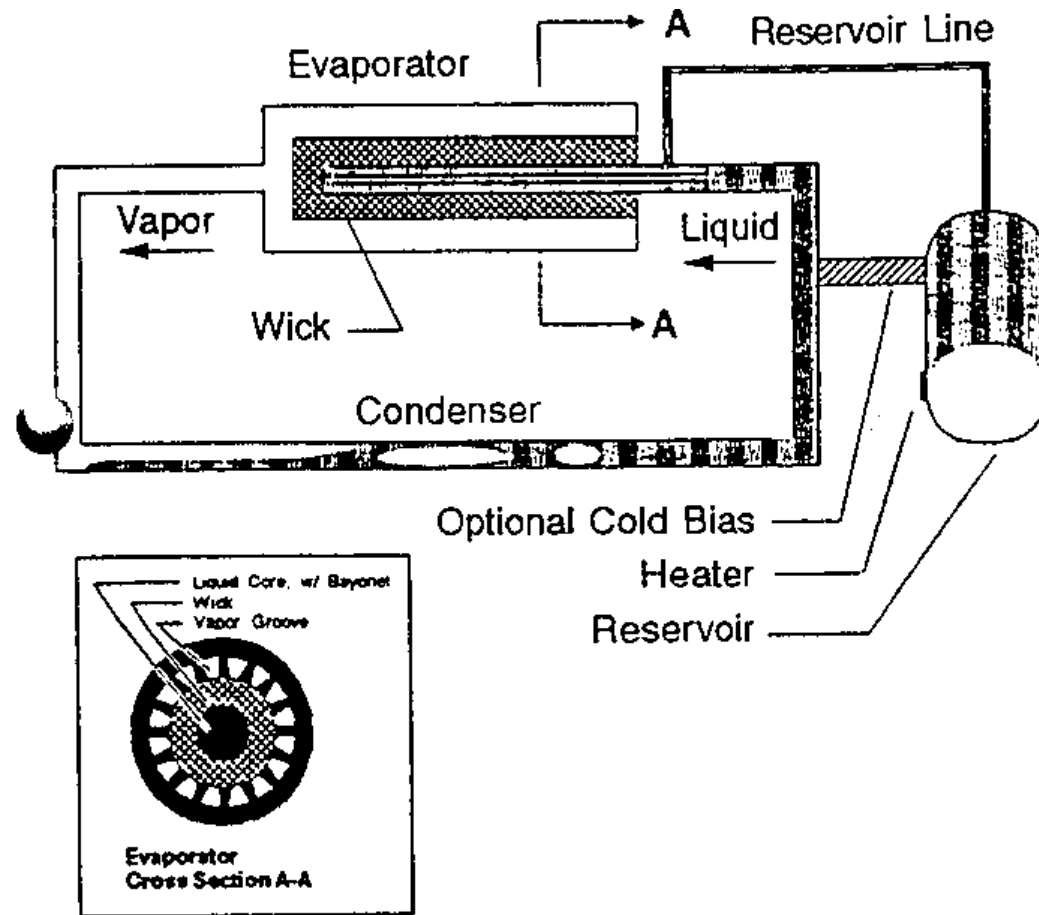
*Capillary Pumped Loop (CPL)*



*Loop Heat Pipe (LHP)*

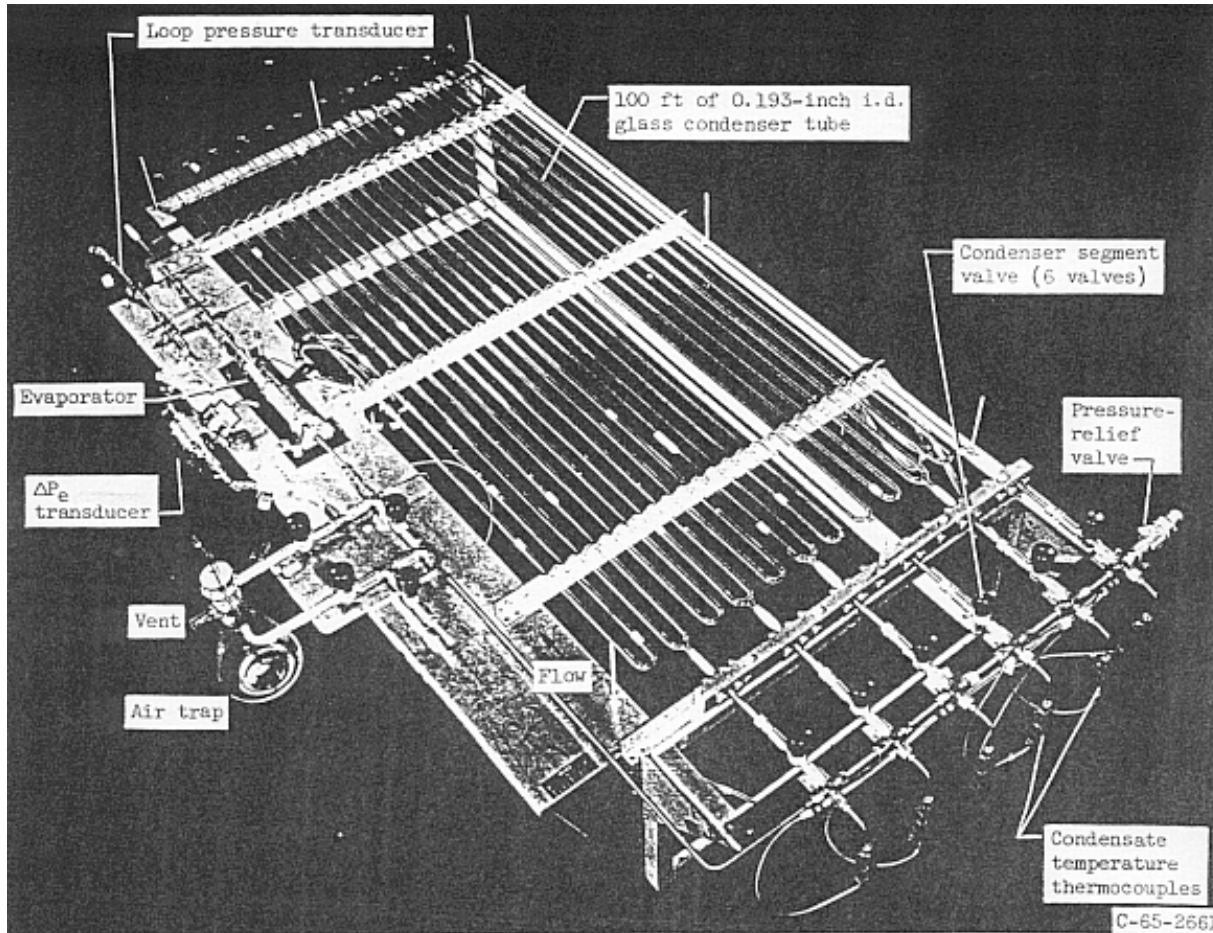
Fonte: SMAP Workshop, T.Kaya, 2003

# CPL – Conceção básica



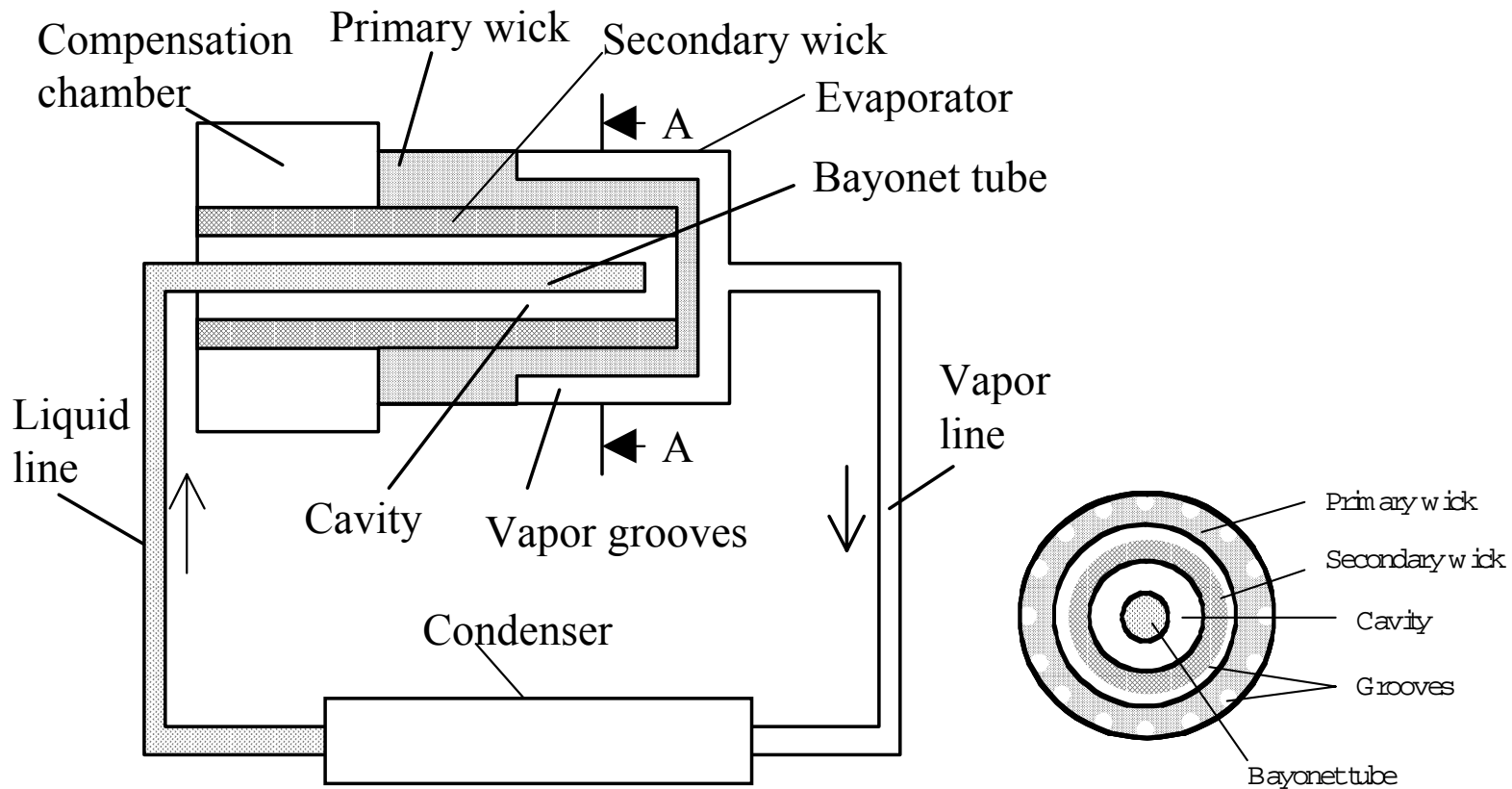
Fonte: 28th ICES, M.Nikitkin, 1998

# CPL – 1o protótipo



Fonte: Relatório do NASA, F.Stegner, 1966

# LHPs



Fonte: B.Yendler, Lockheed

## LHP vs CPL: prós e contras:

### CPL: Prós:

- Alta capacidade de transportar de calor
- Reservatório separado permite controle ativo fino
- Flexibilidade na localização do reservatório (integração simples)

### CPL: Contras:

- Pré-condicionamento é preciso antes de dar a partida
- Sensibilidade à alta variação de potência aplicada: perigo de secagem de evaporador

### LHP: Prós

- A partida é simples, tipo “turnkey”
- Tolerância a variações de potência aplicada e condições externas

