

A

- Note C.E.A. n° 426 -

Service de Séparation des Isotopes de l'Uranium

DISPOSITIF D'ALIMENTATION AUTOMATIQUE EN AZOTE LIQUIDE

par

J. GILLARDEAU, F. BONA, G. DEJACHY

COMMISSARIAT
A L'ENERGIE ATOMIQUE

BIBLIOTHÈQUE

C.E.A. CLERMONT

DISPOSITIF D'ALIMENTATION AUTOMATIQUE EN AZOTE LIQUIDE

I - RESUME

Un dispositif de remplissage automatique en azote liquide a été mis au point, réalisé et utilisé. Il permet une grande autonomie, une cadence très élevée et a été entièrement réalisé avec du matériel standard. Ce travail a été rendu nécessaire par les caractéristiques des pièges spéciaux utilisés pour l'hexafluorure d'uranium chaud, dans des ensembles de corrosions de longue durée.

La présence dans ces pièges froids de fluides très corrosifs nous a amenés à prévoir un système de sécurité permettant de protéger l'appareillage en cas d'incident amenant le rechauffage des pièges.

II - INTRODUCTION

Dans le cadre de nos essais de corrosion effectués avec l'hexafluorure d'uranium constamment renouvelé, nous avons été amenés à utiliser un dispositif d'alimentation automatique en azote liquide [4] [5] [6] .

Le problème posé était d'alimenter en azote liquide un piège métallique spécial (piège ESU réf. 40 039 à quatre tubulures internes) de grande capacité, destiné à condenser l'hexafluorure d'uranium à la sortie des chambres à corrosion. Etant donné d'une part, les performances frigorifiques insuffisantes du piège métallique et d'autre part, que le gaz corrosif arrive chaud (70° C) à l'entrée du piège, nous avons été obligés de rechercher un dispositif pouvant assurer à la fois un grand débit d'azote liquide et une fréquence de cycle d'alimentation très élevée. Outre ces deux exigences, le dispositif devait avoir une autonomie suffisamment grande pour permettre une marche automatique durant un week-end et aussi une grande robustesse pour pouvoir fonctionner plusieurs milliers d'heures, durées retenues pour les essais de corrosion.

III - DISPOSITIFS DEJA EXISTANTS

Nous avons essayé ou étudié différents systèmes existants.

Tout d'abord le dispositif de remplissage en azote liquide de pièges, utilisé au Département pour la maintenance de spectrographes de masse [1]. Ce système, malgré son intérêt, n'a pu être adapté à nos appareils pour les raisons suivantes :

- Sa fréquence de remplissage est trop lente (système périodique par compteur horaire)
- La fragilité de sa balance, organe principal de maintien à niveau constant. Il est indispensable d'enfermer cette balance dans une enceinte relativement étanche pour éviter le givrage et la formation de glace, et de la placer à proximité des pièges.

- Une partie du matériel, la plus fragile, n'est pas normalisée.

Le dispositif cité en référence [2], malgré sa simplicité, n'a pu être retenu à cause de sa faible cadence de remplissage. Dans ce système, la réserve d'azote liquide se met en auto-compression et une vanne pneumatique, commandée par un bulbe à oxygène liquide immergé dans le piège, assure le siphonnage de l'azote liquide. Or la cadence de remplissage dont nous avons besoin décompresserait plus rapidement la bouteille d'azote liquide que celle-ci ne se mettrait en compression. Nous avons d'ailleurs réalisé précédemment un dispositif d'essai basé sur le même principe et qui avait mis en évidence ces inconvénients. De plus ce système nous limite à l'emploi d'une seule bouteille (impossibilité d'inversion) et réduit par là l'autonomie.

Quant au dispositif commercial [3] basé sur l'emploi d'une sonde à résistance de platine immergée dans le piège, nous l'avons mis à l'épreuve. En dépit de sa sensibilité, il est tombé en panne après seulement quelques centaines d'heures de marche. En effet la cadence de remplissage très élevée, imposée par le piège, avait eu très vite raison des contacts du relais du coffret électronique de régulation. En plus la sonde a le double inconvénient d'être trop fragile et très chère par rapport à un couple thermo-électrique classique du commerce.