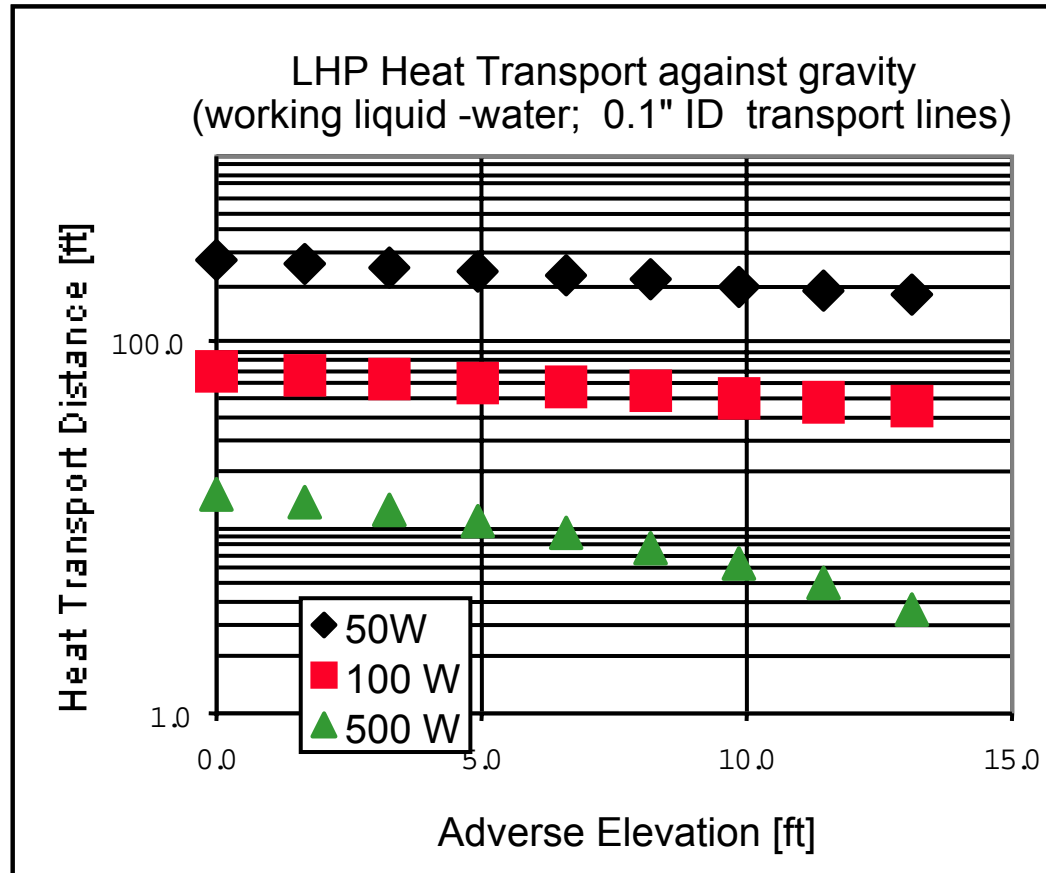
### LHP: Contras

- Reservatório deve ser acoplado ao evaporador

Fonte: 28th ICES, M.Nikitkin, 1998



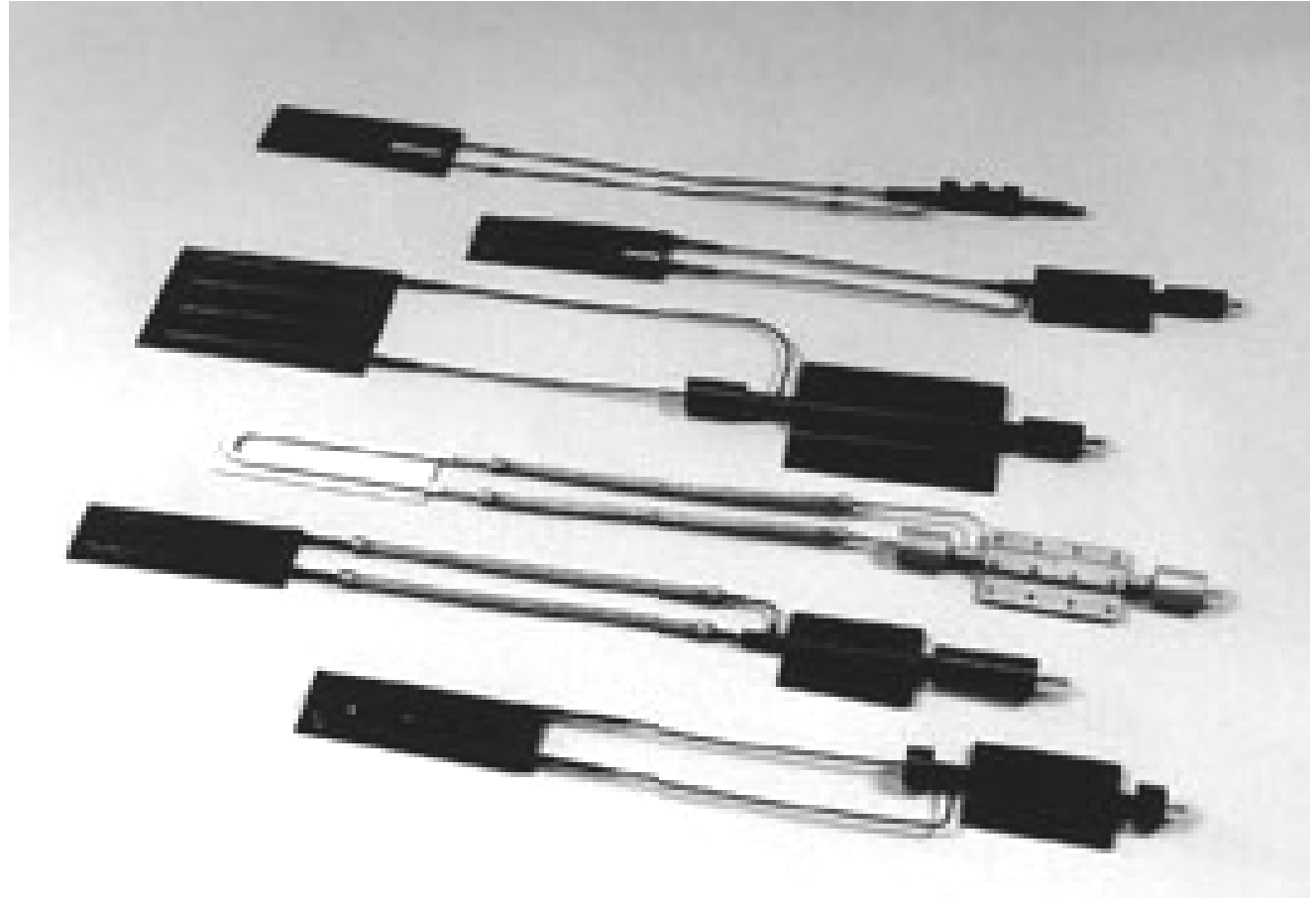
# LHPs



Evaporator is above condenser

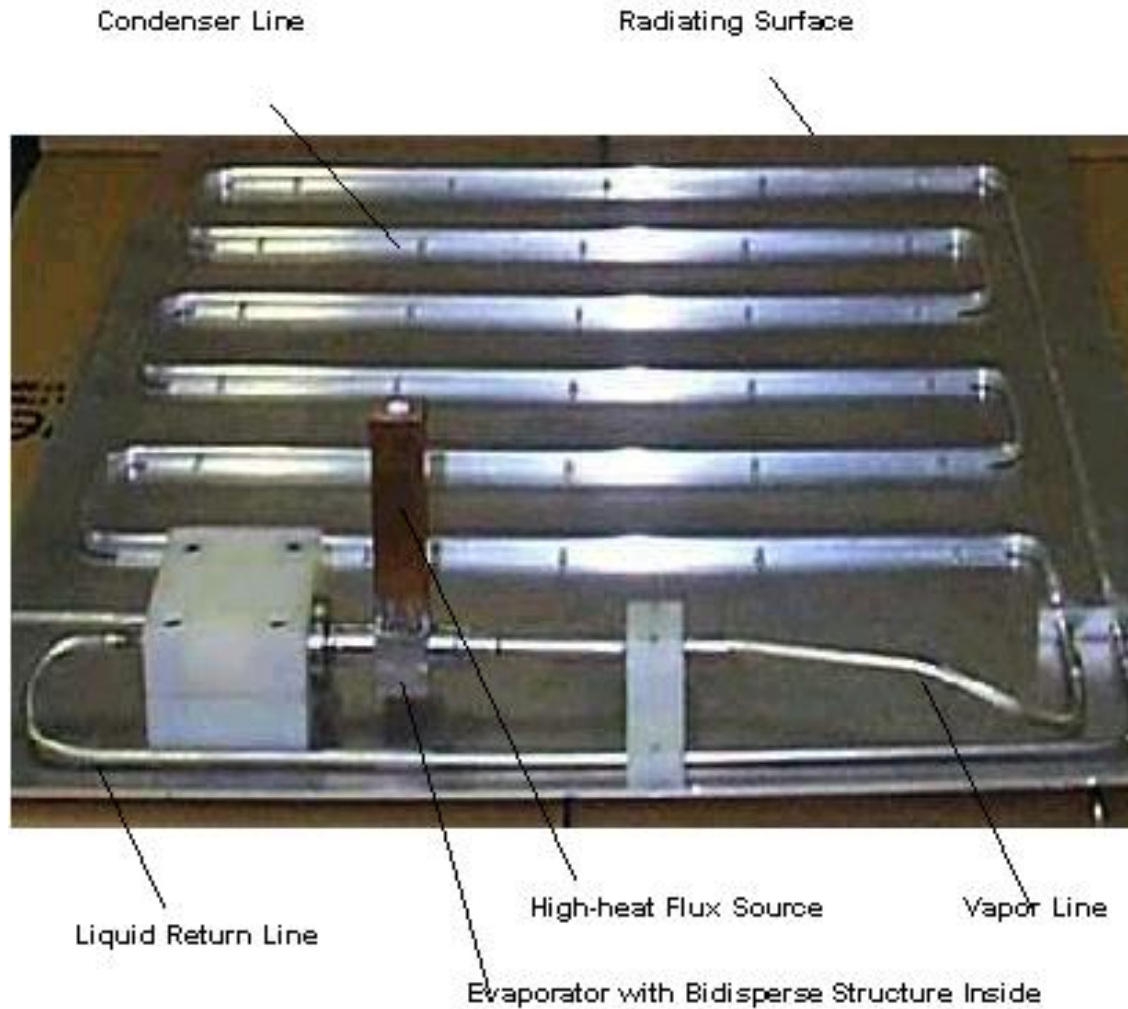
Fonte: B.Yendler, Lockheed

## LHPs



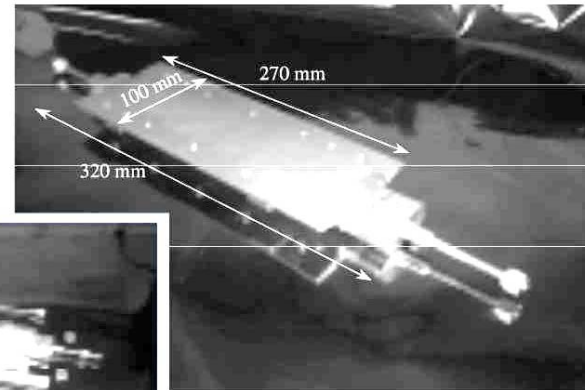
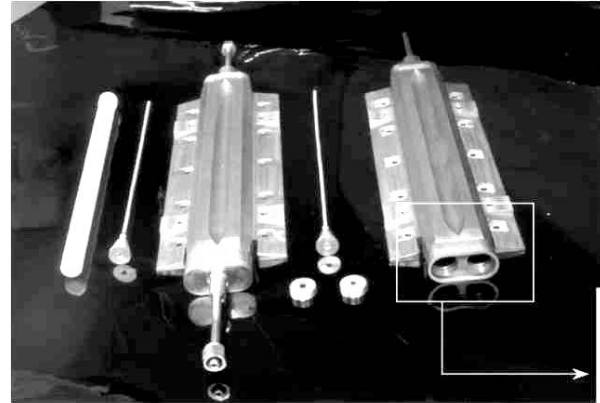
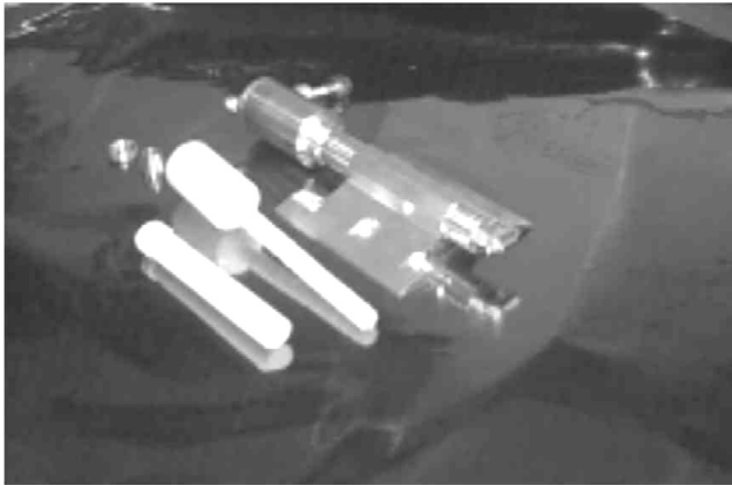
Fonte: web-página do Swales e Thermacore

# LHP de alta capacidade



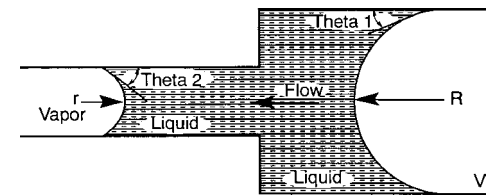
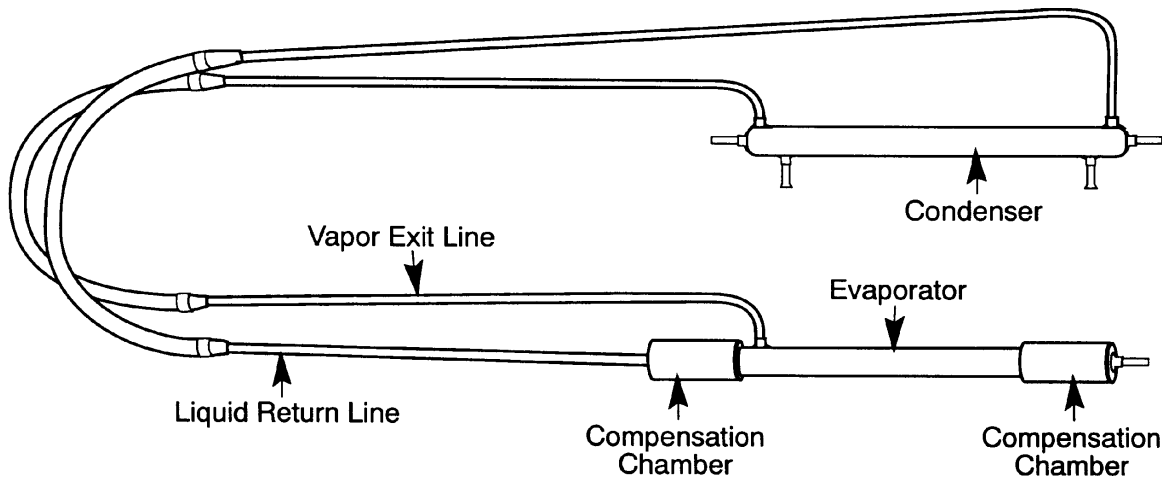
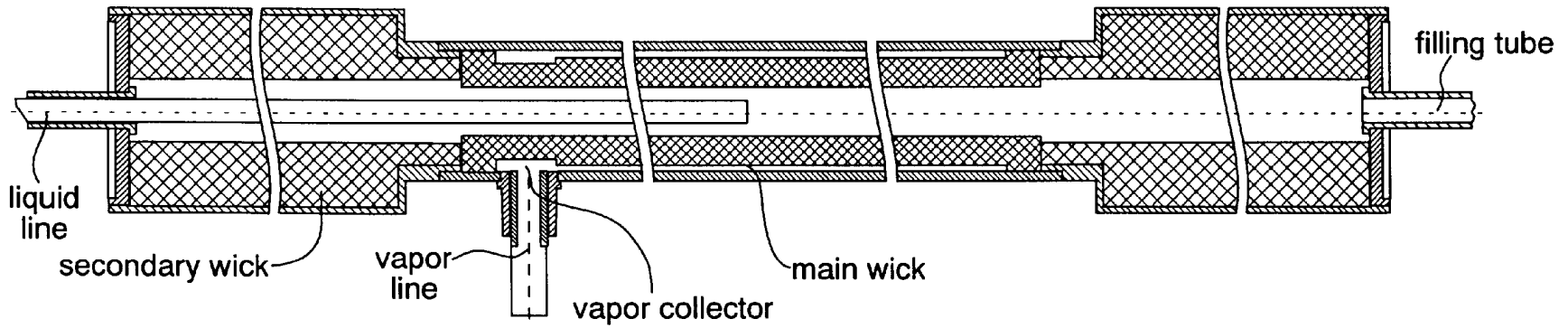
Fonte: web-página do Thermacore