Aucun de ces dispositifs n'étant en mesure de répondre aux exigences de l'alimentation en azote liquide dont nous avons besoin, nous avons été amenés à mettre au point un dispositif spécial que nous avons d'ailleurs entièrement réalisé avec du matériel normalisé au Département et très répandu au C. E. N. Saclay

IV - DISPOSITIF REALISE AU LABORATOIRE FLUOR

1° - Principe

Lorsque le niveau d'azote liquide baisse dans le piège, un thermocouple se trouve émergé, se réchauffe et excite un régulateur lequel ouvre une vanne magnétique admettant un gaz comprimé dans la bouteille d'azote liquide d'alimentation. La compression permet alors le siphonnage de l'azote liquide dans le piège. Le processus inverse s'effectue lorsque le thermocouple se trouve à nouveau immergé avec, en plus, l'ouverture d'une deuxième vanne magnétique provoquant une décompression rapide et l'arrêt de l'écoulement de l'azote liquide.

Sur ce principe, un dispositif simplifié pour Dewar et deux dispositifs à grande autonomie sont réalisables avec le matériel standard.

2° - Dispositif simplifié pour Dewar (fig. 1)

Le fonctionnement de ce dispositif est le suivant :

Lorsque le niveau d'azote diminue dans le Dewar le thermocouple Th, dont les polarités de branchement au régulateur sont inversées, émerge, s'échauffe et agit sur le basculeur à mercure du régulateur. La vanne magnétique V_1 s'ouvre alors que la vanne V_2 se ferme. Il y a admission d'azote R dans la bouteille d'alimentation et l'azote liquide ainsi mise sous pression se siphonne dans le Dewar. Lorsque le niveau est atteint dans le Dewar, le thermocouple Th est à nouveau immergé et agit en sens inverse sur le basculeur à mercure. La vanne V_1 se ferme, la vanne V_2 s'ouvre provoquant une décompression rapide de la bouteille d'alimentation et l'arrêt presque immédiat de l'écoulement de l'azote liquide. On peut ainsi avec ce dispositif maintenir avec beaucoup de souplesse un niveau constant dans le Dewar sans risque de débordement.

Dans ce système d'alimentation, le régulateur utilisé est un régulateur RIP Chauvin et Arnoux. Travaillant à des températures inférieures à 0°C , il faut que les polarités du couple soient inversées lors du branchement pour le basculeur à mercure soit excité. A un refroidissement du couple correspond donc une augmentation de la valeur lue sur le cadran du régulateur. On peut ainsi exciter le basculeur à mercure aussitôt que le thermocouple Th émerge. Sur la fig. 2 est représenté le schéma de branchement électrique de ce dispositif d'alimentation pour Dewar.

Le tube d'amenée d'azote liquide dans le Dewar est calorifugé avec un enrobage en mousse de polystyrène de façon à limiter au maximum les pertes frigorifiques. Il se termine côté Dewar par un col de cygne dont le but est d'empêcher la chute de morceaux de glace dans le Dewar.

3° - Dispositif à grande autonomie

Si une grande autonomie d'alimentation est désirée, il faut augmenter la réserve d'azote liquide, surtout si les caractéristiques frigorifiques du piège exigent une cadence de remplissage élevée pour maintenir le niveau constant.

Si le volume de la réserve d'azote liquide est augmenté, par exemple en utilisant une bouteille "Supairco" de 100 l, le dispositif d'alimentation reste identique. Il est sensiblement modifié si l'alimentation est effectuée à partir de deux bouteilles "Supairco" de 100 l : il faut en effet prévoir non seulement une alimentation à partir de chaque bouteille mais également automatique à la deuxième bouteille, lorsque la première est vide. C'est un tel dispositif dont nous avons eu besoin pour nos essais de corrosion par fluide gazeux chaud constamment renouvelé.

La fig. 3 montre le schéma de ce montage.

Le fonctionnement en est le suivant :

L'ordre d'alimentation des bouteilles est choisi au départ. La bouteille alimentant en premier contient un thermocouple Th_2 immergé jusqu'au fond. La vanne V_3 demeure constamment ouverte, alors que V_4 reste fermée. Lorsque le thermocouple Th_1 du piège n'est plus immergé, il se réchauffe, excite le basculeur à mercure du régulateur n° 1 qui ouvre V_1 et ferme V_2 . La mise en compression de la bouteille contenant Th_2 est réalisée et de l'azote liquide est siphonné dans le piège. Lorsque Th_1 est à nouveau immergé le processus inverse ferme V_1 et ouvre V_2 pour permettre l'arrêt rapide l'alimentation en N_2 liquide. Lorsque la première bouteille est vide, Th_2 se réchauffe et agit sur le régulateur 2 qui ferme la vanne V_3 et ouvre en permanence la vanne V_4 . L'alimentation du piège se fait dès ce moment à partir de la deuxième bouteille. L'inversion de bouteille est ainsi réalisé automatiquement.