# CPL e LHP da Astrium/CNES



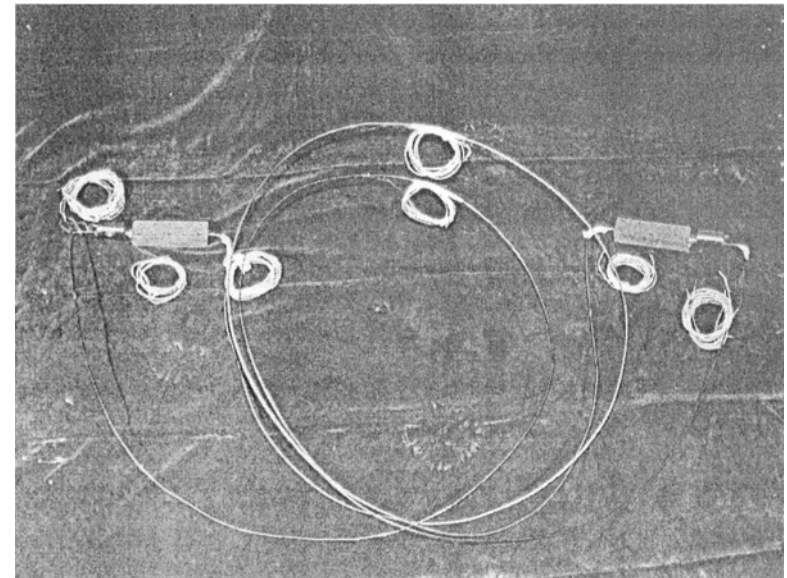
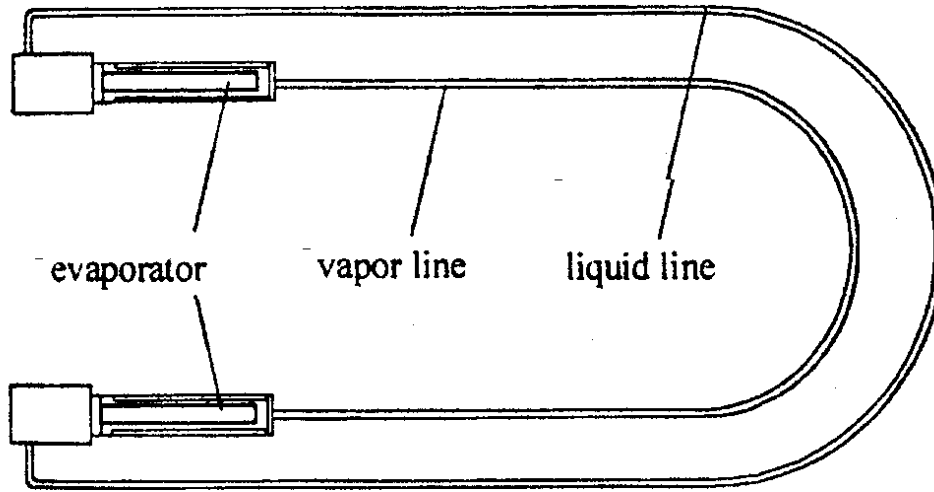
Fonte: 30th ICES, F. Mena, 2000

# Evaporador de LHP com 2 reservatórios



Fonte: USA Patent  
 No 6.227.288, 2001

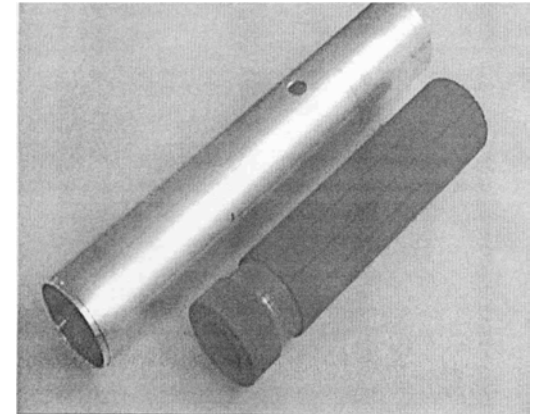
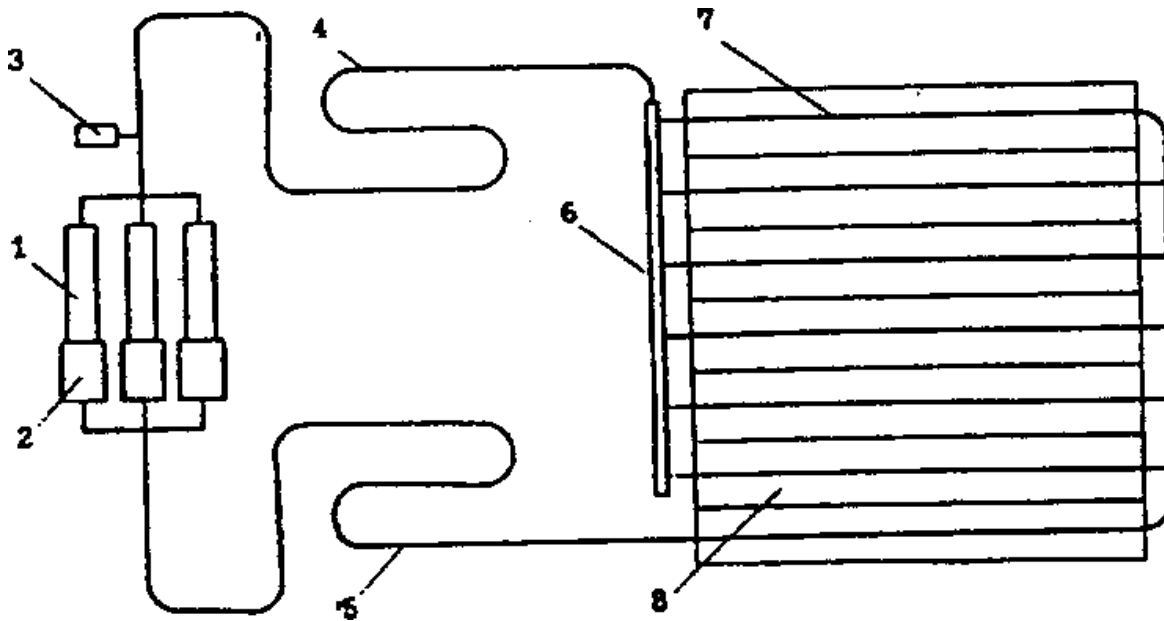
## LHP Reversível – RLHP



Material: aço inox.  
 Estrutura porosa: Pó de Ni sintereizado  
 Fluxo de calor: de 20W até 800W  
 Comprimento das linhas: 2m  
 Fluido: amônia

Fonte: 12 IHPC, Maydanik, 2002

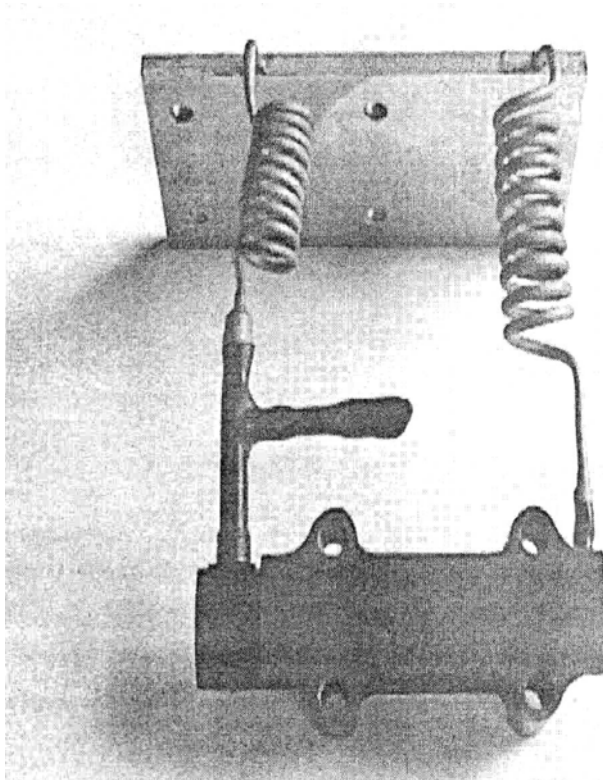
## LHPs com 3 evaporadores



Pressão capilar: até 40 kPa  
Fluxo de calor: de 50W até 700W  
Comprimento das linhas: até 5m  
Fluido: amônia, ou propylene ou R11

Fonte: 22th ICES, Y.Maidanik, 1992

## MINI-LHP



Material: Aço inox.  
Estrutura porosa: Pó de Ti sinterizado  
Fluxo de calor: 20 ... 120 W  
Comprimento das linhas: até 0.25 m  
Fluido: amônia ou acetona

Fonte: 12th IHPC, Maydanik, 2002



# MICRO-LHP

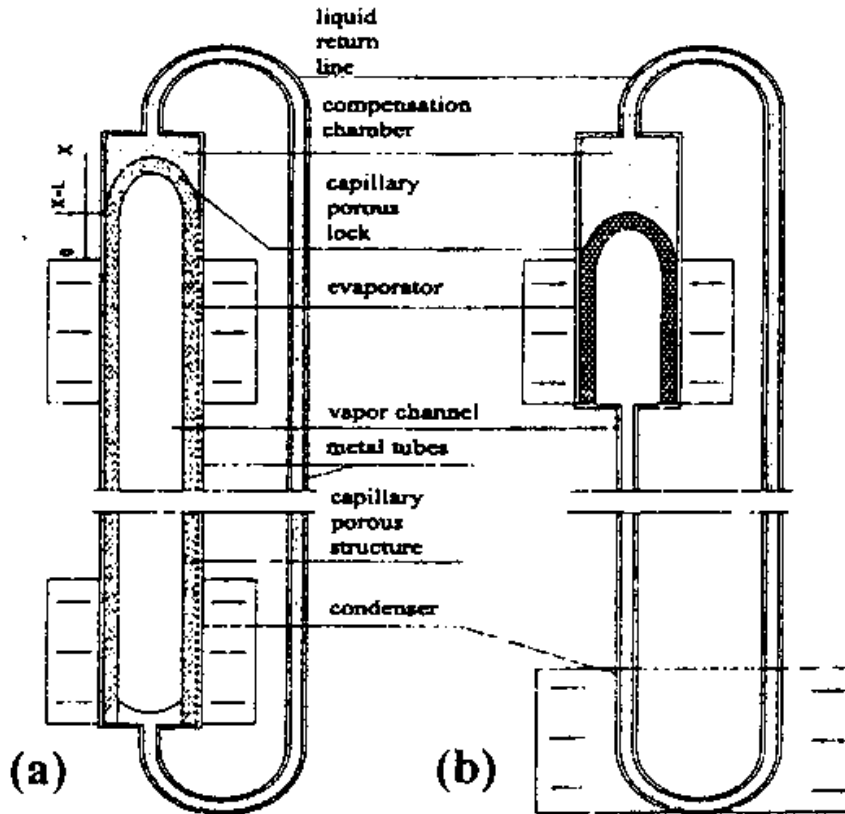
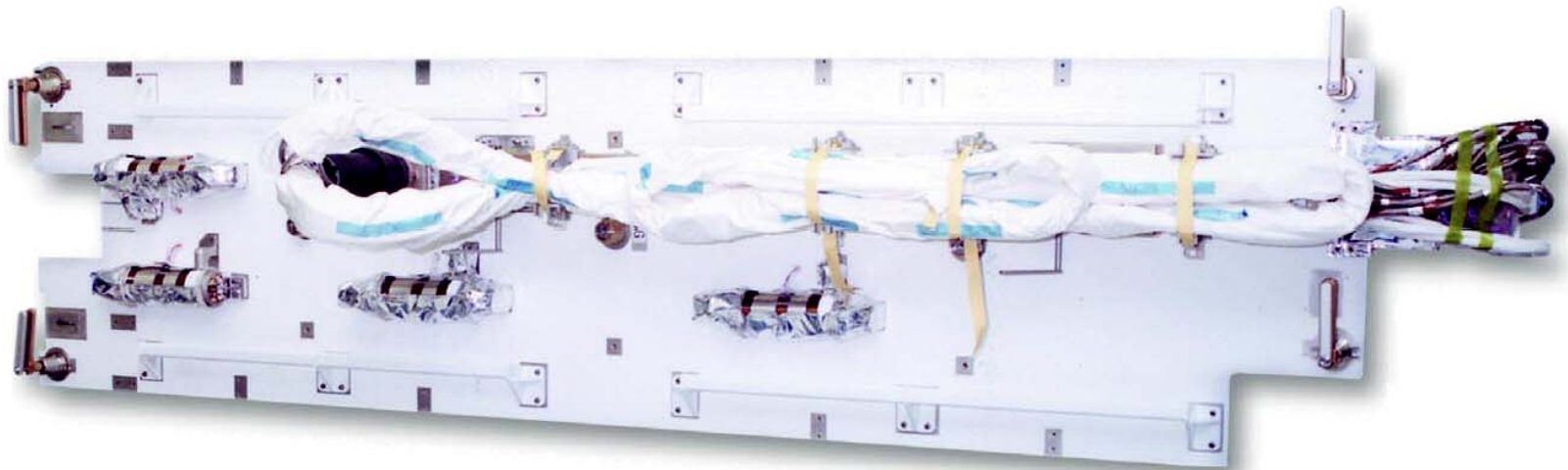


Figure 1:  
 (a) copper-water hybrid loop heat pipe with an undersized compensation chamber and  
 (b) stainless steel-ammonia hybrid LHP with a nickel wick

Fig.

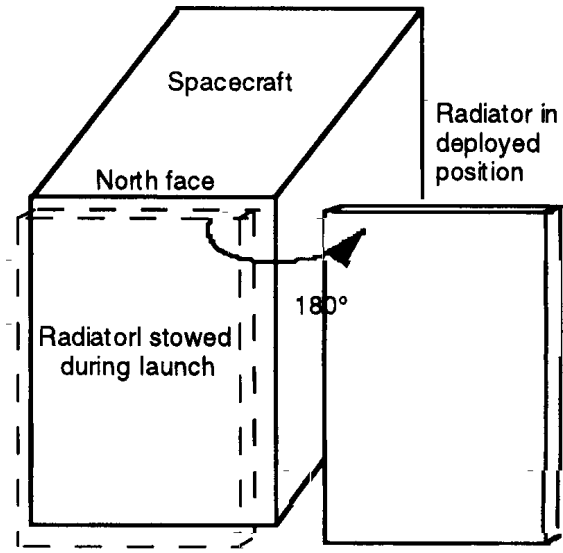
Fonte: Two Phase Technology' 99, D.Khrustalev

# Aplicações: Radiador do telescópio espacial Hubble, com 4 CPLs



Fonte: web-página do Swales

# Aplicações: “deployable” radiador, Projeto STENTOR



Configuração: LHP + HPs  
 Dimensões: 800 x 1400 mm  
 Potência dissipada: 150W-600W  
 Vida útil: 15 anos  
 Temperatura.: -30 °C até +70°C  
 Fluido: amônia  
 Massa: 13 kg