Pour un dispositif de ce genre, une mise en compression des bouteilles d'azote liquide avec de l'azote gazeux R est généralement peu rentable et il faudrait disposer au moins d'une batterie de bouteilles. Il est plus commode et moins onéreux d'utiliser l'air comprimé dont on peut disposer en permanence au Centre. Dans ce cas il est nécessaire de prévoir une épuration et une dessiccation de l'air comprimé. Cependant étant donné le débit important de l'air comprimé au moment de la mise en compression, il est pratiquement impossible de le dessécher parfaitement.

Il s'avère indispensable de chauffer un peu le tube d'admission d'air juste avant l'entrée dans la bouteille afin d'éviter la formation d'un bouchon de glace à l'intérieur de ce tube. C'est un incident qui est fréquemment constaté si la tête de bouteille n'est pas chauffée, et le bouchon se forme d'autant plus rapidement que la cadence des remplissages est élevée. Cela est réalisé à l'aide d'un cordon chauffant réglé par un variorupteur.

Sur la fig. 3 nous n'avons fait figurer, pour ne pas surcharger le schéma, qu'une seule corde résistante (bouteille contenant Th_2) mais chaque tête de bouteille doit être chauffée. Le système n'est pas directement branché sur le secteur, mais mis en parallèle avec les vannes d'inversion : celui de la première bouteille en parallèle avec V_3 , celui de la deuxième avec V_4 . Ainsi, lorsqu'une bouteille n'est pas en fonctionnement c'est-à-dire lorsque la vanne magnétique correspondante n'est pas excitée, le chauffage est interrompu, ceci dans le but de ne pas apporter inutilement de calories à la tête de bouteille et d'éviter par suite des pertes en N_2 liquide. Nous essayons actuellement un système de déshumidification très poussée de l'air comprimé afin de supprimer ce chauffage des têtes de bouteilles.

Encore plus que pour le dispositif d'alimentation simplifié précédemment décrit, la forme terminale en col de cygne du tube de siphonnage est indispensable. En effet, étant donné la grande autonomie de chacune des bouteilles, le givre formé sur le tube de la première bouteille aura le temps de fondre complètement durant l'alimentation par la deuxième bouteille. De l'eau tombe alors dans le doigt de gant du piège et forme, si le col de cygne n'existe pas, des bouchons de glace qui diminuent l'efficacité du piège. Nous avons constaté que le givrage est assez important malgré le calorifugeage du tube-siphon avec de la mousse de polystyrène.