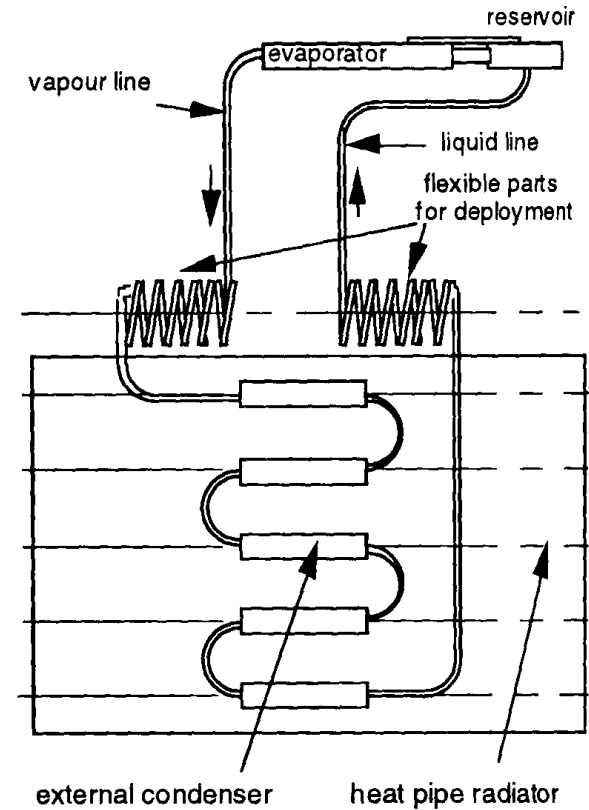


Figure 7 External condenser concept

Fonte: 6<sup>th</sup> European Symposium on SECS,  
 M.Amidieu, Aerospatiale, 1997

# Aplicações: TCS do STENTOR

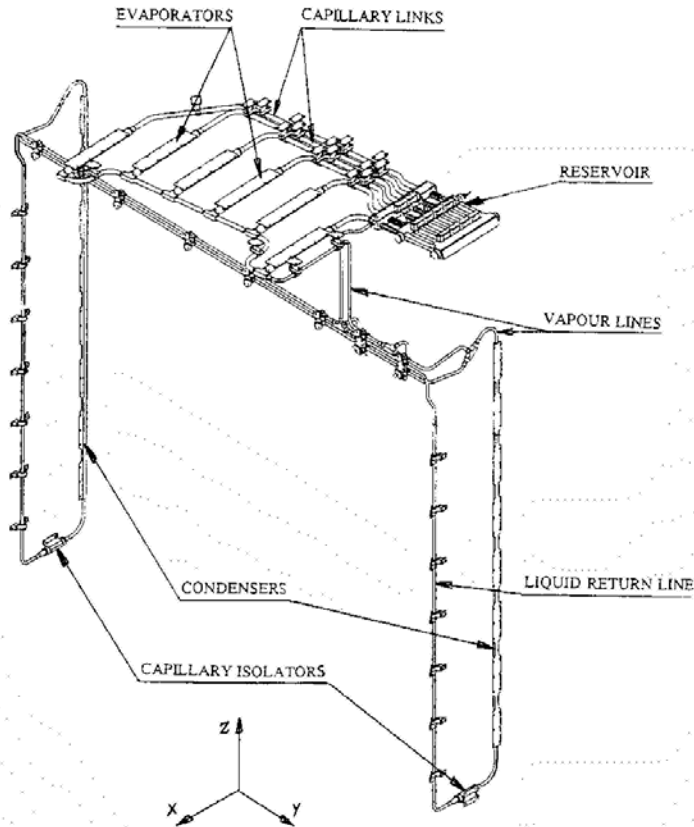


Figure 5 : STENTOR CPL FM mounted on the test rig

CPL de 6 evapor-s e 2 cond-s  
Fluxo de calor : 1 KW  
Linhas de transporte: ~10m  
Vida útil: 15 anos  
Massa: 10 kg

Fonte:30th ICES, M.Amidieu, Alcatel/SABCA, 2000

# Aplicações: LHP em TCS do modulo Alyona do satélite Granat

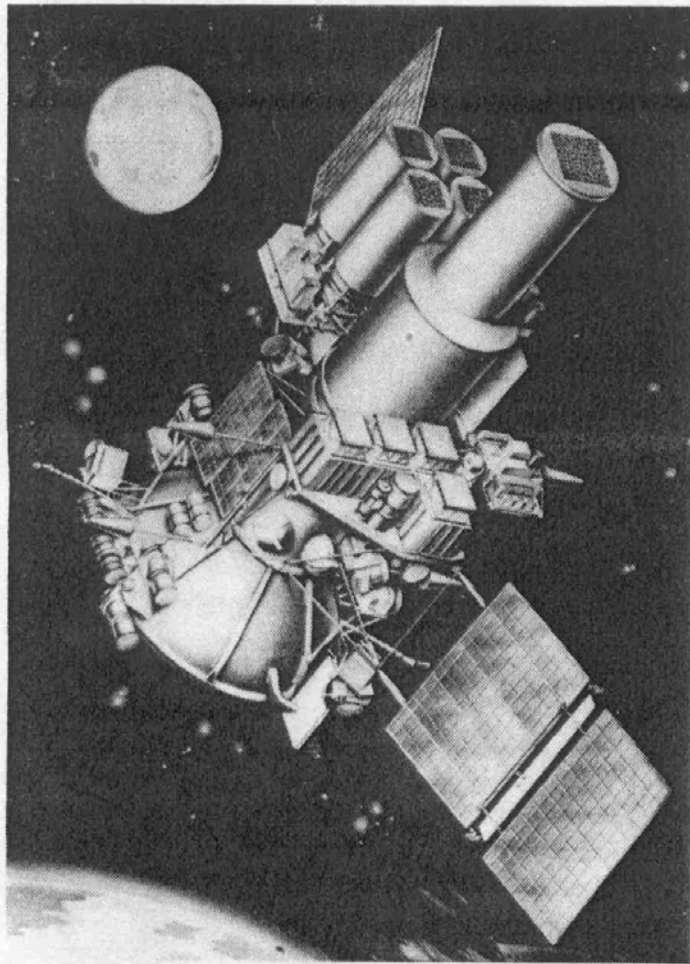
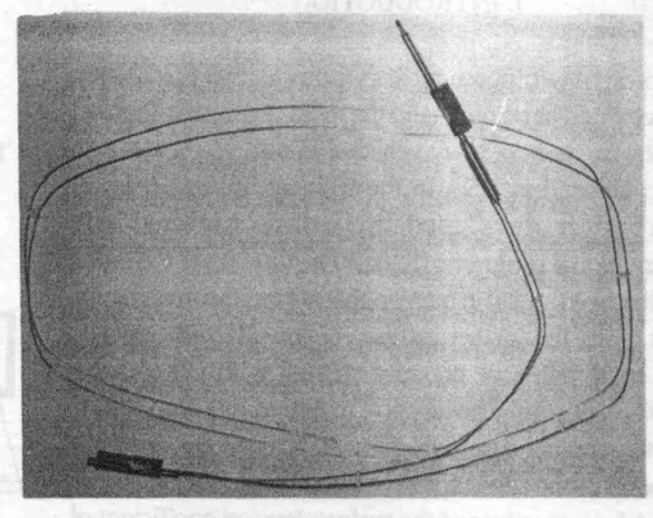