VI - CONCLUSION

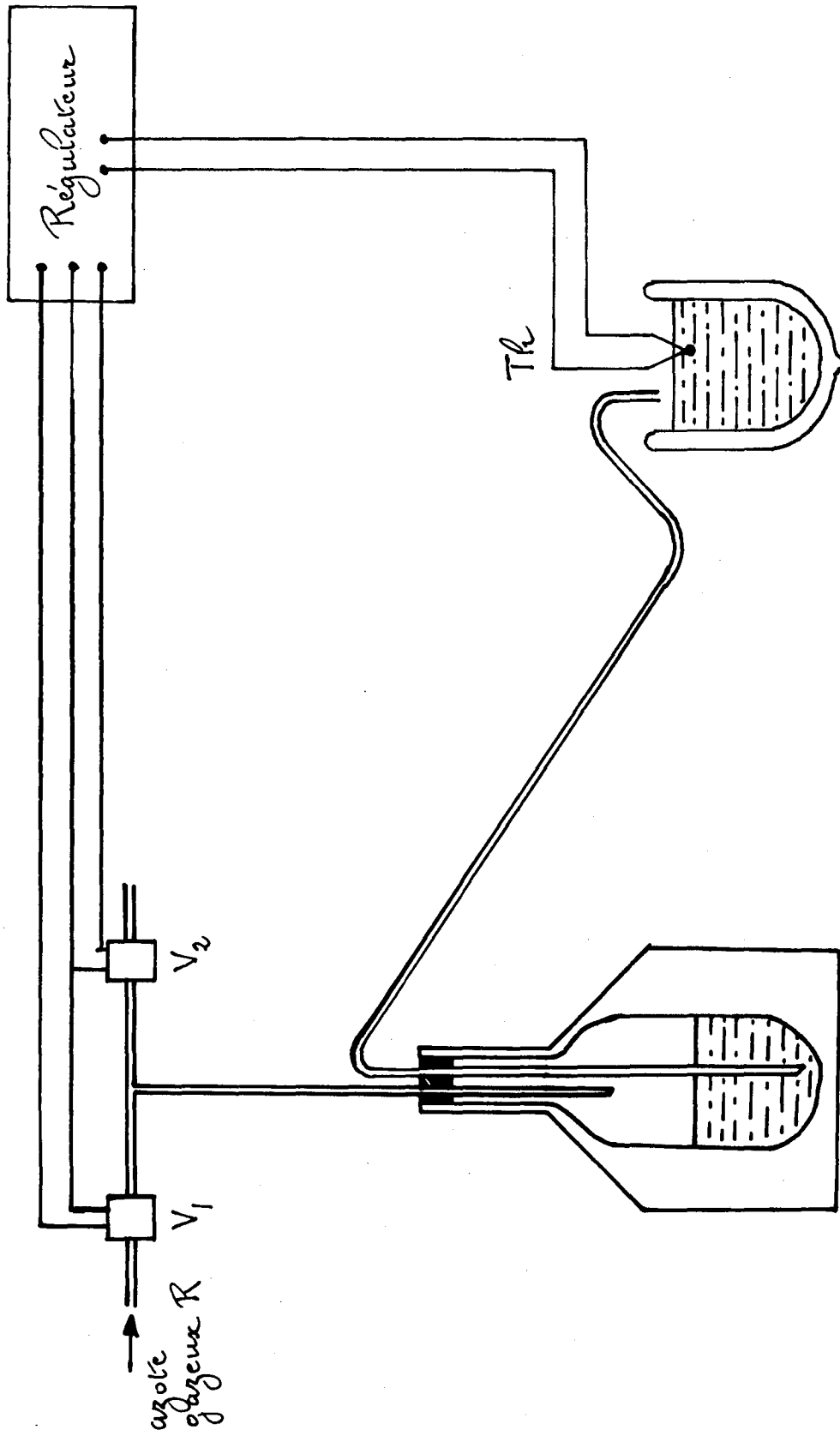
Après avoir constaté que les dispositifs d'alimentation en azote liquide, commercialisés ou décrits dans la littérature, ne pouvaient convenir aux exigences de piégeage des fluides corrosifs gazeux posées par la corrosion en dynamique lent, nous avons étudié et réalisé un dispositif au Laboratoire Fluor.

Ce dispositif peut assurer un grand débit d'azote et une fréquence très élevée de remplissage pendant des durées de plusieurs milliers d'heures.

Il peut être entièrement réalisé avec du matériel normalisé au C.E.N. Saclay.

- BIBLIOGRAPHIE -

- [1] BOURGUILLOT R. , LOPEZ P.
"Dispositif automatique assurant le remplissage de pièges en azote liquide à intervalles de temps constants" - C.E.A. 1757.
- [2] BYKOV V.P. , KOSTRIUKOV V.N.
" Appareil pour le maintien automatique du niveau constant de l'azote liquide dans un vase Dewar". - Pribory Tekh. Exper. SSSR 1959-3-154.
- [3] Le matériel Physico-Chimique
"Dispositif automatique de remplissage d'azote liquide" 1960.
- [4] Etude et réalisation d'un appareil pour corrosion par un mélange gazeux renouvelé
PV labo Fluor - ESU 1057.
- [5] Contrôle et amélioration de l'appareil pour corrosion dynamique lente -
PV labo Fluor - ESU 997.
- [6] Appareil mobile pour alimentation et désorption d'hexafluorure d'uranium
PV labo Fluor n° 1687.



Alimentation N₂ liquide

Dewar

FIG. 1 - DISPOSITIF SIMPLE POUR DEWAR

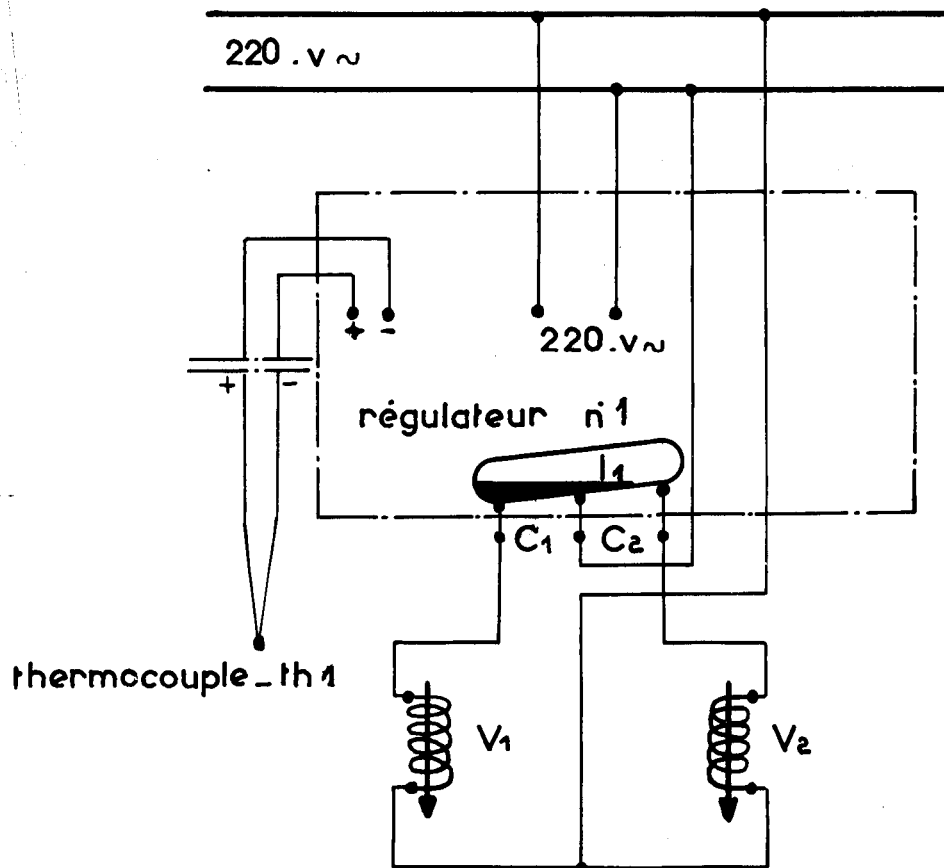


FIG. 2 - SCHEMA ELECTRIQUE