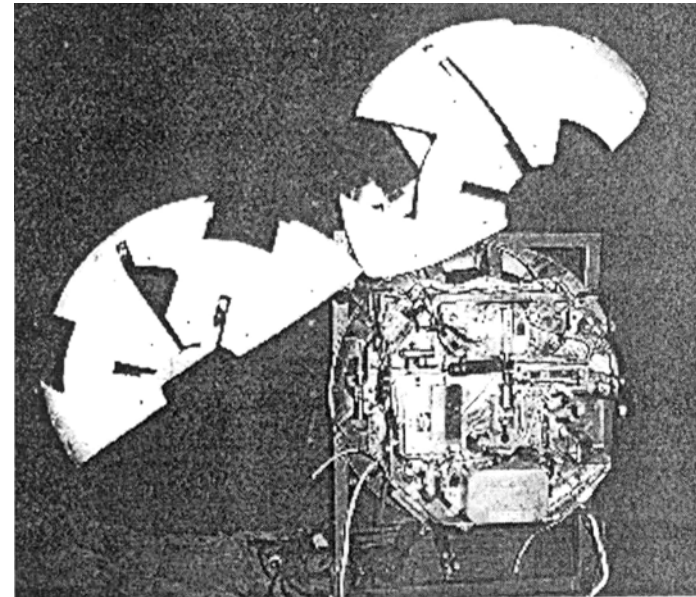
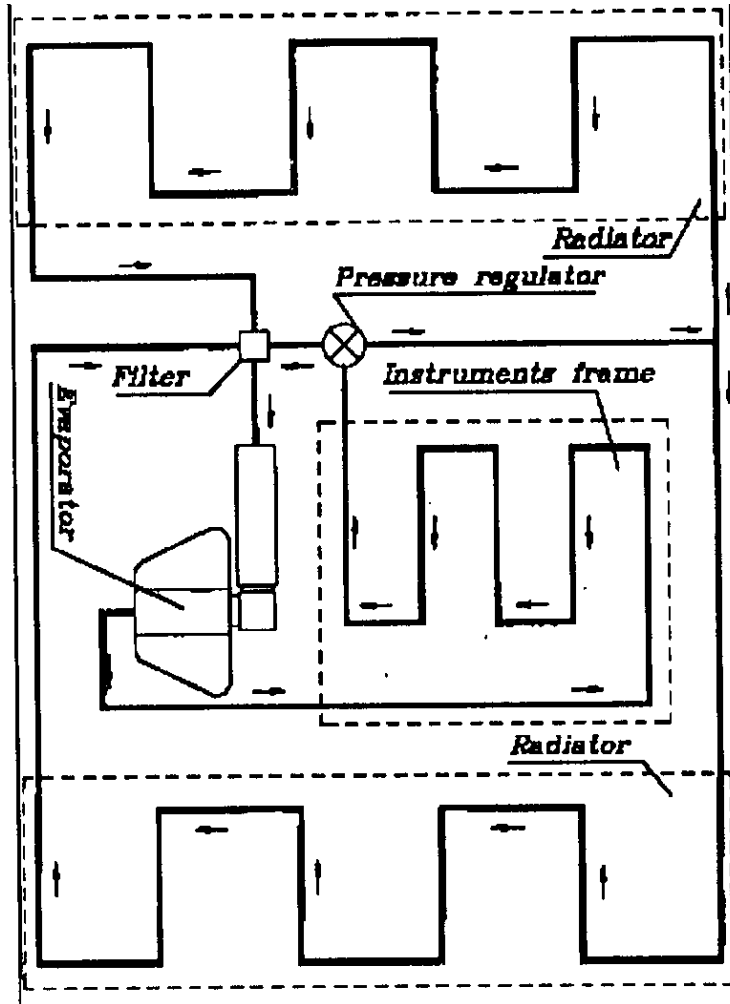
Fig. 8. Space vehicle "Granat"



Fluxo de calor : até 100 W  
Linhas de transporte: ~4m  
Materiais: Aço inox; Ni sinterizado  
Fluido: propene

Fonte:4th European Symp. on SECS, Maydanik, 1991

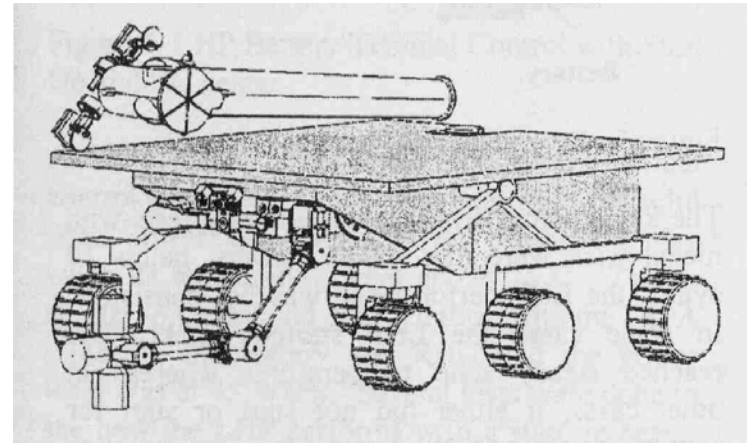
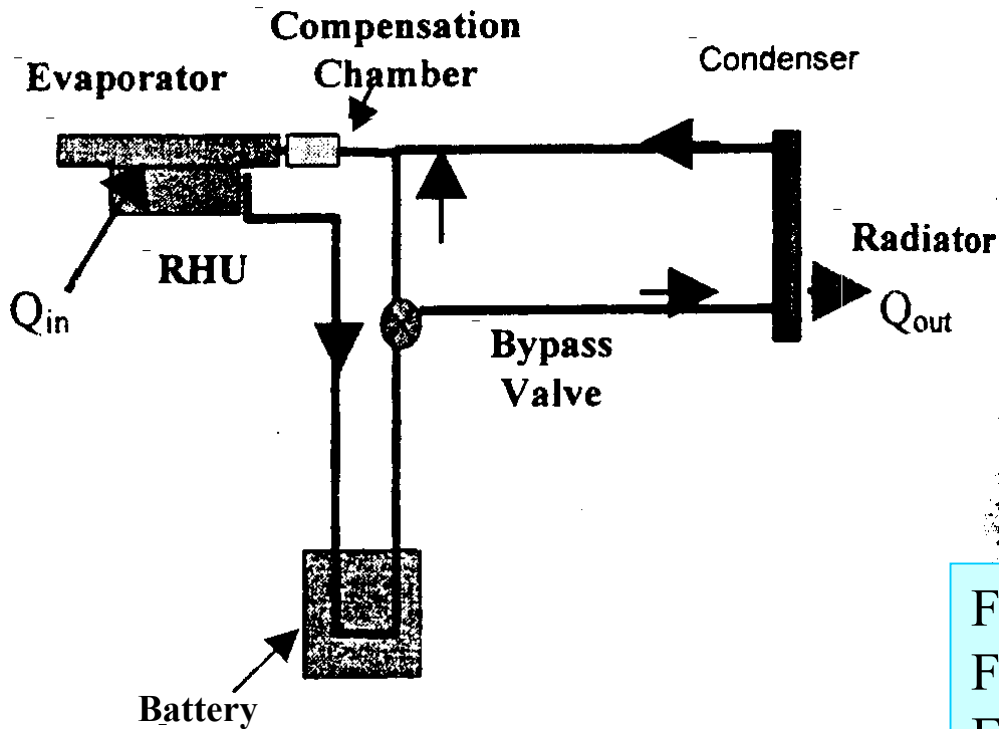
# Aplicações: TCS do Estação SmS da Missão MARS96



Fluxo de calor :  $>100 \text{ W}$   
 Diferencia de temperatura:  $<10 \text{ C}$   
 Faixa de T operacional :  $-120..+60 \text{ C}$   
 Massa:  $0.8 \text{ kg}$

Fonte: 1st Int. Workshop on TPTCT, K.Goncharov, 1996

# Aplicações: miniLHP em MARS Rover e Lander



Fluxo de calor : 10 W  
 Fluido: amônia  
 Estrutura porosa:  
 Pó de Ni ou Ti sinterizado

Fonte: 12th IHPC, G.Birur, JPL, 2002