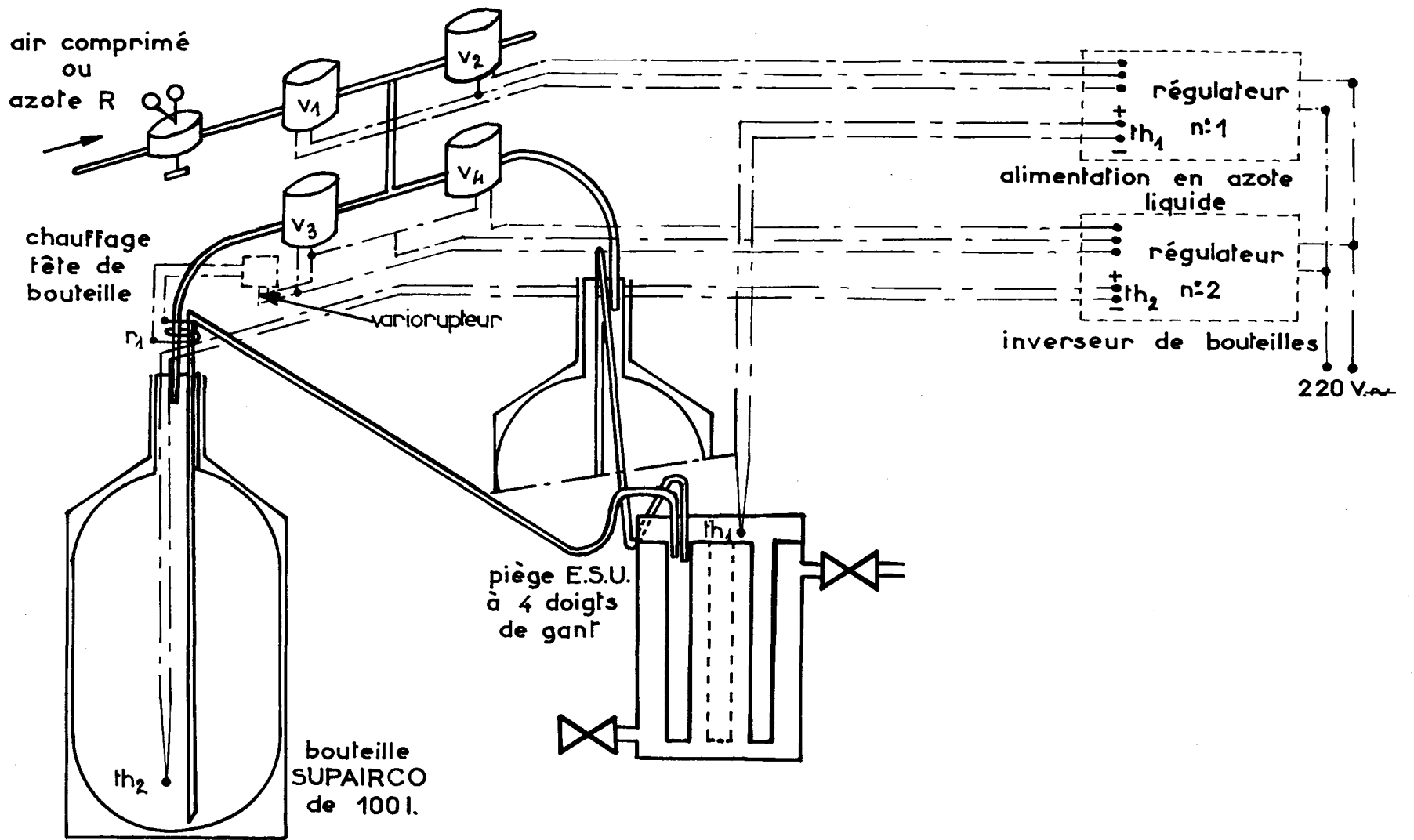


FIG. 3 - DISPOSITIF A GRANDE AUTONOMIE

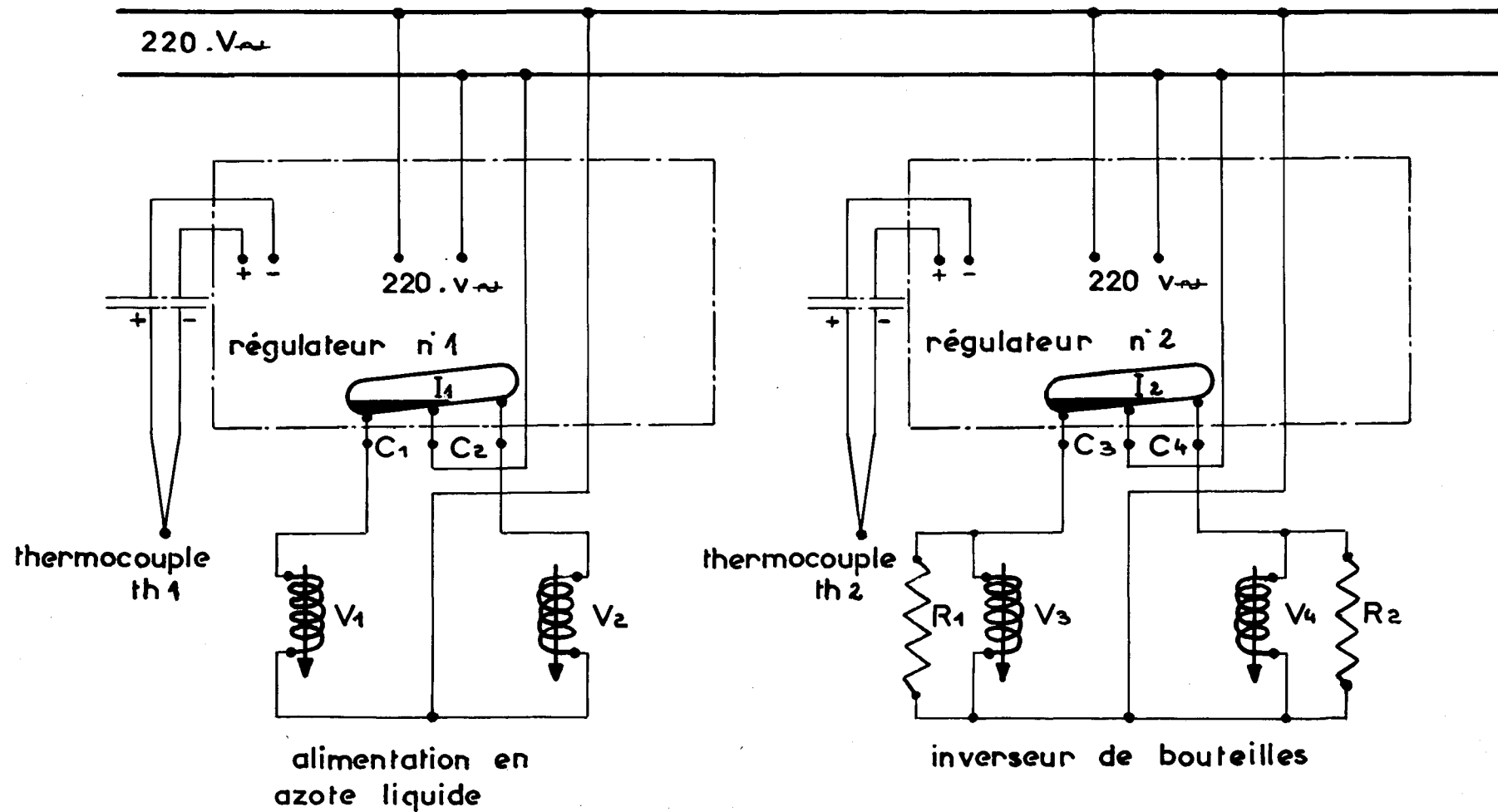


FIG. 4 - SCHEMA ELECTRIQUE

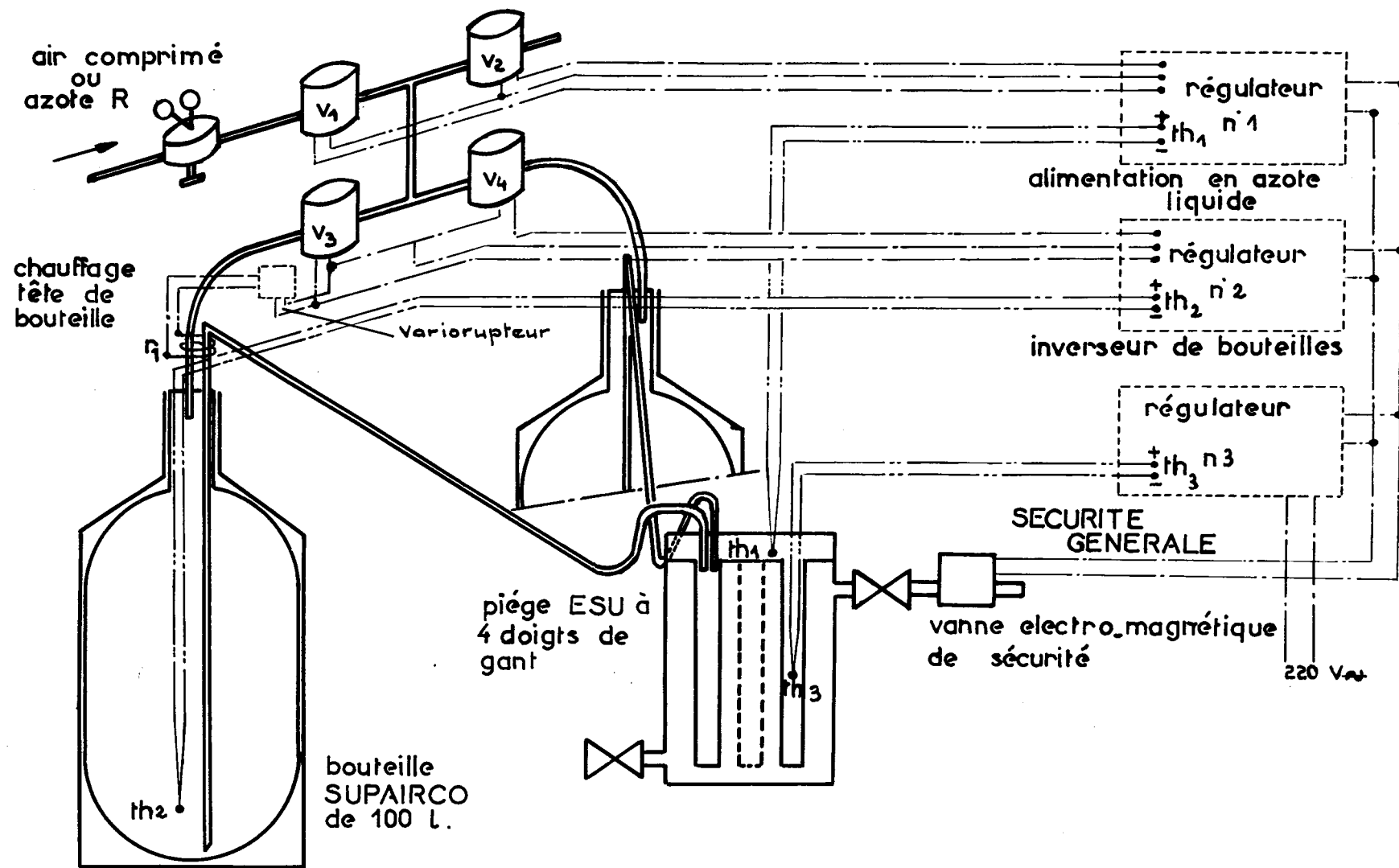


FIG. 5 - DISPOSITIF A GRANDE AUTONOMIE AVEC SECURITE

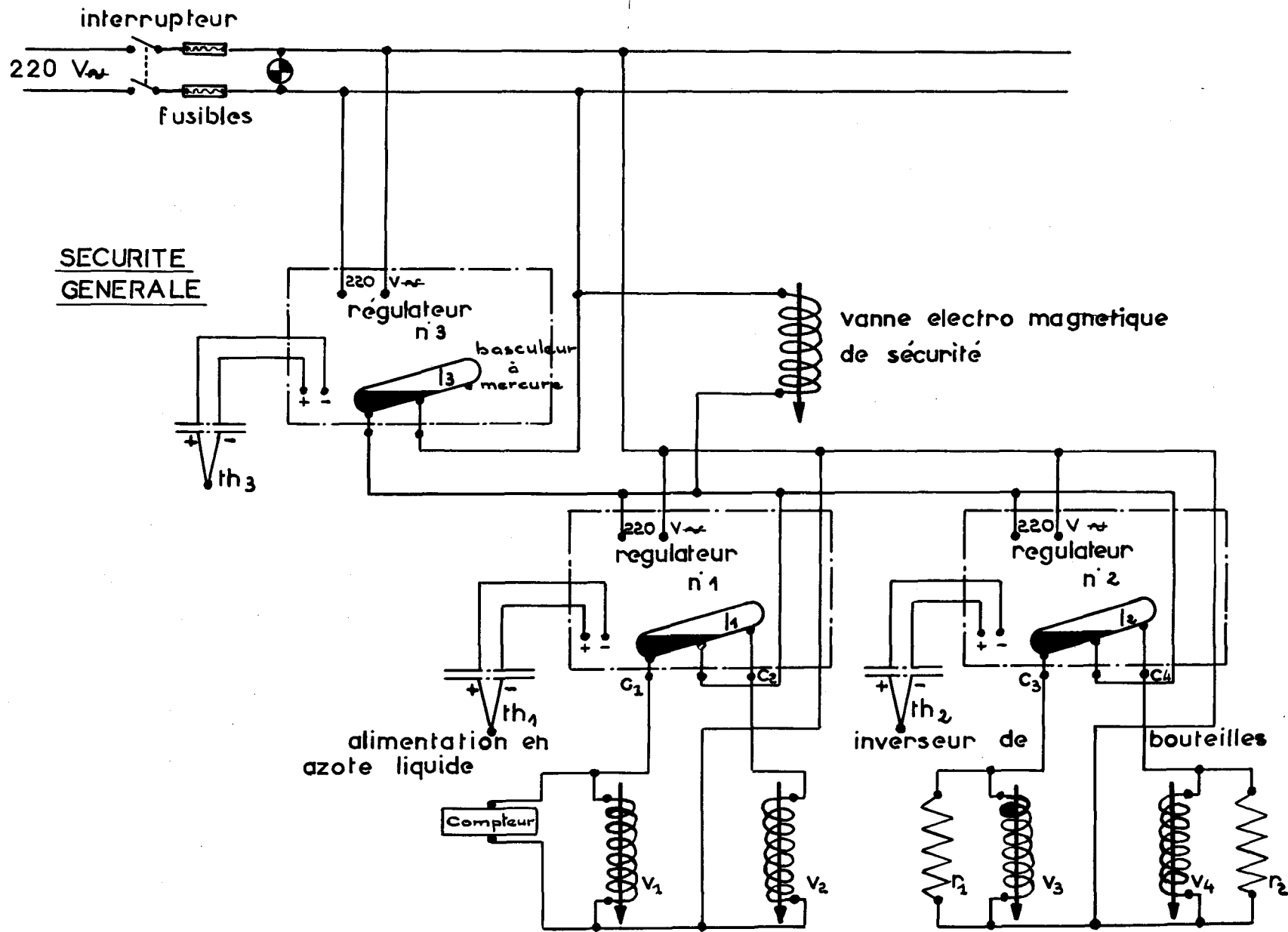


FIG. 6 - SCHEMA ELECTRIQUE

Edité par
le Service de Documentation du C.E.A.
Centre d'Etudes Nucléaires de Saclay
Boite Postale n° 2 - GIF-sur-YVETTE (S.-et-O.)
France.